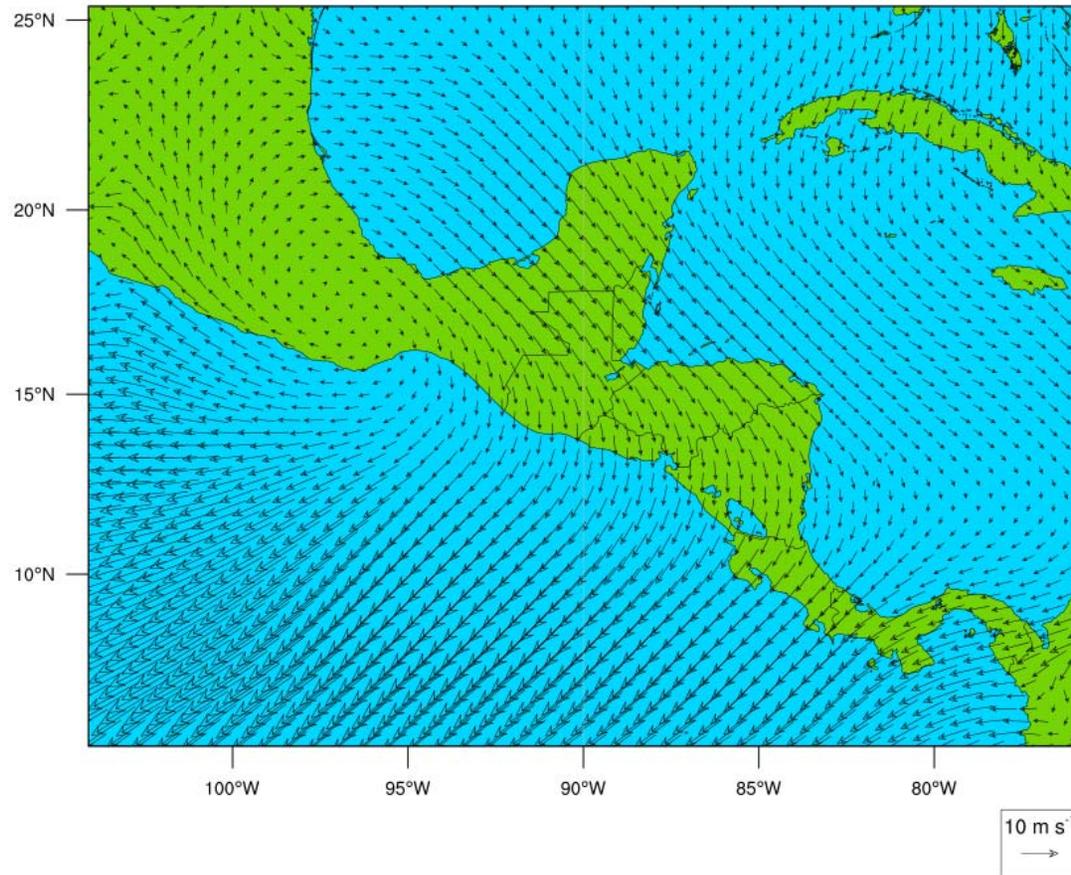


Climatología  
2001-2010  
Viento  
200 hPa

JunJulAug 2001-2010

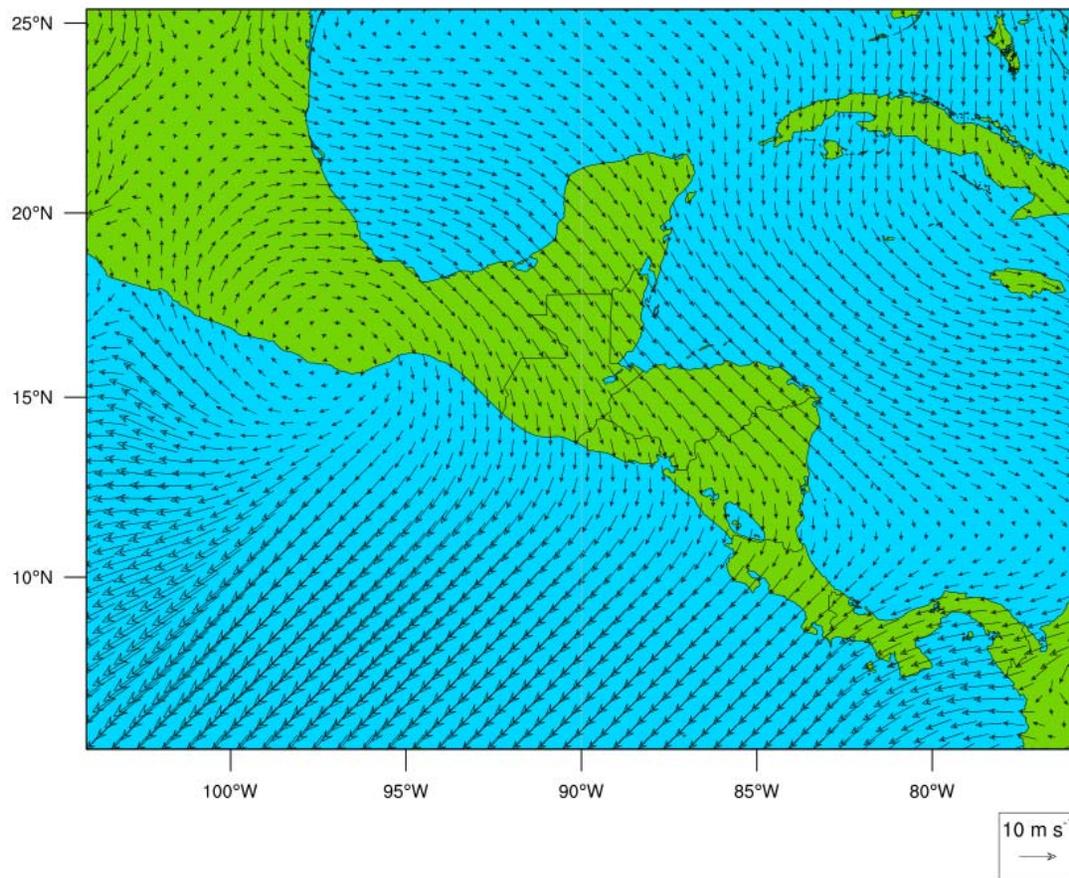
Black Arrow: 200hPa Wind ( $\text{m s}^{-1}$ )



El Niño  
2002  
Viento  
200 hPa

JunJulAug 2002

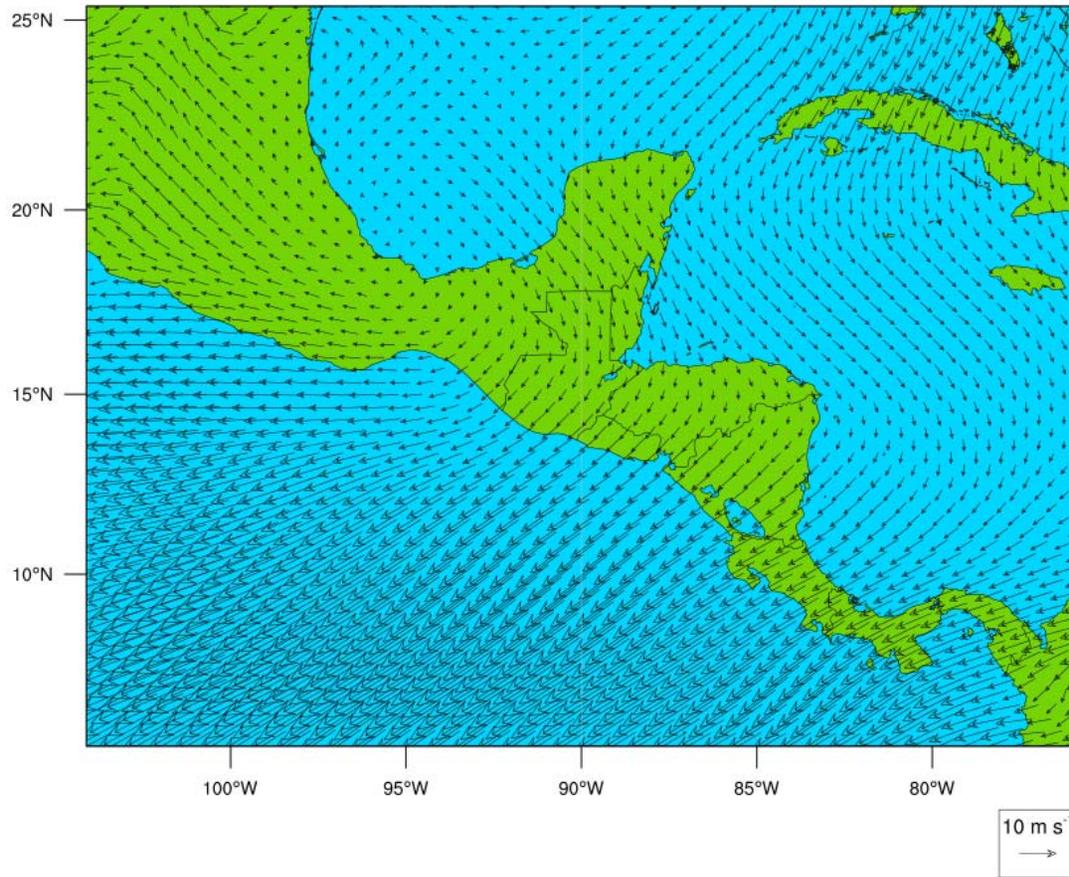
Black Arrow: 200hPa Wind ( $\text{m s}^{-1}$ )



La Niña  
2010  
Viento  
200 hPa

JunJulAug 2010

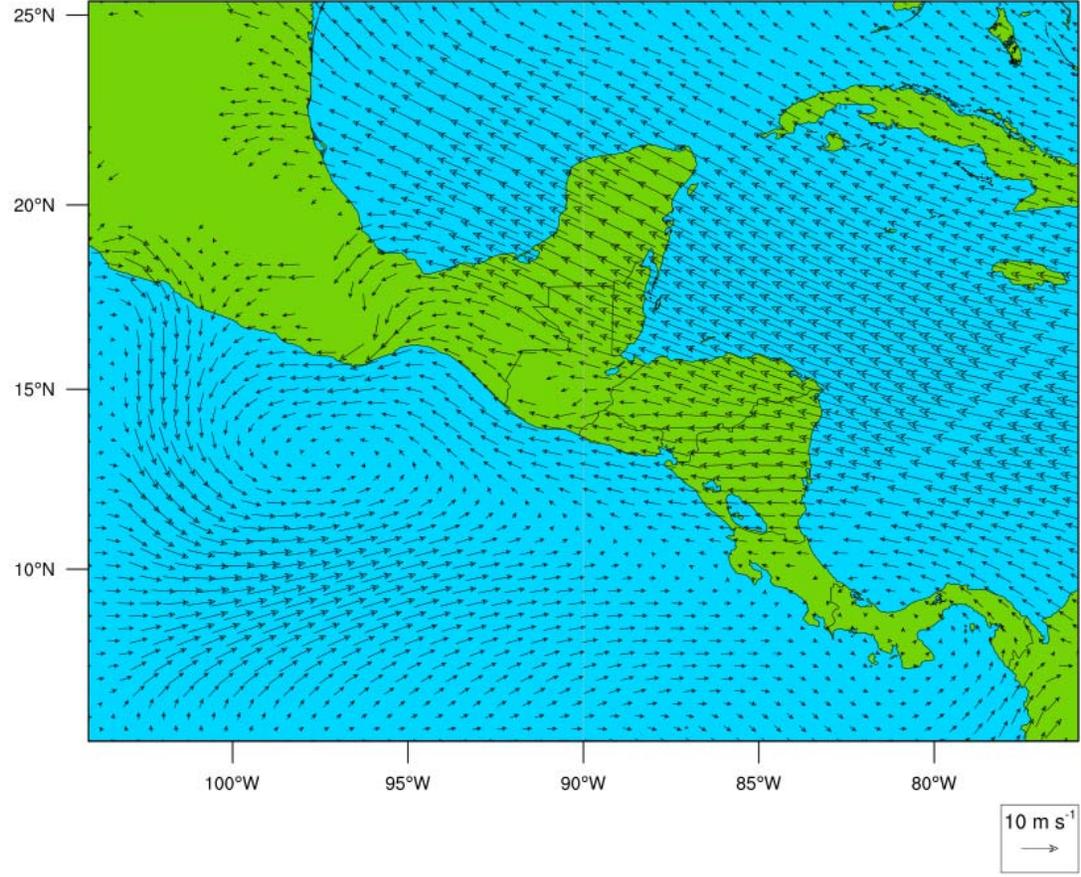
Black Arrow: 200hPa Wind ( $\text{m s}^{-1}$ )



Climatología  
2001-2010  
Viento  
850 hPa

JunJulAug 2001-2010

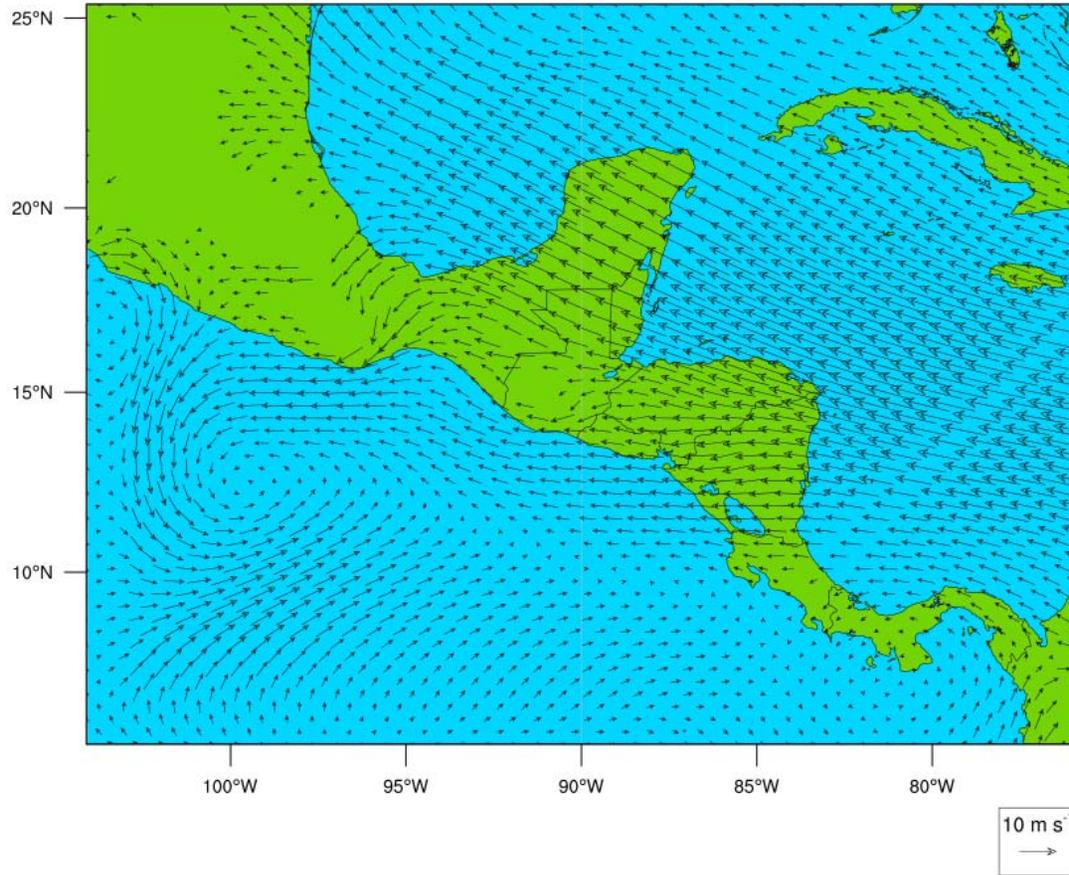
Black Arrow: 850hPa Wind ( $\text{m s}^{-1}$ )



