

# Variabilidad atmosférica y ciclones tropicales

*Graciela Binimelis de Raga*  
*Centro de Ciencias de la Atmosfera, UNAM*

*II Curso de Primavera sobre Ciclones Tropicales*  
*9-12 Marzo, 2009, Acapulco, México*

**2005**

**Rita**  
23 September

**Dennis**  
10 July

**Katrina**  
28 August

**Wilma**  
21 October

**Emily**  
17 July



# Variabilidad de Ciclones Tropicales

- *Frecuencia de ocurrencia del evento*
- *Duración del evento*
- *Intensidad del evento*

# Ciclones tropicales a nivel global : Evolución temporal de la ocurrencia :1985-2003

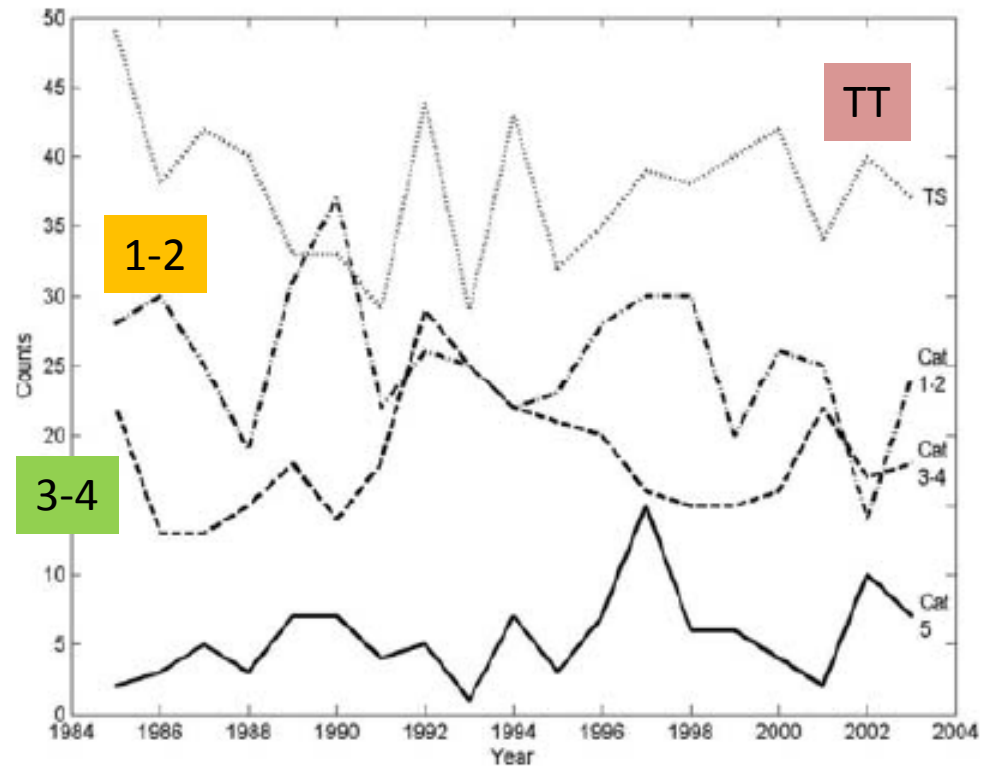


FIG. 1. Time series of the global annual number of tropical cyclones (counts) for four intensity categories: tropical storms, weaker hurricane-strength tropical cyclones (categories 1–2), stronger tropical cyclones (categories 3–4), and the most intense storms (category 5).

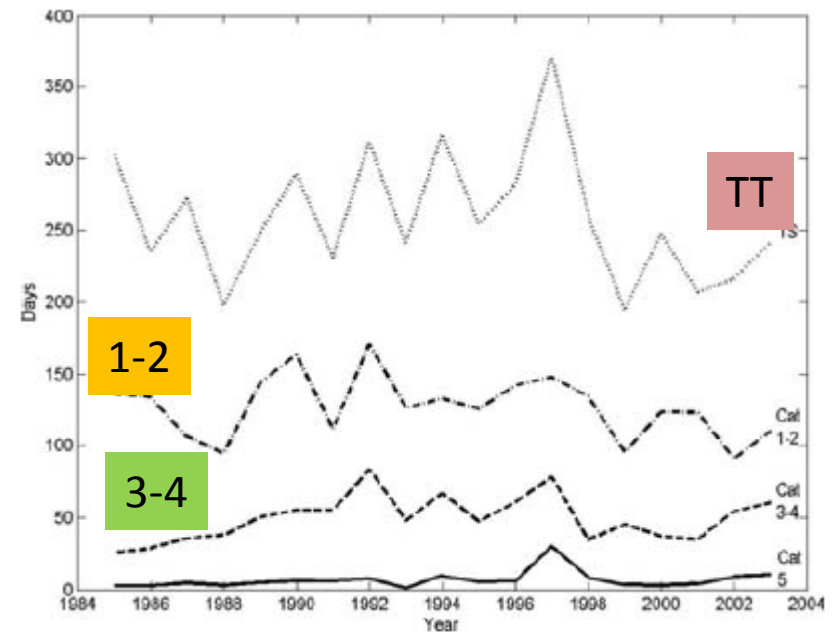


FIG. 2. As in Fig. 1, but for the annual global number of storm days in the four intensity groups.

(Frank and Young, 2007)



# Ciclones tropicales a nivel global : Frecuencia por cuenca: 1985-2003

TABLE A4. As in Table A3, but for storm counts.

Year	AT	EP	IO	SH	WP
1985	11	23	6	35	27
1986	6	17	3	33	27
1987	7	20	8	28	26
1988	12	15	5	21	25
1989	11	17	2	28	35
1990	14	21	4	29	31
1991	8	14	4	22	31
1992	7	27	12	30	32
1993	8	15	2	27	37
1994	7	20	5	30	39
1995	19	10	4	22	34
1996	13	9	8	28	43
1997	8	19	4	38	33
1998	14	13	8	38	27
1999	12	9	5	33	33
2000	15	19	4	27	33
2001	15	15	4	21	33
2002	12	15	4	25	32
2003	16	16	3	29	27
Mean	11.32	16.53	5.00	28.63	31.84

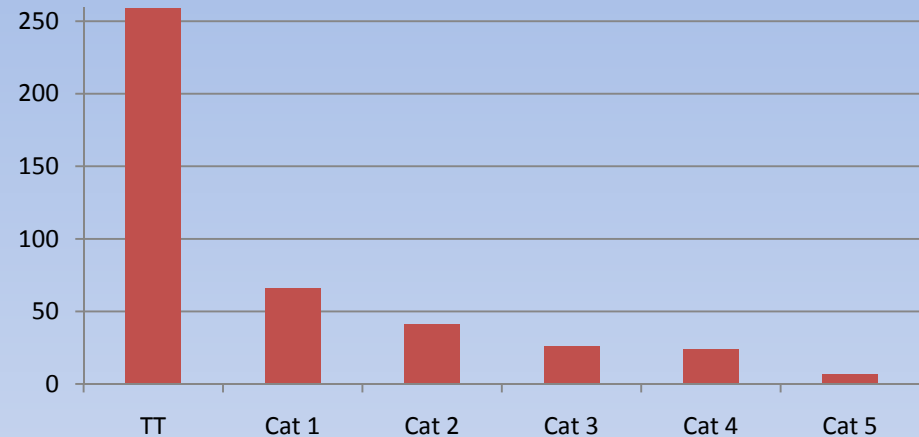
(Frank and Young, 2007)

# Ciclones tropicales a nivel global : Duración e intensidad: 1985-2003

TABLE 2. Annual global number of storms for three intensity groups: the std dev of these means over the 19-yr sample, the std dev of the 1000 random draws for 19 yr, and the percentage of the random draws whose std dev exceeds the std dev of the observed totals.

