



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ: **11. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΗΛΕΣΥΝΔΕΣΗΣ –
ΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΤΛΑΝΤΙΚΟΥ (ΝΑΟ) –
ΝΟΤΙΑ ΚΥΜΑΝΣΗ (ENSO)**

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών
Πόρων

ΑΓΡΙΝΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Επίκουρος Καθηγήτρια

του Τμήματος Διαχείρισης

Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων

 2641074156

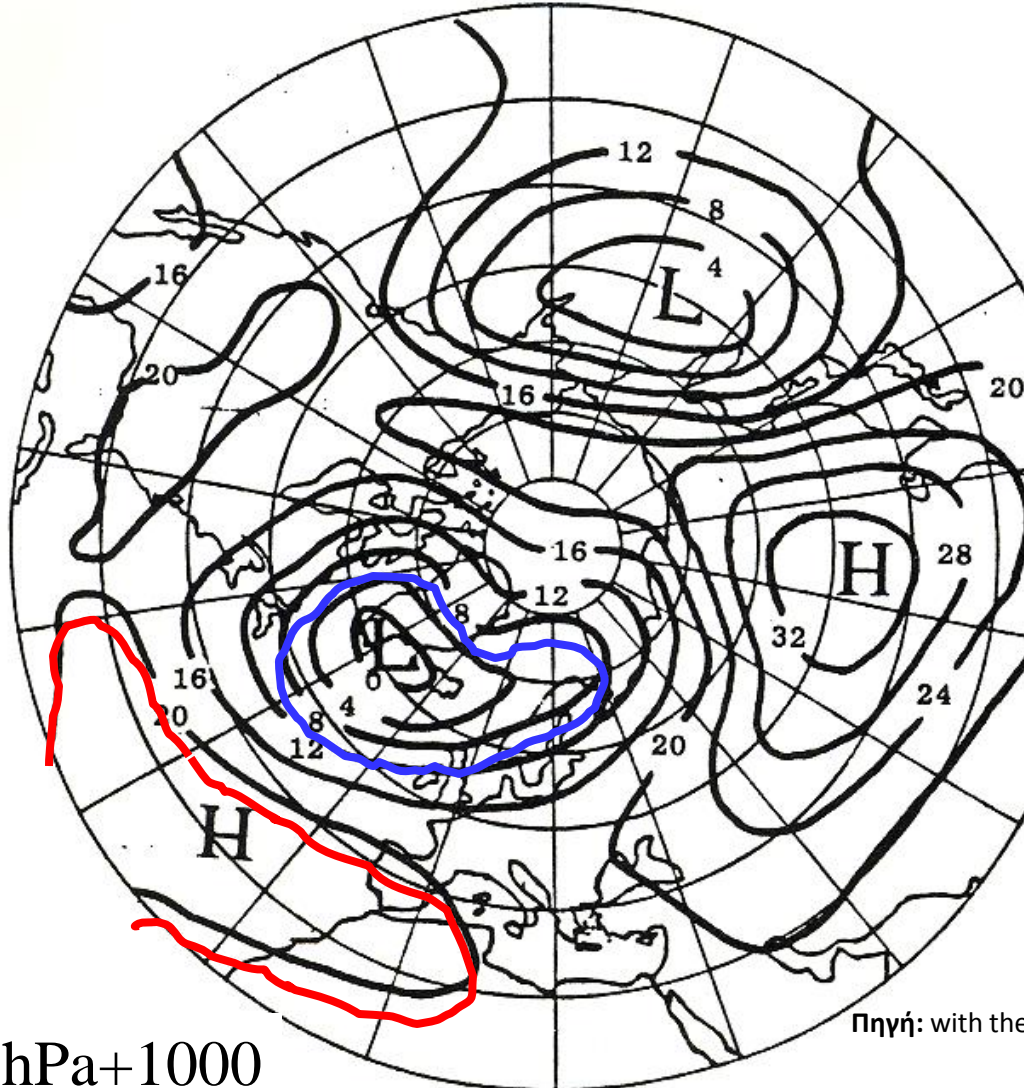
 afotiadi@upatras.gr

Κυμάνσεις - Φαινόμενα Τηλεσύνδεσης

- Διάφορα ζεύγη περιοχών του πλανήτη, που απέχουν σημαντική απόσταση μεταξύ τους, παρουσιάζουν το φαινόμενο της **περιοδικής μεταβολής της ατμοσφαιρικής πίεσης με διαφορά φάσεως $\sim 180^\circ$**
- **Παραδείγματα:**
 - Κύμανση του Βορείου Ατλαντικού (North Atlantic Oscillation-**NAO**)
 - Κύμανση του Βορείου Ειρηνικού (PNA)
 - Κύμανση του Νοτίου Ειρηνικού (**El Nino-ENSO**)
- Στις περιπτώσεις αυτές, όταν η ατμοσφαιρική πίεση στη μία περιοχή παρουσιάζει το μέγιστο της, τότε στην άλλη περιοχή του ζεύγους παρουσιάζει το ελάχιστο της
- **Αίτια:**
 - **Δυναμικά** (Κύμανση του Β. Ατλαντικού – NAO)
 - **Θερμικά** (Κύμανση του Νοτίου Ειρηνικού – ENSO)
- Μεταξύ δύο τέτοιων περιοχών, λόγω αλλαγής της ατμοσφαιρικής πίεσης, => αναπτύσσονται κινήσεις τόσο αερίων όσο και θαλασσιών μαζών

Η Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία πάνω από την Ευρώπη

- Μέση κατανομή ατμοσφαιρικής πίεσης τον Χειμώνα στο Βόρειο Ημισφαίριο
- Ο καιρός & το κλίμα μεγάλου τμήματος της Ευρώπης και της Μεσογείου Ειδικά, επηρεάζεται & καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από το **Ισλανδικό χαμηλό** & τον **Αντικυκλώνα των Αζορών** (ή **Υποτροπικό Αντικυκλώνα**)



- **Ισλανδικό χαμηλό**: μόνιμο σύστημα χαμηλών πιέσεων το κέντρο (~996 hPa) του οποίου βρίσκεται μεταξύ Ισλανδίας & Γροιλανδίας. Είναι κύριο κέντρο της ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας στο Βόρειο ημισφαίριο και συνδέεται με την κυκλωνική δράση. Το καλοκαίρι εξασθενεί

- **Υποτροπικός Αντικυκλώνας (Αζορών)**: μόνιμο σύστημα υψηλών πιέσεων το εκτεταμένο κέντρο (~1024 hPa) του οποίου βρίσκεται κοντά στις Αζόρες. Η επέκταση του το καλοκαίρι στη Μεσόγειο προκαλεί τον θερμό & ξηρό καιρό

Πηγή: with the courtesy of Dr Christos LOLIS (University of Ioannina)

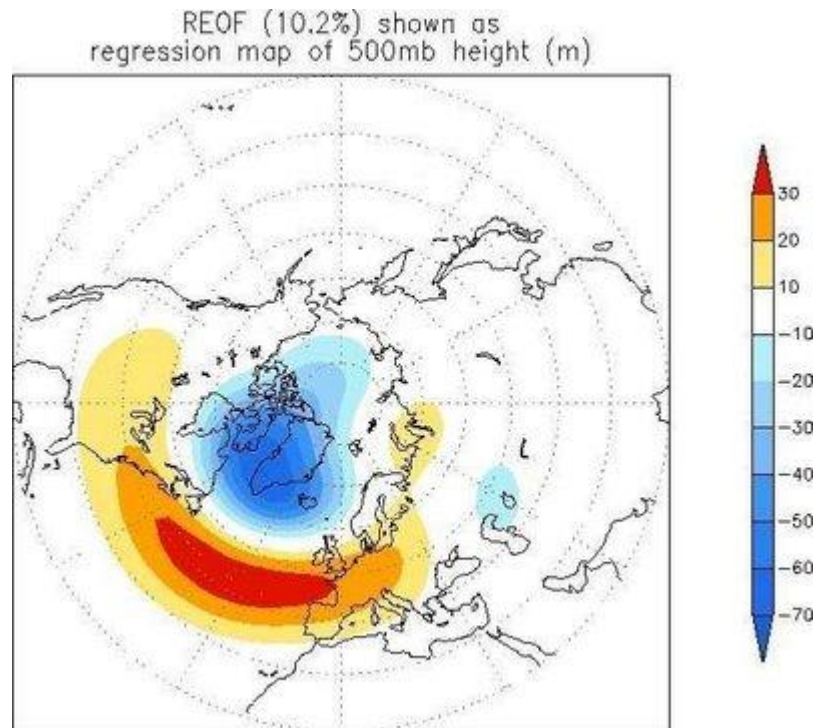
hPa+1000

- Τα δύο αυτά συστήματα (**Ισλανδικό χαμηλό** & **Υποτροπικός Αντικυκλώνας**) αποτελούν τους δύο πόλους του διπόλου της **Κύμανσης του Βορείου Ατλαντικού**

Κύμανση του Βορείου Ατλαντικού-North Atlantic Oscillation (NAO)

■ Κύμανση του Βορείου Ατλαντικού (North Atlantic Oscillation, NAO):

Κλιματικό ημι-περιοδικό φαινόμενο. Εκδηλώνεται ως η από χρόνο σε χρόνο κύμανση της θέσης & της έντασης των δύο συστημάτων διαφοράς της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας του διπόλου Ισλανδικό χαμηλό – Υποτροπικού Αντικυκλώνα (Αζορών)



■ Μέσω της από Δυσμάρς προς Ανατολάς ταλάντωσης του Ισλανδικού χαμηλού & της επέκτασης του Υποτροπικού Αντικυκλώνα ελέγχεται την ένταση & τη διεύθυνση των Δυτικών ανέμων (westerlies) και Υφέσεων των μέσων γεωγραφικών πλατών καθώς και η τροχιά των υφέσεων των μέσων γεωγραφικών πλατών

Πηγή: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao_loading.html

■ Η Κύμανση του Βορείου Ατλαντικού (**NAO**) έχει δύο φάσεις την **θετική φάση** και την **αρνητική φάση**

Κύμανση του Βορείου Ατλαντικού-North Atlantic Oscillation (NAO)

▪ Θετική φάση του NAO ορίζεται:

▪ Ο **υποτροπικός αντικυκλώνας** είναι πιο **ισχυρός** απ' ότι συνήθως (δηλ. η πίεση είναι μεγαλύτερη από την μέση κλιματολογική τιμή) και το **ισλανδικό χαμηλό** είναι **βαθύτερο** απ' ότι συνήθως (δηλ. η πίεση είναι μικρότερη από τη μέση κλιματολογική τιμή) => **μεγάλη διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο συστημάτων =>**

=> Οι δυτικοί άνεμοι (westerlies) πάνω από τον Ατλαντικό ενισχύονται

=> Περισσότερο ενισχυμένες είναι και οι υφέσεις των μέσων γεωγραφικών πλατών ενώ η τροχιά τους κατευθύνεται περισσότερο βόρεια

=> Ήπιους και πιο υγρούς χειμώνες απ' ότι συνήθως στην Κεντρική & Βόρεια Ευρώπη και πιο ξηρούς, από το κανονικό, χειμώνες στη Μεσόγειο

=> **Ηπιότεροι χειμώνες στις ανατολικές ακτές των Η.Π.Α και δριμύτεροι χειμώνες στις βορειοανατολικές ακτές του Καναδά**

Κύμανση του Βορείου Ατλαντικού-North Atlantic Oscillation (NAO)

■ Αρνητική φάση του NAO ορίζεται:

■ Ο **υποτροπικός αντικυκλώνας** είναι πιο **ασθενής** απ' ότι συνήθως (δηλ. η πίεση είναι μικρότερη από την μέση κλιματολογική τιμή) και το **ισλανδικό χαμηλό** είναι πιο **ρηχό** απ' ότι συνήθως (δηλ. η πίεση είναι μεγαλύτερη από τη μέση κλιματολογική τιμή) => **μικρή διαφορά πίεσης μεταξύ των δύο συστημάτων**

=> Οι δυτικοί άνεμοι (westerlies) πάνω από τον Ατλαντικό εξασθενούν

=> Μικρότερη δραστηριότητα των υφέσεων των μέσων γεωγραφικών πλατών ενώ η τροχιά τους κατευθύνεται περισσότερο νοτιοανατολικά

=> Ξηρότερους & ψυχρότερους, απ' ότι συνήθως, χειμώνες στην Κεντρική & Βόρεια Ευρώπη και πιο υγρούς χειμώνες στη νότια Ευρώπη και στη Μεσόγειο

=> **Ψυχρότεροι χειμώνες με περισσότερα χιόνια στις ανατολικές ακτές των Η.Π.Α και ηπιότεροι χειμώνες στις βορειοανατολικές ακτές του Καναδά και στη Γροιλανδία**

Κύμανση του Βορείου Ατλαντικού-North Atlantic Oscillation (NAO)

- **Δείκτης NAO:** είναι ένα μέτρο που χρησιμοποιείται για την περιγραφή της κύμανσης NAO
- Ορίζεται: διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας των δύο συστημάτων του διπόλου **Ισλανδικό χαμηλό – Υποτροπικού Αντικυκλώνα (Αζορών)**

■ Συνήθως θεωρούμε τη διαφορά πίεσης στα εξής σημεία:

Λισσαβόνα (Πορτογαλία) - Ρέικιαβικ (Ισλανδία)

Ponta Delgada (Αζόρες) - Ρέικιαβικ (Ισλανδία)

- Στα πλαίσια των μελετών της κλιματικής αλλαγής παρατηρήθηκε ότι το NAO δείχνει μια τάση εμμονής της θετικής φάσης η οποία δεν είναι στατιστικά σημαντική

Κύμανση του Βορείου Ατλαντικού-North Atlantic Oscillation (NAO)

- Συσχέτιση του NAO με τις βροχοπτώσεις στο Αγγίνιο

- Συσχετίζονται αρνητικά δηλ. όταν ο δείκτης NAO έχει υψηλές τιμές (θετική φάση) η βροχόπτωση στο Αγγίνιο έχει τιμές μικρότερες της κανονικής κλιματολογικής τιμής

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

- **Φαινόμενο Νότιας Κύμανσης (El Nino Southern Oscillation-ENSO):**
κλιματικό φαινόμενο
- **Περιοχή όπου εμφανίζεται:** Τροπικός & υποτροπικός Ειρηνικός Ωκεανός (30°N–30°S, 90°A–75°Δ), 19.000 km απόσταση μεταξύ Δυτικού & Ανατολικού τροπικού Ειρηνικού
- **Χρονική περίοδος εμφάνισης:** ημι-περιοδικό φαινόμενο με μέση περίοδο εμφάνισης ~5 έτη, ενώ μπορεί να ποικίλει από 3 έως 7 έτη
- **Διάρκεια Φαινομένου: 9 – 12 μήνες**
- **Μετεωρολογικά φαινόμενα που συνοδεύουν την εμφάνιση του:**
ακραία φαινόμενα (πλημμύρες, ξηρασίες) παρατηρούνται στις περιοχές που επηρεάζονται από την εμφάνιση του φαινομένου
- **ENSO** συνίσταται από 2 συνιστώσες οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους:
 - **Ωκεάνια συνιστώσα** η οποία, ανάλογα με την φάση καλείται **El Nino** ή **La Nina** και χαρακτηρίζεται από θέρμανση ή ψύξη των επιφανειακών υδάτων στον Τροπικό ανατολικό Ειρηνικό ωκεανό
 - **Ατμοσφαιρική συνιστώσα** η οποία καλείται **Νότια Κύμανση** και χαρακτηρίζεται από αλλαγές της επιφανειακής πίεσης στον Δυτικό τροπικό Ειρηνικό ωκεανό

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

- Οι 2 συνιστώσες του **ENSO**, ωκεάνια & ατμοσφαιρική, είναι συζευγμένες μεταξύ τους:
 - ο κατά τη διάρκεια της **θερμής ωκεάνιας φάσης (El Nino)** επικρατούν **υψηλές** επιφανειακές **πιέσεις** στον Δυτικό Ειρηνικό
 - ο κατά τη διάρκεια της **ψυχρής ωκεάνιας φάσης (La Nina)** επικρατούν **χαμηλές** επιφανειακές **πιέσεις** στον Δυτικό Ειρηνικό
- **Μηχανισμός δημιουργίας του φαινομένου:** δεν είναι γνωστός, βρίσκεται ακόμη υπό μελέτη
- **Ονομασία του φαινομένου:** El Nino \cong 'το βρέφος', αναφέρεται στο θείο βρέφος γιατί η κορύφωση της εμφάνισης του φαινομένου τοποθετείται την εποχή των Χριστουγέννων (τη θερμότερη περίοδο για το Νότιο Ημισφαίριο)

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Οι 'κανονικές' συνθήκες – Γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας

■ Στο μεγαλύτερο τμήμα της τροπικής & υποτροπικής ζώνης, κυρίως πάνω από τους ωκεανούς, παρατηρείται ένα σταθερό ρεύμα ΒΑ ανέμων στο βόρειο ημισφαίριο και ΝΑ ανέμων στο νότιο ημισφαίριο. Οι άνεμοι αυτοί είναι πλανητικής κλίμακας και είναι γνωστοί ως **αληγείς άνεμοι** (trade winds)

■ Σε μια στενή ζώνη γύρω από τον Ισημερινό ($5^{\circ}\text{N} - 5^{\circ}\text{S}$) οι αληγείς άνεμοι είναι καθαρά ανατολικοί με πολύ μεγάλη σταθερότητα

■ Το ρεύμα των αληγών ανέμων παρουσιάζει αξιοσημείωτη σταθερότητα, τουλάχιστον ως προς τη διεύθυνση, στον τροπικό Ατλαντικό

■ Αντίθετα στον Ειρηνικό & κυρίως νότια του Ισημερινού η διεύθυνση των αληγών δεν είναι σταθερή, αλλά αλλάζει περιοδικά