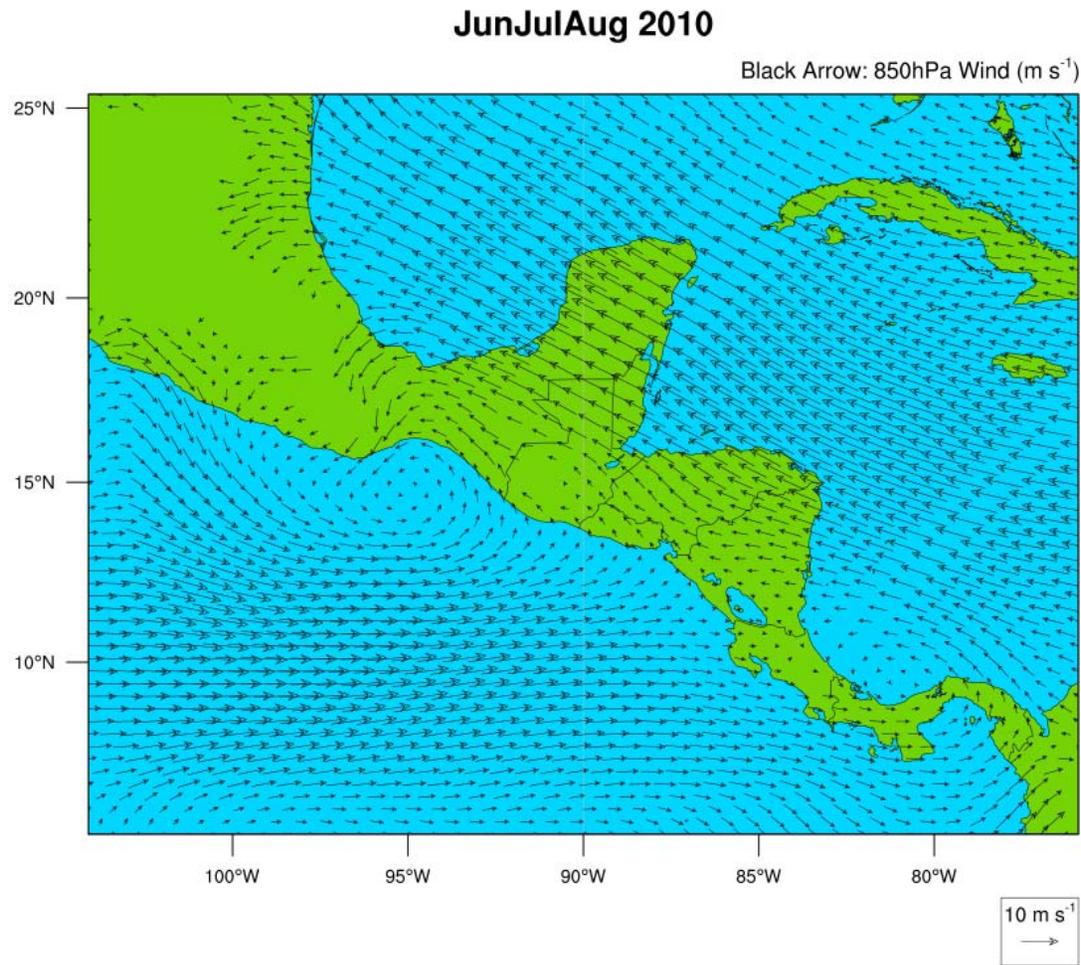
El Niño  
2002  
Viento  
850 hPa

JunJulAug 2002

Black Arrow: 850hPa Wind ( $\text{m s}^{-1}$ )



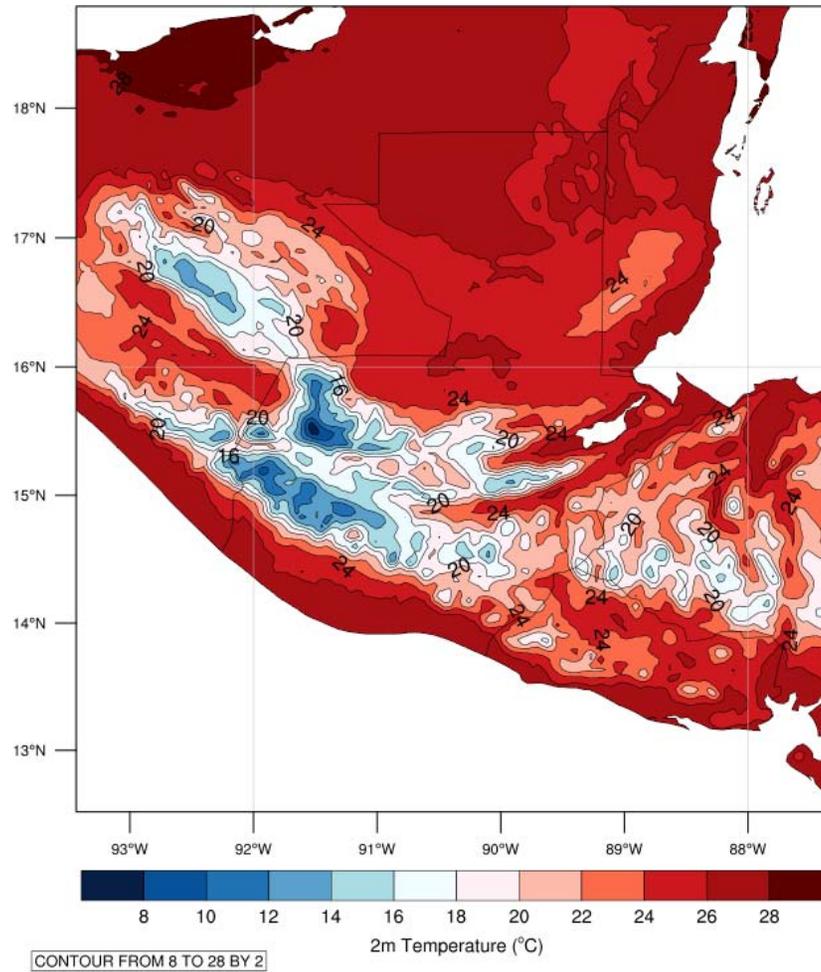
La Niña  
2010  
Viento  
850 hPa



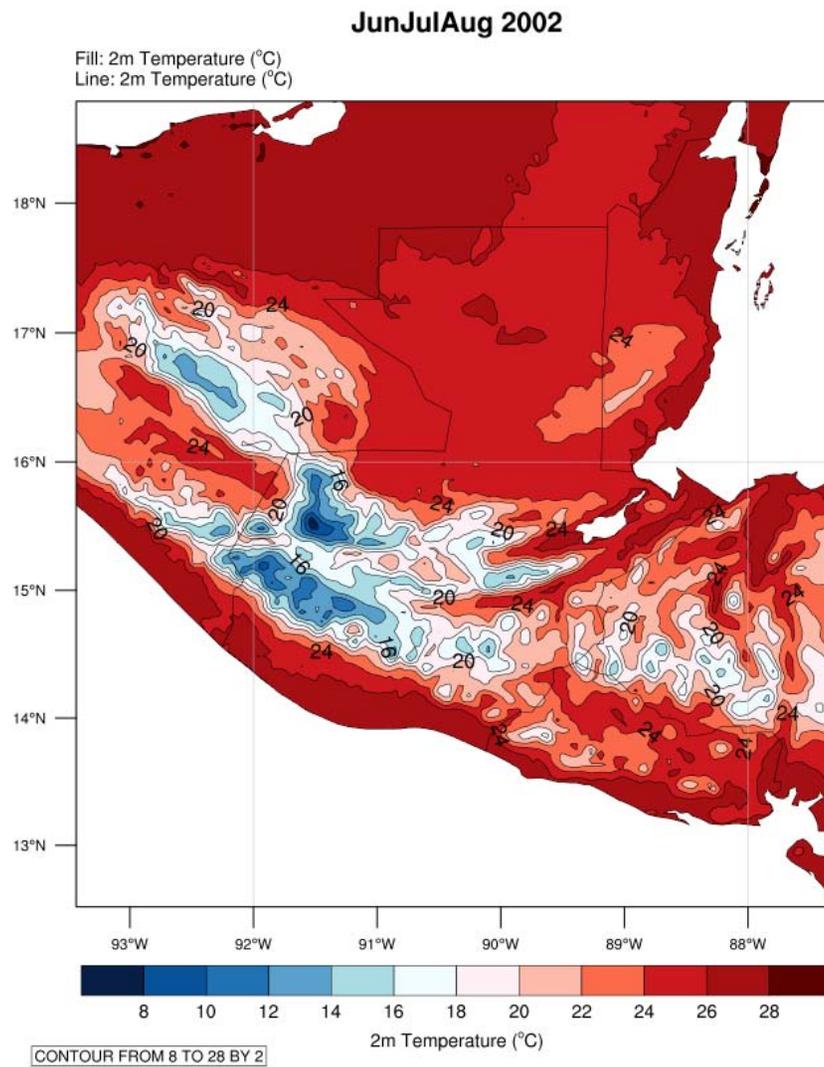
# Climatología 2001-2010 Temperatura

JunJulAug 2001-2010

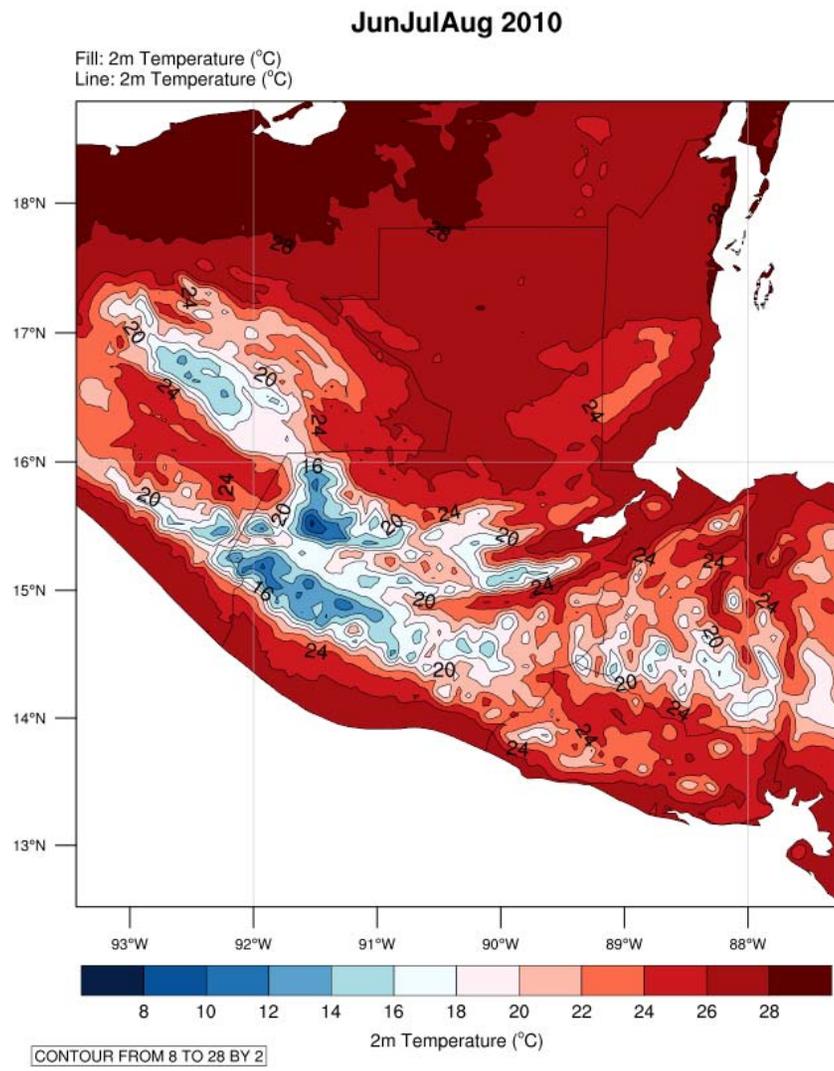
Fill: 2m Temperature (°C)  
Line: 2m Temperature (°C)



# El Niño 2002 Temperatura



# La Niña 2010 Temperatura



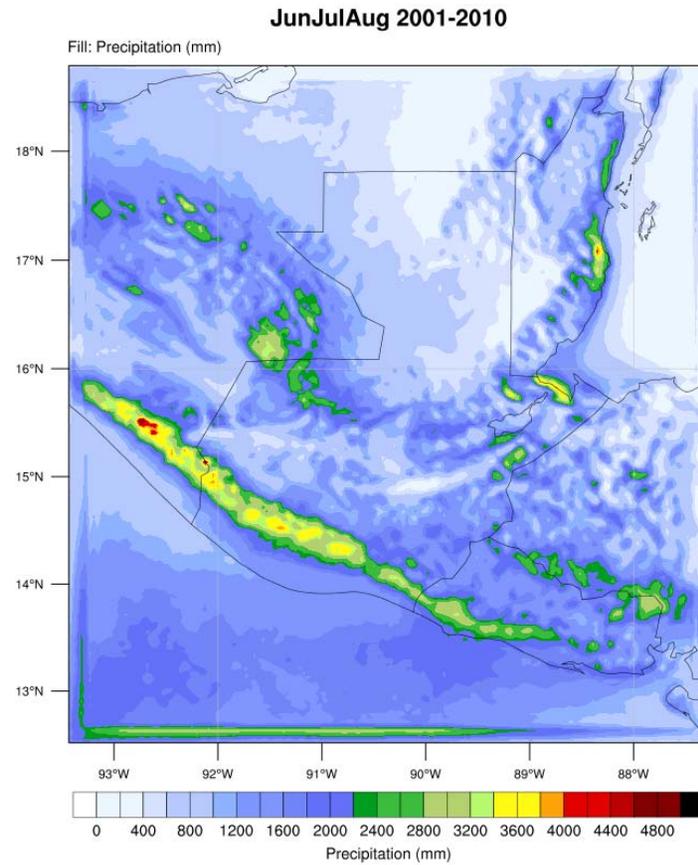
# VERIFICACIÓN DE LA HABILIDAD DEL MODELO WRF PARA SIMULAR LA ALTERACIÓN CLIMÁTICA EN EL VERANO DE GUATEMALA

Luis Alvarado, Gaby Alfaro, Franklyn Ruiz, Juan José Nieto, Alberto Cumbreira

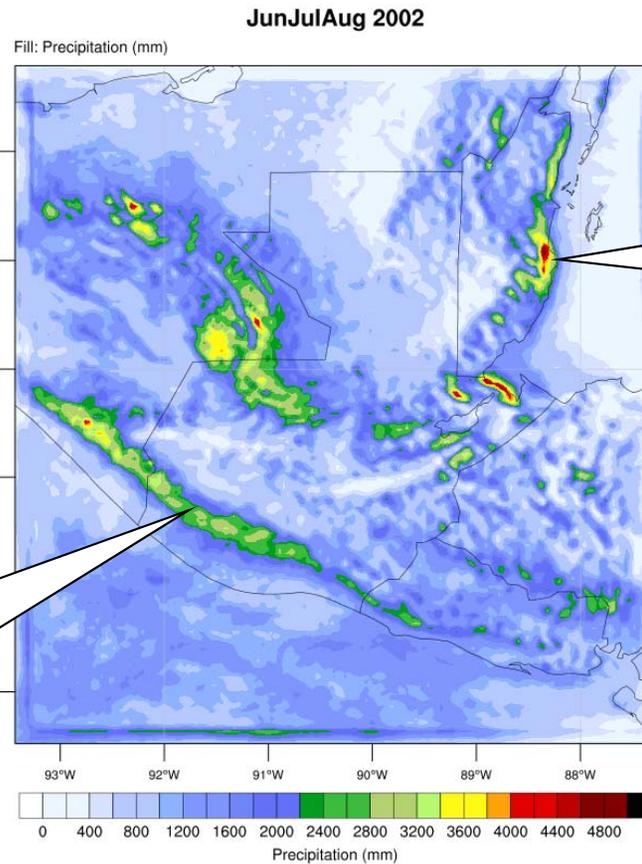
# DOMINIOS



# CLIMATOLOGIA LLUVIA (2001-2010)



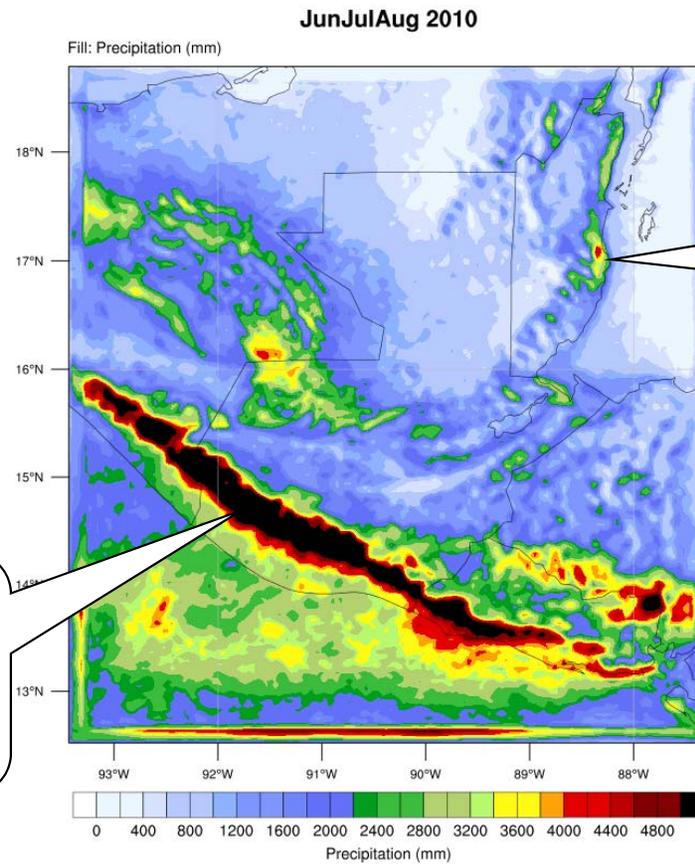
# LLUVIA EL NIÑO (JJA-2002)