	TS-Category 5	Category 1-5	Category 4-5
No.	87.1	49.4	16.0
Std dev—observations	8.3	6.7	5.4
Std dev—draw	8.6	6.1	4.3
% of draws over std dev of observations	55.3	26.6	6.0

### Dias con ciclones tropicales



### Numero promedio global

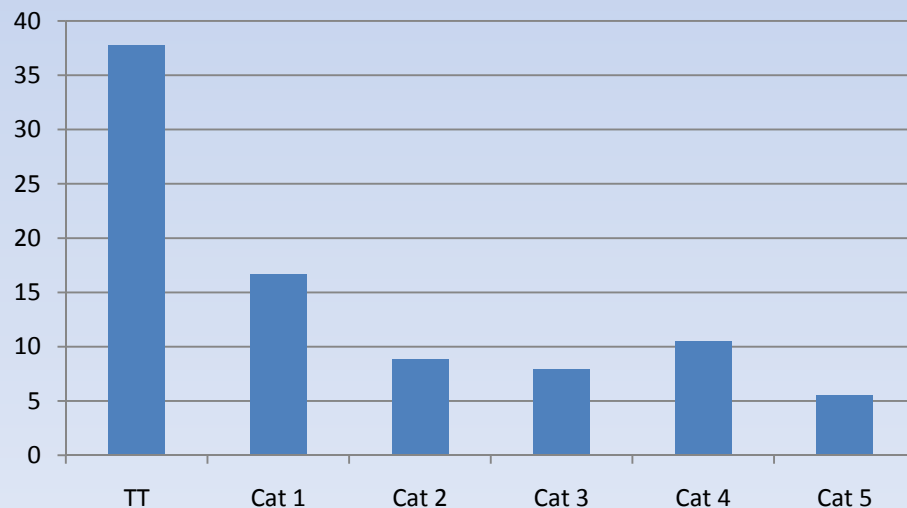


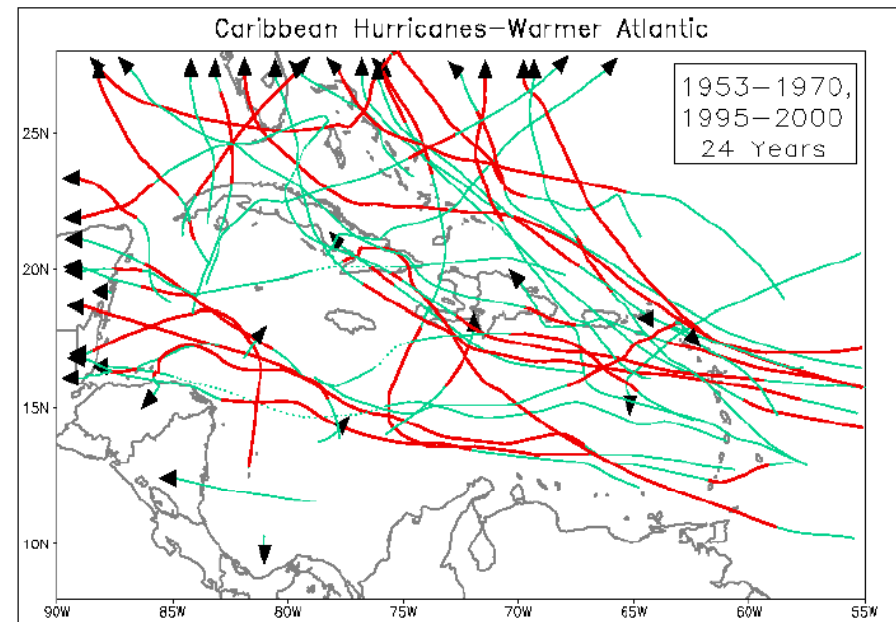
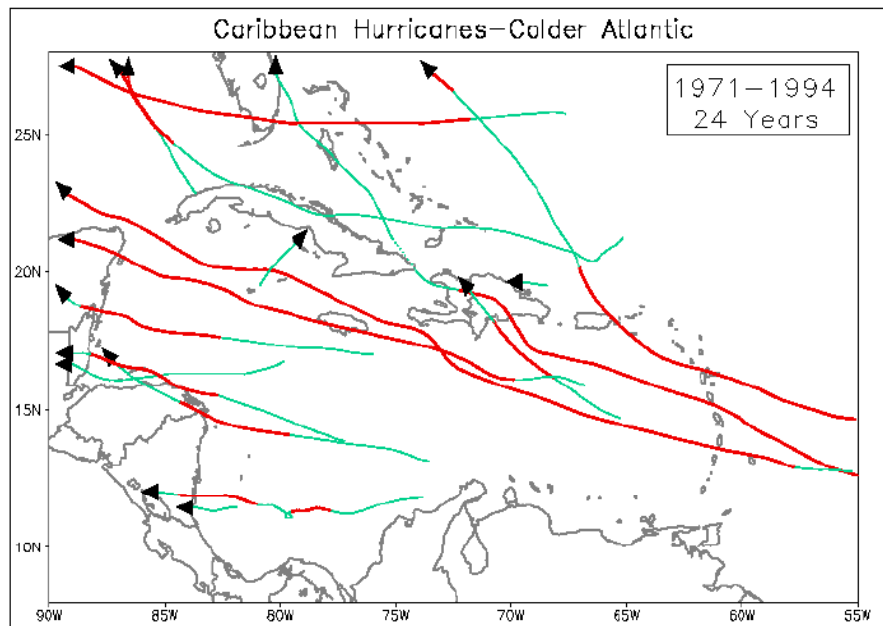
TABLE 3. As in Table 2, but for storm days.

	TS-Category 5	Category 1-5	Category 4-5
No.	441.7	182.8	41.8
Std dev—observations	76.6	35.3	14.5
Std dev—draw	65.4	33.6	10.7
% of draws over std dev of observations	15.3	36.2	3.0

(Frank and Young, 2007)