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

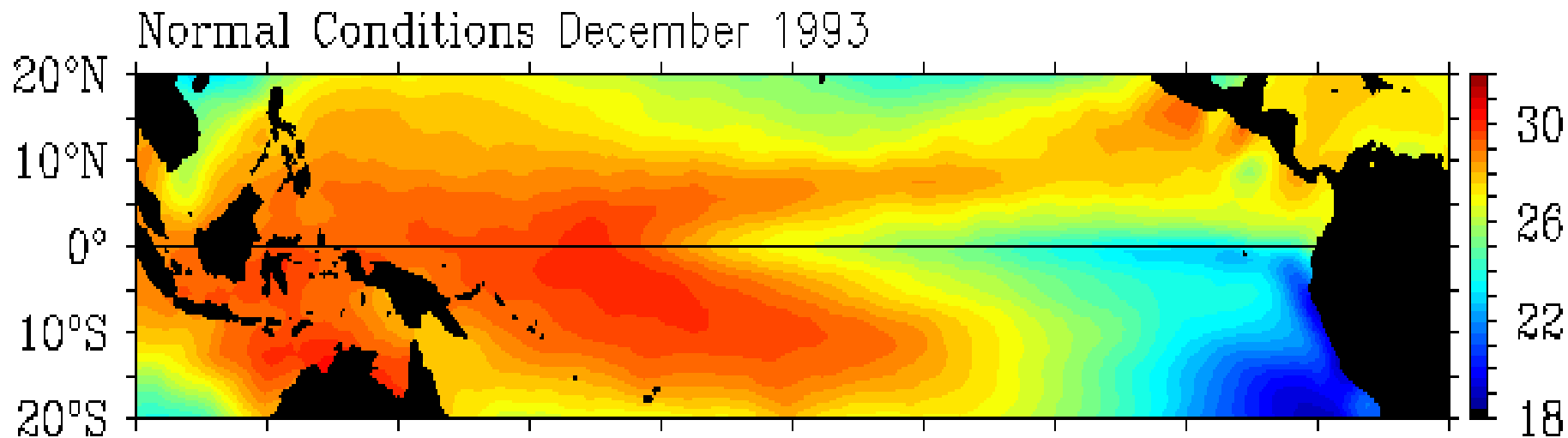
■ Οι 'κανονικές' συνθήκες – Πίεση επιφάνειας

- Αναπτύσσεται μια οριζόντια βαροβαθμίδα που έχει φορά από τα ανατολικά προς τα δυτικά
- Στη **δυτική** περιοχή του τροπικού τμήματος του ωκεανού, η ατμοσφαιρική πίεση είναι σημαντικά χαμηλότερη εκείνης που επικρατεί στην **ανατολική** περιοχή
- Σ' αυτά, τα μικρά, γεωγραφικά πλάτη η κίνηση γίνεται κατά τη διεύθυνση της βαροβαθμίδας, επειδή η δύναμη Coriolis είναι ασήμαντη
- Η κύρια αιτία της δημιουργίας αυτής της διαφοράς ατμοσφαιρική πίεσης μεταξύ **ανατολικού (υψηλή πίεση)** και **δυτικού** τμήματος (**χαμηλή πίεση**) του τροπικού Ειρηνικού είναι αντίστοιχη διαφορά θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων του ωκεανού

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Οι 'κανονικές' συνθήκες – Θερμοκρασία επιφάνειας

■ Η επιφανειακή θερμοκρασία των υδάτων στην περιοχή της Ινδονησίας (Δυτικός τροπικός Ειρηνικός) είναι **υψηλή**, ενώ αντίθετα στην άλλη πλευρά του ωκεανού (Ανατολικός τροπικός Ειρηνικός), στο Εκουαδόρ & το Περού, είναι **χαμηλή**



Πηγή: http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/gif/reynolds/nancy4.gif

■ Στην περιοχή βόρεια της Αυστραλίας και στην Ινδονησία (περιοχή χαμηλών πιέσεων) παρατηρείται σύγκλιση αερίων μαζών & λόγω υψηλών θερμοκρασιών της θάλασσας δημιουργούνται **ανοδικές κινήσεις**

■ Στην περιοχή υψηλών πιέσεων, λόγω χαμηλής θερμοκρασίας της θάλασσας, στις ακτές του Περού & του Εκουαδόρ, σημειώνονται **καθοδικές κινήσεις**

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Οι 'κανονικές' συνθήκες – Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία

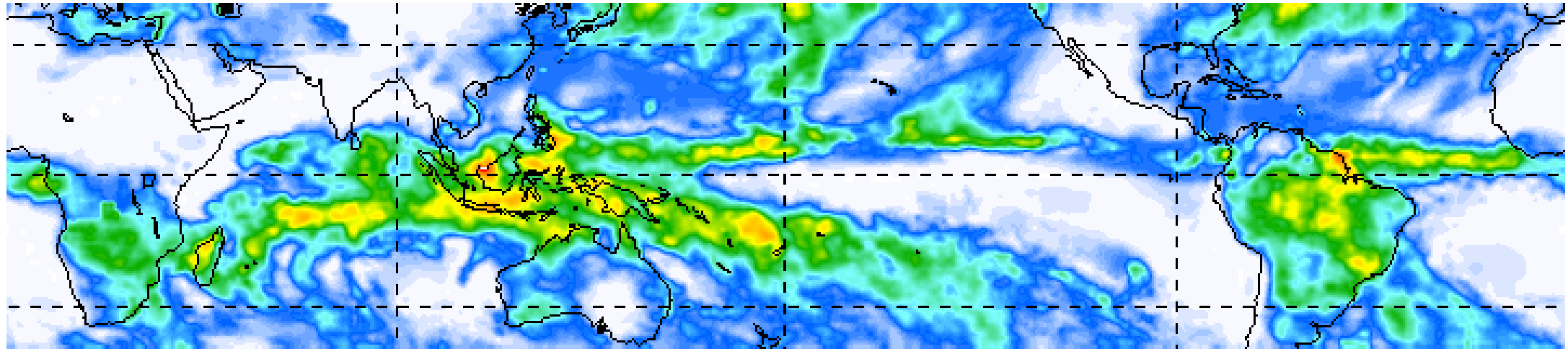
■ Η βαροβαθμίδα στην επιφάνεια (υψηλές πιέσεις στις ακτές της Ν. Αμερικής & οι χαμηλές πιέσεις στην Ινδονησία) δημιουργούν στην **επιφάνεια** τους **Ανατολικούς, Αληγείς ανέμους**

■ Η κυκλοφορία ολοκληρώνεται στην ανώτερη τροπόσφαιρα με δυτικούς ανέμους, δημιουργείται έτσι ένα κύτταρο (δακτύλιος) κυκλοφορίας

■ Αυτός ο τύπος ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας ονομάστηκε από τον Bjerknes **Κυκλοφορία Walker**

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Οι 'κανονικές' συνθήκες - Εκδήλωση φαινομένων



TRMM Merged Precip Jan 2000

(mm/d)

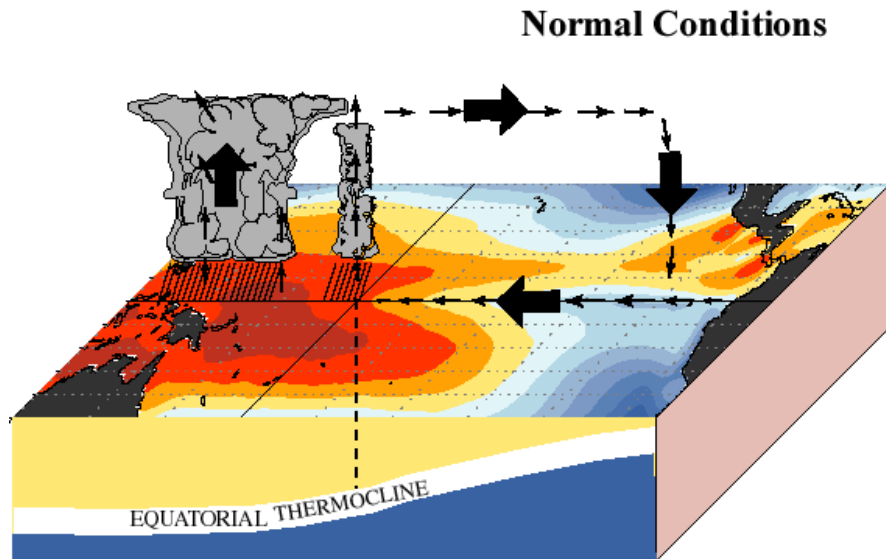
0 4 8 12 16 20+

Πηγή: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images/3B43_jan00.gif

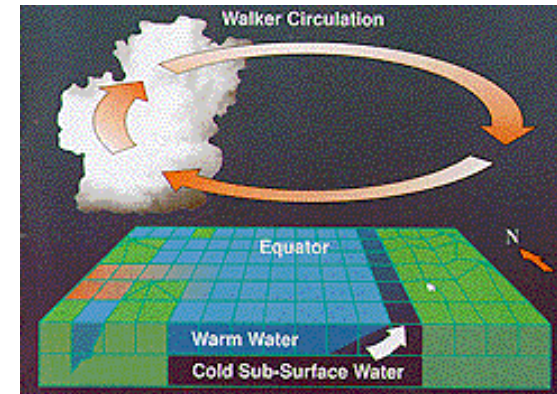
- Στην περιοχή της ΝΑ Ασίας & Βορείου Αυστραλίας, οι ανοδικές κινήσεις προκαλούν πολλές & έντονες βροχοπτώσεις και το κλίμα είναι υγρό. Η δε υγρασία αποτέλεσμα της εξάτμισης, 'αποφορτίζεται' με την εκδήλωση τυφώνων & καταιγίδων
- Στην περιοχή των ακτών του Περού, όπου επικρατούν καθοδικές κινήσεις οι βροχές μειώνονται σημαντικά και το κλίμα γίνεται ξηρό λόγω ανομβρίας

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Οι 'κανονικές' συνθήκες – Ωκεάνια Κυκλοφορία



Πηγή: <http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

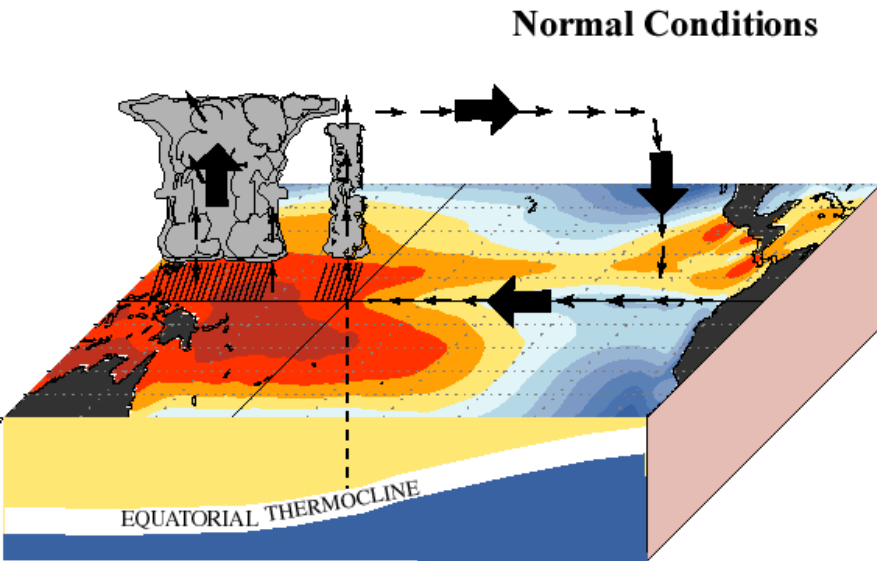


Πηγή: <http://trmm.jpl.nasa.gov/global/>

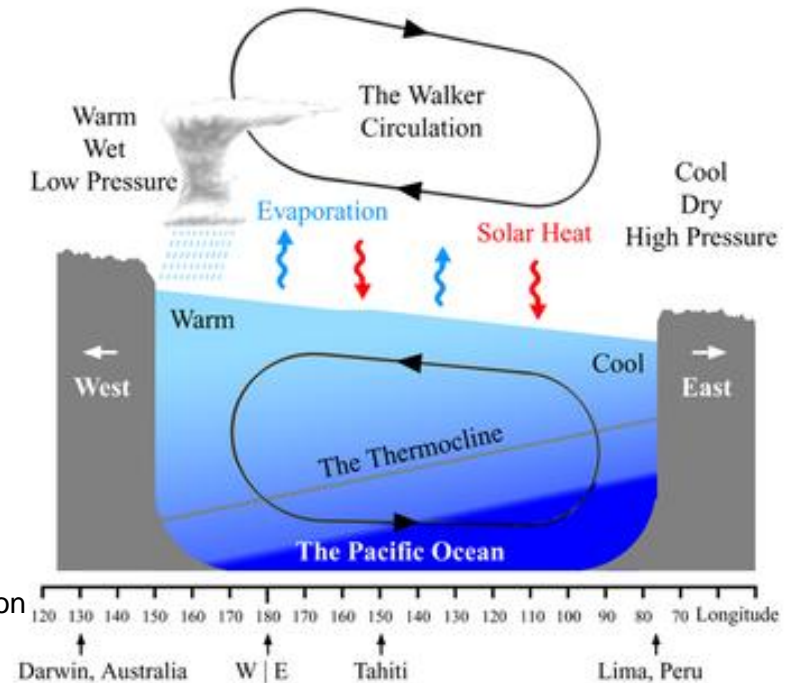
- Οι ισχυροί Ανατολικοί Αληγείς άνεμοι στην επιφάνεια επηρεάζουν σημαντικά τα θαλάσσια ρεύματα και ειδικά τα επιφανειακά. Δημιουργούν ένα επιφανειακό ρεύμα με κατεύθυνση από τα Ανατολικά προς τα Δυτικά, τόσο ισχυρό ώστε η στάθμη της θάλασσας, στην δυτική τροπική περιοχή του Ειρηνικού είναι **60 cm** υψηλότερα σε σχέση με τη στάθμη στην ανατολική περιοχή
- Το νερό που μεταφέρεται από τις ακτές του Περού & του Εκουαδόρ προς τα Δυτικά από τους Αληγείς αναπληρώνεται με ψυχρό νερό που ανέρχεται από βαθύτερα στρώματα (**upwelling**) πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά και => πλούσιο σε ψάρια

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Οι 'κανονικές' συνθήκες – Ωκεάνια Κυκλοφορία



Πηγή: <http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Walker_circulation

- Στο επίπεδο του θερμοκλινούς (**thermocline**) δηλ. την επιφάνεια διαχωρισμού των θερμών επιφανειακών υδάτων από τα ψυχρά νερά βάθους, το φυτοπλαγκτόν αφθονεί => αφθονία αλιευμάτων
- Το θερμοκλινές αντιστοιχεί συνήθως σε θερμοκρασία υδάτων **~20°C**
- Στις ακτές της Λατινικής Αμερικής (Περού) το θερμοκλινές (επίπεδο διαχωρισμού θερμών θαλασσίων μαζών από τις ψυχρές) βρίσκεται σε μικρό βάθος (**~40 m**) δηλ. κοντά στην επιφάνεια => πλούσια αλιεία
- Στη δυτική πλευρά του τροπικού Ειρηνικού το θερμοκλινές βρίσκεται σε μεγάλο βάθος

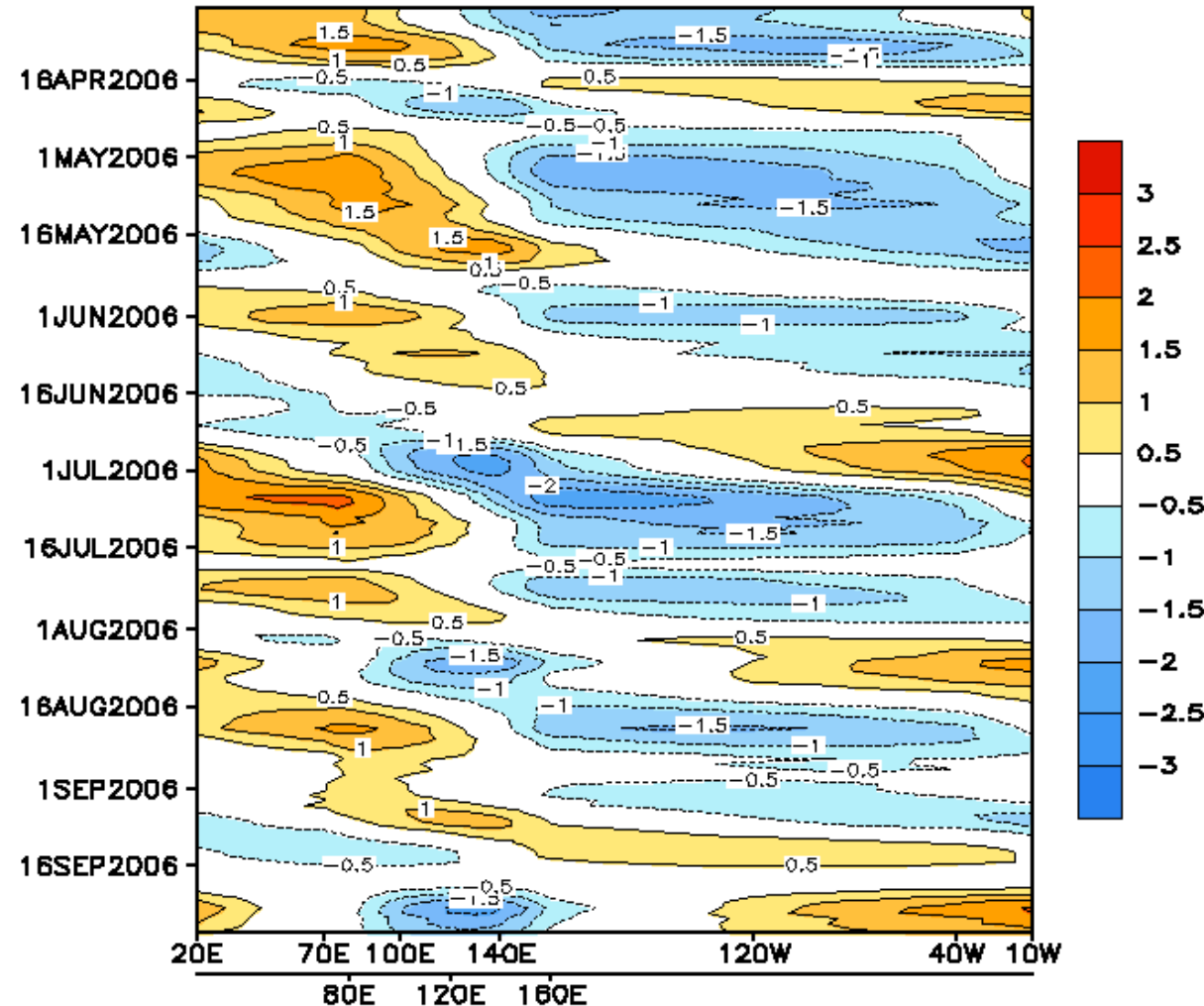
Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Η μετάβαση ... προς το El Nino