**En el Pacífico la lluvia es menor que la climatología**

**En el Caribe la lluvia es mayor que la climatología**

# LLUVIA LA NIÑA (JJA-2010)



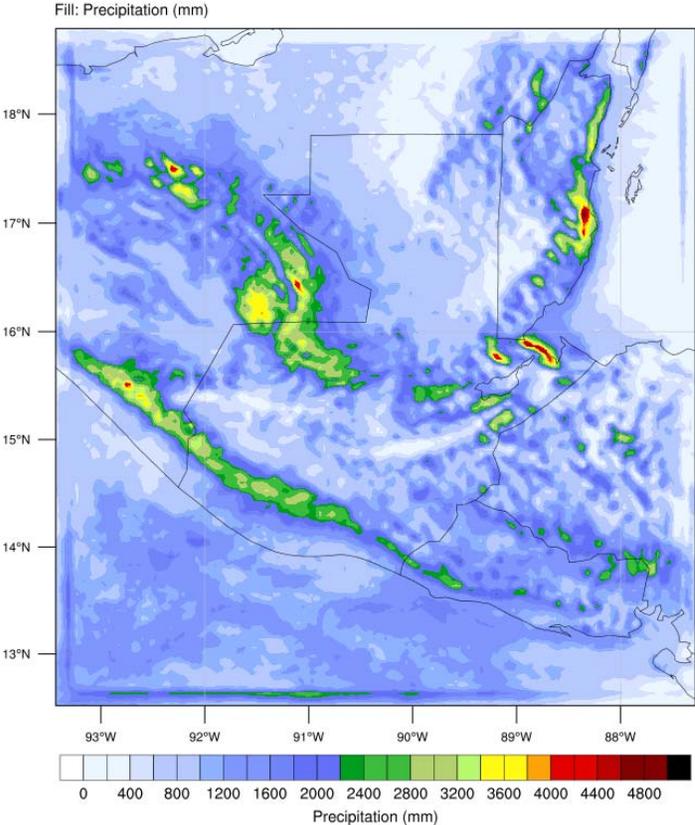
**En el Caribe la lluvia es menor que la climatología**

**En el Pacífico la lluvia es mayor que la climatología**

# LLUVIA (JJA)

## EL NIÑO 2002

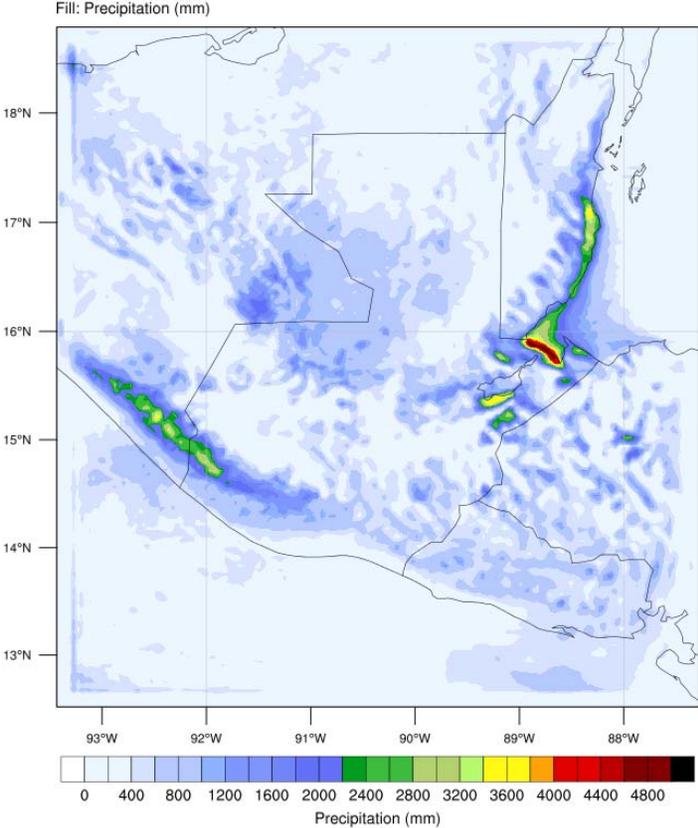
JunJulAug 2002



VS

## EL NIÑO 2015

JunJulAug 2015



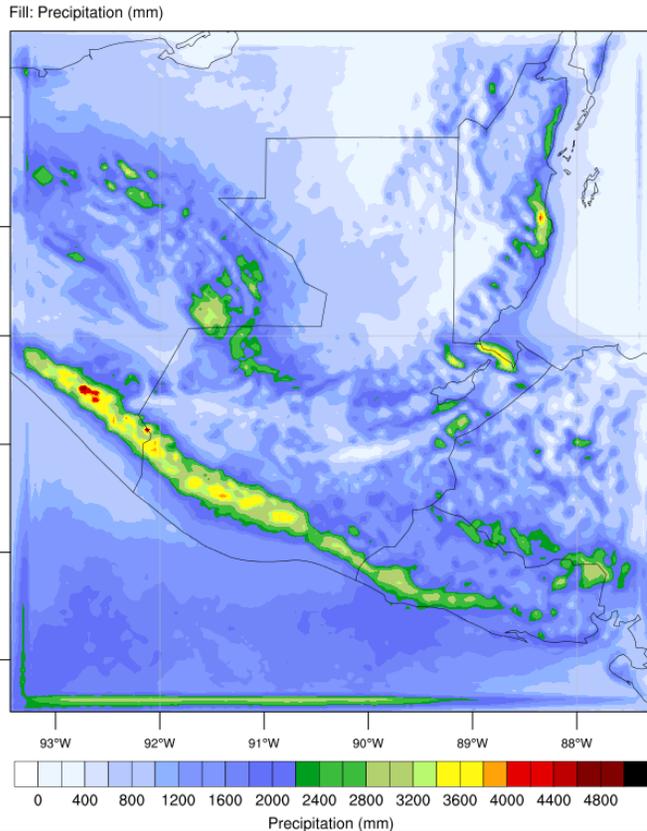
2000's

# LLUVIA TOTAL (JJA)

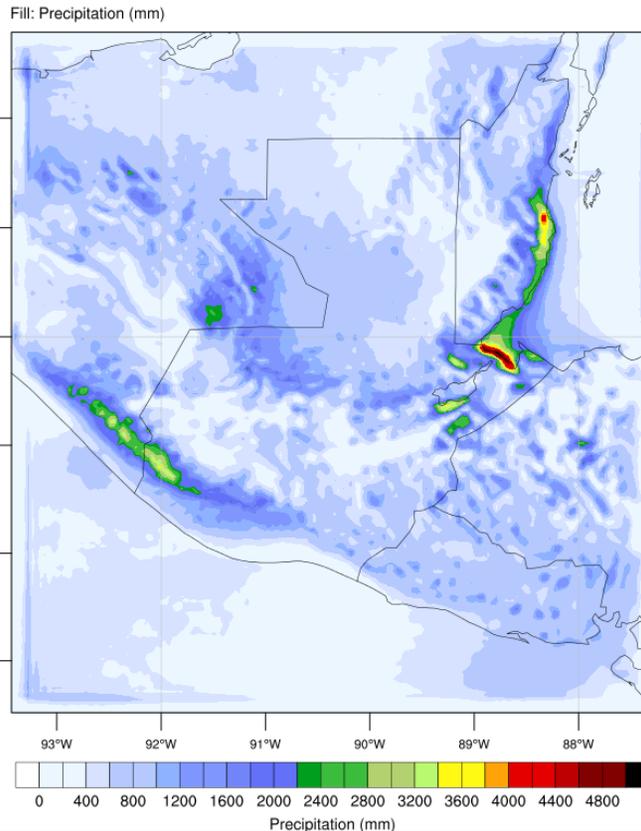
2010's

2060's

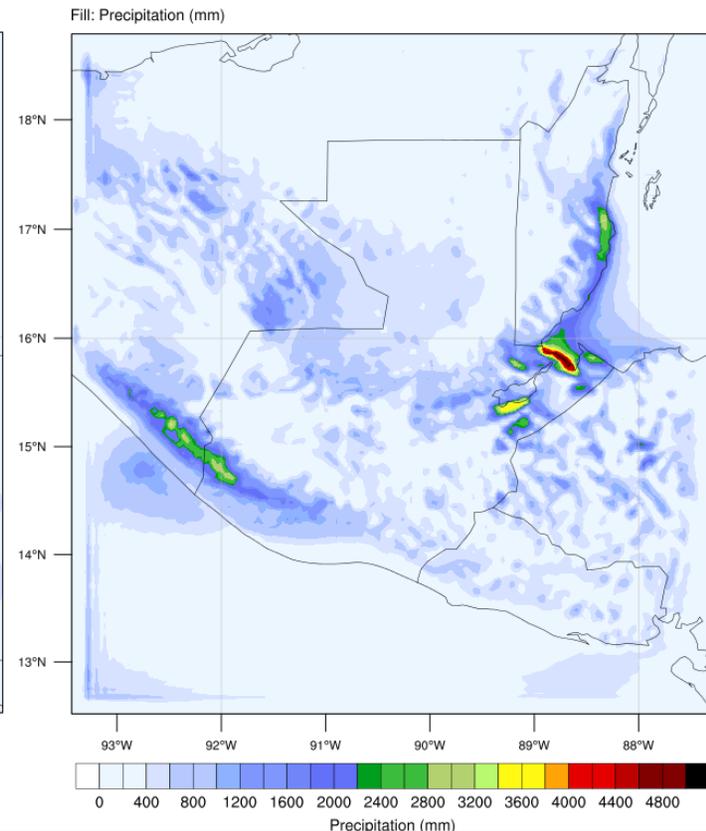
JunJulAug 2001-2010



JunJulAug 2011-2020



JunJulAug 2061-2070



# ZCIT (JJA)

2000's

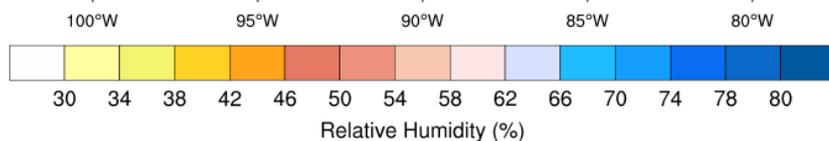
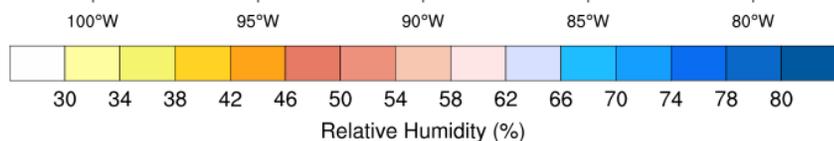
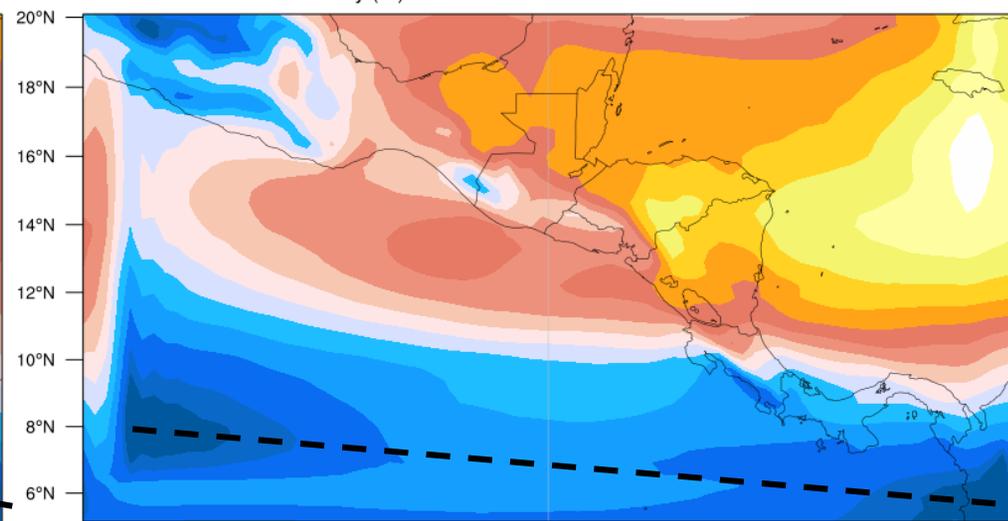
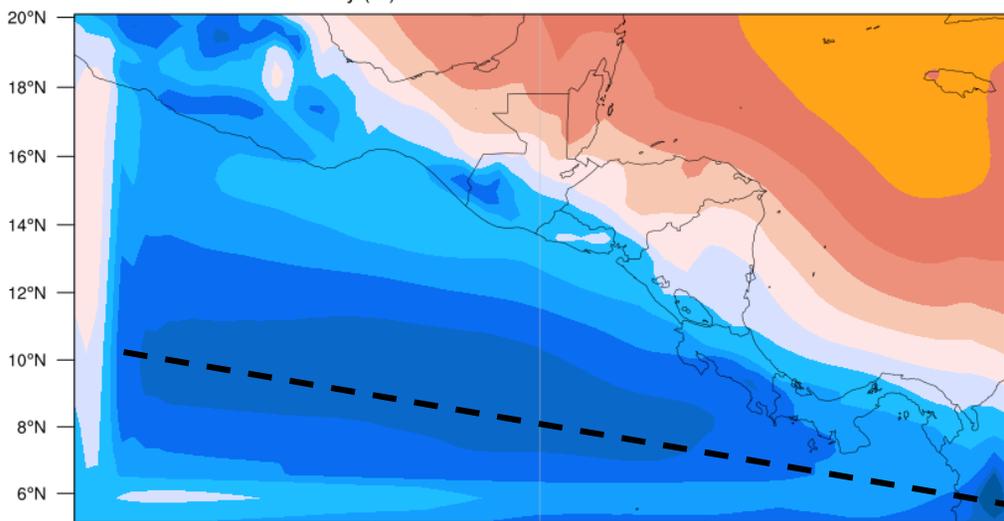
EL NIÑO 2015

JunJulAug 2001-2010

JunJulAug 2015

Fill: 700hPa Relative Humidity (%)

Fill: 700hPa Relative Humidity (%)

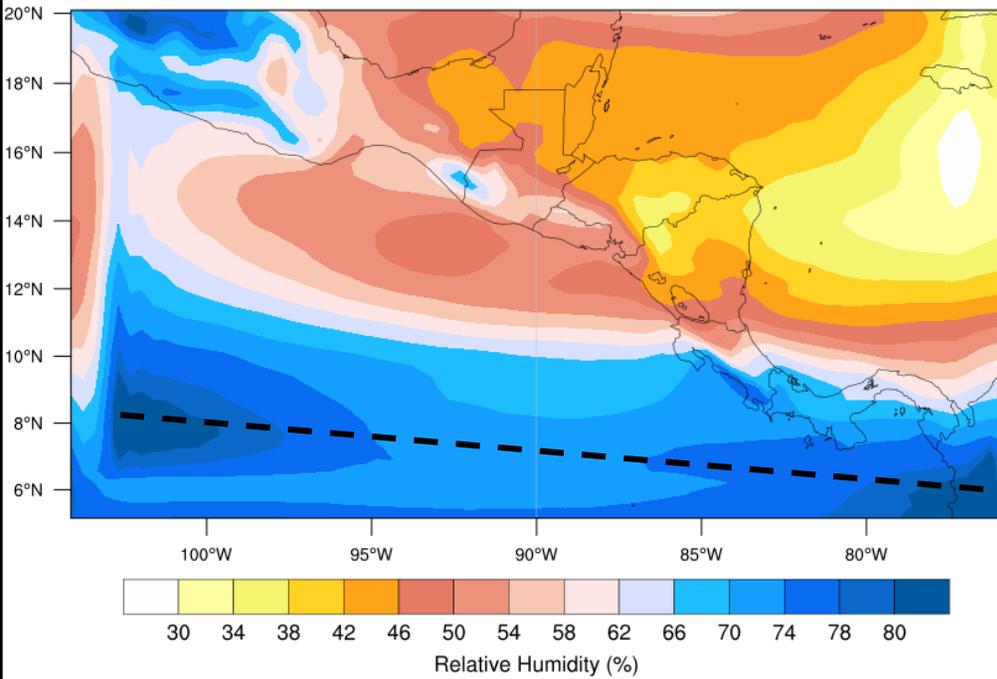


# ZCIT (JJA)

## EL NIÑO 2015

JunJulAug 2015

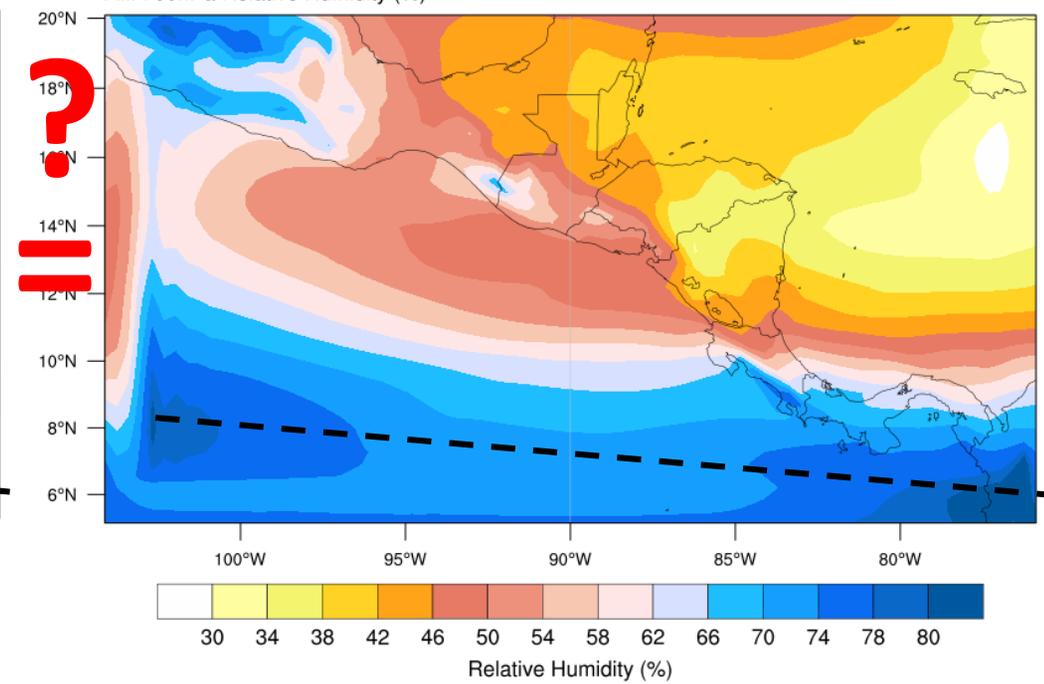
Fill: 700hPa Relative Humidity (%)