# Huracanes en el Atlántico :

## ¿Por que hay años TAN diferentes en el numero total?

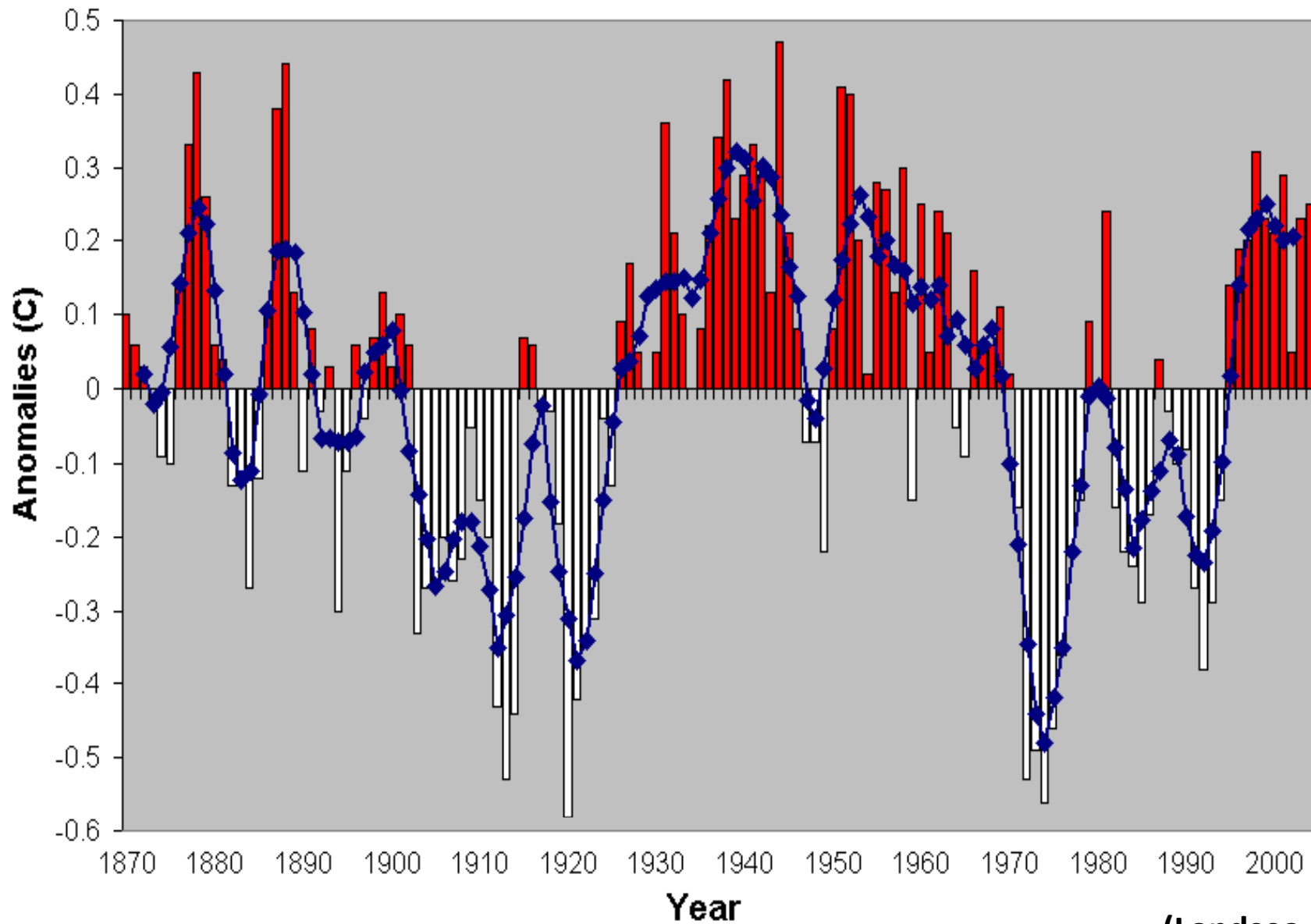


Respuesta:  
Debido a una Oscilación Multi-decadal en el Atlántico

(Landsea, 2005)

# Atlantic SST Multidecadal Mode

1870-2004

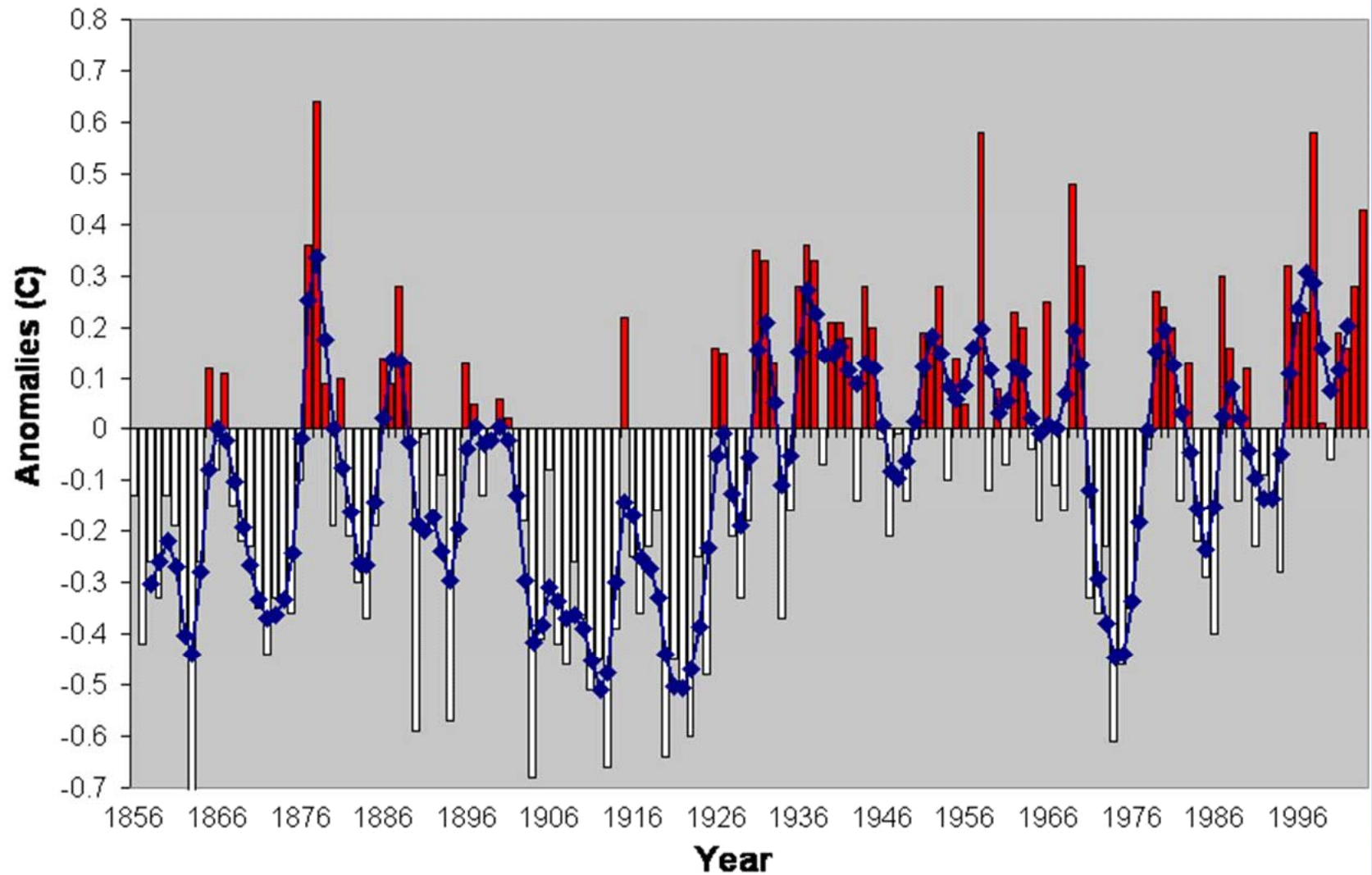


(Landsea, 2005)



# Tropical North Atlantic SSTs

Annual 1856-2004



(Landsea, 2005)

# Modulación de frecuencia de ciclones en el Atlántico: “*Modo Meridional del Atlántico (AMM)*”

- El AMM es un modo dinámico de variabilidad intrínseca del sistema acoplado océano-atmósfera en los trópicos.
- Esta fuertemente relacionado con la actividad ciclónica en escala decadal pero también interanual
- La Oscilación multi-decadal del Atlántico (AMO) puede excitar a este modo AMM.
- Por lo cual la influencia de la AMO en la actividad ciclónica se manifiesta a través del AMM