■ Η έναρξη του φαινομένου El Nino ξεκινά όταν οι ανατολικοί Αληγείς άνεμοι, οι οποίοι μεταφέρουν θερμική ενέργεια προς τα δυτικά του ωκεανού, αρχίζουν να εξασθενούν ενώ μπορεί μέχρι και η διεύθυνση τους να αντιστραφεί και να γίνουν Δυτικοί

■ Οι εξασθένιση & η αλλαγή διεύθυνσης των Αληγών οφείλεται σε αλλαγή του θερμοκρασιακού καθεστώτος μεταξύ Ανατολικού & Δυτικού Ειρηνικού ωκεανού η οποία προκαλεί αντιστροφή της 'κανονικής' βαροβαθμίδας

■ Μια σειρά από θαλάσσια κύματα Kelvin (σχετικά θερμά υποεπιφανειακά υδάτινα κύματα πάχους μερικών εκατοστών & εκατοντάδων χιλιομέτρων έκτασης διασχίζουν τον Ειρηνικό κατά μήκος του Ισημερινού & δημιουργούν 'αφύσικες' θερμές δεξαμενές νερού στον Κεντρικό Ειρηνικό & κοντά στη Νότια Αμερική όπου οι θερμοκρασία του Ωκεανού σε κανονικές συνθήκες είναι ψυχρή λόγω του upwelling



Πηγή: http://www.wikiwand.com/en/Madden%E2%80%93Julian_oscillation

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Η μετάβαση ... προς το El Nino

- Η ασυνήθιστη παρουσία θερμών υδάτων στον Κεντρικό & Ανατολικό τροπικό Ειρηνικό προκαλώντας εξασθένηση της Θερμοβαθμίδας μεταξύ της Ανατολικής & Δυτικής περιοχής του ωκεανού, εξασθενώντας έτσι τους Αληγείς ανέμους
 - Η εξασθένηση & η διακοπή των Αληγών ανέμων περιορίζει το upwelling ανοικτά των ακτών του Περού => ο περιορισμός & η κατάργηση του upwelling προκαλεί περαιτέρω θέρμανση των υδάτων στην ανατολική πλευρά του Ειρηνικού
 - Πάνω από θερμά ύδατα αναπτύσσονται συνήθως χαμηλές πιέσεις, ενώ υψηλές πιέσεις εμφανίζονται πάνω από ψυχρά ύδατα => έτσι αντιστρέφεται και η Βαροβαθμίδα μεταξύ Ανατολικού & Δυτικού ωκεανού
- Η ανάπτυξη δε, Δυτικών ανέμων κατά μήκος του Ισημερινού στον Ειρηνικό ενισχύει περαιτέρω την αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων & την μετακίνηση τους προς τα ανατολικά παίζοντας έτσι ρόλο στην ανάπτυξη του El Nino

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Θερμοκρασία επιφάνειας

■ Κατά την εκδήλωση του φαινομένου El Nino η κατανομή της επιφανειακής θερμοκρασίας κατά μήκος του τροπικού Ειρηνικού αντιστρέφεται:

○ Εκεί που η θερμοκρασία ήταν υψηλή (Δυτικός τροπικός Ειρηνικός, π.χ. Ινδονησία) μειώνεται σημαντικά

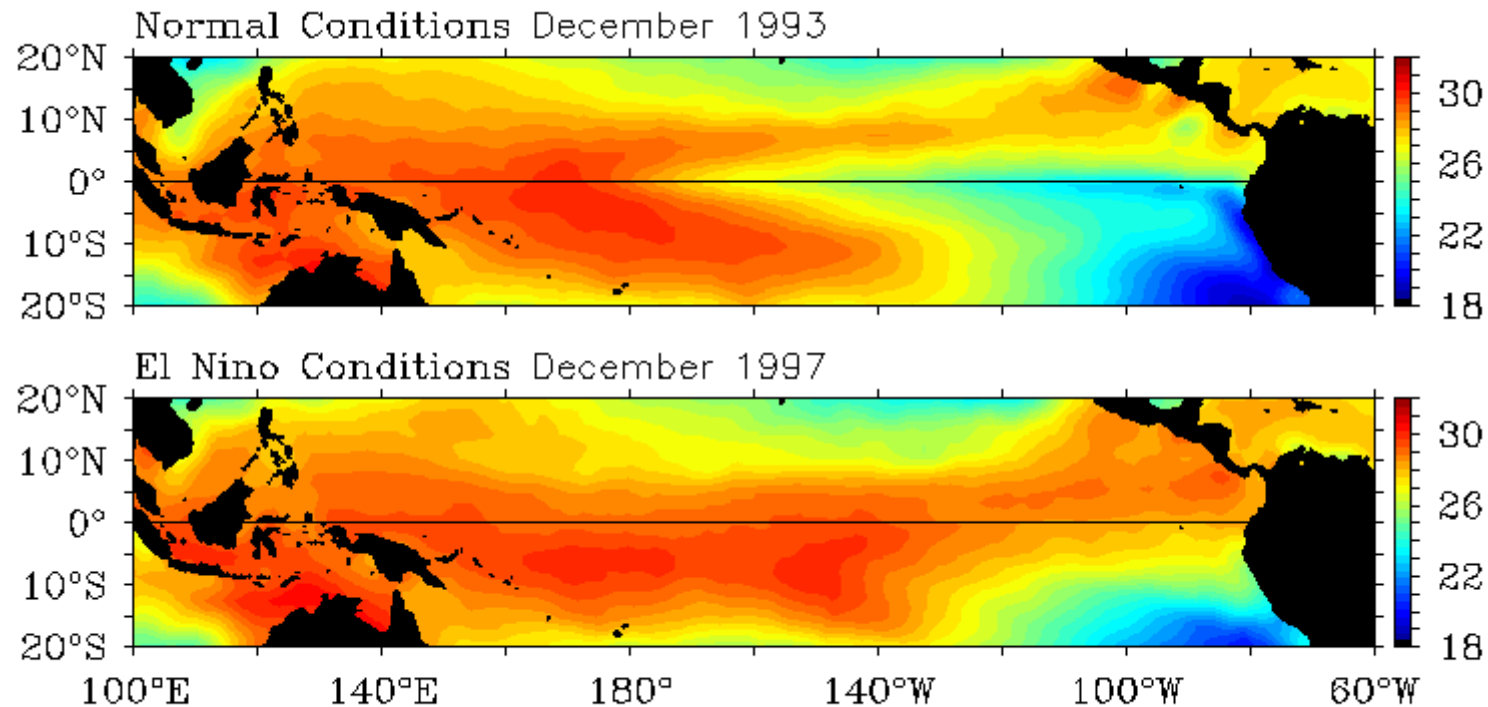
○ ενώ, στις περιοχές που ήταν χαμηλή, αυξάνει επίσης σημαντικά (Ανατολικός τροπικός Ειρηνικός, π.χ. Εκουαδόρ & Περού)

■ Αυτές οι αυξομειώσεις της επιφανειακής θερμοκρασίας πάνω ή κάτω της μέσης τιμής, ορισμένες φορές μπορεί να είναι μεγαλύτερες των 5°C

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Θερμοκρασία επιφάνειας

Monthly SST (°C)



TAO Project Office/PMEL/NOAA

Πηγή: http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/gif/reynolds/nancy4.gif

- Σύγκριση επιφανειακής θερμοκρασίας στην περιοχή του τροπικού Ειρηνικού, κάτω από 'κανονικές' συνθήκες και κάτω από συνθήκες φαινομένου El Nino

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Θερμοκρασία επιφάνειας

- Αποχές (anomalies) της επιφανειακής θερμοκρασίας στην περιοχή του Ειρηνικού, κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης δύο ισχυρών φαινομένων El Nino (1982/1983 & 1997/1998)

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Θερμοκρασία επιφάνειας

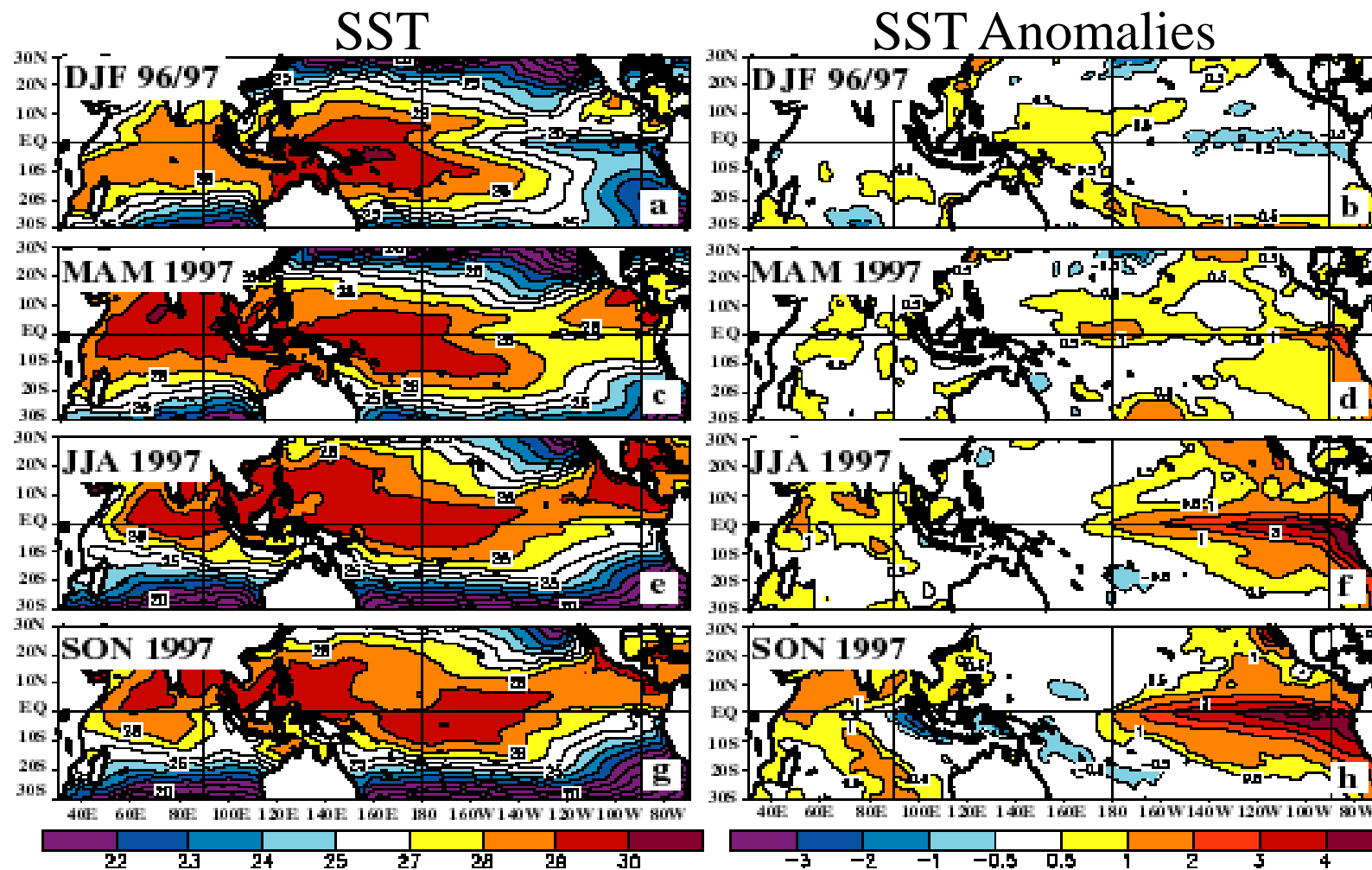


FIG. 23. Seasonal SST (left) and anomaly (right) for (a, b) DJF 1996/97, (c, d) MAM 1997, (e, f) JJA 1997 and (g, h) SON 1997. Contour interval is 1°C, with the 0.5°C anomaly contour included. Anomalies are departures from the 1950–79 adjusted OI climatology (Reynolds and Smith 1995).

Πηγή: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/assessments/assess_97/fig23.gif

- Εξέλιξη της επιφανειακής θερμοκρασίας στην περιοχή του τροπικού Ειρηνικού, κατά τη διάρκεια της εκδήλωσης του φαινομένου El Niño την περίοδο 1997/1998

- **Συνθήκες El Nino – Πίεση επιφάνειας**
- Η αλλαγή της θερμοκρασίας των υδάτων, προκαλεί αλλαγή στη θερμοκρασία του υπερκείμενου ατμοσφαιρικού αέρα => Με αποτέλεσμα την αλλαγή στην ατμοσφαιρική πίεση
- Έτσι, στις περιοχές που η ατμοσφαιρική πίεση ήταν αυξημένη (**ανατολικός τροπικός Ειρηνικός**), με τη θέρμανση του ατμοσφαιρικού αέρα η πίεση μειώνεται
- Αντίστοιχα, στις περιοχές που η ατμοσφαιρική πίεση ήταν χαμηλή (**δυτικός τροπικός Ειρηνικός**), με τη ψύξη του ατμοσφαιρικού αέρα η πίεση αυξάνει

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

- **Συνθήκες El Nino – Πίεση επιφάνειας**
- Τα **συστήματα ατμοσφαιρικής πίεσης** κατά μήκος του τροπικού Ειρηνικού κάτω από κανονικές συνθήκες & συνθήκες El Nino **έχουν αντιστραφεί**

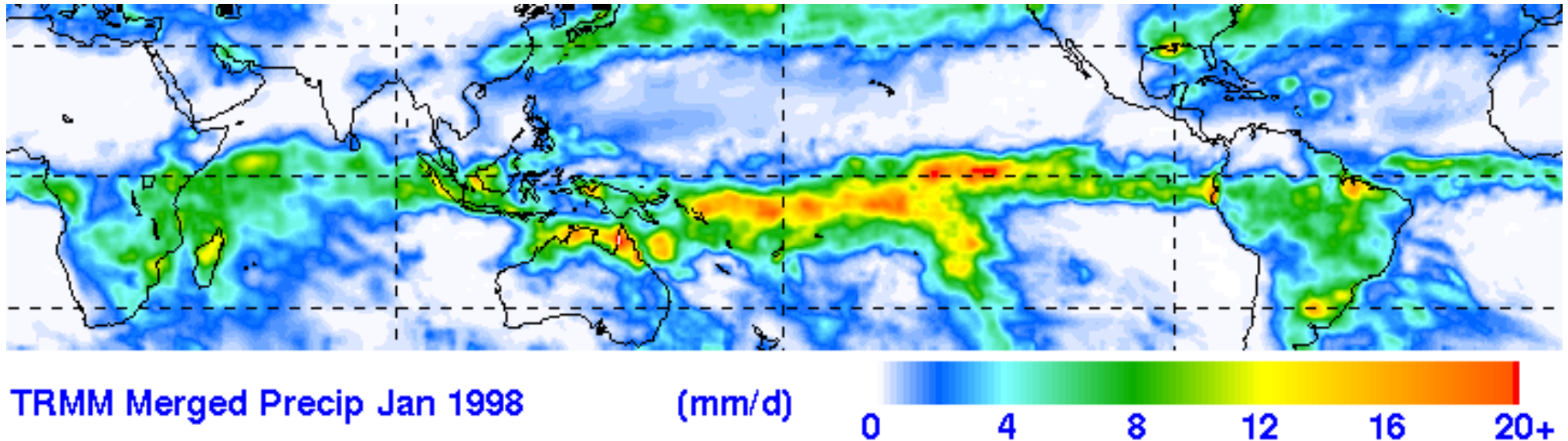
Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία

- Με την ανάπτυξη κέντρου υψηλών πιέσεων στη δυτική πλευρά του Ειρηνικού λόγω χαμηλής θερμοκρασίας της θάλασσας & κέντρου χαμηλών πιέσεων στην ανατολική πλευρά, λόγω υψηλής θερμοκρασίας της θάλασσας, η ατμοσφαιρική κυκλοφορία της περιοχής παρουσιάζεται περισσότερο πολύπλοκη
- Στο σύστημα αυτό των τριών δακτυλίων, ανοδικές κινήσεις παρατηρούνται στην περιοχή τα Ταϊτής και στις ακτές του Περού & του Εκουαδόρ, ενώ καθοδικές κινήσεις σημειώνονται στην περιοχή της Βορείου Αυστραλίας & Ινδονησίας καθώς και στα ανοικτά των ακτών του Περού
- Στην περιοχή της νοτιοανατολικής Ασίας & Βορείου Αυστραλίας, το κλίμα γίνεται ξηρό λόγω ανομβρίας, αποτέλεσμα των καθοδικών κινήσεων