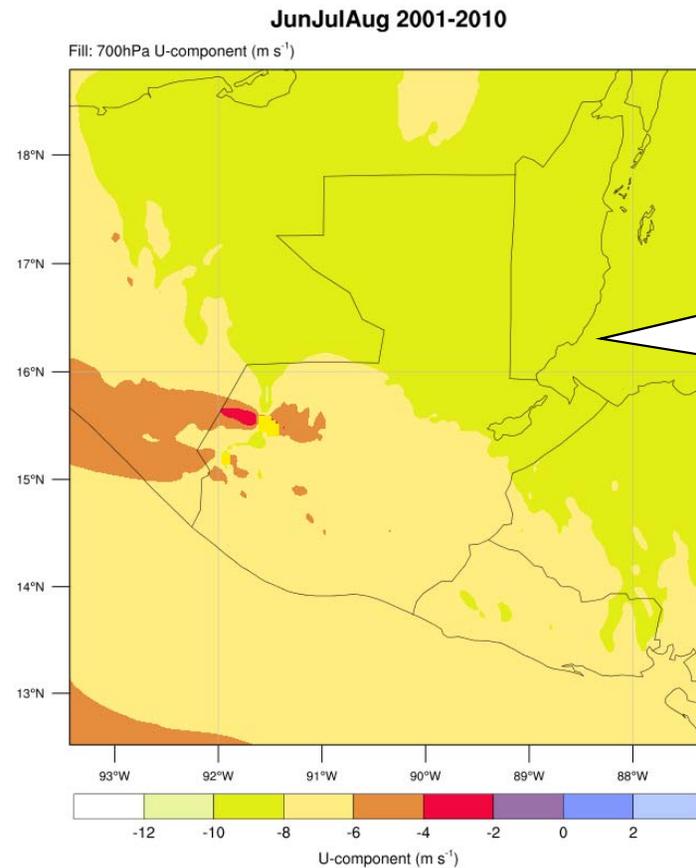
## EL NIÑO 2060's

JunJulAug 2061-2070

Fill: 700hPa Relative Humidity (%)



# CLIMA U700 (2001-2010)

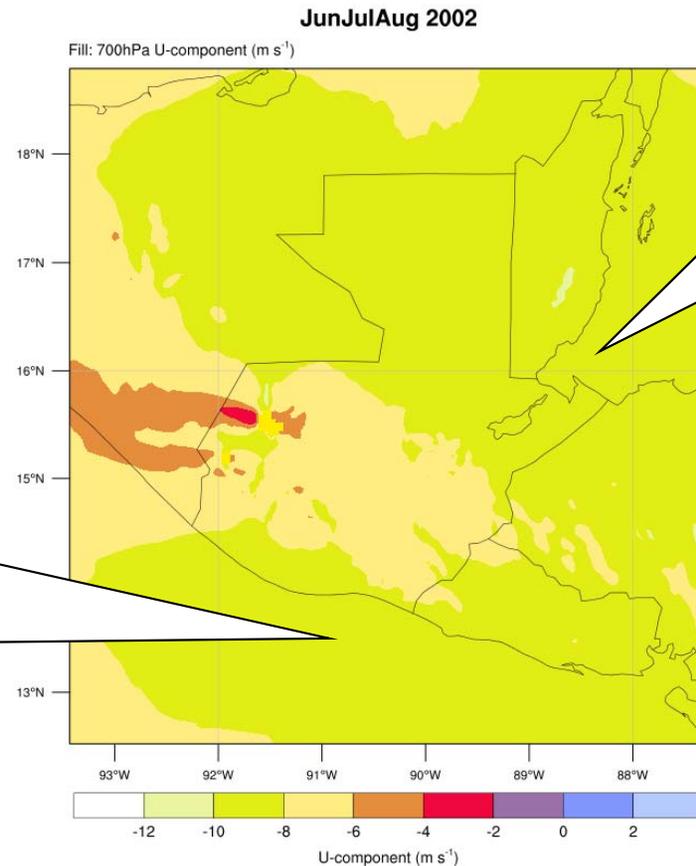


**Vientos dominantes  
con componente del  
este, de mayor  
magnitud en el  
Caribe**

# EL NIÑO U700 (JJA-2002)

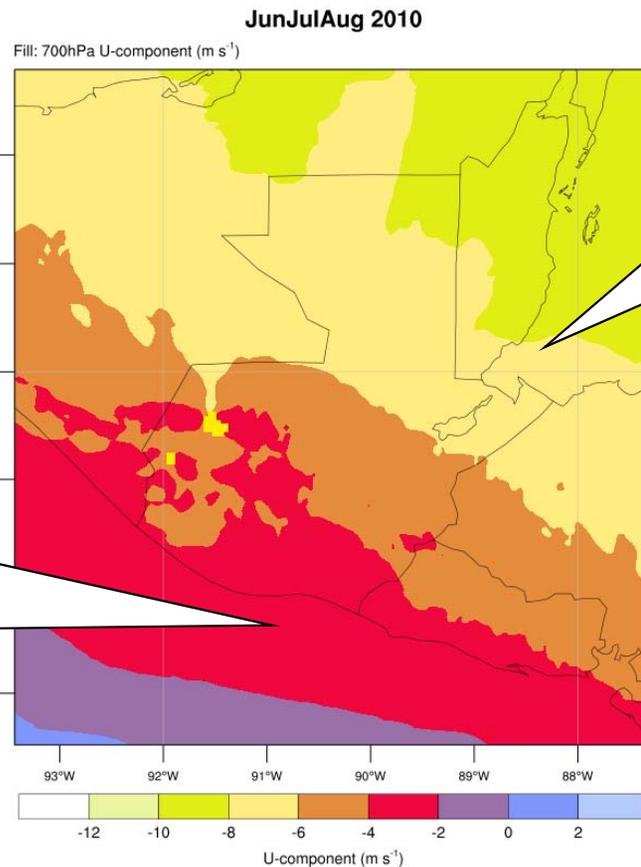
**Magnitud del viento del este sin cambios apreciables respecto a la climatología**

**En el Pacífico la magnitud de viento es mayor a la climatología**



# LA NIÑA U700 (JJA-2010)

**Viento del este  
con una ligera  
disminución  
relativo a la  
climatología**



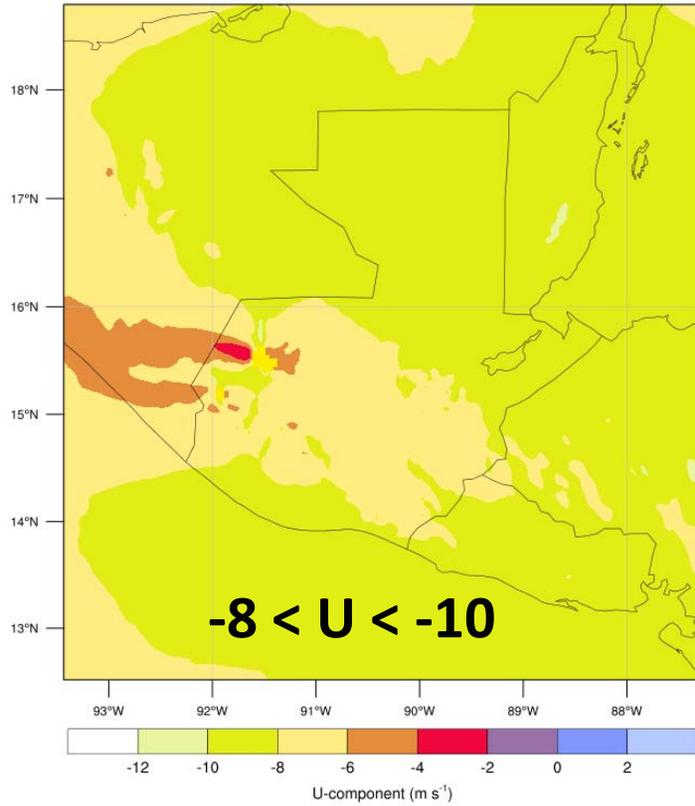
**En el Pacífico el  
viento es de  
magnitud  
menor a la  
clima**

# U700 (JJA)

## EL NIÑO 2002

JunJulAug 2002

Fill: 700hPa U-component (m s<sup>-1</sup>)

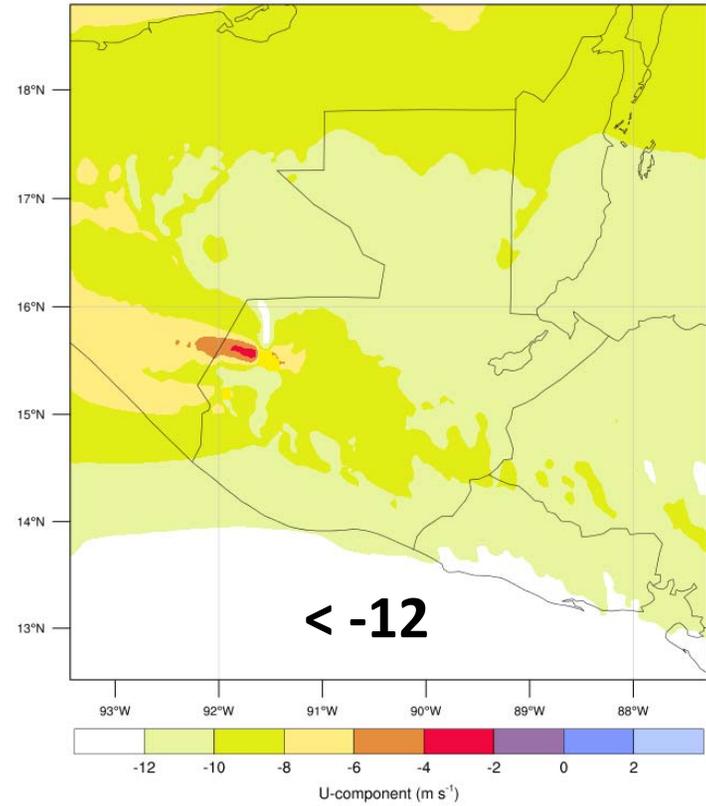


VS

## EL NIÑO 2015

JunJulAug 2015

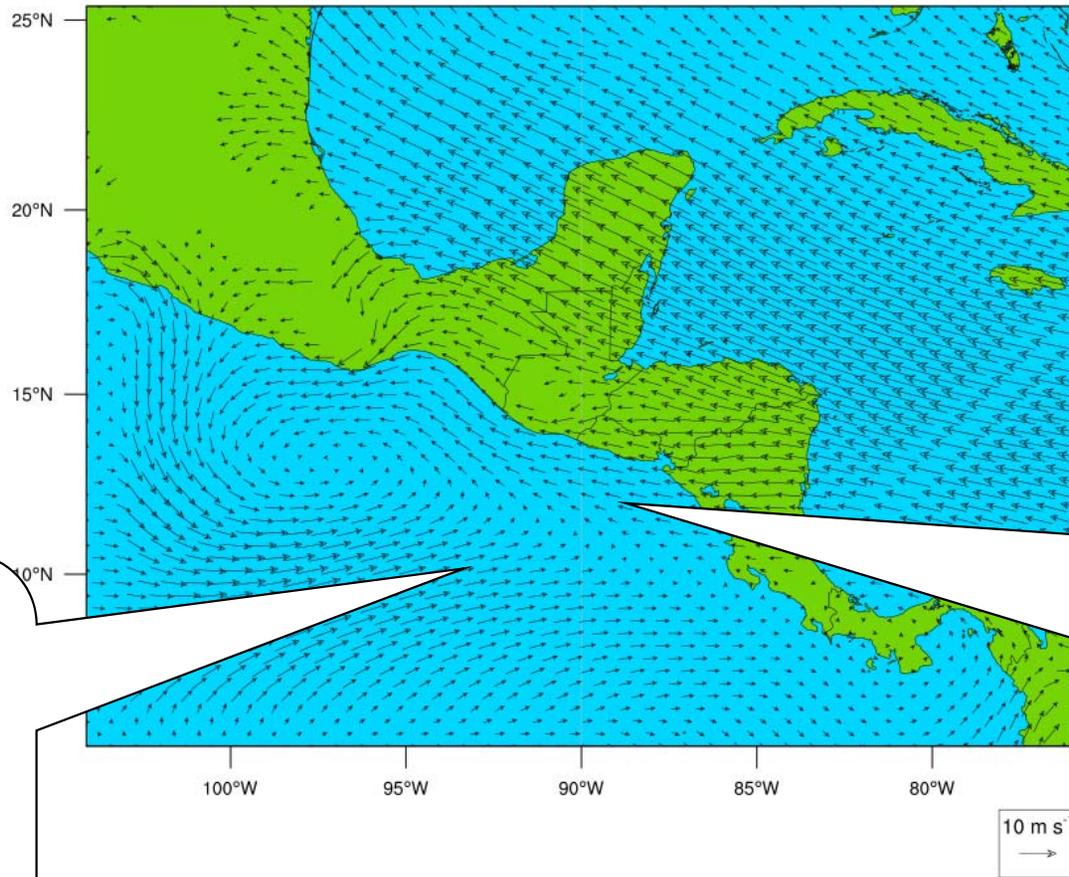
Fill: 700hPa U-component (m s<sup>-1</sup>)



Climatología  
2001-2010  
Viento  
850 hPa

JunJulAug 2001-2010

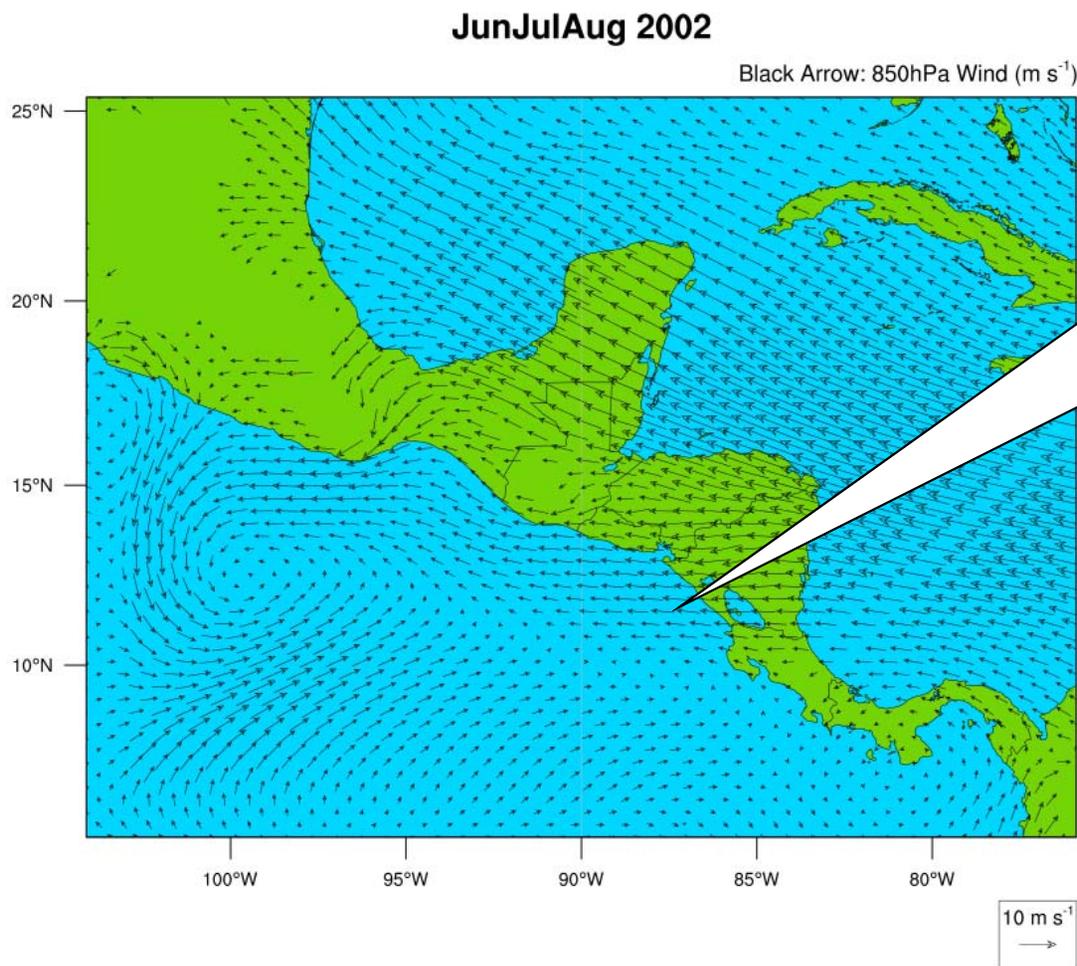
Black Arrow: 850hPa Wind ( $\text{m s}^{-1}$ )