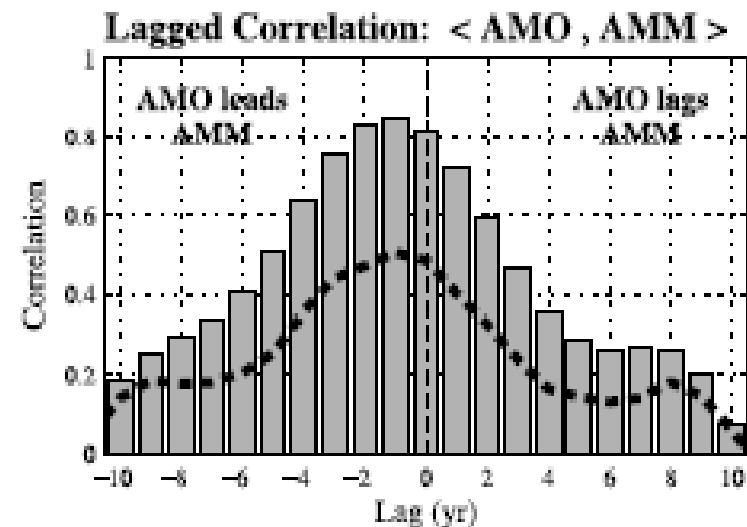


Figure 2. Cross correlation between the raw (dashed line) and lowpass-filtered (bars) AMO and AMM time series. The raw cross-correlation function has been smoothed with a 1-2-1 filter.

(Vimont& Kossin, 2007)

# Modulación de frecuencia de ciclones en el Atlántico: “*Modo Meridional del Atlántico (AMM)*”

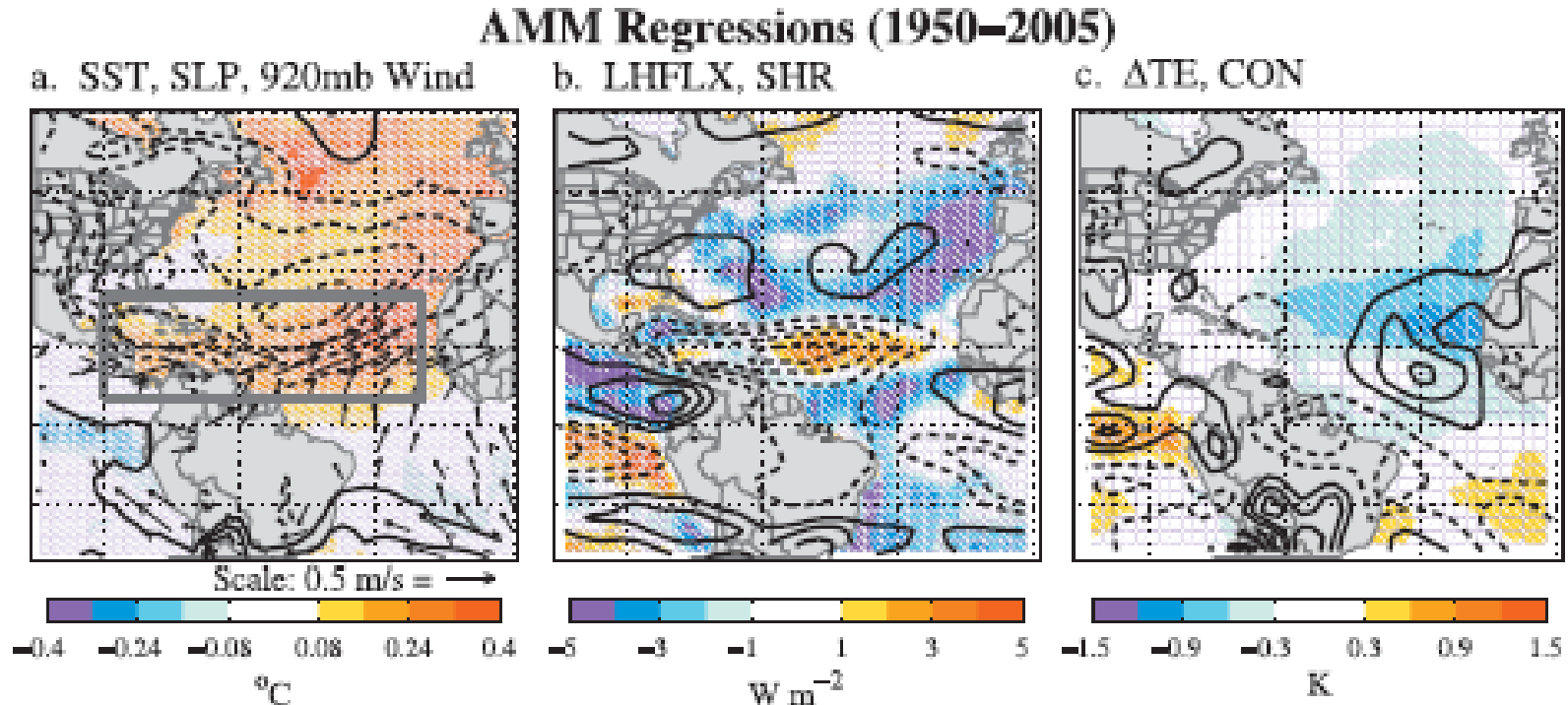


Figure 1. Regression maps of various data (Jul–Nov mean) onto the AMM index: (a) SST (shaded), SLP (contour 0.1 mb), and 925mb winds (vectors); (b) Latent Heat Flux (shaded), SHR (contour  $0.25 m s^{-1}$ ); (c)  $\Delta T_e$  (shaded), CON (contour  $4 \times 10^{-8} s^{-1}$ ). For all panels, solid contours denote positive values, dashed contours denote negative values, and the zero contour has been omitted. Regression slope coefficients are obtained with the standardized AMM time series, so values indicate variations in each respective field per standard deviation of the AMM time series.

(Vimont & Kossin, 2007)

## **Modulación de frecuencia de ciclones en el Atlántico:**

El modo meridional del Atlántico (AMM) es el modo *principal de variabilidad* del sistema acoplado océano-atmosfera. Este modo también es conocido como Dipolo del Atlántico o modo inter-hemisférico.

La relación entre SST y actividad ciclónica puede ser considerada como una parte de la relación entre dicha actividad y el AMM.