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Εκδήλωση φαινομένων



Πηγή: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images/3B43_jan98.gif

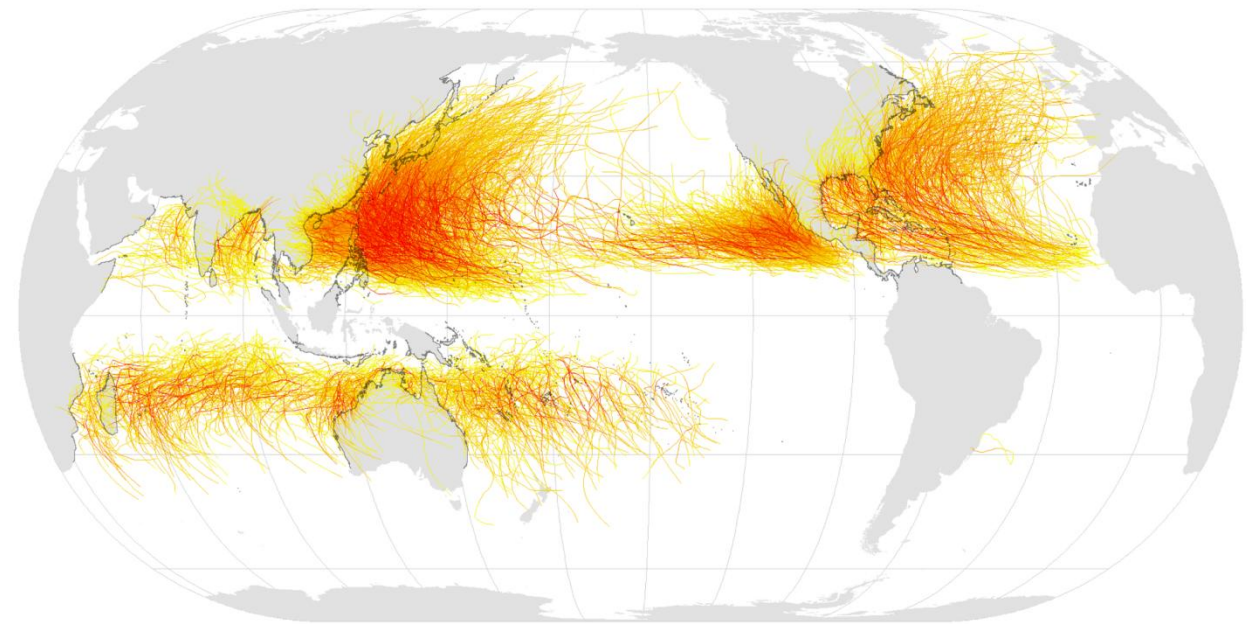
- Στις περιοχές όπου επικρατούν ανοδικές κινήσεις (Ταϊτή και ακτές Περού & Εκουαδόρ), οι βροχές είναι πιο συχνές με εξαιρετικά μεγάλη ραγδαιότητα & με πολύ μεγάλα ποσά βροχοπτώσεως. Τόσο η μεγάλη ποσότητα όσο και η μεγάλη ραγδαιότητα των βροχοπτώσεων αυτών οφείλεται στην έντονη εκτόνωση που υφίστανται οι αέριες μάζες όταν συναντήσουν την οροσειρά των Άνδεων που υπάρχει στην περιοχή αυτή & πολύ κοντά στις ακτές
- Το σύνολο των καιρικών φαινομένων που παρατηρούνται στην περιοχή του Περού & στην ευρύτερη περιοχή, αποτελούν αυτό που ονόμαζαν οι ιθαγενείς κάτοικοι **El Nino**

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Εκδήλωση φαινομένων

- Όταν τα επιφανειακά ύδατα θεωρούνται δροσερά εννοούμε ($T = \sim 23^{\circ}\text{C}$)
- Αντίθετα, όταν αναφερόμαστε σε θερμά επιφανειακά ύδατα $\Rightarrow T > \sim 28^{\circ}\text{C}$
- Στην τροπική περιοχή του Ειρηνικού έχουν καταγραφεί θερμοκρασίες $T = \sim 31.5^{\circ}\text{C}$ & θεωρούνται από τις πλέον θερμές ωκεάνιες περιοχές του πλανήτη
- Οι υψηλές αυτές θερμοκρασίες, σε συνδυασμό με την υψηλή υγρασία, αποτελούν τις ευνοϊκότερες συνθήκες δημιουργίας μεγάλης έκτασης έντονης αστάθειας και επομένως ανάπτυξης τροπικών κυκλώνων

Tropical Cyclones, 1945–2006



Saffir-Simpson Hurricane Scale:

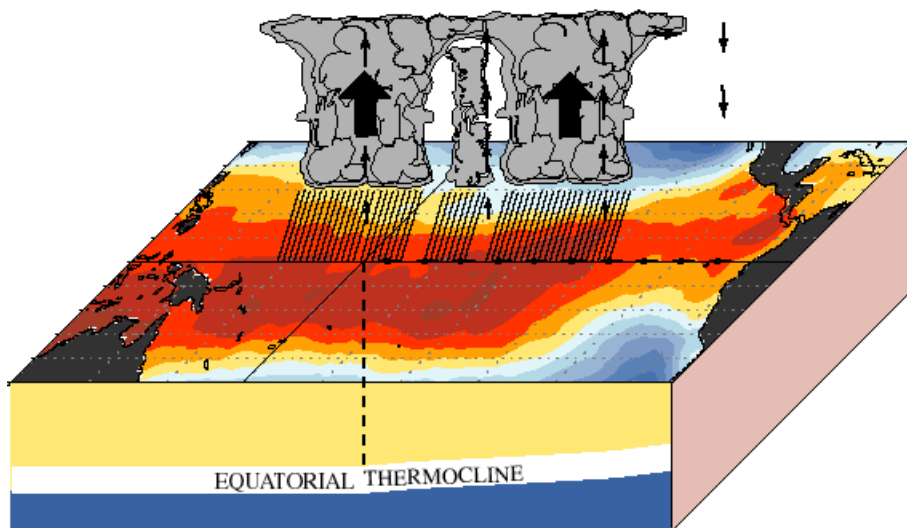


- Στη διάρκεια του φαινομένου El Nino η συχνότητα εμφάνισης τροπικών κυκλώνων σε διάφορες περιοχές του Ειρηνικού είναι αυξημένη (σχεδόν διπλάσια), ενώ σε άλλες μειώνεται

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Niño

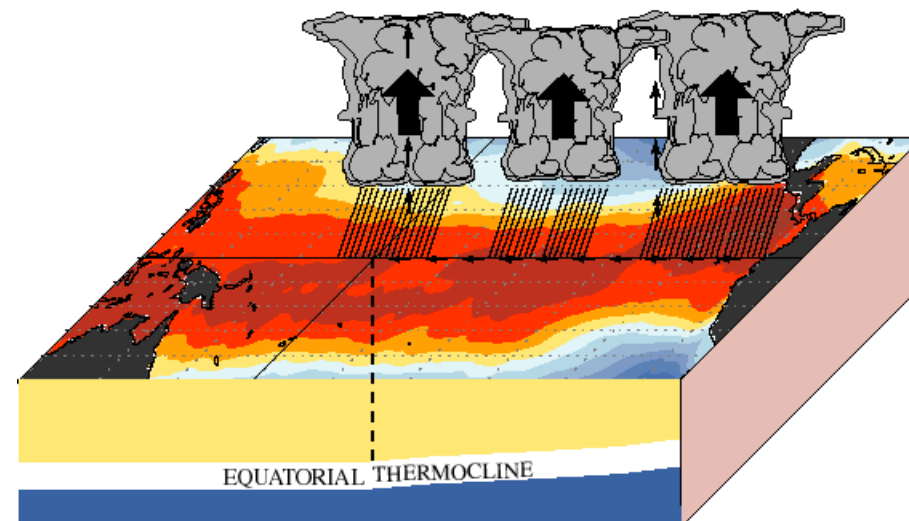
■ Συνθήκες El Niño – Ωκεάνια κυκλοφορία

December - February El Niño Conditions



Πηγή: <http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

March - May ENSO Conditions



Πηγή: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/impacts/warm_impacts.shtml

- Στη διάρκεια της φάσης του El Niño, παρατηρείται μια συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων θερμού νερού στην ανατολική πλευρά του Ωκεανού => λόγω αυτής της συσσώρευσης, η επιφάνεια που χωρίζει τα ψυχρά νερά του βάθους από τα υπερκείμενα θερμότερα (**thermocline**), κατέρχεται σε βάθος **100 – 200 m** (σε σχέση με το βάθος 40 m που βρίσκεται στις κανονικές συνθήκες) & η κλίση του είναι σχεδόν οριζόντια
- Η βύθιση του θερμοκλινούς => τα αλιεύματα δεν αφθονούν πλέον, επικρατεί φτωχή αλιεία & σε συνδυασμό με τις καταστροφικές βροχοπτώσεις στις ίδιες ακτές σημειώνεται μετανάστευση των θαλασσίων πουλιών & φτωχή σοδειά για τους αλιείς
- Η σημαντική μείωση των αλιευμάτων αποτελεί για τους ντόπιους αλιείς πρόδρομο φαινόμενο των δυσμενών καιρικών φαινομένων που πρόκειται να ακολουθήσουν

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

- **Συνθήκες El Nino – Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία**

Τυπικές συνθήκες κυκλοφορίας Walker

Κυκλοφορία Walker σε συνθήκες El Nino

Η κορύφωση του φαινομένου
παρατηρείται το χειμώνα
Δεκέμβριο - Φεβρουάριο

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

- **Συνθήκες El Nino – Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία (άνεμοι)**

Κανονικές συνθήκες

Συνθήκες El Nino

Η κορύφωση του φαινομένου
παρατηρείται το χειμώνα
Δεκέμβριο - Φεβρουάριο

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Ο Δείκτης SOI (Southern Oscillation Index)

Κανονικές συνθήκες

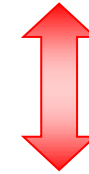
Συνθήκες El Nino

- Η εναλλαγή της ατμοσφαιρικής πίεσης στην επιφάνεια του Ανατολικού & Δυτικού τροπικού Ειρηνικού ωκεανού αποδίδεται με τον **Δείκτη Νότιας Κύμανσης (SOI, Southern Oscillation Index)**
- Ο Δείκτης αυτός εκφράζει το δεκαπλάσιο των **κανονικοποιημένων αποχών** των διαφορών της ατμοσφαιρικής πίεσεως μεταξύ του **Darwin** της Αυστραλίας (Βόρειο τμήμα) και της Tahiti (Γαλλική Πολυνησία). Οι δύο τοποθεσίες βρίσκονται στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Συνθήκες El Nino – Ο Δείκτης SOI (Southern Oscillation Index)

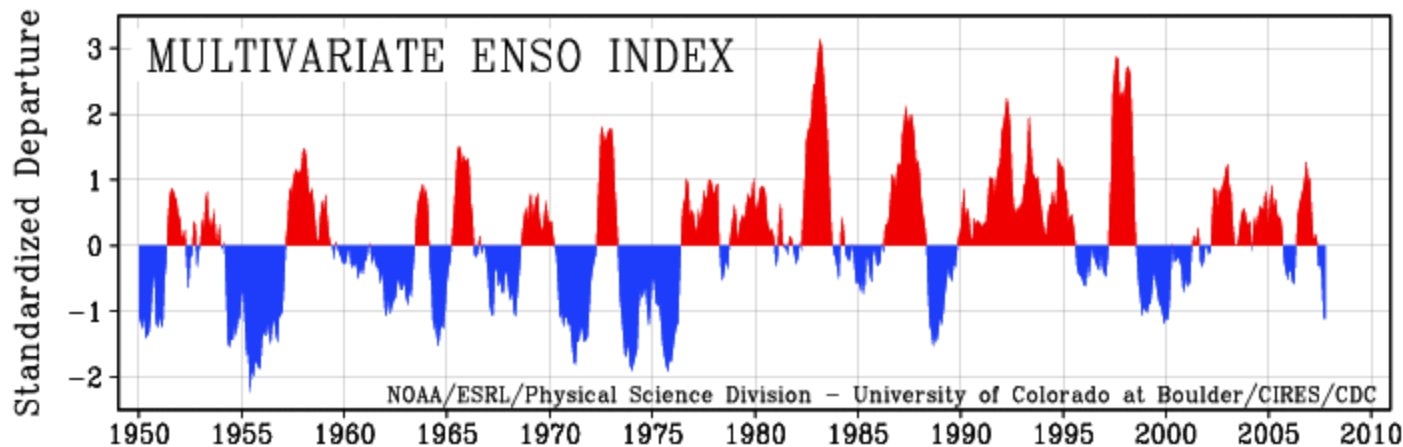
$$SOI = 10 \cdot \frac{(P_{dif} - \overline{P_{dif}})}{SD_{dif}}$$



$$P_{dif} = P_{Tahiti} - P_{Darwin}$$

$\overline{P_{dif}}$: μέση τιμή των διαφορών P_{dif}

SD_{dif} : τυπική απόκλιση των διαφορών P_{dif}



Χρονοσειρά του δείκτη SOI

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Άλλοι Δείκτες El Nino

- Χρησιμοποιούνται και άλλοι δείκτες οι οποίοι στηρίζονται στις **αποχές** (anomalies) της **επιφανειακής θερμοκρασίας της θάλασσας (SST)** σε συγκεκριμένες περιοχές του Τροπικού Ειρηνικού

Περιοχές El Nino

- **Nino 1:** η περιοχή που ορίζεται μεταξύ $80^{\circ}\text{-}90^{\circ}\text{W}$ & $5^{\circ}\text{-}10^{\circ}\text{S}$
- **Nino 2:** η περιοχή που ορίζεται μεταξύ $80^{\circ}\text{-}90^{\circ}\text{W}$ & $0^{\circ}\text{-}5^{\circ}\text{S}$
- **Nino 3:** η περιοχή που ορίζεται μεταξύ $90^{\circ}\text{-}150^{\circ}\text{W}$ & $5^{\circ}\text{N}\text{-}5^{\circ}\text{S}$,
- **Nino 4:** η περιοχή που ορίζεται μεταξύ $150^{\circ}\text{W}\text{-}160^{\circ}\text{E}$ & $5^{\circ}\text{N}\text{-}5^{\circ}\text{S}$,

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Άλλοι Δείκτες El Nino

○ **Nino 3.4**: περιοχή που περιλαμβάνει μέρος των περιοχών Nino 3 & Nino 4 ορίζεται μεταξύ 120°W-170°E & 5°N-5°S

■ Ιστορικά, ο όρος 'φαινόμενο **El Nino**' αναφέρεται κυρίως στο ανατολικό Ειρηνικό. Αφορά όμως εκτεταμένες περιοχές και του

■ Κεντρικού Ειρηνικού και γι' αυτό η θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας (SST) μετράται σε όλες τις παραπάνω περιοχές El Nino

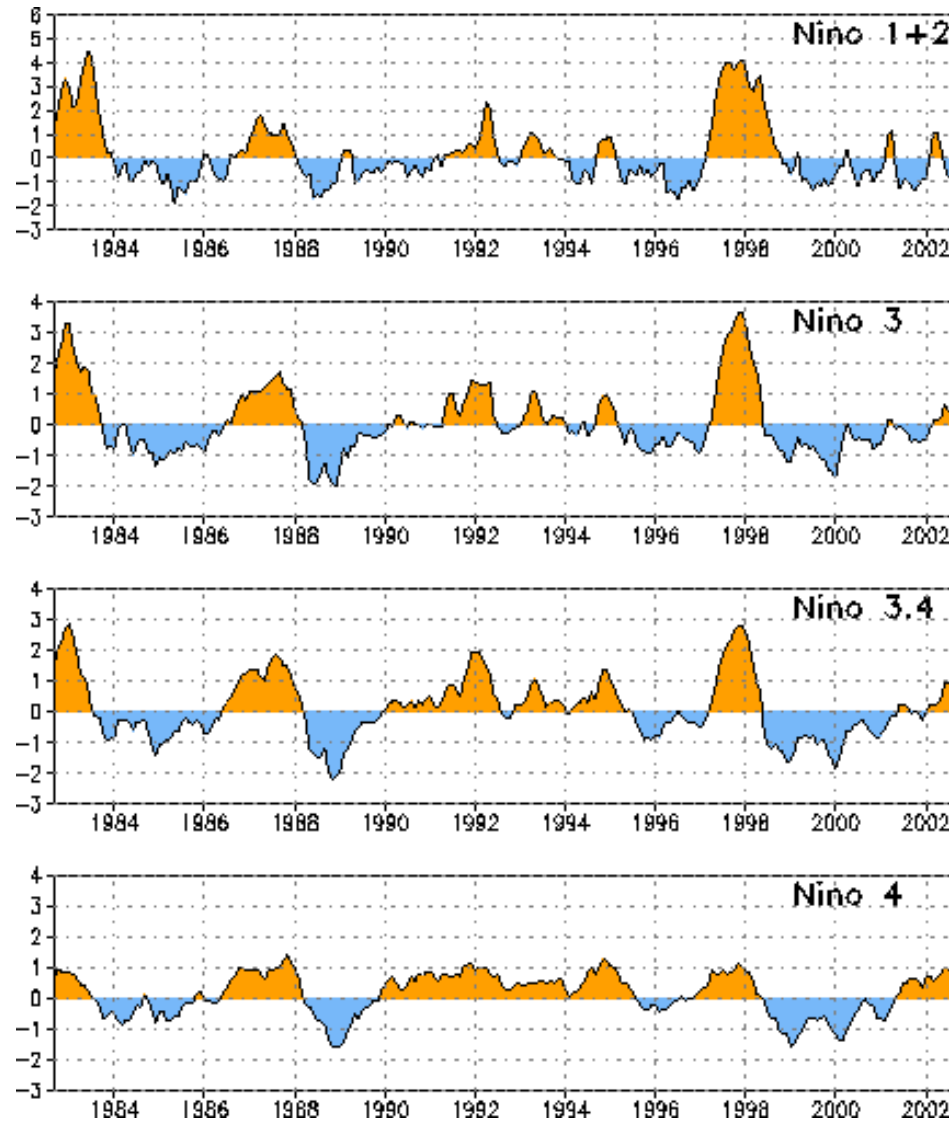
■ Τις δύο τελευταίες δεκαετίες (δορυφορικά δεδομένα είναι διαθέσιμα μετά το 1979) παρατηρήθηκε 'ανώμαλη' συμπεριφορά της **SST** (θετικές αποχές) στον κεντρικό Ειρηνικό κοντά στον μεσημβρινό αλλαγή ημέρας (dateline). Το φαινόμενο αυτό καλείται **El Niño "Modoki"** (στα Ιαπωνικά σημαίνει 'όμοιο αλλά διαφορετικό) ή **Central-Pacific El Niño**