**En Pacífico  
predominan  
vientos del  
oeste**

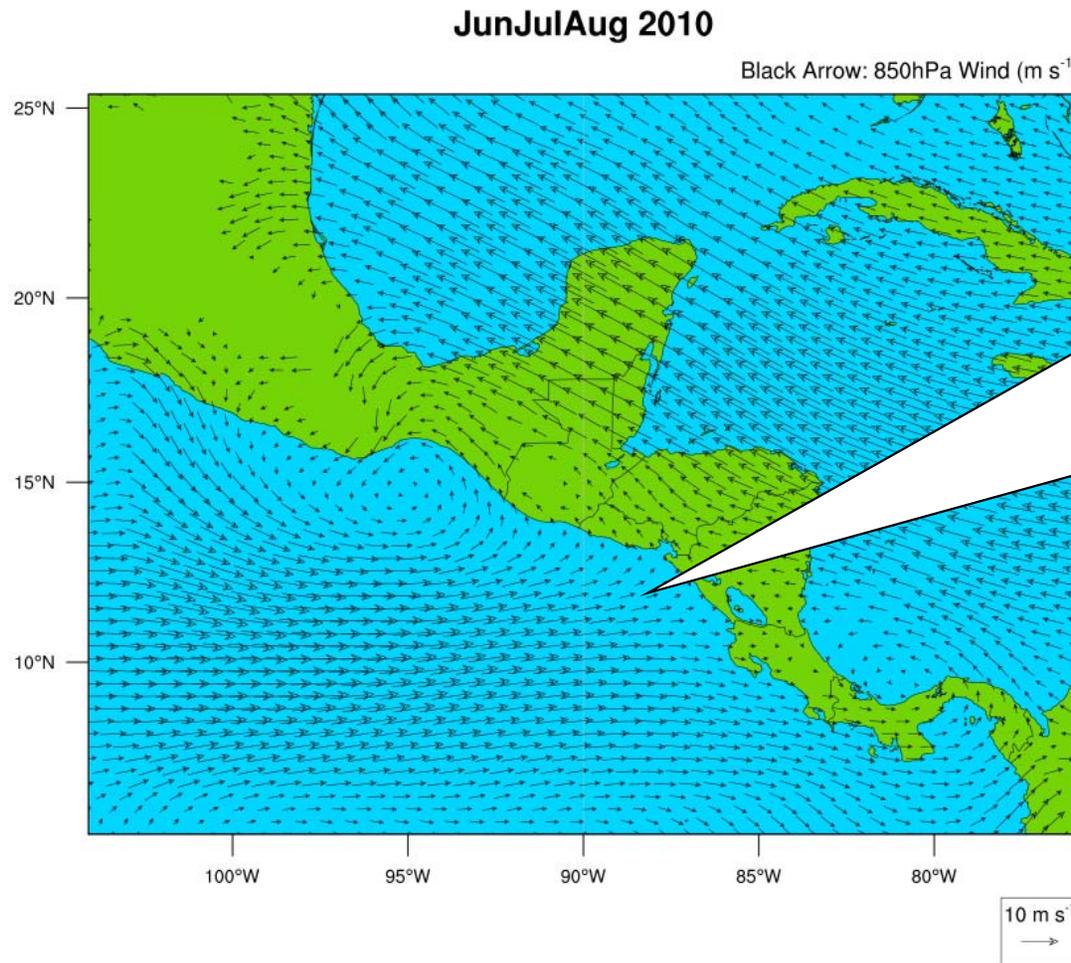
**En el mar Caribe  
hasta la costa  
Pacifica de  
Centroamérica el  
viento  
dominante es del  
este**

El Niño  
2002  
Viento  
850 hPa



**En toda la  
región  
aumenta la  
magnitud del  
viento del este**

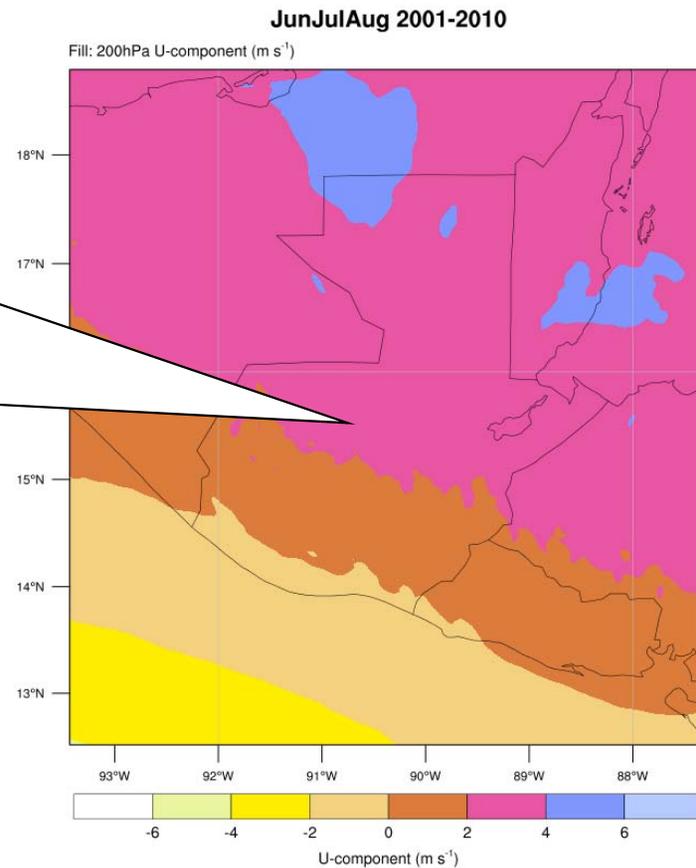
La Niña  
2010  
Viento  
850 hPa



**En el Pacífico  
colapsan los  
vientos del  
este y son  
sustituidos por  
vientos del  
sur-oeste**

# CLIMA U200 (2001-2010)

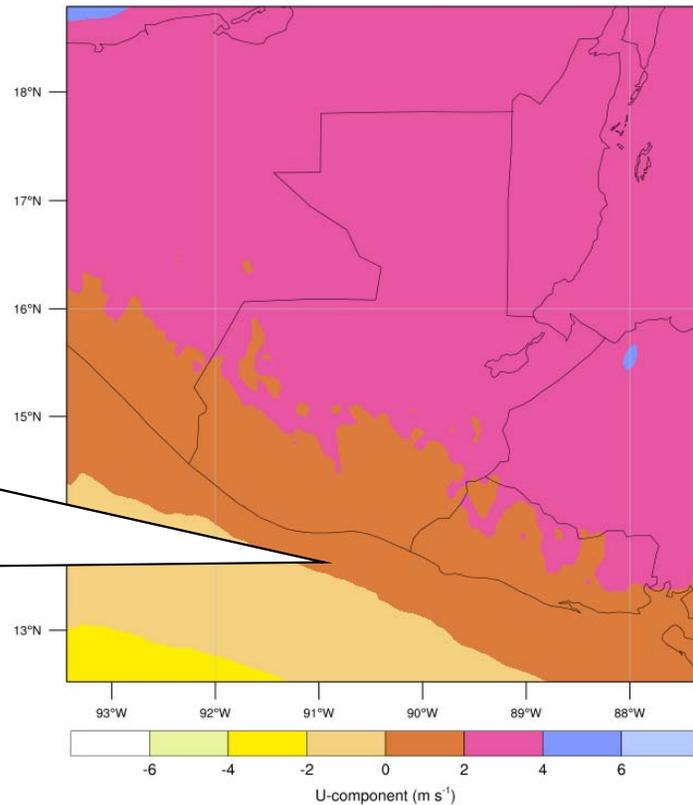
**Dominio de vientos con componente del oeste en el Caribe y del este en el Pacífico.**



# EL NIÑO U200 (JJA-2002)

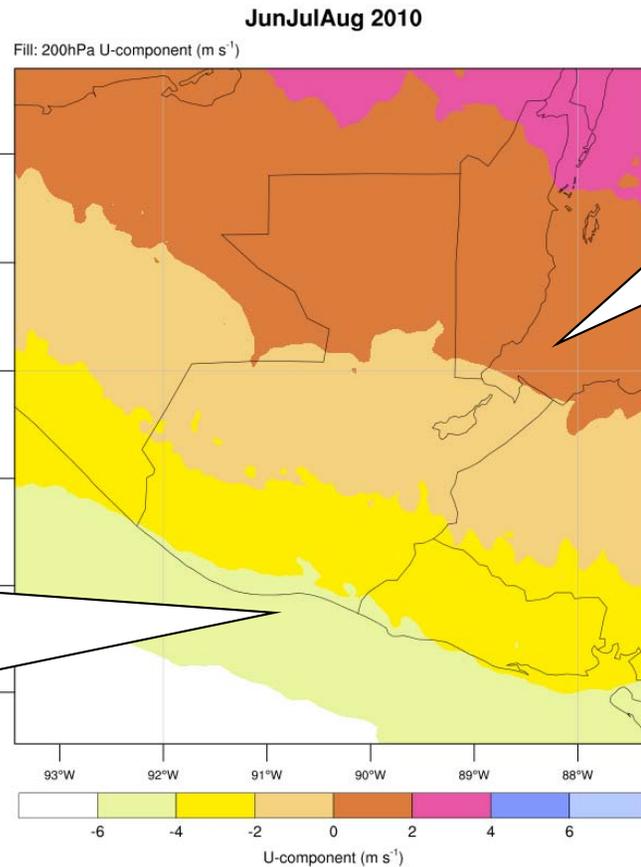
JunJulAug 2002

Fill: 200hPa U-component (m s<sup>-1</sup>)



**Vientos con  
componente  
del oeste en  
todo el país.**

# LA NIÑA U200 (JJA-2010)



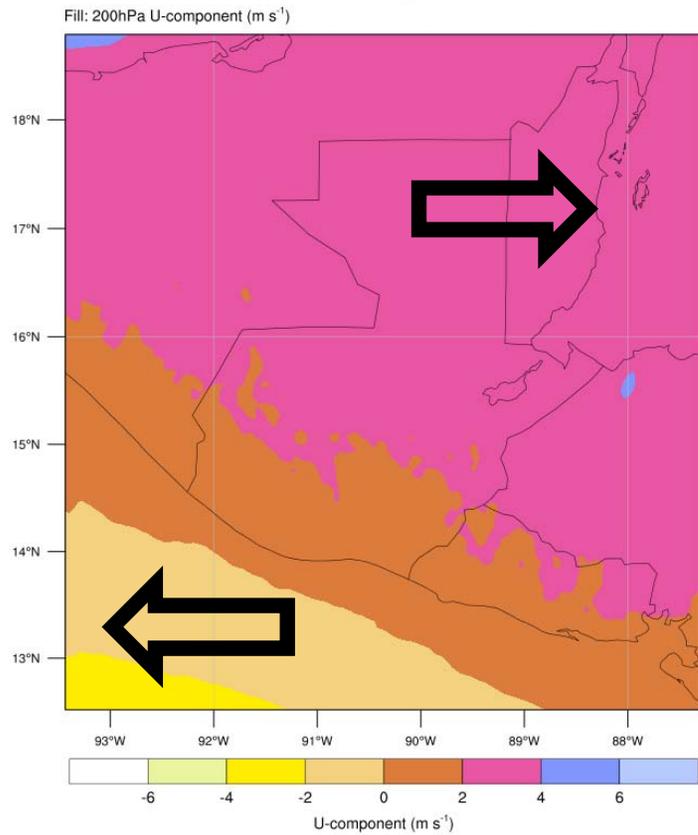
**En la costa del  
Pacífico  
vientos con  
componente  
del este mayor  
a la clima.**