En el Pacífico, el modo principal es ENSO, que está muy correlacionado con la frecuencia, duración e intensidad de ciclones tropicales en el Pacífico Occidental (WPAC)

# Modulación de intensidad de ciclones en el Atlántico:

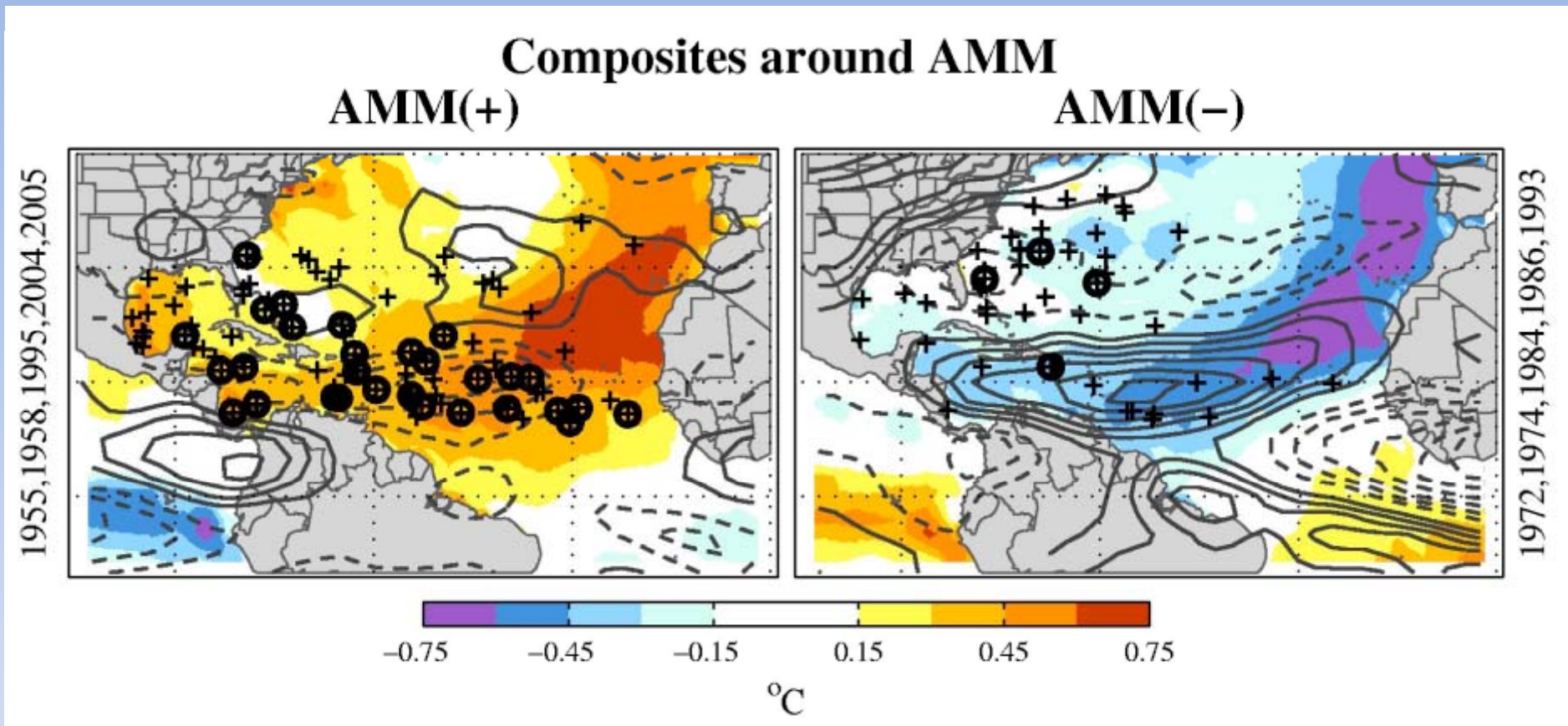


Figure 1: Tropical cyclogenesis points for the five strongest and five weakest AMM years in the period 1950–2005, superimposed on composites of SST (shaded) and shear (contours) anomalies. Crosses show the genesis points for all storms that reached tropical storm strength. Storms that reached “major hurricane” also have a circle around their genesis point. Solid (dashed) shear contours denote positive (negative) values. The contour interval is  $0.25 \text{ m s}^{-1}$  and the zero-contour has been omitted.

(Kossin, 2008)

## Modulación de intensidad de ciclones en el Atlántico:

Power dissipation index (PDI):

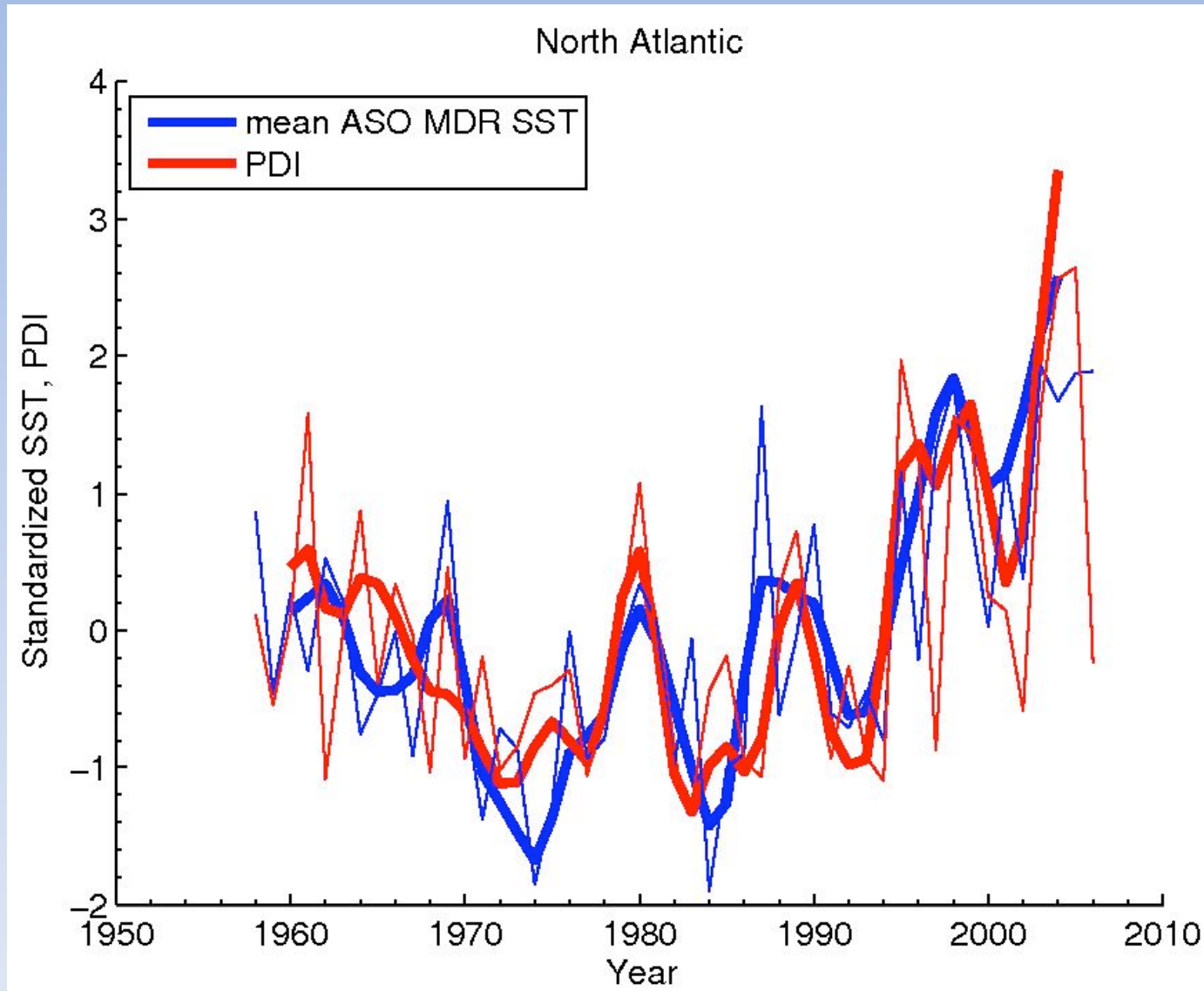
$$PDI = \int_0^{\tau} V_{\max}^3 dt$$

Es un índice definido por Emanuel (2005), que permite cuantificar la intensidad de un sistema, la velocidad máxima es medida a 10m

(Kossin, 2008)