■ Τα φαινόμενα που το συνοδεύουν είναι διαφορετικά από αυτά του 'κλασσικού' El Nino στον ανατολικό Ειρηνικό. Συνδέεται με αύξηση της συχνότητας εμφάνισης τυφώνων

■ Ορισμένοι επιστήμονες το συνδέουν με την παγκόσμια θέρμανση

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

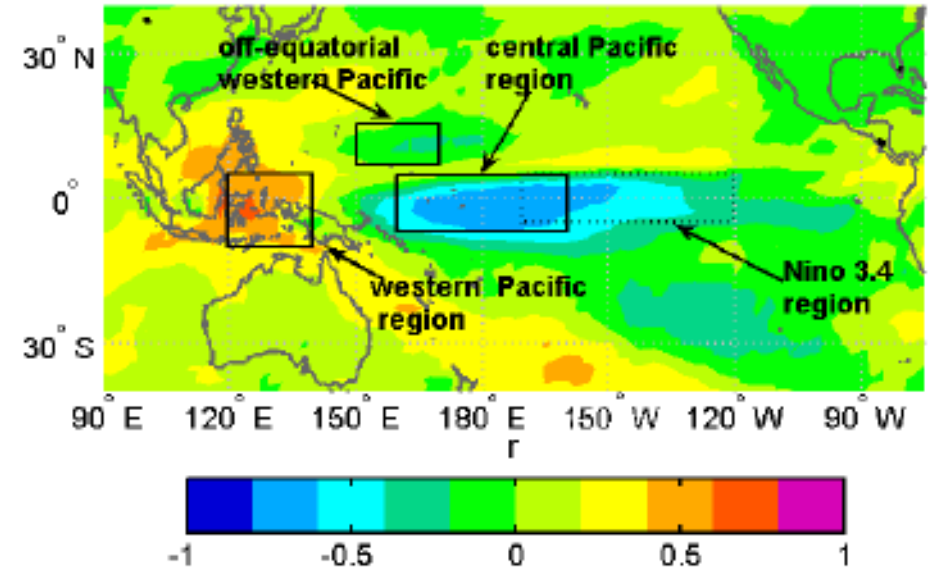
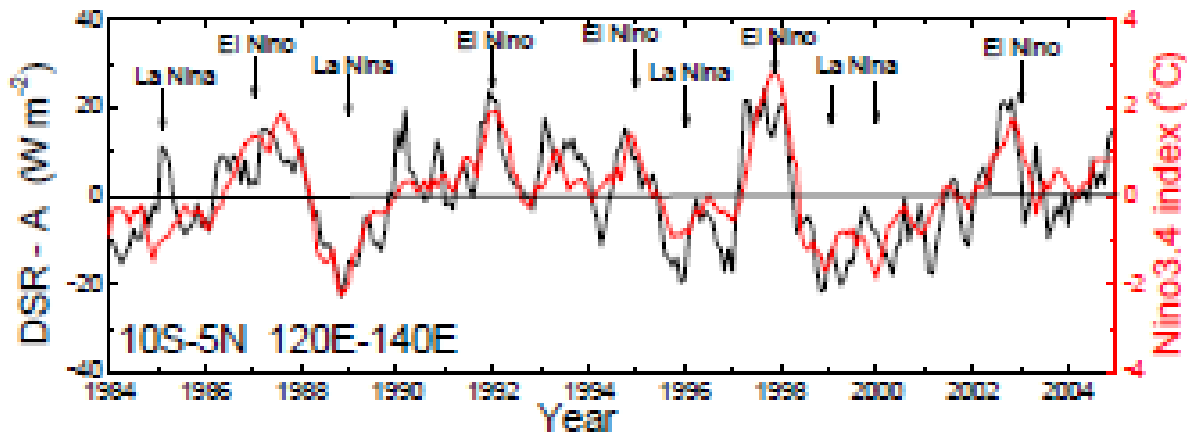
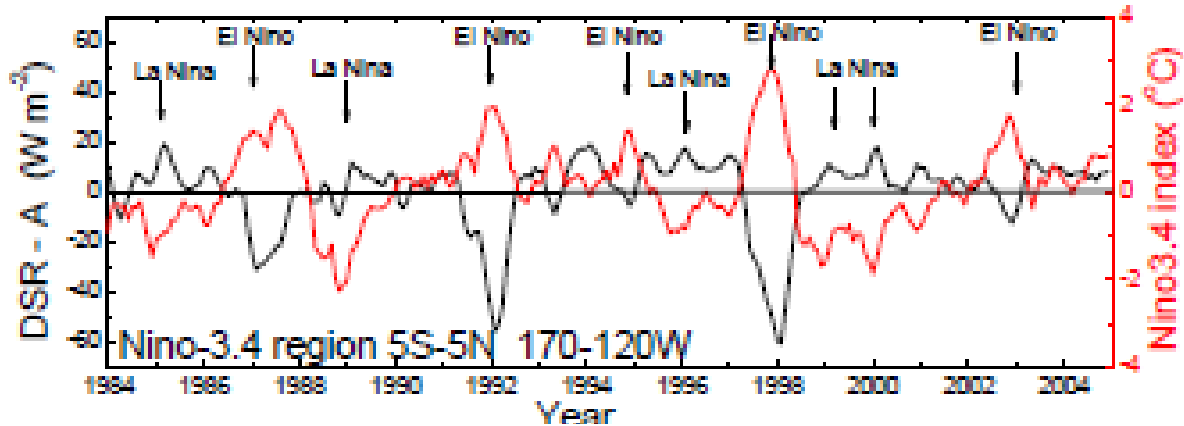
■ Άλλοι Δείκτες El Nino



Πηγή: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin_0802/figt5.gif

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Άλλοι Δείκτες El Nino



Αποχές προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας (DSR) στην περιοχή Nino 3.4

Αποχές DSR στην περιοχή του Δυτικού Ειρηνικού

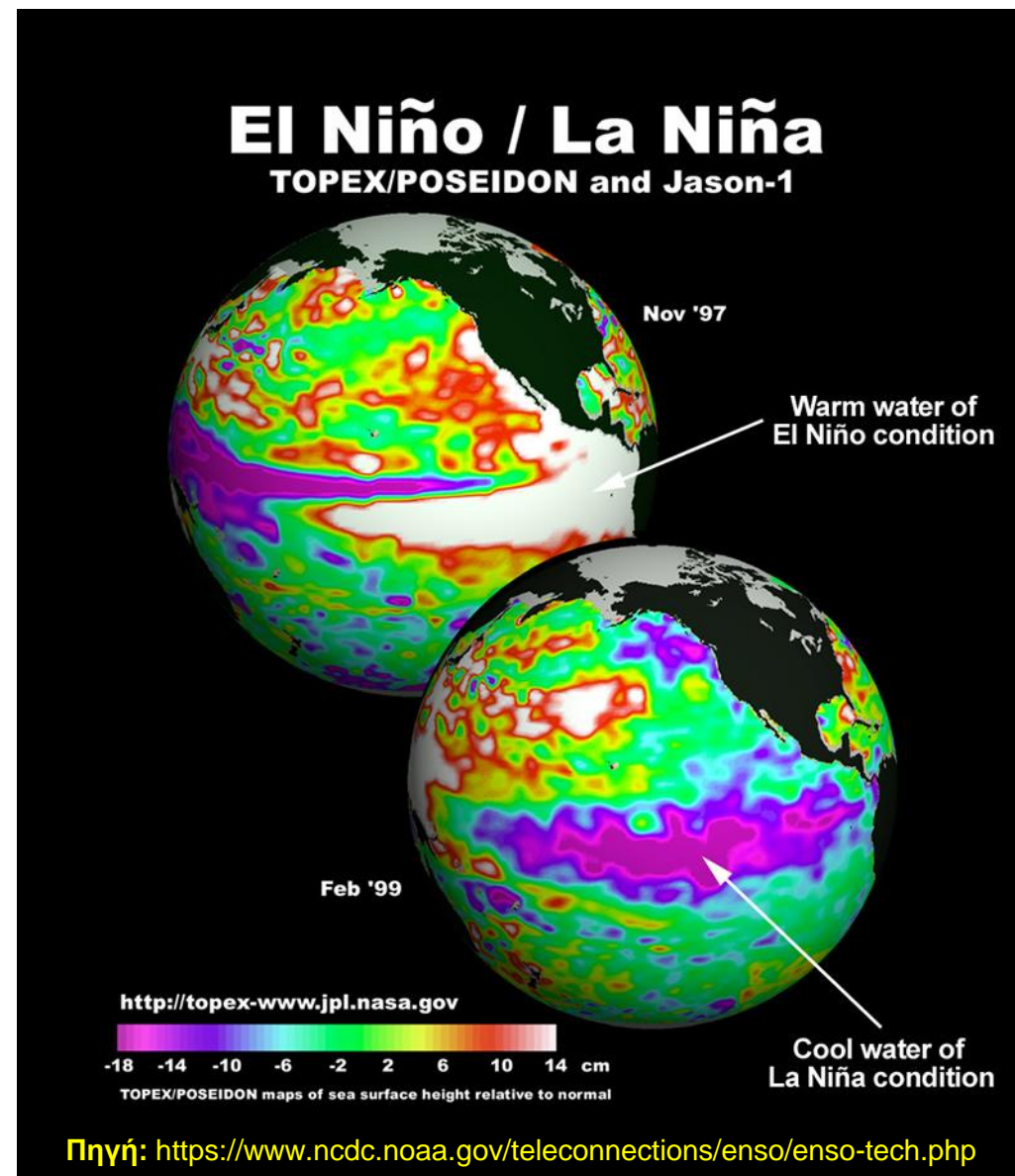
Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - La Nina

■ Το Φαινόμενο La Nina

■ Στον κύκλο της Νότιας Κύμανσης, το φαινόμενο El Nino αποτελεί την πλέον εντυπωσιακή & ενδιαφέρουσα φάση. Για το λόγο αυτό, ο επιστημονικός όρος που επικράτησε για την περιγραφή του φαινομένου της Νότιας Κύμανσης είναι **ENSO** (El Nino – Southern Oscillation)

■ Στον κύκλο της Νότιας Κύμανσης που επικρατεί η κανονική ατμοσφαιρική & θαλάσσια κυκλοφορία, για ένα σχετικά μικρό χρονικό διάστημα (μερικοί μήνες, τουλάχιστον 5), η επιφανειακή θερμοκρασία των υδάτων στον κεντρικό Ειρηνικό & στις ακτές του Περού & του Εκουαδόρ παρουσιάζει σημαντική **μείωση** με τιμές μικρότερες των κανονικών (μέσες κλιματολογικές), τουλάχιστον κατά **0.5°C**

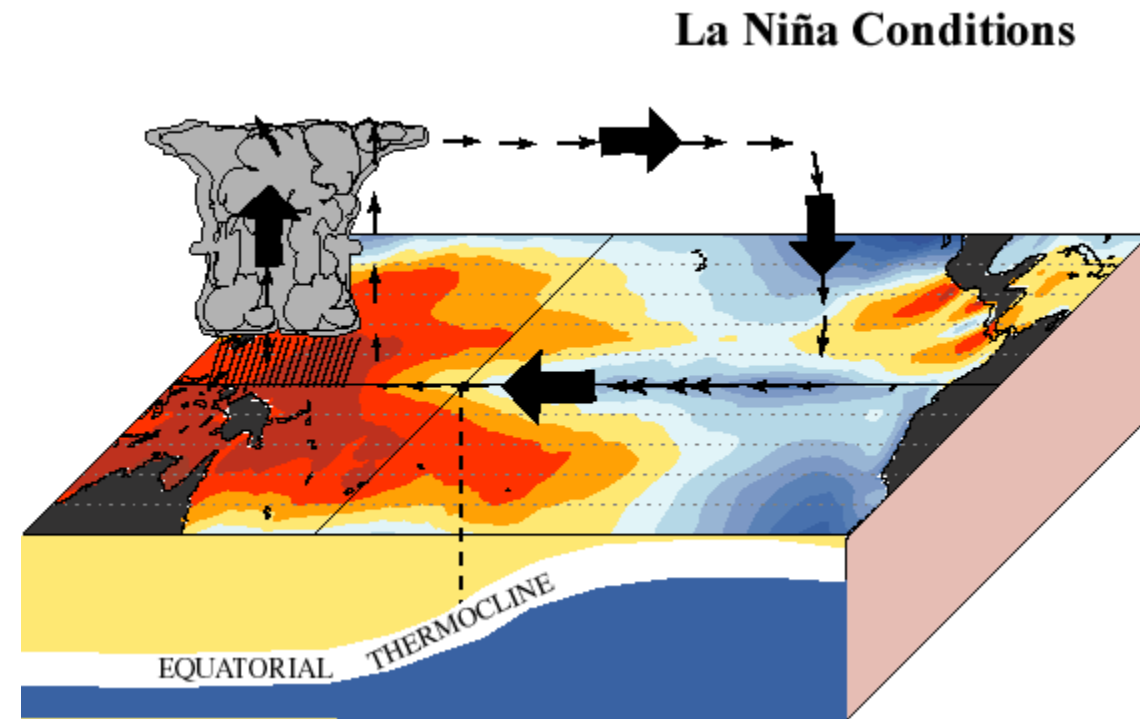
■ Μια τέτοια κατάσταση μπορεί να θεωρηθεί ως ο αντίποδας εκείνης που επικρατεί στη φάση του **El Nino** και είναι γνωστή με τον όρο **La Nina** (το κορίτσι)



Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - La Nina

■ Το Φαινόμενο La Nina

- Η εκδήλωση του φαινομένου La Nina οφείλεται σε ενίσχυση του upwelling που λαμβάνει χώρα στις ακτές του Ανατολικού Ειρηνικού (Περού)
- Το φαινόμενο La Nina έχει σαν αποτέλεσμα την περαιτέρω ενίσχυση της κυκλοφορίας & της έντασης των Αληγών ανέμων
- Η τροπική περιοχή του Ειρηνικού χάνει θερμότητα (λανθάνουσα & αισθητή) κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου **El Nino** και κερδίζει κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου **La Nina**, λόγω παρατεταμένης ηλιοφάνειας
- Η εκδήλωση του φαινομένου La Nina τα θερμά ύδατα εντοπίζονται περισσότερο δυτικά απ' ότι συνήθως



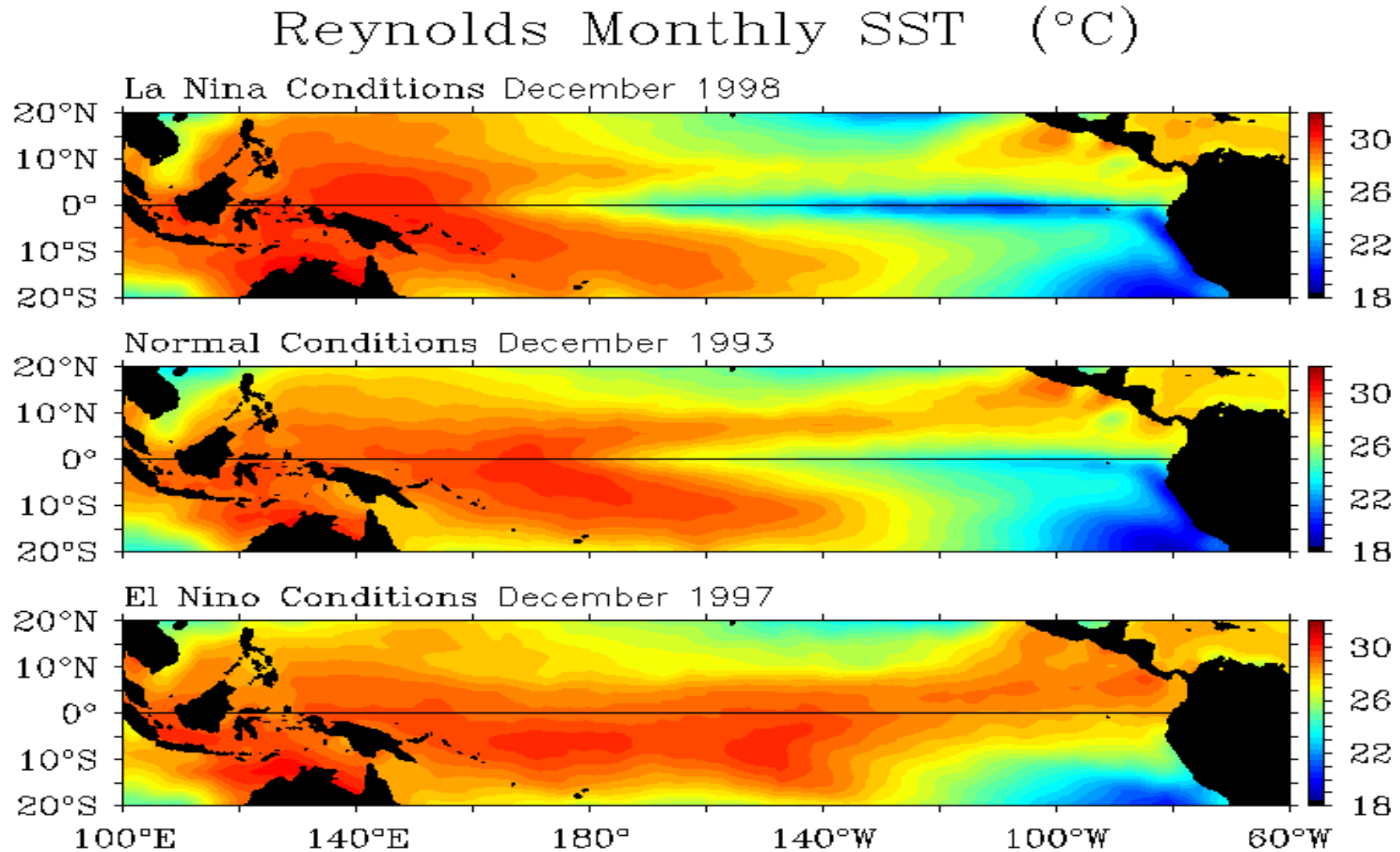
Πηγή:

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/mamschem_lanina.gif

- Κατά την εκδήλωση της ψυχρής φάσης (La Nina) στο μεγαλύτερο μέρος του Τροπικού Ειρηνικού παρατηρείται μείωση της νέφωσης & της βροχόπτωσης

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - La Nina

■ Το Φαινόμενο La Nina



TAO Project Office/PMEL/NOAA

Πηγή: http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/gif/reynolds/nancy4.gif

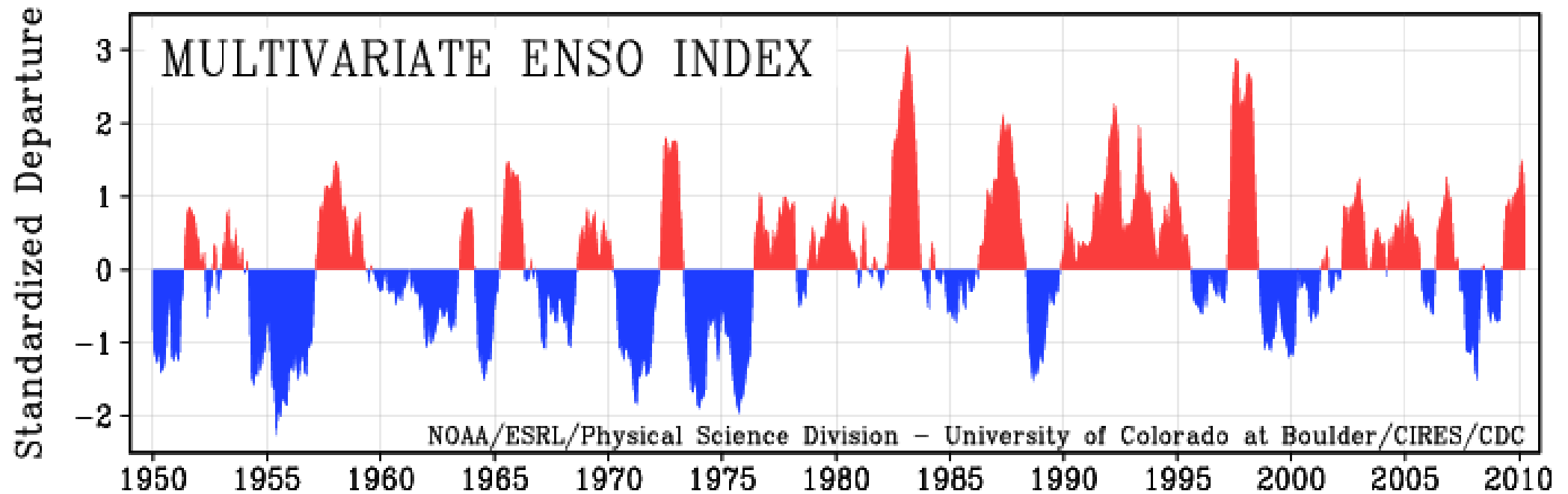
Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - La Nina

El Nino

La Nina

- Στον κύκλο της Νότιας Κύμανσης (**ENSO**), το φαινόμενο **El Nino** αποτελεί την **θερμή φάση** του κύκλου, ενώ το φαινόμενο **La Nina** αποτελεί την **ψυχρή φάση** της κύμανσης
- Δεν μπορεί κάποιος να πει με σιγουριά ότι ένα επεισόδιο **La Nina** έπεται ή προηγείται ενός επεισοδίου **El Nino**
 - Η μετάβαση μεταξύ El Nino και La Nina τείνει να είναι πιο γρήγορη απ' ότι η μετάβαση μεταξύ La Nina και El Nino
- Η μεταβλητότητα από επεισόδιο σε επεισόδιο του χρόνου εμφάνισης, της έντασης & της διάρκειας του επεισοδίου είναι πολύ μεγάλη τόσο για το El Nino όσο και το La Nina

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO)



Πηγή: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/enso.current.html#indices>

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

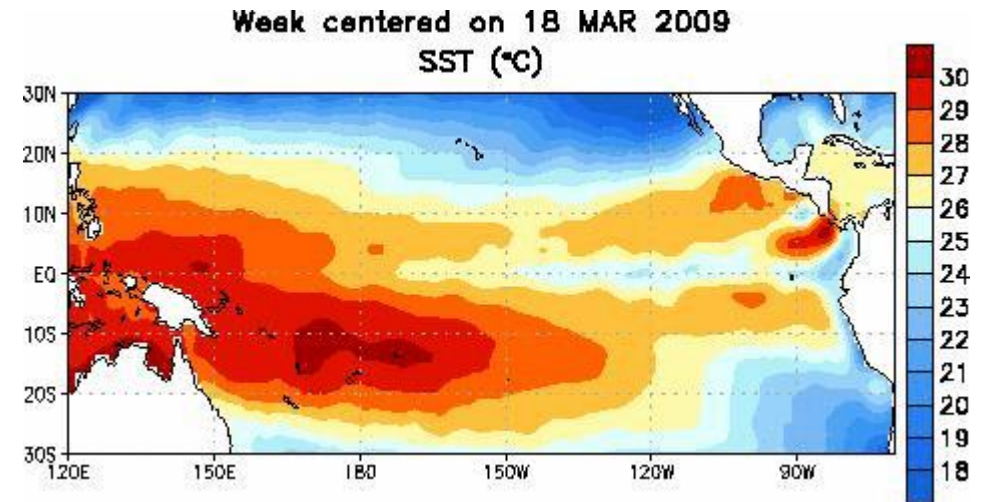
■ Θεωρίες για τα αίτια της εμφάνισης της Νότιας Κύμανσης (ENSO)

■ Έχουν διατυπωθεί κάποιες θεωρίες που προσπαθούν να ερμηνεύσουν το φαινόμενο της **Νότιας Κύμανσης** και ειδικά των δύο ακραίων φάσεων El Nino & La Nina

■ Καμία όμως θεωρία δεν εξηγεί πλήρως και με σαφήνεια το φαινόμενο και ειδικά την έναρξη & εναλλαγή των φάσεων, ώστε να αποτελέσει και τη βάση επιτυχούς πρόγνωσης αυτών των καταστάσεων

■ Σήμερα, πιστεύεται ότι το **αίτιο** είναι **θερμικό** & ότι το βασικό κλειδί είναι η αποθήκευση θερμότητας στο τροπικό τμήμα των ωκεανών

■ Κατά την εκδήλωση της ψυχρής φάσης (La Nina) στο μεγαλύτερο μέρος του Τροπικού



Πηγή:

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_update/sstanim.shtml

Ειρηνικού παρατηρείται μείωση της νέφωσης & της βροχόπτωσης => με αποτέλεσμα η αυξημένη ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια του ωκεανού να αποθηκεύεται σαν θερμότητα σε μεγάλα τμήματα του και ειδικά στον βαθύ Δυτικό Ωκεανό, με τη μορφή θερμών λιμνών (**warm pools**)

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Θεωρίες για τα αίτια της εμφάνισης της Νότιας Κύμανσης (ENSO)

- Κατά τη διάρκεια του El Nino, σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα, κάτι σαν 'έκρηξη', μεταφέρεται πολύ μεγάλη ποσότητα θερμότητας από τους Τροπικούς προς τα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη.
- Η μεταφορά γίνεται είτε μέσω θαλασσίων ρευμάτων (αισθητή θερμότητα) είτε μέσω της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας (αισθητή & λανθάνουσα θερμότητα)
- Μετρήσεις έδειξαν ότι η λανθάνουσα θερμότητα που μεταφέρεται είναι πολύ μεγαλύτερη της αισθητής => κάτι που δείχνει το μέγεθος & την έκταση των καταιγίδων που συνδέονται άμεσα με το μεγάλο αυτό ποσό της λανθάνουσας θερμότητας
- Βασικό ερώτημα που τίθεται είναι: πόσο χρονικό διάστημα απαιτείται για να επαναφορτιστεί ο ωκεανός με τη θερμότητα που απαιτείται για την έναρξη μιας νέας θερμής φάσης για του φαινομένου ENSO
- Τα αποτελέσματα μοντέλων οδηγούν προς μια απάντηση χωρίς όμως πάντοτε να επιβεβαιώνεται από τα γεγονότα
- Πιστεύεται ότι, κάποιες συνθήκες που διαμορφώνονται έξω από τους τροπικούς πρέπει επίσης να παίζουν σημαντικό ρόλο

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Θεωρίες για τα αίτια της εμφάνισης της Νότιας Κύμανσης (ENSO)

- Επίσης παρατηρήθηκε ότι σε κάποιες εξαιρετικές περιπτώσεις **ENSO** ατμοσφαιρικές διαταραχές που παρατηρούνται πάνω από τον Νότιο Ειρηνικό προηγούνται 3 έως 10 μήνες
- Θαλάσσια κύματα με τη μορφή διαταραχών που ταξιδεύουν κατά μήκος του τροπικού & υποτροπικού Ειρηνικού μπορεί να παίζουν κάποιο ρόλο καθώς ανακλώνται στα όρια του ωκεανού
- Τυχαίος ατμοσφαιρικός 'θόρυβος' μπορεί να αποτελέσει το 'σκανδάλισμα' για την έναρξη ενός φαινομένου **El Nino** και να ακολουθήσει ένα φαινόμενο **La Nina** ή το αντίστροφο
- Ίσως όμως να είναι πιο σύνθετος ο τρόπος ή συνδυασμός παραγόντων που μπορεί να δράσουν με τη λογική του 'σκανδαλισμού' για ένα φαινόμενο **ENSO**
- **Δύο (2)** είναι οι πιο σοβαρές θεωρίες που προσπαθούν να δώσουν μια ερμηνεία για την έναρξη της κύμανσης του φαινομένου **ENSO**

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Θεωρίες για τα αίτια της εμφάνισης της Νότιας Κύμανσης (ENSO)

■ **1η Θεωρία:** προτείνει ότι το φαινόμενο ξεκινά από την ανάκλαση στο Δυτικό όριο του Ειρηνικού ωκεανού, ενός **θαλασσίου κύματος τύπου Rossby**, που κινείται προς τα δυτικά

■ Το ανακλώμενο αυτό κύμα δημιουργεί στη δυτική πλευρά του ωκεανού, συσσώρευση μεγάλης ποσότητας θερμής μάζας νερού, δημιουργώντας μια τεράστια 'λίμνη' θερμού νερού (**warm pool**)

=> Τη βύθιση του επιπέδου του θερμοκλινούς (thermocline)

=> Τη δημιουργία σημαντικής διαφοράς επιφανειακής θερμοκρασίας μεταξύ ανατολικής & δυτικής πλευράς του τροπικού ωκεανού, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ανέμων που πνέουν προς τα δυτικά

■ Αυτό αποτελεί και την έναρξη της ψυχρής φάσης (**La Nina**) του φαινομένου ENSO

■ Το ενδιαφέρον τμήμα της θεωρίας είναι ότι τα θαλάσσια κύματα Rossby μπορούν να παρατηρηθούν μερικούς μήνες πριν την ανάκλαση

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

- **Θεωρίες για τα αίτια της εμφάνισης της Νότιας Κύμανσης (ENSO)**

- **1η Θεωρία:** προτείνει ότι το φαινόμενο ξεκινά από την ανάκλαση στο Δυτικό όριο του Ειρηνικού ωκεανού, ενός **θαλασσίου κύματος τύπου Rossby**, που κινείται προς τα δυτικά

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Θεωρίες για τα αίτια της εμφάνισης της Νότιας Κύμανσης (ENSO)

■ **2η Θεωρία:** προτείνει ότι το αίτιο που προκαλεί το φαινόμενο **ENSO** δημιουργείται στην **τροπική ζώνη του Ινδικού ωκεανού** και σχετίζεται με την **κύμανση Madden-Julian (MJO)**

■ Η τροπική σύγκλιση που παρατηρείται που παρατηρείται στην τροπική περιοχή του Ινδικού ωκεανού, δημιουργεί περιοδικά έντονες ανοδικές κινήσεις (convection) με αποτέλεσμα τη δημιουργία ισχυρών καταιγίδων μεγάλης κλίμακας

■ Μετά από ένα περίπου μήνα η 'εκρηκτική' αυτή κατάσταση μεταφέρεται προς την περιοχή του Δυτικού Ειρηνικού, γνωστή με τον όρο **Κύμανση Madden-Julian**

■ Τα τροπικά συστήματα που δημιουργούνται εξ αιτίας αυτής της καταστάσεως, στην περιοχή του Τροπικού Ειρηνικού, προκαλούν **Δυτικούς ανέμους** => αυτό θεωρείται η αρχή της θερμής φάσης (**El Nino**) του ENSO

■ **Πρόβλημα:** δεν είναι εφικτή η πρόγνωση της κύμανσης Madden-Julian => επομένως ούτε η έγκαιρη πρόγνωση της έναρξης του El Nino

Κίνηση προς τα ανατολικά κατά μήκος των τροπικών, σε πλανητική κλίμακα, ενός συστήματος βροχοπτώσεων το οποίο εναλλάσσεται με περιόδους 'καταργησής' του σ'έναν κύκλο 30-60 ημέρες

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

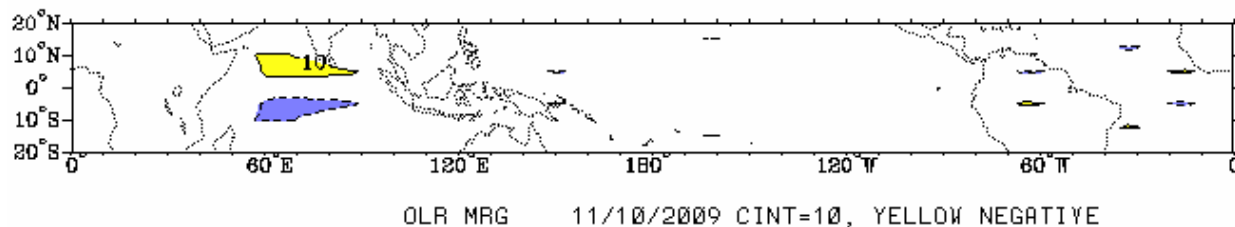
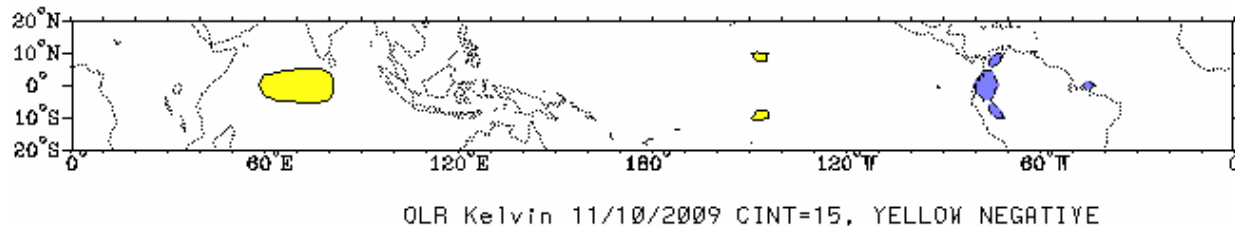
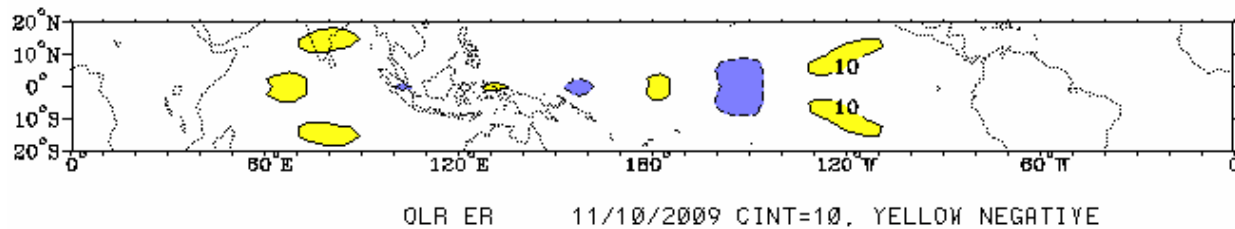
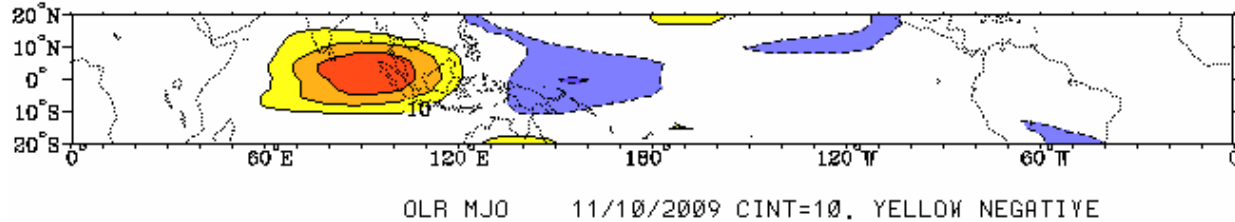
- **Θεωρίες για τα αίτια της εμφάνισης της Νότιας Κύμανσης (ENSO)**