**En el Caribe, viento  
del oeste  
ligeramente menor  
a la clima**

# U200 (JJA)

## EL NIÑO 2002

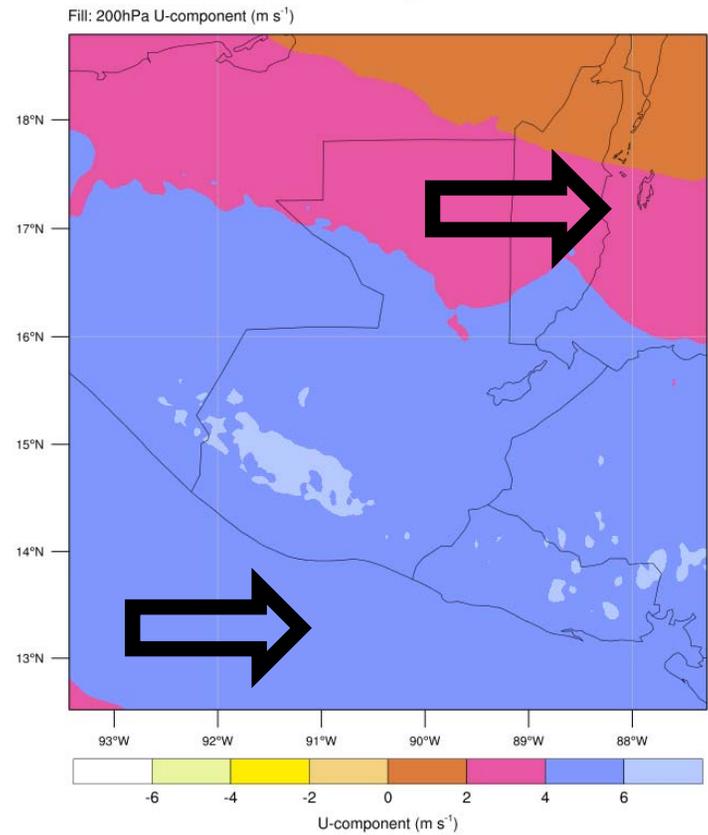
JunJulAug 2002



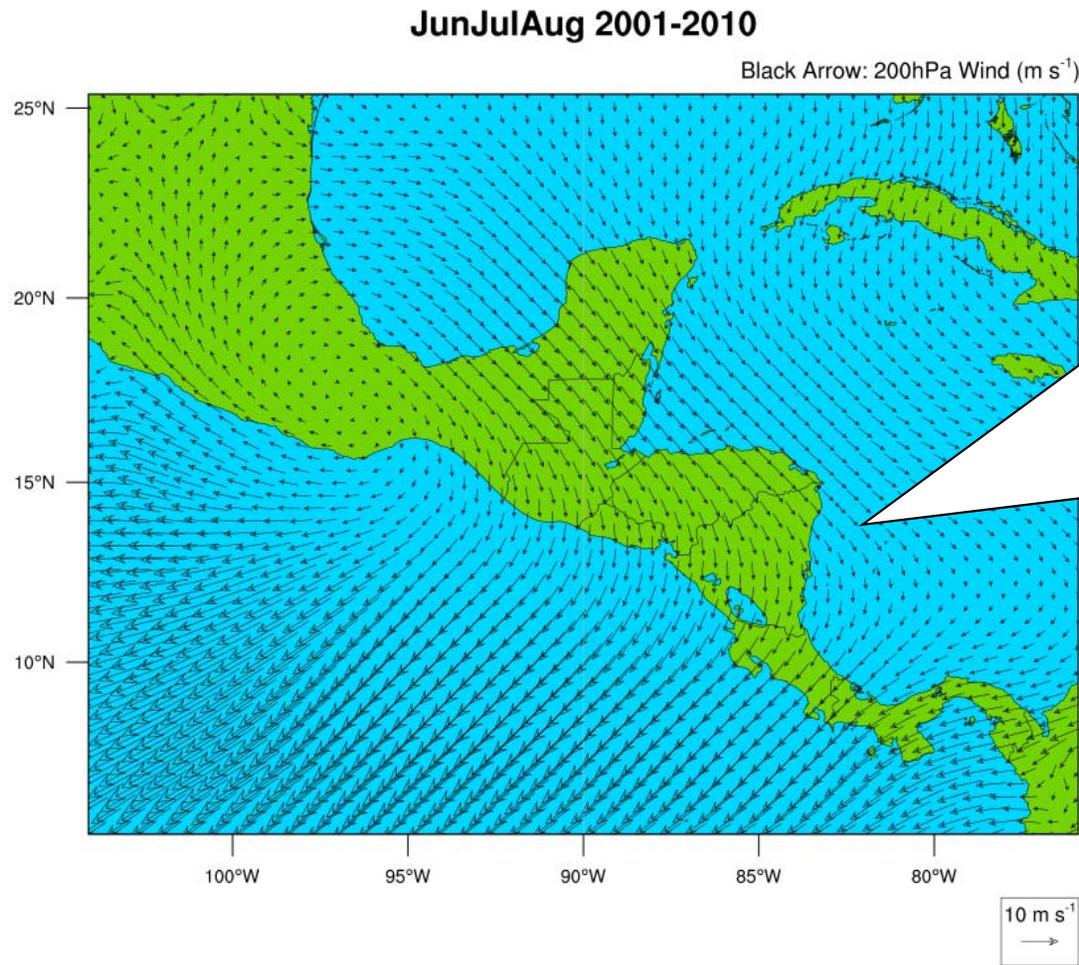
VS

## EL NIÑO 2015

JunJulAug 2015



Climatología  
2001-2010  
Viento  
200 hPa

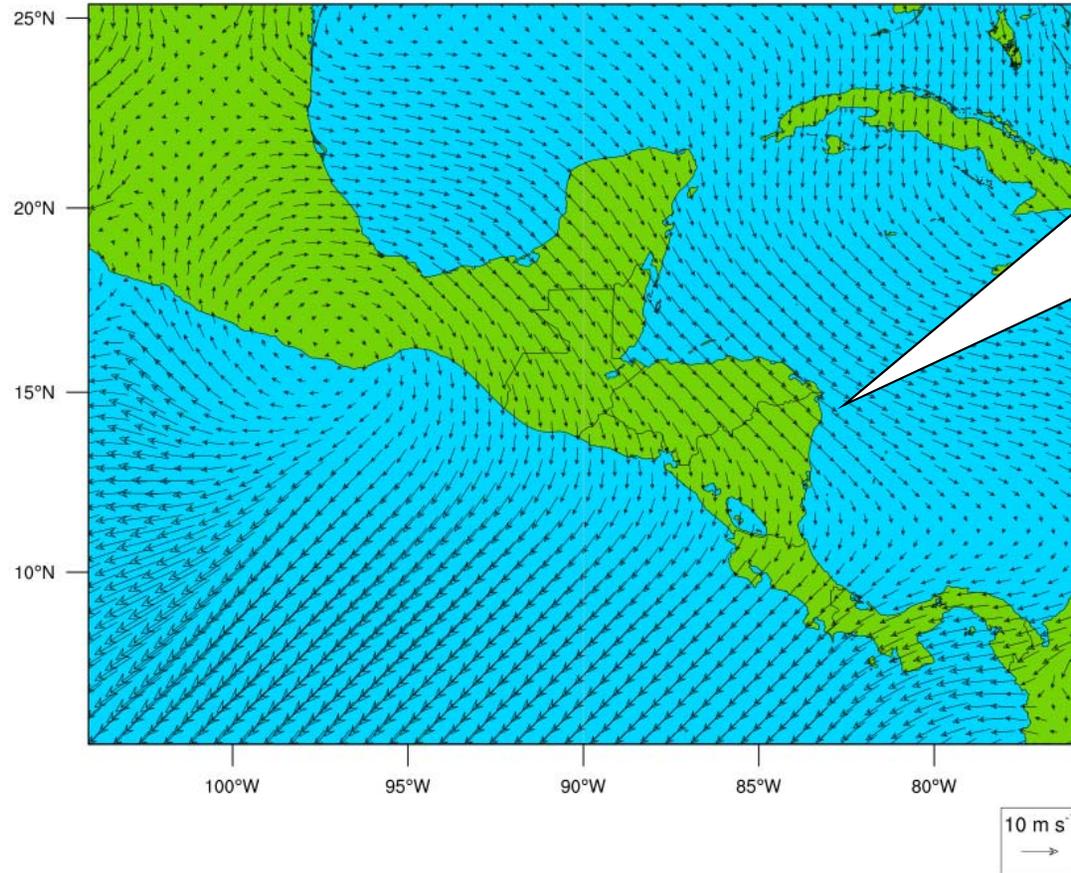


**En el Caribe y norte de Centroamérica predominan vientos del norte y noroeste. Al sur y el Pacífico los vientos son del noreste**

El Niño  
2002  
Viento  
200 hPa

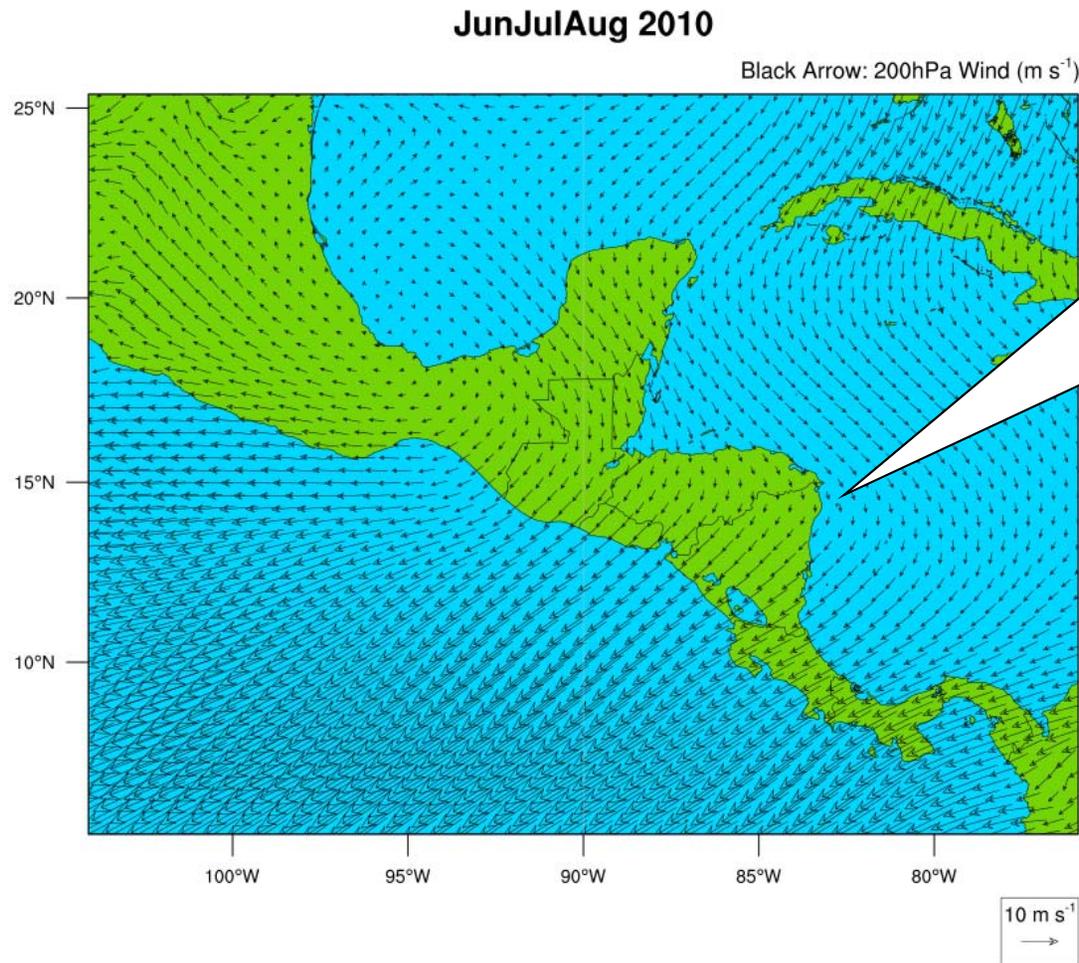
JunJulAug 2002

Black Arrow: 200hPa Wind ( $\text{m s}^{-1}$ )



**El patrón es el mismo que la clima, pero con magnitudes más bajas.**

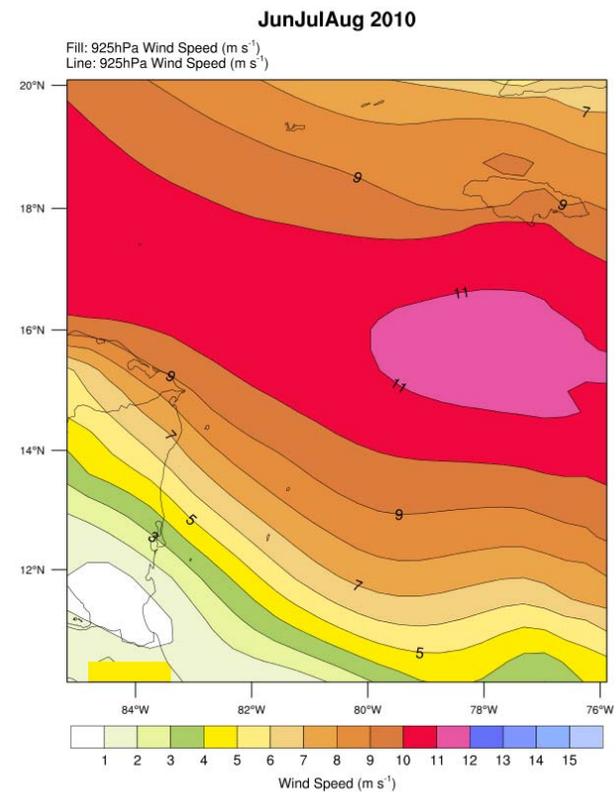
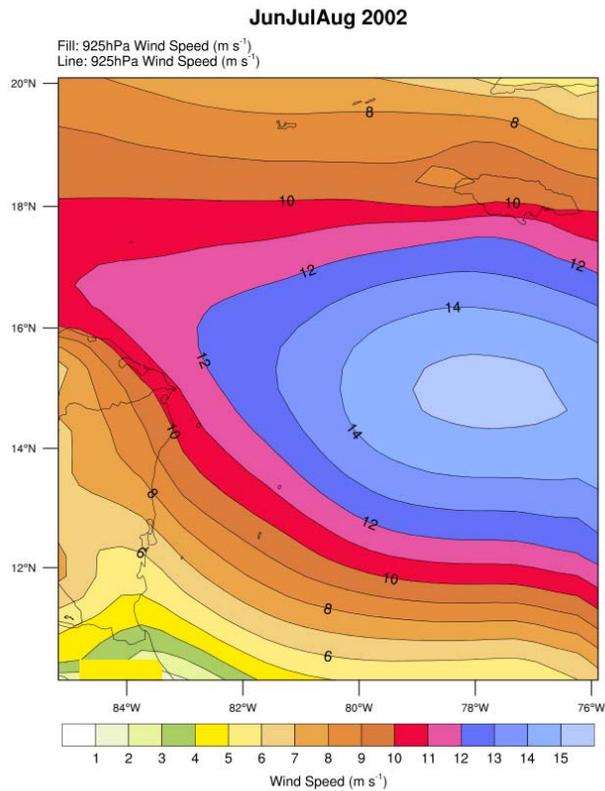
La Niña  
2010  
Viento  
200 hPa



**El patrón es el mismo que la clima, pero con magnitudes más altas.**

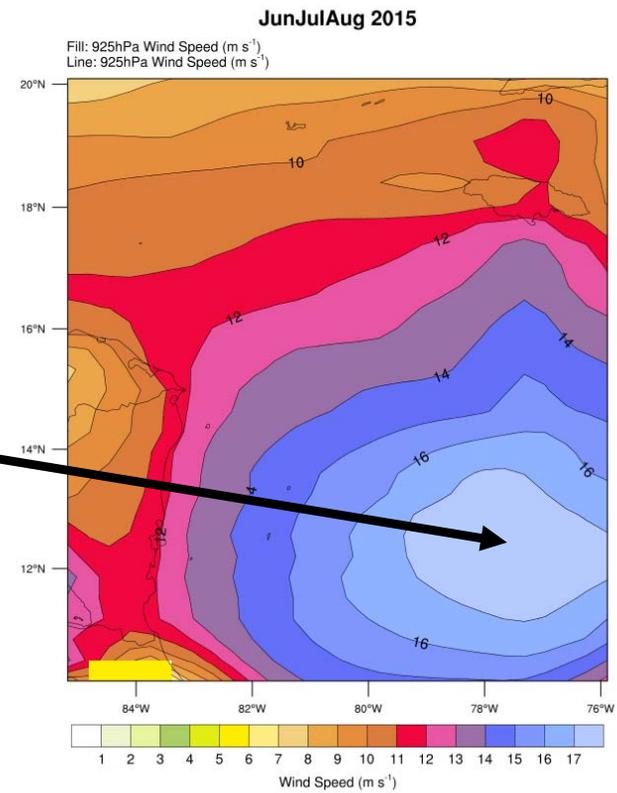
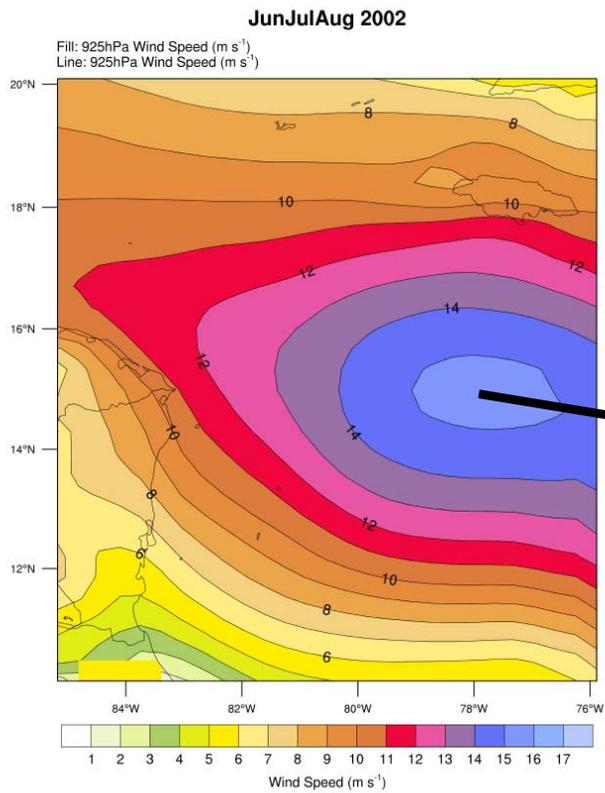
# CORRIENTE EN CHORRO DEL CARIBE

## EL NIÑO 2002 VS LA NIÑA 2010



# CORRIENTE EN CHORRO DEL CARIBE

EL NIÑO 2002 VS EL NIÑO 2015



# CORRIENTE EN CHORRO DEL CARIBE

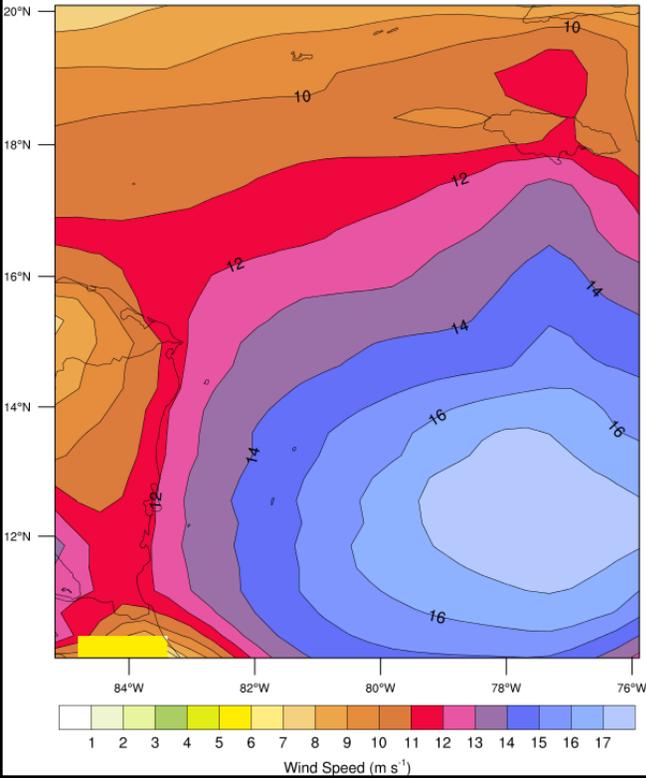
2015

2010's

2060's

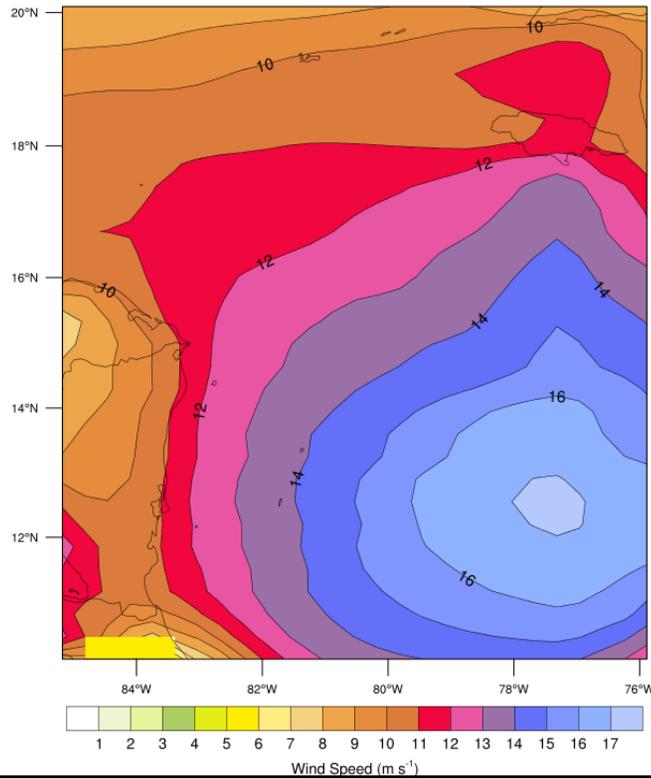
JunJulAug 2015

Fill: 925hPa Wind Speed ( $m s^{-1}$ )  
Line: 925hPa Wind Speed ( $m s^{-1}$ )