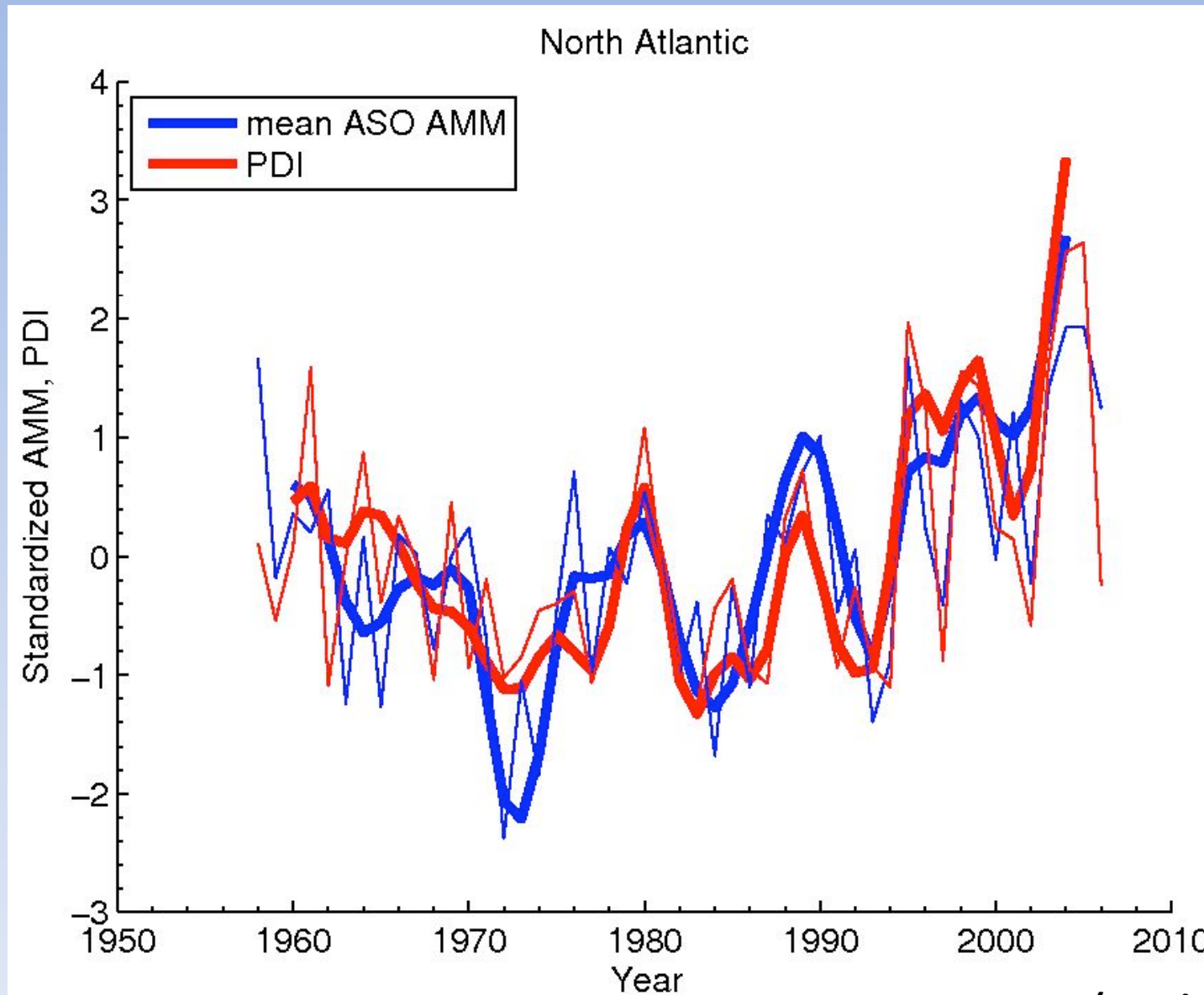


## Correlación entre SST en la zona de desarrollo tropical del Atlántico (hasta 32N) y el índice PDI



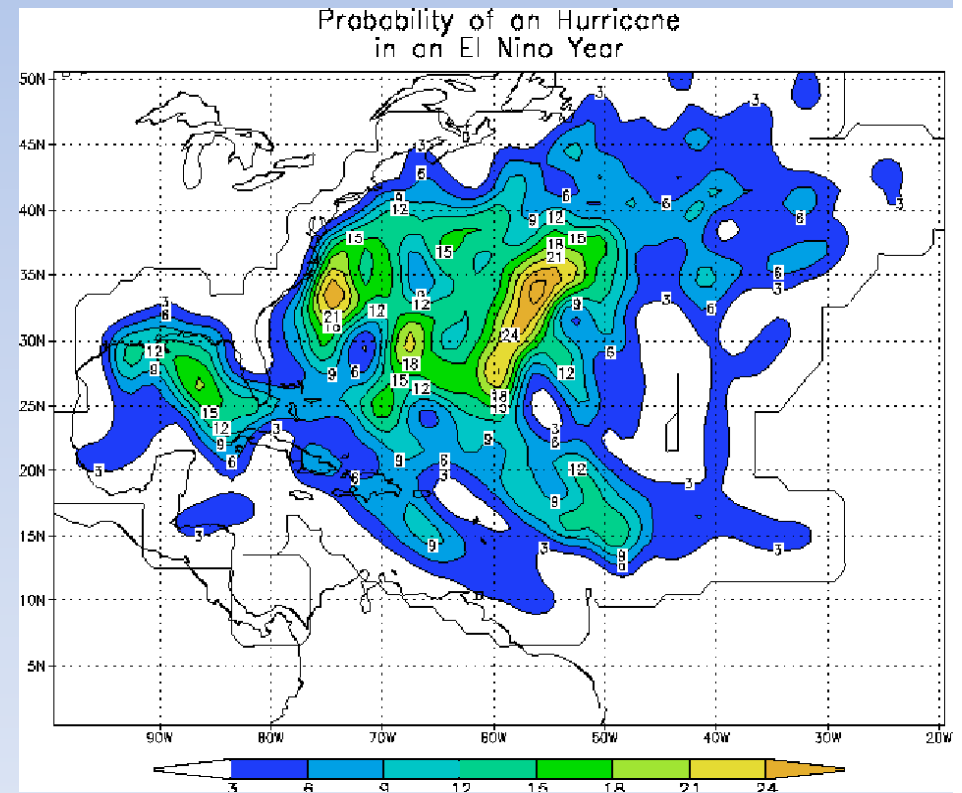
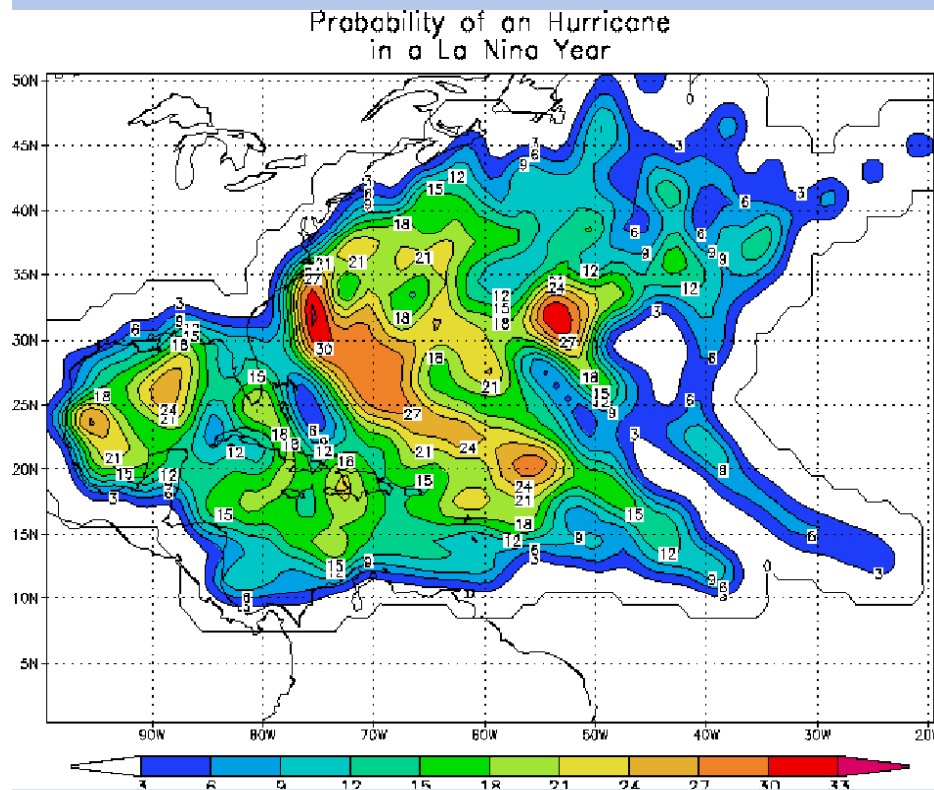
(Kossin, 2008)