- **2η Θεωρία:** προτείνει ότι το αίτιο που προκαλεί το φαινόμενο ENSO δημιουργείται στην τροπική ζώνη του Ινδικού ωκεανού και σχετίζεται με την κύμανση **Madden-Julian (MJO)**

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Θεωρίες για τα αίτια της εμφάνισης της Νότιας Κύμανσης (ENSO)

■ 2η Θεωρία: προτείνει ότι το αίτιο που προκαλεί το φαινόμενο ENSO δημιουργείται στην τροπική ζώνη του Ινδικού ωκεανού και σχετίζεται με την κύμανση Madden-Julian (MJO)



■ Μερικά μοντέλα που εφαρμόστηκαν για να προβλέψουν τα επεισόδια El Nino 1986-87 & 1991-92, πέτυχαν το σκοπό τους χωρίς να λάβουν υπόψη την MJO

■ Τα μοντέλα αυτά όμως θεώρησαν ότι το κύμα Rossby που προηγήθηκε είχε κυρίαρχη συμμετοχή

■ Απέτυχαν να προβλέψουν τα επόμενα φαινόμενα El Nino και ιδιαίτερα την εμφάνιση Δυτικών ανέμων

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

- Σύμφωνα με τον Kevin Trenberth, ενέργεια προερχόμενη από τον ήλιο συσσωρεύεται για μεγάλο χρονικό διάστημα, στη θαλάσσια μάζα των τροπικών
- Ένα επεισόδιο **El Nino** ενεργεί σαν βαλβίδα απελευθέρωσης σημαντικής ποσότητας ενέργειας, σε μικρό χρονικό διάστημα, από τη μάζα του τροπικού ωκεανού προς την ατμόσφαιρα



Το **El Nino** παίζει ιδιαίτερο ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο της ατμόσφαιρας

- Αν το ίδιο ποσό ενέργειας απελευθερωνόταν, με σταθερό ρυθμό, σε όλη τη διάρκεια του φαινομένου ENSO, η επίδραση αυτής της ενέργειας, τόσο στα ατμοσφαιρικά (βαρομετρικά) συστήματα, όσο και στα θαλάσσια ρεύματα θα καλυπτόταν από την ετήσια κύμανση που χαρακτηρίζει τα συστήματα αυτά
- Η έκλυση πολύ μεγάλων ποσοτήτων λανθάνουσας θερμότητας, κατά τη θερμή φάση (**El Nino**) του φαινομένου ENSO, καθώς και η σημαντική ποσότητα αισθητής θερμότητας που μεταφέρεται από το θερμό τμήμα του ωκεανού στην υπερκείμενη ατμόσφαιρα => έχει σαν αποτέλεσμα το φαινόμενο να επιδρά στον ευρύτερο γεωγραφικό περίγυρο, τροποποιώντας τον καιρό & κατά συνέπεια και το κλίμα του

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Niño

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

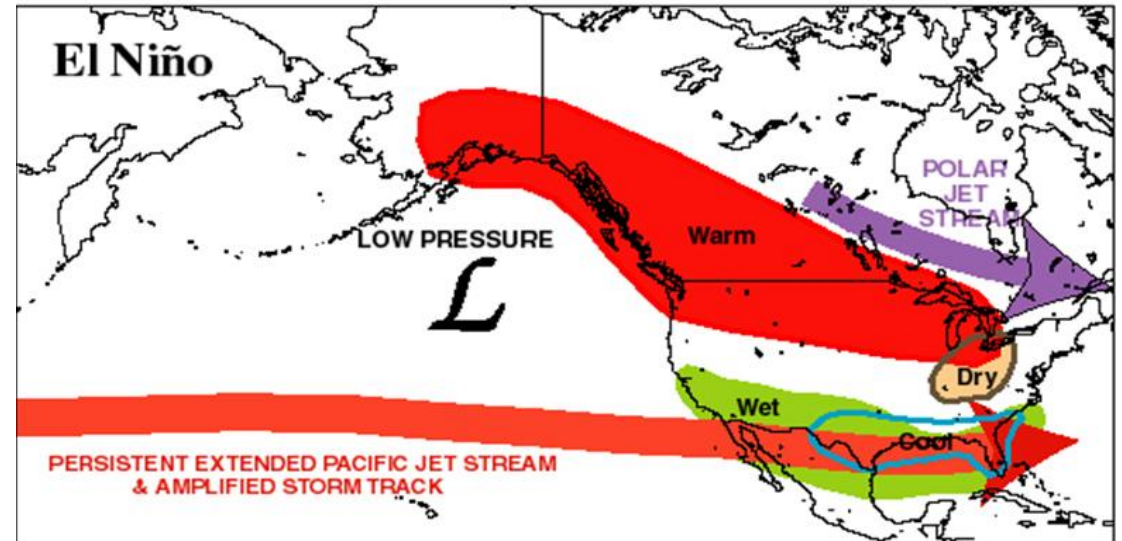
■ Στη διάρκεια της θερμής φάσης (El Niño), συνέπεια της έκκλησης του μεγάλου αυτού ποσού ενέργειας, είναι η διεύρυνση του τμήματος του δακτυλίου του Hadley, της περιοχής αυτής, προς μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη



Αλλαγή της θέσης, προς μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, του γειτονικού κλάδου του **υποτροπικού αεροχειμάρρου**

■ Στη διάρκεια του φαινομένου El Niño (χειμώνας για το Βόρειο Ημισφαίριο) ο πολικός αεροχειμάρρος του Βορείου Ημισφαιρίου είναι μετατοπισμένος αρκετά προς νότον

■ Σε συνδυασμό με την προς βορρά μετακίνηση του γειτονικού κλάδου του υποτροπικού αεροχειμάρρου & ιδιαίτερα αυτού που βρίσκεται συνήθως, την εποχή αυτή, πάνω από την Κεντρική Αμερική



Πηγή: <http://www.srh.noaa.gov/ffc/?n=elninoinfluences>

⇒ Όταν οι δύο αεροχειμάρροι πλησιάσουν σημαντικά, δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την εμφάνιση έντονων καιρικών φαινομένων

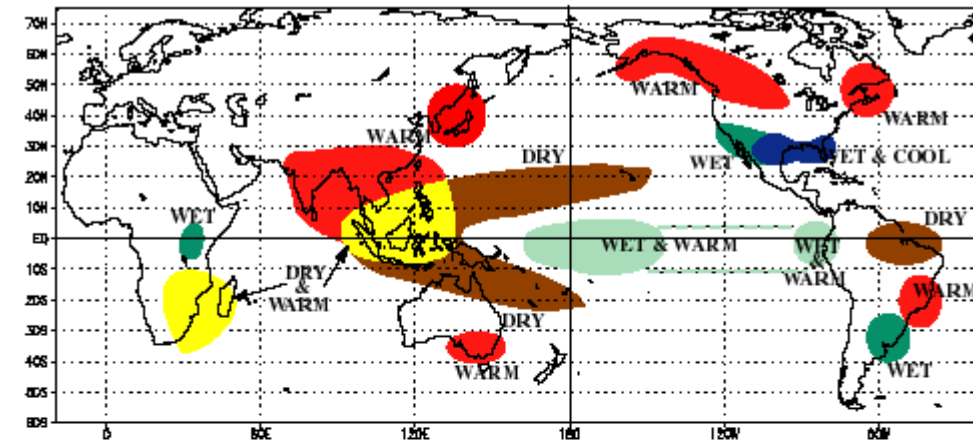
Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

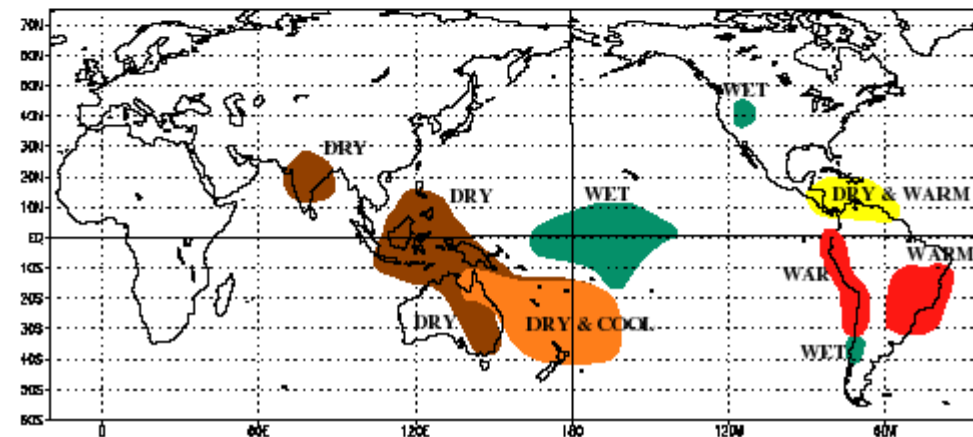
- Ανατολικός κεντρικός & Ανατολικός (ακτές Περού & Εκουαδόρ) Ειρηνικός: θερμότερες & υγρότερες από το κανονικό συνθήκες => έντονες & ραγδαίες βροχοπτώσεις, εμφάνιση πλημμύρων
 - θερμά & υγρά καλοκαίρια (Δεκέμβριο-Φεβρουάριο)
 - Φεβρουάριο-Απρίλιο: τα φαινόμενα γίνονται περισσότερο έντονα
 - ο περιορισμός του upwelling προκαλεί μείωση των αλιευμάτων => πρόβλημα στην τοπική αλιεία & σε ορισμένα έντονα επεισόδια προκαλείται πρόβλημα στην παγκόσμια αλιεία κάποιων ειδών ψαριών
 - μετανάστευση διαφόρων ειδών ψαριών αλλά και πουλιών που τρέφονται από αυτά σε άλλα μέρη
 - εμφάνιση επιδημιών με τις πλημμύρες

- Νότια Βραζιλία & Βόρεια Αργεντινή βιώνουν υγρότερες, σε σχέση με το κανονικό, συνθήκες, κυρίως την Άνοιξη & νωρίς το Καλοκαίρι. **Κεντρική Χιλή** χαρακτηρίζεται από ήπιο χειμώνα με μεγάλα ποσά βροχόπτωσης

WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

■ Τα υψίπεδα των Άνδεων του Περού & της Βολιβίας: βιώνουν ασυνήθιστα έντονες χιονοπτώσεις τη χειμερινή περίοδο

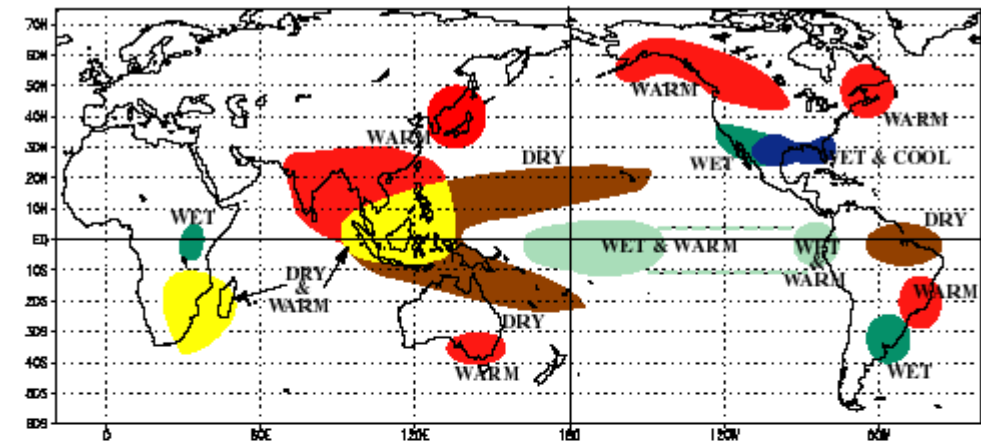
■ Περιοχές του Αμαζονίου, της Κολομβίας & της Κεντρικής Αμερικής γνωρίζουν ξηρότερες & θερμότερες συνθήκες

■ Περιοχή Ινδονησίας & Βόρεια Αυστραλία: επικρατεί ξηρασία. Η ξηρασία αυτή σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στις περιοχές αυτές => εκτεταμένες & μεγάλες πυρκαγιές με σημαντικές επιπτώσεις στην χλωρίδα & πανίδα της περιοχής. Οι πυρκαγιές καταστρέφουν μεγάλες εκτάσεις δασών & επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με σημαντικές ποσότητες αιθάλης (black carbon)

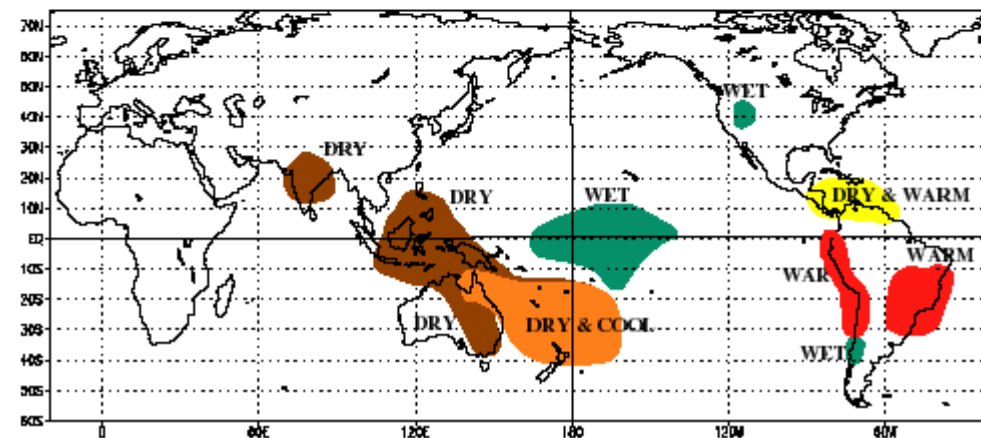
Ο Φεβρουάριος του 2010 ήταν ο ξηρότερος που γνώρισε ποτέ η Σιγκαπούρη (μόνο 6.3 mm βροχής & θερμοκρασία 35°C) από το 1869

■ Νότια Αυστραλία (Κουίνσλαντ, Βικτώρια, Νέα Νότια Ουαλία, Ανατολική Τασμανία): παρατηρούνται ξηρότερες, από το κανονικό συνθήκες, την περίοδο Ιουνίου - Αυγούστου

WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

■ **Βόρεια Αμερική:** το El Nino φαίνεται να προκαλεί θερμότερους απ' ότι συνήθως, χειμώνες στις μεσοδυτικές & βορειοανατολικές πολιτείες με μειωμένα ποσά χιονοπτώσεων

■ **Κεντρική & Νότια Καλιφόρνια, Νοτιοδυτικές πολιτείες & Βόρειοδυτικό Μεξικό:** έχουν αξιοσημείωτα υγρότερο καιρό

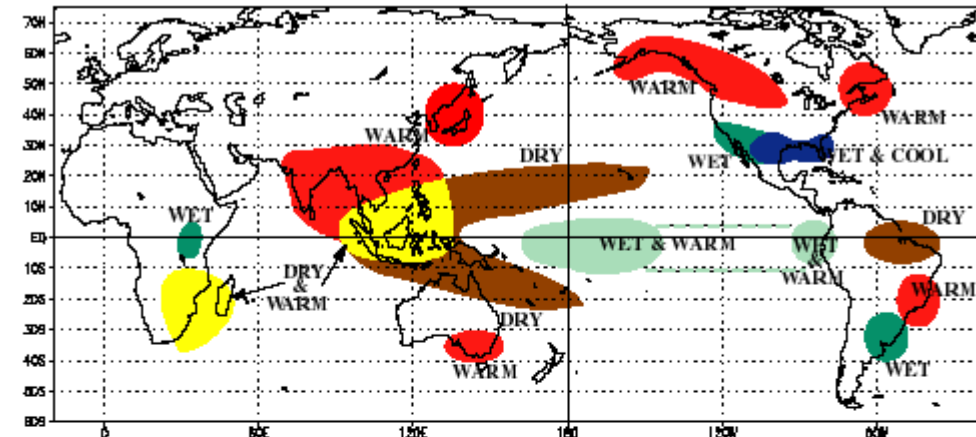
■ **Νότιοανατολικές πολιτείες, Κόλπος του Μεξικού & Βορειοανατολικό Μεξικό** γνωρίζουν υγρότερες & ψυχρότερες συνθήκες

■ **Βορειοδυτικές πολιτείες κοντά στον Ειρηνικό:** ξηρούς & ήπιους χειμώνες με συχνή εμφάνιση ομίχλης & θερμές ηλιόλουστες συνθήκες νωρίς την Άνοιξη

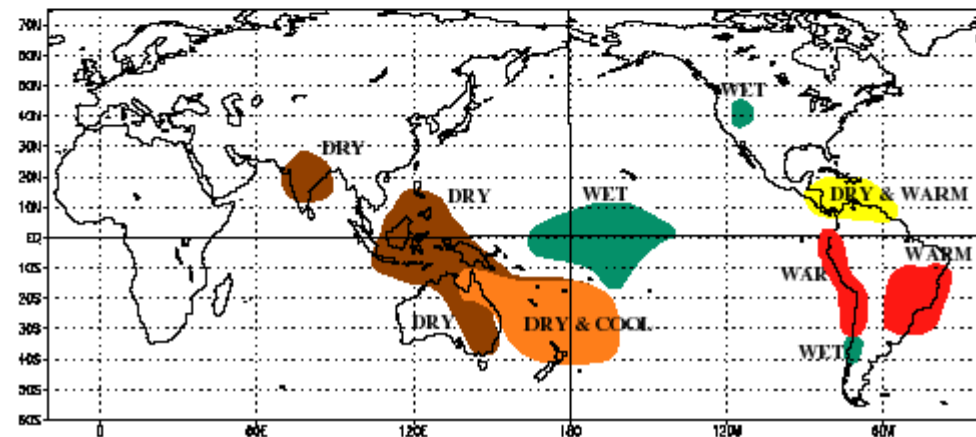
■ **Καναδάς:** θερμότερους & ξηρότερους χειμώνες λόγω της προς βορρά 'πίεσης' που δέχεται ο πολικός αεροχείμαρρος. Η επίδραση είναι μικρότερη στις παράκτιες περιοχές. Τα καλοκαίρια

που ακολουθούν είναι λιγότερο υγρά & με λιγότερες καταιγίδες στις κεντρικές περιοχές.

WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

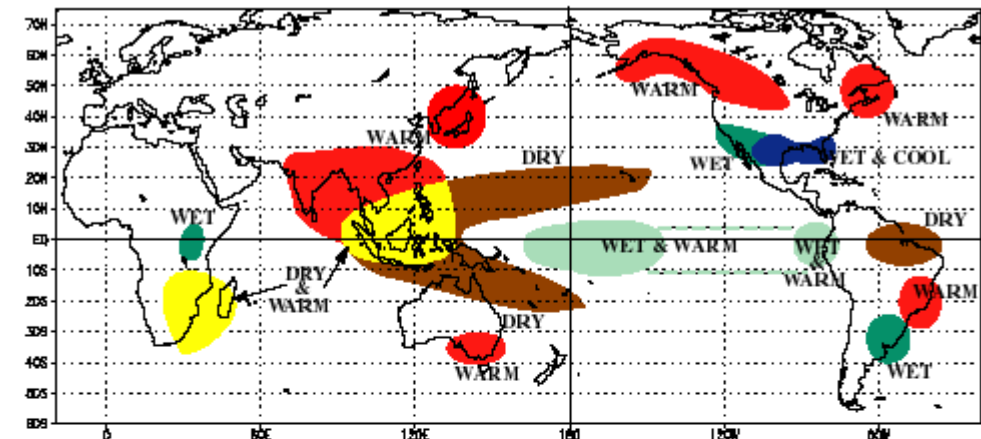
■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

■ Οι ήπιες συνθήκες & οι περιορισμένες χιονοπτώσεις (απουσία χιονιού) που παρατηρήθηκε στους χειμερινούς Ολυμπιακούς αγώνες στο **Βανκούβερ** το 2010 αποδόθηκαν στη θέρμανση ως αποτέλεσμα του El Nino

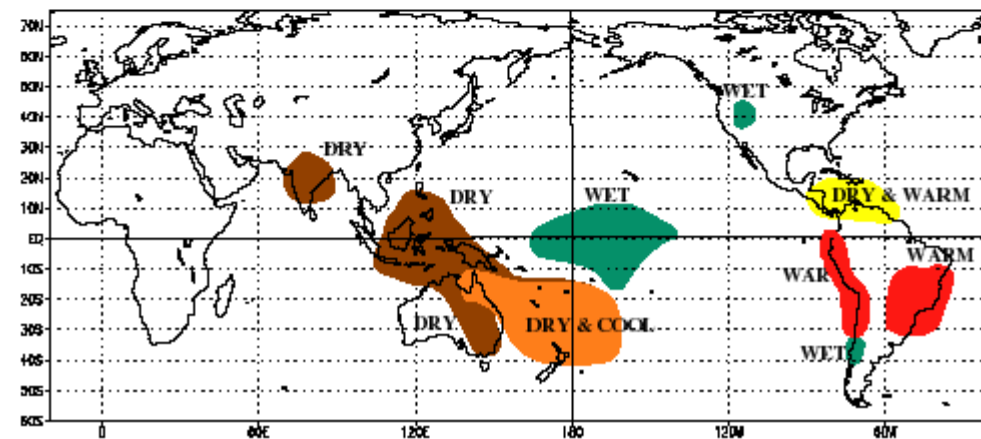
■ Η επίδραση που ασκεί το El Nino στη θερμοκρασία & τη βροχή στις ΗΠΑ, αποτελεί την σημαντικότερη **Τηλεσύνδεση** μεταξύ του Τροπικού Ειρηνικού & της κυκλοφορίας του Βορείου Ημισφαιρίου γνωστή με τον όρο **PNA (Pacific – North American)**. Η τηλεσύνδεση αυτή είναι σημαντική & έχει επιβεβαιωθεί

■ Οι ανωμαλίες που παρατηρούνται στην κατανομή της θερμοκρασίας & της βροχόπτωσης στη Βόρεια Αμερική, στη διάρκεια του El Nino, οφείλονται στη σημαντική αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης στην περιοχή του Δυτικού Καναδά & στη σημαντική μείωση της στις Νοτιοανατολικές ΗΠΑ

WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

- Αντίστοιχα, **τηλεσύνδεση** του **Τροπικού Ειρηνικού** με περιοχές του **Νοτίου Ημισφαιρίου**, στη διάρκεια του φαινομένου El Nino, είναι οι συχνές ξηρασίες που παρατηρούνται στην Αφρική & στην περιοχή των εκβολών του Αμαζονίου
- Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στην τροπική ζώνη του Ατλαντικού δημιουργούνται, την περίοδο αυτή, έντονες καθοδικές κινήσεις, λόγω της εμφάνισης **ψυχρών λιμνών (cold pool)** στην επιφάνεια του ωκεανού
- Η κατάσταση αυτή όμως μειώνει σημαντικά την εμφάνιση τροπικών κυκλώνων στην περιοχή της Καραϊβικής, στο χρονικό διάστημα των πέντε έως έξι μηνών, που ακολουθεί τη λήξη του φαινομένου El Nino

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

■ **Αφρική:** στην **Ανατολική Αφρική** (Κένυα, Τανζανία, Σουδάν) επικρατούν υγρότερες, σε σχέση με το κανονικό συνθήκες, από τον Μάρτιο ως τον Μάιο

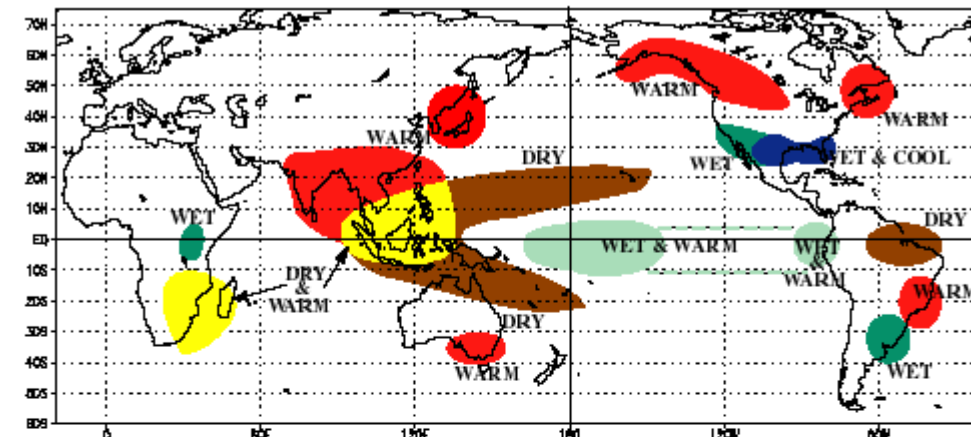
■ Στην **Κεντρική Αφρική** (Ζάμπια, Ζιμπάμπουε, Μοζαμβίκη, Μποτσουάνα) επικρατούν ξηρότερες, σε σχέση με το κανονικό, συνθήκες την περίοδο Δεκεμβρίου-Φεβρουαρίου

■ **Δυτική Ανταρκτική:** παρατηρείται περισσότερη παγοκάλυψη στη θάλασσα. Ενώ η θάλασσα Weddell γίνεται θερμότερη & παρατηρούνται υψηλότερες πιέσεις

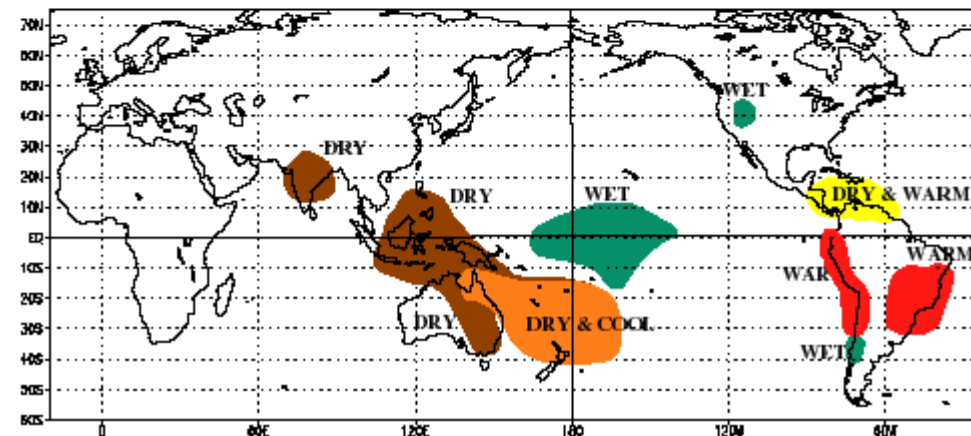
■ **Ευρώπη:** δεν έχει αποδειχθεί ότι η εκδήλωση ενός επεισοδίου El Nino έχει επίδραση στην

Ευρώπη. Υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλεί υγρότερους & νεφοσκεπείς χειμώνες στη Δυτική Ευρώπη & ήπιους και ξηρότερους χειμώνες στη Μεσόγειο. Κατά το El Nino 2006/2007 καταγράφηκε ασυνήθιστα ήπιος χειμώνας στο Λονδίνο & τη Δυτική Ευρώπη και η μικρότερη χιονοκάλυψη στις Άλπεις

WARM EPISODE RELATIONSHIPS DECEMBER - FEBRUARY



WARM EPISODE RELATIONSHIPS JUNE - AUGUST



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO στον καιρό & το κλίμα περιοχών

- **Τροπικός Ατλαντικός Ωκεανός:** Μελέτες κλιματικών δεδομένων έδειξαν ότι επεισόδια γενικά συνδέονται με θέρμανση του τροπικού Βόρειου Ατλαντικού την επόμενη, μετά το επεισόδιο, Άνοιξη & Καλοκαίρι.
- Σχεδόν τα μισά επεισόδια El Nino εμμένουν και την Άνοιξη με αποτέλεσμα η 'θερμή λίμνη' να μεγαλώνει σημαντικά το Καλοκαίρι
- Περιστασιακά, το El Nino επηρεάζει την κυκλοφορία Walker στον Ατλαντικό, πάνω από τη Νότια Αμερική ενισχύοντας τους Αληγείς ανέμους στην δυτική Ισημερινή περιοχή του Ατλαντικού => με αποτέλεσμα, ασυνήθιστη ψύξη στην ανατολική Ισημερινή περιοχή του Ατλαντικού την Άνοιξη & το Καλοκαίρι που ακολουθούν την κορύφωση του φαινομένου El Nino

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

■ Επιδράσεις της κύμανσης ENSO (La Nina) στον καιρό & το κλίμα περιοχών

■ Η ψυχρή φάση του ENSO (**La Nina**) προκαλεί κυρίως αντίθετες επιπτώσεις σε σχέση με το **El Nino**

■ κατά την ψυχρή φάση **La Nina** ενισχύεται η 'κανονική' κυκλοφορία

■ Κατά τη διάρκεια ενός επεισοδίου **La Nina** το πολικό μέτωπο και επομένως και η ζώνη των υφέσεων μετατοπίζεται βορειότερα = με αποτέλεσμα να παρατηρούνται αυξημένες βροχοπτώσεις στον ΒΑ Ειρηνικό, υγρότερες συνθήκες (λόγω αυξημένων χιονοπτώσεων στα Μεσοδυτικά, καθώς και θερμότερα & υγρότερα καλοκαίρια

■ Στον Βόρειο Ατλαντικό, το πολικό μέτωπο (jet stream) είναι ισχυρό απ' ό,τι συνήθως με αποτέλεσμα να κατευθύνει ισχυρότερα συστήματα τα οποία προκαλούν αυξημένες βροχοπτώσεις στην Ευρώπη

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

- **Επιδράσεις της κύμανσης ENSO (La Nina) στον καιρό & το κλίμα περιοχών**
- Κατά τη διάρκεια της ψυχρής φάσης **La Nina** παρατηρείται αυξημένη δραστηριότητα των τροπικών κυκλώνων του **Ατλαντικού**
- **Βόρεια Αμερική:** Όταν επικρατούν συνθήκες La Nina, οι **Βορειοδυτικές & Μεσοδυτικές πολιτείες** χαρακτηρίζονται από χειμερινές θερμοκρασίες χαμηλότερες του μέσου όρου & αυξημένες βροχοπτώσεις (πάνω του μέσου όρου)
- Οι **Νοτιοανατολικές πολιτείες** χαρακτηρίζονται από χειμερινές θερμοκρασίες υψηλότερες του μέσου όρου & ξηρότερες συνθήκες (βροχόπτωση κάτω του μέσου όρου)
- **Καναδάς:** ένα επεισόδιο **La Nina** προκαλεί ψυχρότερους χειμώνες με αυξημένες χιονοπτώσεις. (το επεισόδιο La Nina 2007/2008 φέρεται να προκάλεσε ρεκόρ χιονοπτώσεων στον Ανατολικό Καναδά)

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

- **Επιδράσεις της κύμανσης ENSO (La Nina) στον καιρό & το κλίμα περιοχών**
- **Ασία:** Όταν επικρατούν συνθήκες **La Nina** ο σχηματικός τροπικών κυκλώνων κατά μήκος του υποτροπικού ridge, μετακινείται προς τα δυτικά κατά μήκος του δυτικού Ειρηνικού, αυξάνοντας έτσι τα κρούσματα στις ακτές της Κίνας
- Τον Μάρτη του 2008 το φαινόμενο La Nina προκάλεσε πτώση της θερμοκρασίας κατά 2oC στη Νοτιοανατολική Ασία. Προκάλεσε επίσης ισχυρές βροχοπτώσεις στη Μαλαισία, Φιλιππίνες και Ινδονησία

Το φαινόμενο της Νότιας Κύμανσης (ENSO) - El Nino

▪ Έτη ισχυρών φαινομένων El Nino & La Nina

El Nino									
1911-19	1920-29	1930-39	1940-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-
1911	1925	1939	1941	1951	1965	1972	1982*	1991	2002
1912	1926			1953	1969	1976	1986	1997	2004
1914	1929			1957					2009 ?
1918				1958					
1919									

* Το πιο ισχυρό επεισόδιο El Nino ήταν αυτό που κατεγραφή στο διάστημα **1982/1983** όπου η SST στις ακτές του Περού ήταν αυξημένη κατά **4°C**. Καταγράφηκαν πλημμύρες με τρομακτικά ποσά βροχόπτωσης στις ΝΔ ΗΠΑ & οι χειρότερες ξηρασίες στην Αυστραλία

La Nina									
1911-19	1920-29	1930-39	1940-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990-99	2000-
1916	1924	1938		1950	1964	1970	1988	1995	2000
1917	1928			1955		1971			2001
				1956		1973			2007
						1975			2008

Αναφορές

- Pavlakis K.G., N. Hatzianastassiou, C. Matsoukas, A. Fotiadi, I. Vardavas, (2008): ENSO surface shortwave radiation forcing over the tropical Pacific. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8, 5565-5577

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την 1^η έκδοση.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Αγγελική Φωτιάδη, 2015.

Αγγελική Φωτιάδη. «**ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ**». Έκδοση: 1.0. Αγρίνιο 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

https://eclass.upatras.gr/modules/document/document.php?course=ENV_109

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού, Απαγόρευση Εμπορικής Χρήσης και Όχι Παράγωγα Έργα. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

«Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις της καθηγήτριας Α. Φωτιάδη».



Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Διαφάνεια 6: with the courtesy of Dr Christos LOLIS (University of Ioannina)

Διαφάνεια 7: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/pna/nao_loading.html

Διαφάνεια 16: <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/gif/reynolds/nancy4.gif>

Διαφάνεια 18: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images/3B43_jan00.gif

Διαφάνεια 19: <http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

<http://trmm.jpl.nasa.gov/global/>

Διαφάνεια 20: <http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

https://en.wikipedia.org/wiki/Walker_circulation

Διαφάνεια 21: http://www.wikiwand.com/en/Madden%E2%80%93Julian_oscillation

Διαφάνεια 24: <http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/gif/reynolds/nancy4.gif>

Διαφάνεια 26: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/assessments/assess_97/fig23.gif

Διαφάνεια 30: http://trmm.gsfc.nasa.gov/images/3B43_jan98.gif

Διαφάνεια 31: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tropical_cyclones_1945_2006.png

Διαφάνεια 32: <http://www.srh.noaa.gov/fwd/?n=basics>

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/impacts/warm_impacts.shtml



Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Διαφάνεια 36: Πηγή: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/ARcHivEd=MeI/200710/mei.html>

Διαφάνεια 39: Πηγή: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin_0802/figt5.gif

Διαφάνεια 40: Πηγή: Pavlakis K.G., N. Hatzianastassiou, C. Matsoukas, A. Fotiadi, I. Vardavas, (2008): ENSO surface shortwave radiation forcing over the tropical Pacific. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8, 5565-5577

Διαφάνεια 41: Πηγή: <https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/enso-tech.php>

Διαφάνεια 42: Πηγή:

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/mamschem_lanina.gif

Διαφάνεια 43: Πηγή: http://www.pmel.noaa.gov/tao/el_nino/gif/reynolds/nancy4.gif

Διαφάνεια 45: Πηγή: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/enso.current.html#indices>

Διαφάνεια 46: Πηγή: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/enso_update/sstanim.shtml

Διαφάνεια 53: Πηγή: http://www.esrl.noaa.gov/psd/map/clim/olr_modes/mapanim2.html

Διαφάνεια 55: Πηγή: <http://www.srh.noaa.gov/ffc/?n=elninoinfluences>

Διαφάνεια 56-59, 61: Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o