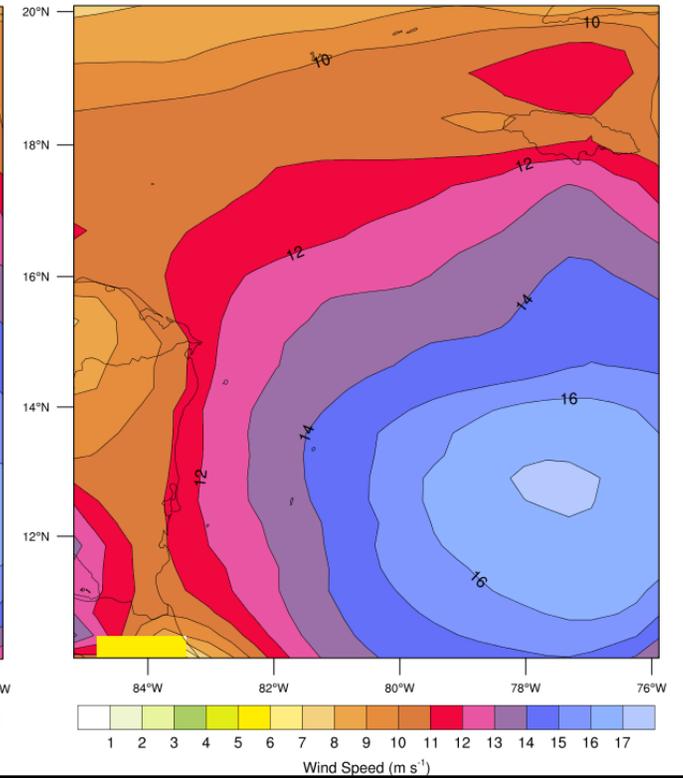
JunJulAug 2011-2020

Fill: 925hPa Wind Speed ( $m s^{-1}$ )  
Line: 925hPa Wind Speed ( $m s^{-1}$ )



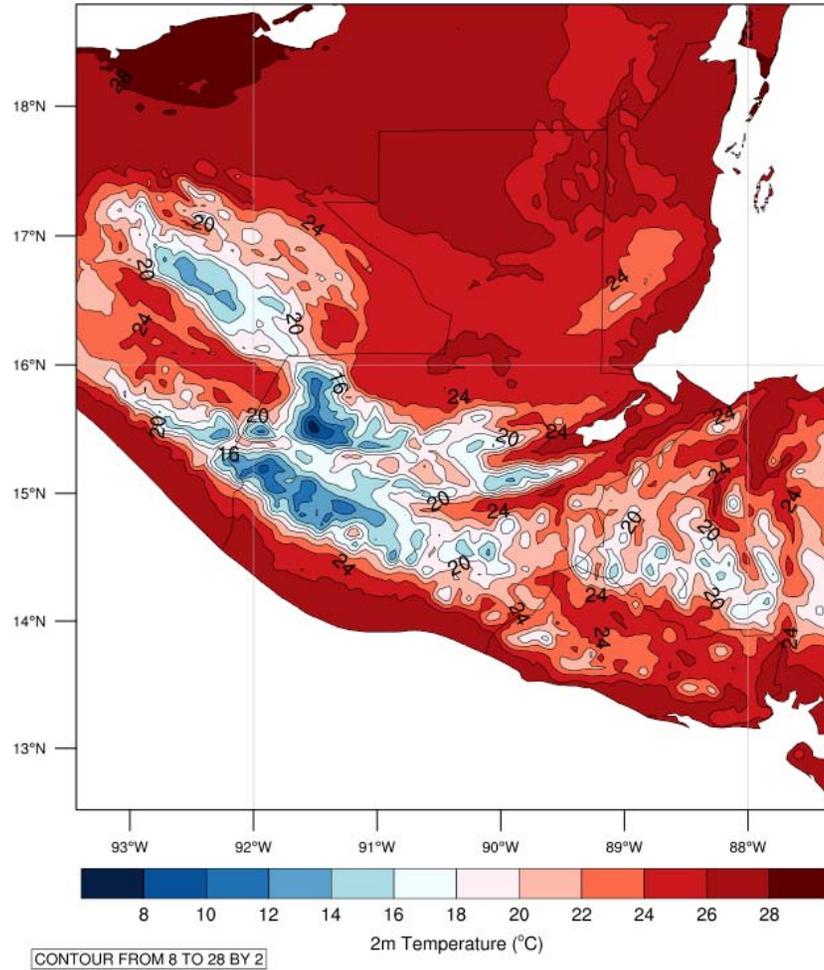
JunJulAug 2061-2070

Fill: 925hPa Wind Speed ( $m s^{-1}$ )  
Line: 925hPa Wind Speed ( $m s^{-1}$ )



JunJulAug 2001-2010

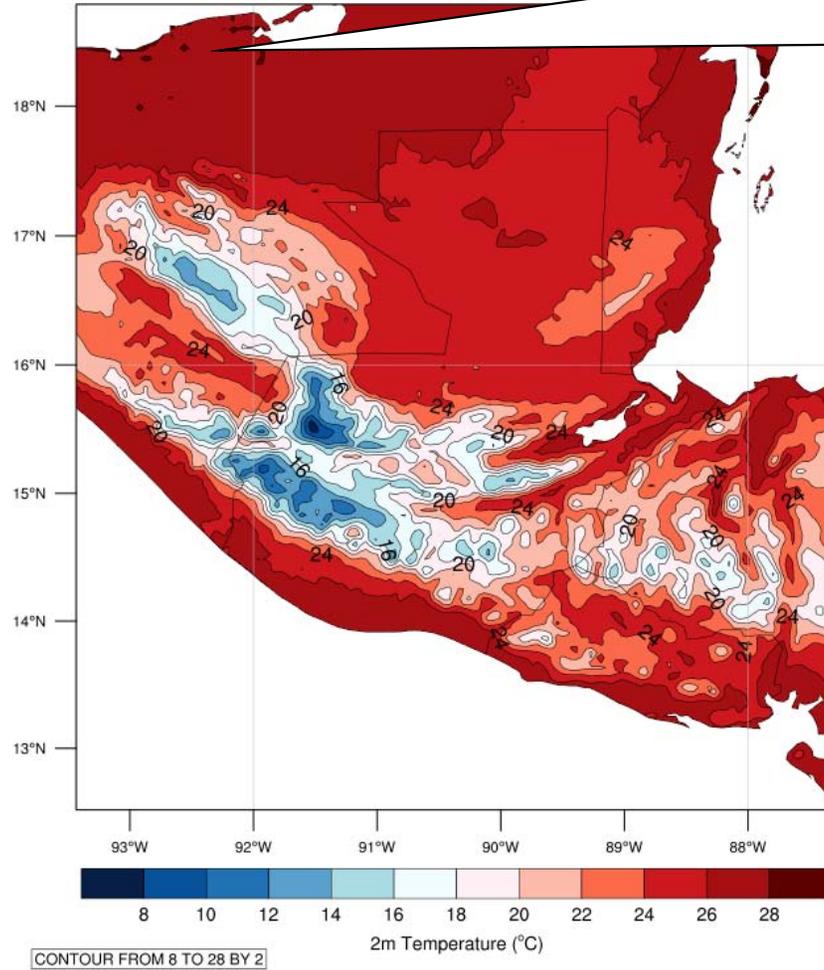
Fill: 2m Temperature (°C)  
Line: 2m Temperature (°C)



Climatología  
2001-2010  
Temperatura 2m

JunJulAug 2002

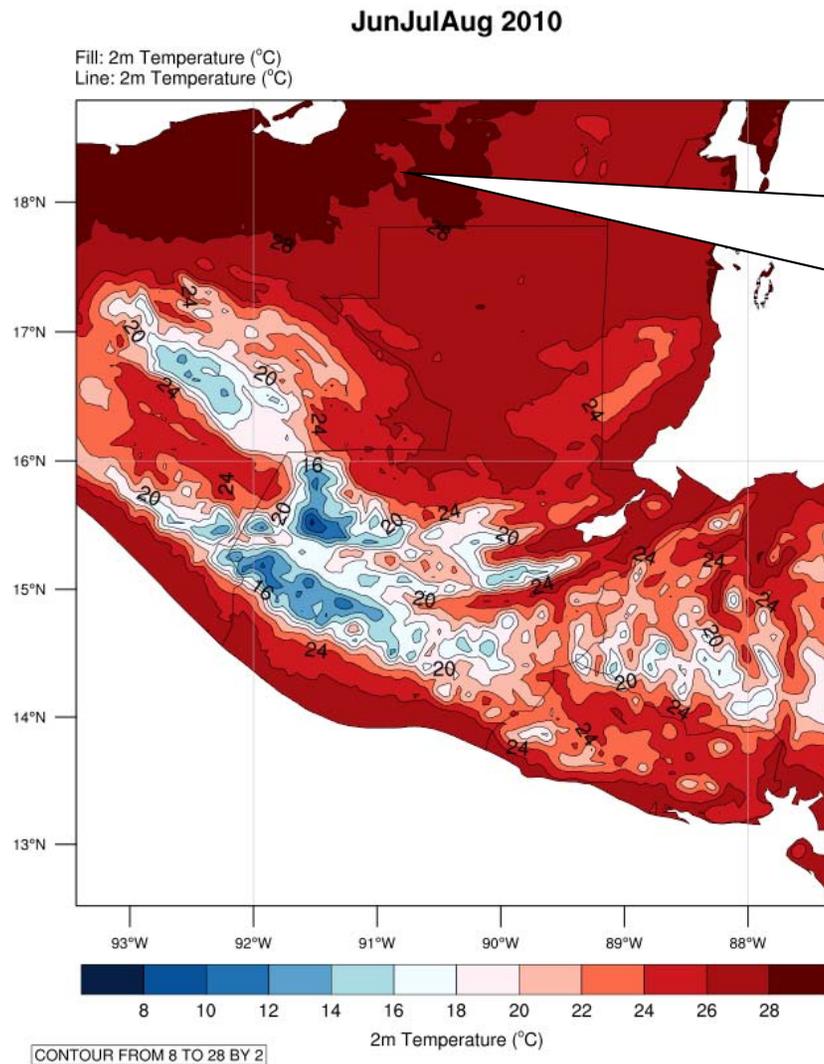
Fill: 2m Temperature (°C)  
Line: 2m Temperature (°C)



La temperatura media en las zonas aledañas al golfo de México son menores a la climatología

El Niño 2002  
Temperatura 2m

# La Niña 2010 Temperatura 2m



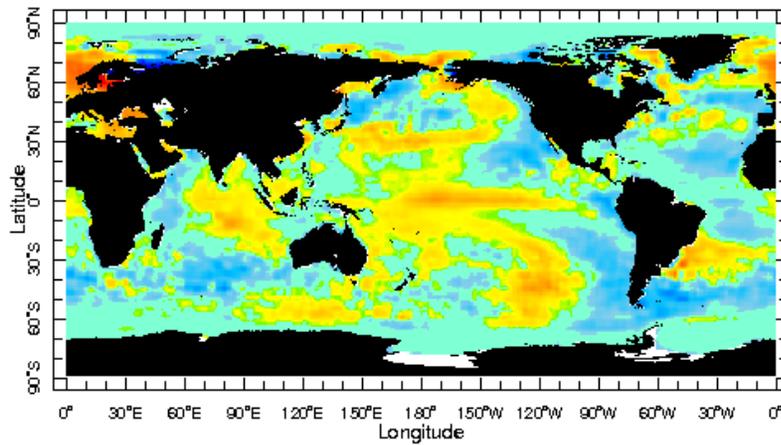
La temperatura media en las zonas aledañas al golfo de México son mayores a la climatología

Durante la Niña la temperatura aumentó!!

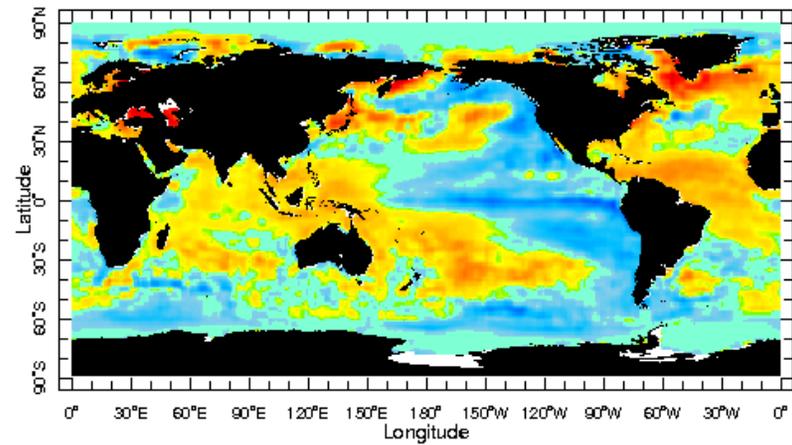
El calentamiento global opacó y superó la señal de enfriamiento de la Niña.

# Anomalías TSM

2002



2010



# **VERIFICACIÓN DE LA HABILIDAD DEL MODELO WRF PARA SIMULAR LA ALTERACIÓN CLIMÁTICA EN EL VERANO DE GUATEMALA**

Luis Alvarado, Gaby Alfaro, Franklyn Ruiz, Juan José Nieto, Alberto Cumbreira  
Program to Strengthen Institutional Capacity to better asses Climate Impacts in latin  
America and the Caribbea (LAC) - Regional Consortium – Workshop 1  
June 2016

## **RESUMEN**

El presente trabajo tuvo como objetivo revisar si la salida en alta resolución obtenida con el modelo WRF del re-análisis NCEP, tuvo la habilidad de simular la dinámica del evento ENSO (El Niño- Southern Oscillation) y la alteración de la precipitación y la temperatura en la época de verano para Guatemala. Para ello, se utilizaron las salidas gráficas, de las variables meteorológicas, que se pueden generar a partir del aplicativo ubicado en <http://weather.unl.edu/RCM/Guatemala/Phase2/maps/mapmaker.html> para la serie de tiempo 2001-2010. Los resultados permiten ver cambios en la dinámica de los vientos en niveles bajos y altos de la atmósfera en las fases extremas del ENSO. Descenso (ascenso) de las precipitaciones con respecto a la climatología de referencia en el fenómeno El Niño (La Niña) considerados. No obstante, bajo los dos eventos extremos del ENSO para el caso de la temperatura del aire, el modelo resolvió valores por encima de lo normal respecto al promedio de verano 2001-2010, posiblemente asociado a la señal tendencial y de largo plazo asociado al actual cambio climático.

## **INTRODUCCIÓN**

Uno de los eventos climáticos de mayor impacto en Guatemala es el fenómeno de El Niño, con importantes implicaciones en el clima, que se ha reflejado en la variación de los regímenes de lluvia. Bajo eventos severos se ha registrado una disminución importante en los acumulados de lluvia el inicio de la época lluviosa, con implicaciones de menor disponibilidad de agua, incendios, etc.

El fenómeno se ha asociado a mayor incidencia de frentes fríos, aumento del número de huracanes en el Pacífico mientras que disminuyen en el Atlántico, Caribe y golfo de México, tal como se ha venido observando en los últimos años.

Estas condiciones atmosféricas causan inundaciones importantes en las cuencas de los ríos, principalmente las correspondientes a la vertiente del Pacífico, las cuales se ven agravadas por la alta vulnerabilidad de muchas zonas pobladas establecidas en áreas de alto riesgo como márgenes de ríos y laderas propensas a deslizamientos. Al igual que a muchos otros países, este impacto climático podría ocasionar una gran catástrofe, difícil de superar.