# Correlación entre modo meridional del Atlántico y el índice PDI



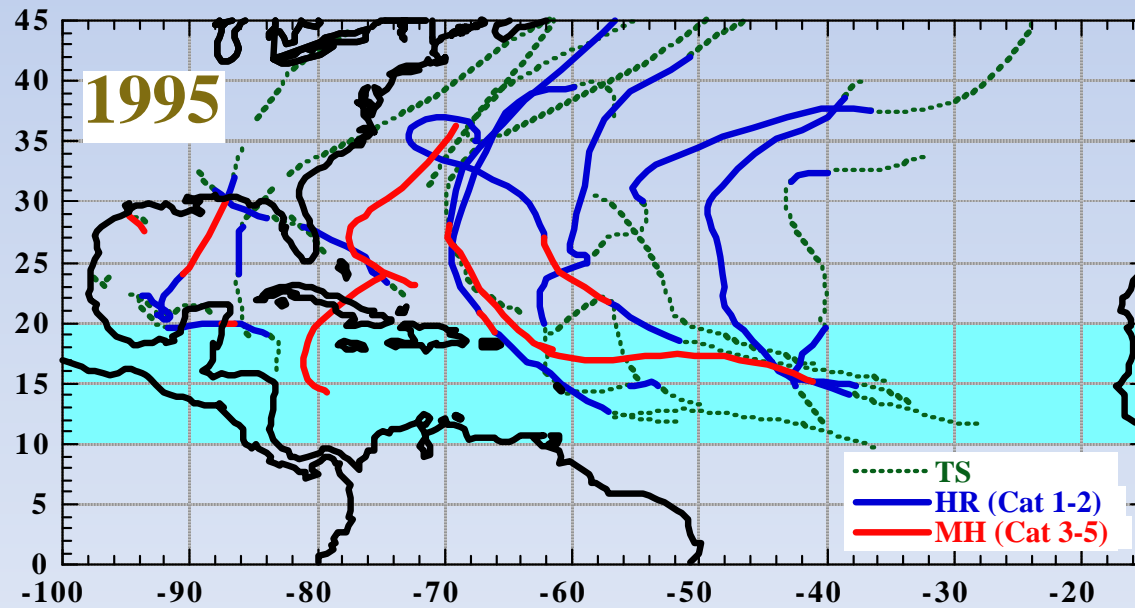
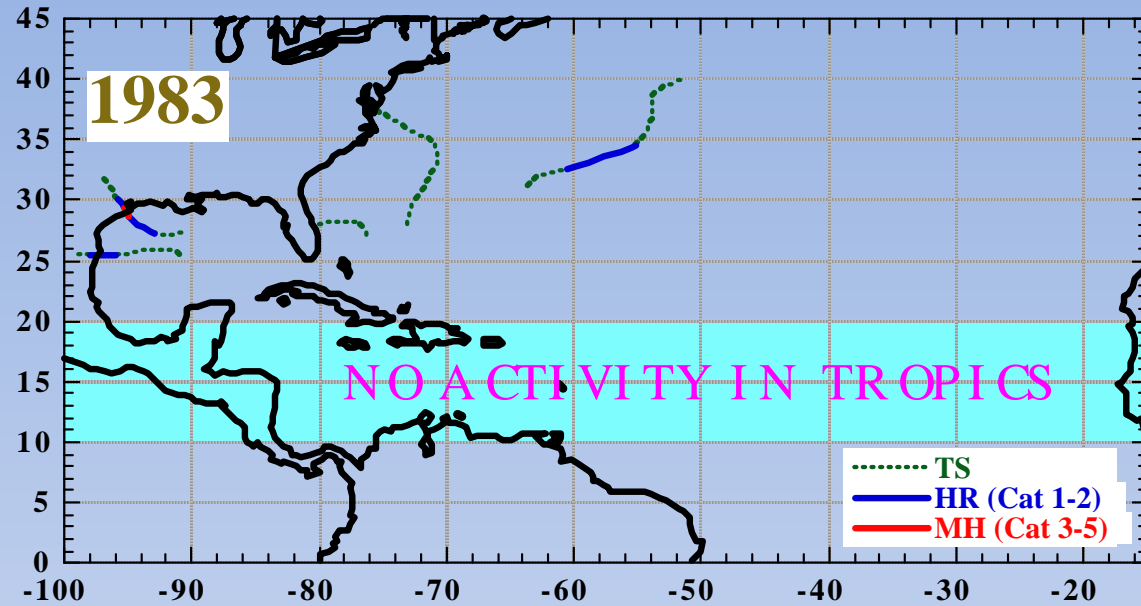
(Kossin, 2008)