El Niño es un fenómeno climático relacionado con el calentamiento del Pacífico oriental ecuatorial, el cual se manifiesta erráticamente cíclico, que consiste en realidad en la fase

cálida del patrón climático del Pacífico ecuatorial denominado El Niño-Oscilación del Sur (El Niño-Southern Oscillation, ENSO por sus siglas en inglés), donde la fase de enfriamiento recibe el nombre de La Niña. Este fenómeno, en sus manifestaciones más intensas, provoca estragos en la zona intertropical y ecuatorial debido a las intensas lluvias, afectando principalmente a la región costera del Pacífico de América del Sur.

Físicamente El Niño es una irrupción ocasional de aguas superficiales cálidas, ubicadas en el océano Pacífico junto a la costa de los territorios de Perú y Ecuador, debido a inestabilidades en la presión atmosférica localizada entre las secciones Oriental y Occidental del océano Pacífico cercanas a la línea del Ecuador. El fenómeno del Niño es el supuesto causante de más de una anomalía climática. El meteorólogo Jacob Bjerknes postuló en 1969 que El Niño está normalmente relacionado con la Oscilación del Sur, ya que está presente una relación física entre la fase de alta presión anómala en el Pacífico occidental, con la fase de calentamiento poco frecuente del Pacífico oriental, lo que va acompañado con un debilitamiento de los vientos alisios del este; por lo que la baja presión del Pacífico occidental se vincula con un enfriamiento del Pacífico oriental (fenómeno de La Niña), con el fortalecimiento de los vientos del este.

## DATOS UTILIZADOS Y METODOLOGÍA

Para este proyecto piloto se utilizaron como datos de entrada los resultados publicados de la corrida del re-análisis NNRP en alta resolución realizada con el modelo WRF para la serie de tiempo 2001-2010, la cual presenta sus resultados en el siguiente enlace web: <http://weather.unl.edu/RCM/Guatemala/Phase2/maps/mapmaker.html>. Dichas salidas están disponibles en tres resoluciones espaciales: 36kmX36km (transición), 12kmX12km (Regional) y 4kmX4m (Guatemala) tal como se muestran en la Fig. 1. La resolución espacial es a nivel mensual, sin embargo, para este proyecto piloto se analizó el ciclo correspondiente al verano del Hemisferio Norte para Guatemala (Junio-Julio-Agosto JJA). No sobra mencionar que este sitio web además de lo anterior, presenta salidas para 14 variables de superficie, 9 variables en altura; 10 parámetros de superficie y 3 de suelo.

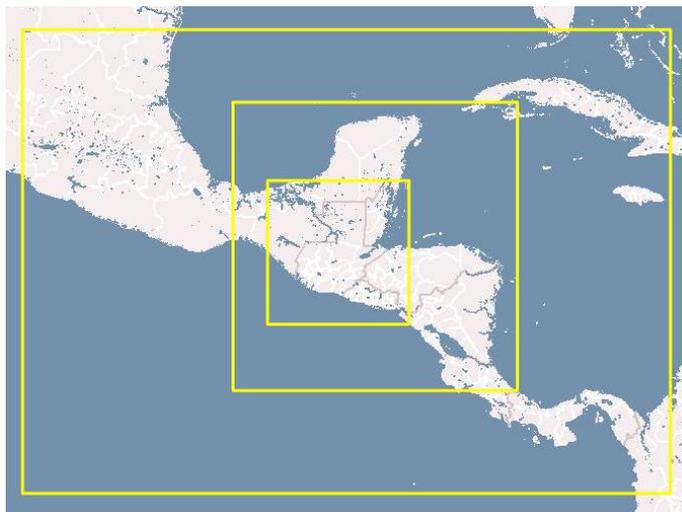


Figura 1. Dominios utilizados

Se tomó como climatología de referencia el promedio 2001-2010 para el trimestre JJA y revisando el principal indicador de variabilidad climática que define las fases extremas del ENSO a nivel mundial, Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés), se escogieron como año El Niño, 2001, y como año La Niña, 2010 para los análisis finales.

Teniendo en cuenta que la idea fue identificar si las fases extremas asociadas al evento ENSO la simularon estos resultados en alta resolución, se procedió primero con el dominio más amplio (36kmX36km) a explorar el comportamiento de los vientos en niveles bajos (700 hPa.) y en niveles bajos (200 hPa.) para ver si al menos en la costa occidental de Centroamérica, patrones de circulación general relacionados con la Celda de Walker en sus tres fases de ENSO (El Niño, Neutral, La Niña) eran representadas por el modelo.

Una vez revisados los procesos con la parte atmosférica que explica el ENSO, se precedió a revisar la alteración de los campos de precipitación y temperatura del aire debida a los cambios de circulación del viento para Guatemala con el dominio de más alta resolución (4kmX4m).

## **RESULTADOS**

La climatología resuelta por el WRF con datos de re-análisis de NCEP en el campo del viento en altura (200 hPa.) indica que sobre el Pacífico Tropical predominan vientos del oeste, mientras que en el mar Caribe hasta la costa Pacífica de Centroamérica el viento dominante es del este (Ver Fig. 2); en niveles bajos (850 hPa.) predominan vientos del norte y noroeste en el Caribe y norte de Centroamérica. Al sur y el Pacífico los vientos son del noreste (Ver Fig. 3).

La salida del modelo sugiere que cuando El Niño ocurre, el viento en niveles altos mantiene el mismo patrón con intensidades de la velocidad del viento menores que la climatología de referencia; entre tanto, cuando La Niña se presenta, se intensifica la dinámica de la condición neutral. Para los niveles bajos, y en la época de El Niño, el viento del este aumenta en toda la región mientras que cuando La Niña ocurre, en el Pacífico colapsan los vientos del este y son sustituidos por vientos del sur-oeste

Lo anterior sugiere que la simulación está de acuerdo con la Circulación de Walker para la situación del ENSO en condiciones de neutralidad e incluso para sus fases extremas (El Niño – La Niña) en los campos de viento en altura; no obstante, en niveles bajos, su comportamiento es errático y contrario al modelo conceptual de este fenómeno de interacción océano-atmosfera de escala interanual.

### JunJulAug 2001-2010

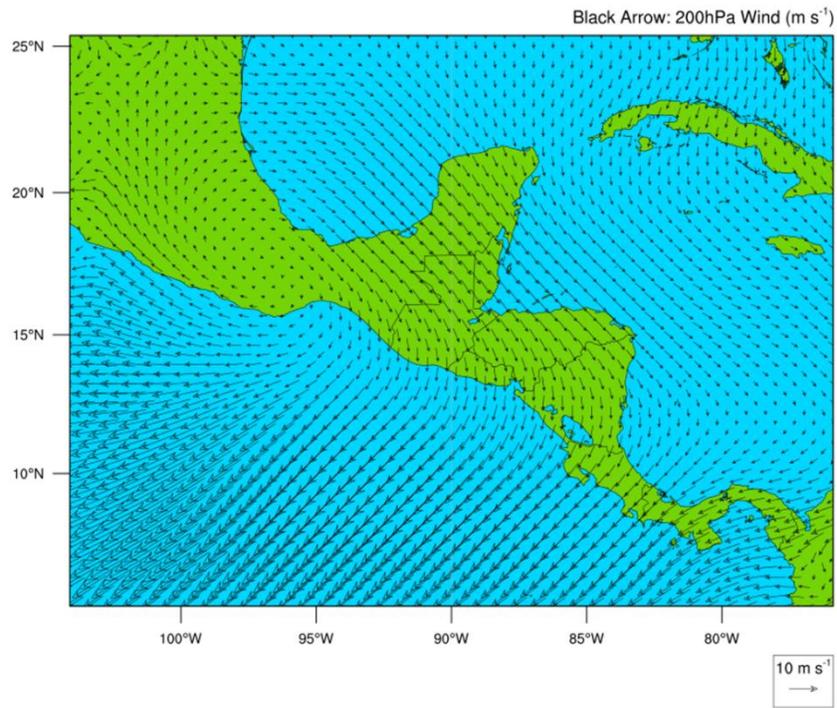


Figura 2. Vientos en niveles altos (200 hPa)

### JunJulAug 2001-2010

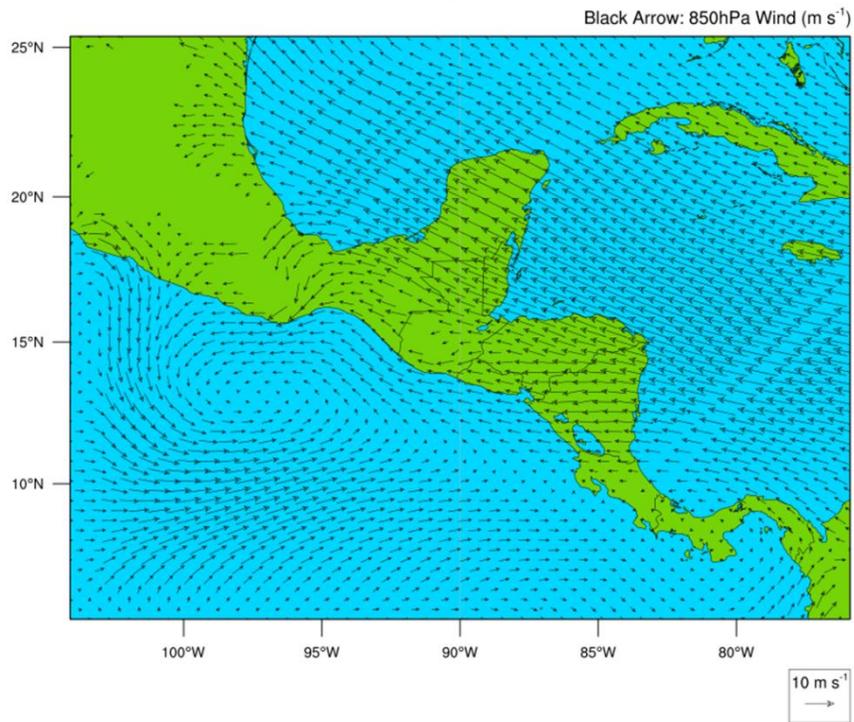


Figura 3. Vientos en niveles bajos (850 hPa.)

Como respuesta a esta dinámica, la temperatura de aire en verano y bajo las fases extremas del ENSO para Guatemala presentó un aumento de sus valores con respecto al período de referencia 2001-2011 como se presenta en la Fig. 4, sin embargo, se esperaba que bajo el fenómeno La Niña las temperaturas decrecieran sus valores respecto al clima normal, no obstante, se encontró una respuesta contraria en la simulación. Lo anterior puede deberse a que al año 2010 fue el tercer año más caliente de acuerdo con la OMM después de 2015 y 2014 respectivamente y, por lo tanto, este hecho puede obedecer al rápido aumento de la temperatura del aire debido al incremento de emisiones de gases de efecto invernadero a escala global reportados en los distintos informes de evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático.

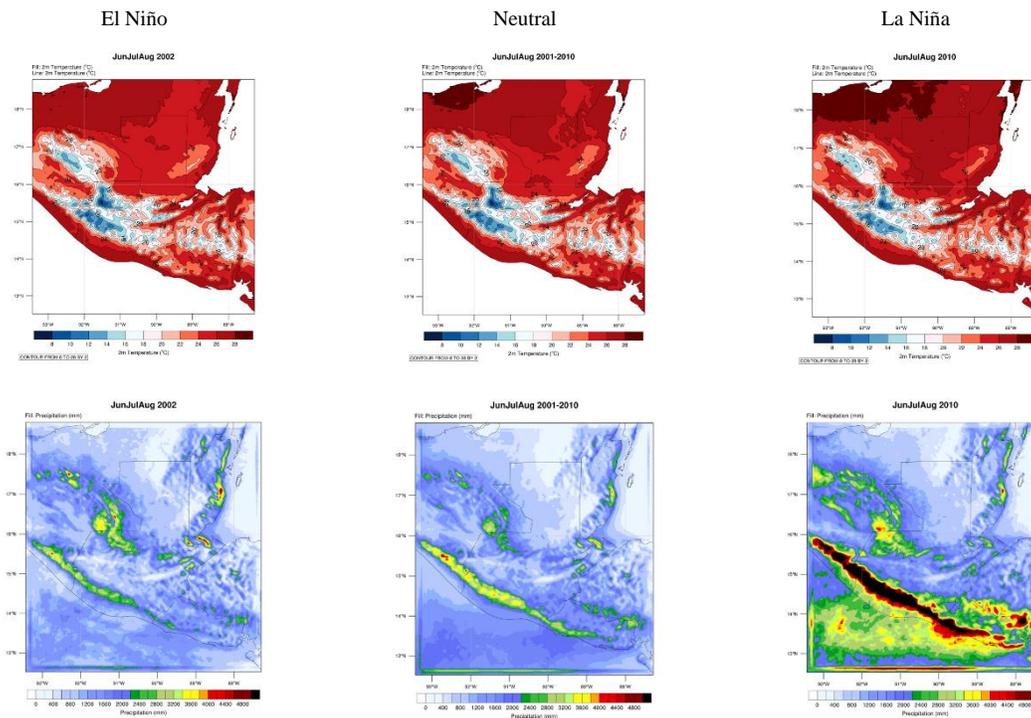


Figura 4. Temperatura del aire (superior) y precipitación (inferior) bajo las tres fases de ENSO

Para el caso de la precipitación, la salida del modelo WRF represento la señal que se esperaba; mostrando descenso en las cantidades de precipitación bajo el fenómeno El Niño y aumento de las mismas bajo condiciones La Niña.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La salida del modelo WRF para simular clima presente, mostró que fue capaz de resolver la dinámica de la Celda de Walker sobre la cuenca del Océano Pacífico Tropical Oriental, especialmente para la fase neutra y en el campo de viento en altura para las fases extremas (El Niño – La Niña). En niveles bajos de la atmósfera, la circulación no obedece al modelo conceptual del este fenómeno de escala interanual.

2. La salida del modelo indicó que la temperatura del aire para Guatemala aumento en las dos fases extremas del ENSO, posiblemente asociado a la señal tendencial de largo plazo asociado al cambio climático; sin embargo, es importante verificar este resultado con las observaciones para reducir incertidumbre frente al resultado obtenido en la simulación.
3. En el caso de la precipitación, la señal presentada por el modelo corresponde a lo que las observaciones han registrado bajo la influencia tanto de El Niño como de La Niña; en el primer caso reduce los volúmenes de precipitación mientras que en el segundo los aumenta respecto a sus valores de referencia.
4. Para futuros análisis se hace necesario tener corridas de períodos más largos, al menos de 20 años, para analizar este tipo de variabilidad climática interanual.
5. Es importante resaltar la verificación de la salida o resultados del modelo respecto a las observaciones, con el fin de conocer sus correlaciones, sesgos, distribuciones simuladas de las variables meteorológicas y otros estadísticos que permitan al usuario identificar habilidad del modelo y recomendar usar o no sus salidas.

## 1. Definición tema de Investigación:

### **Efecto del Cambio Climático en Guatemala sobre las variables meteorológicas, usando el modelo WRF**

#### Objetivo General

Evaluación del ciclo estacional (precipitación, temperatura) y sus posibles cambios bajo escenarios de cambio climático (comparación climatología 2010 con 2060) en Guatemala.

#### Objetivos Específicos

- Determinación de la intensidad, duración y frecuencia de precipitación, tomando en cuenta los periodos de lluvia y canícula de Guatemala para clima presente y futuro.
- Evaluación de extremos según percentiles para temperatura.
- Evaluación del nivel de influencia de la región Niño 3.4 sobre el comportamiento de lluvia, temperatura y vientos para clima presente.
- Estudiar la distribución de las frecuencias de precipitación y temperatura para identificar y describir el comportamiento de los eventos extremos en presente y futuro.

#### Sugerencias para Map Maker

- Que grafique ciclos anuales y series de tiempo específicos.
- Para corridas largas que pueda calcular tendencias de índices climáticos .

Actividades:

No	Actividad	Fechas de entrega	Responsables
1	Definición tema de investigación	9 junio	TODOS
2	Elaboración de un borrador del esquema para publicación	9 junio	TODOS
3	Definir los periodos estacionales a trabajar	9 junio	TODOS
	Verificar si el modelo captura el ciclo estacional		TODOS
4	4c. Conseguir datos relaes de estaciones (2001-2010) y calcularles los ciclos en R o NCL (Skype)	9 junio	Gaby
	4a. Evaluar las estaciones que tienen observaciones para saber si se pueden utilizar	10 julio	Gaby
	4b. Descargar datos de estaciones disponibles, ponerlos en acumulados mensuales	10 julio	Alberto
5	Cálculo de anomalías para los ciclos lluviosos y de cañícula (ENSO)	20 julio	Juan José
	Análisis de eventos extremos		
6	6a. Calcular la distribución de frecuencias de lo observado versus lo simulado para identificar cómo representan los extremos		Frank
	6b. Hacer histogramas de frecuencia y definir los umbrales con R Climdex en Temperaturas max y min	31 agosto	
	6c. Calcular las tendencias de índices climáticas para el clima presente.	31 julio	Juan José
7	Generación de gráficas bimensual espacial por T, lluvia y viento	10 julio	Luis
8	Análisis de la información y continuación del documento	1-29 sept	TODOS
9	Primer Borrador oficial del documento	30-Sep	TODOS