# La Niña versus El Niño: Probabilidad de formación de huracanes en el Atlántico

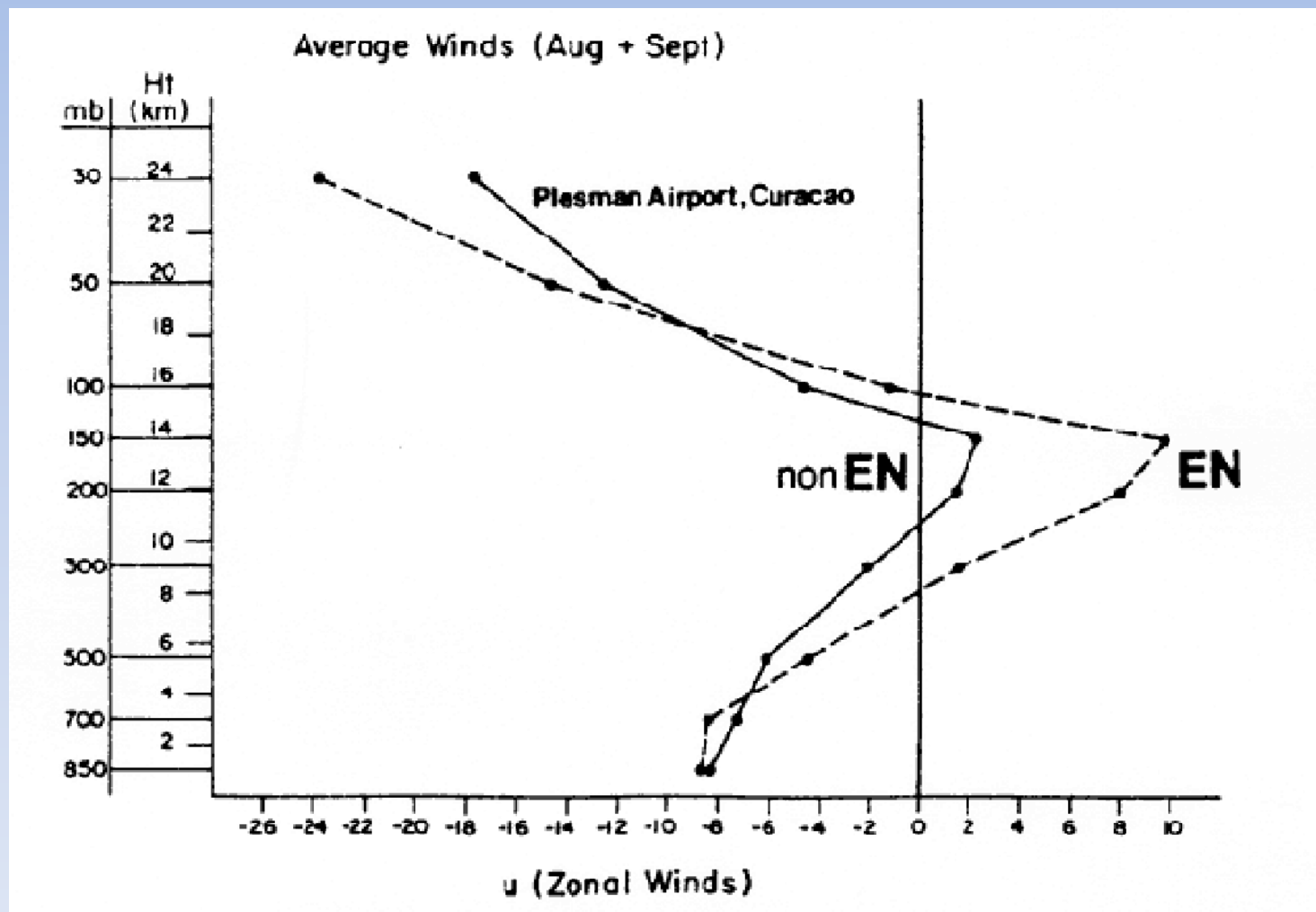


(Landsea, 2005)

## Influencia de El Niño en el Atlántico



# Cizalla del viento: Niño versus no - Niño



(Landsea, 2005)

## Resumen de variabilidad en el Atlántico:

Tanto en el Atlántico como en el Pacífico existen modos zonales y meridionales, que reflejan la variabilidad del sistema acoplado océano-atmósfera.

Sin embargo, las diferencias en el estado base de la cuenca y la geometría en el Atlántico, hace que el modo zonal (“Niño del Atlántico”) tenga una magnitud mucho más reducida que en el Pacífico.

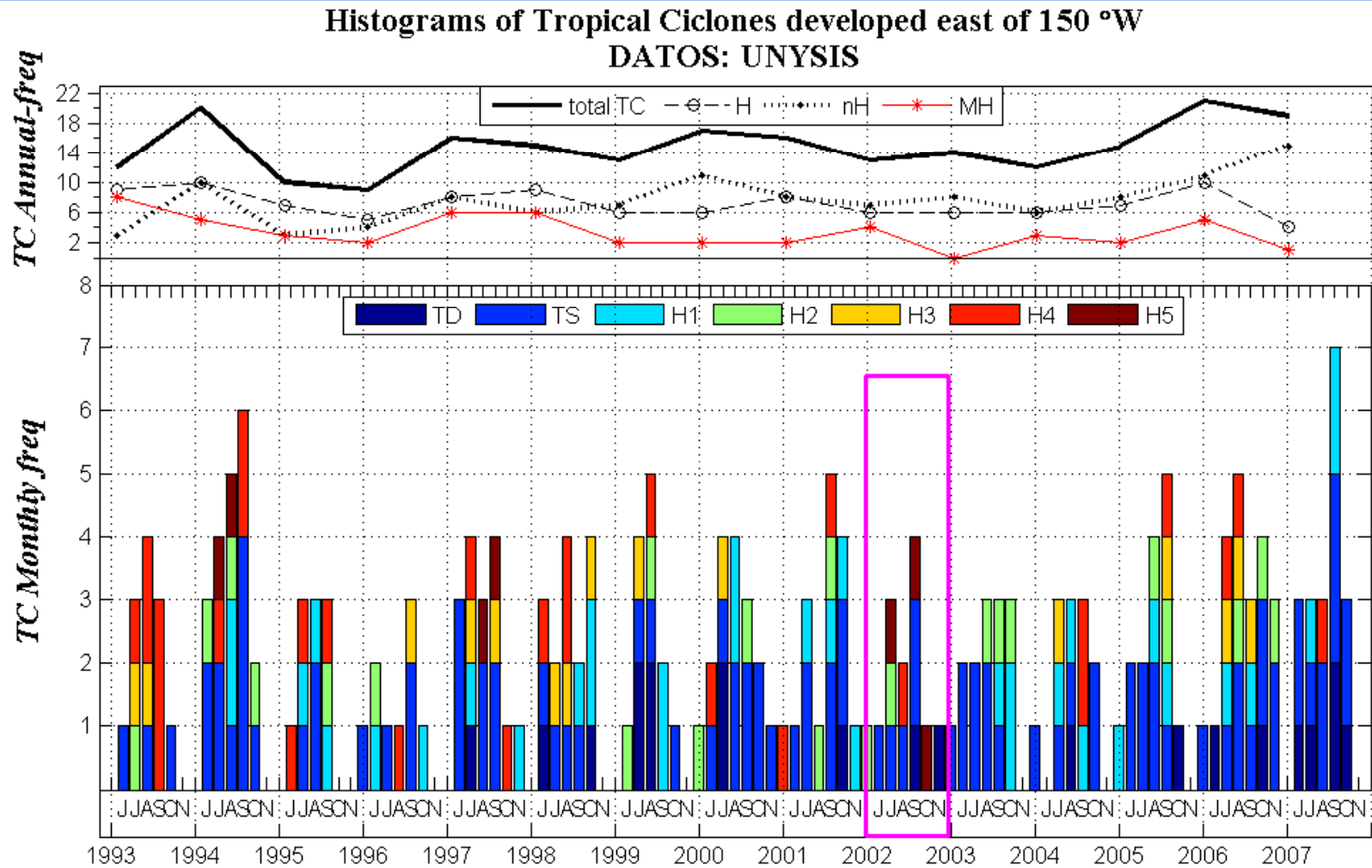
Esto permite que el modo meridional del Atlántico (AMM) tenga mayor importancia y sea el principal modulador de la actividad ciclónica en el Atlántico. En segundo lugar, se encuentra la influencia de ENSO en dicha actividad.



# Variabilidad de Ciclones Tropicales en el Pacífico Oriental

- *Climatología*
- *Influencia del estado del océano*
- *Influencia de modos de gran escala (ENSO, PDO)*
- *Fracción que penetra a tierra*

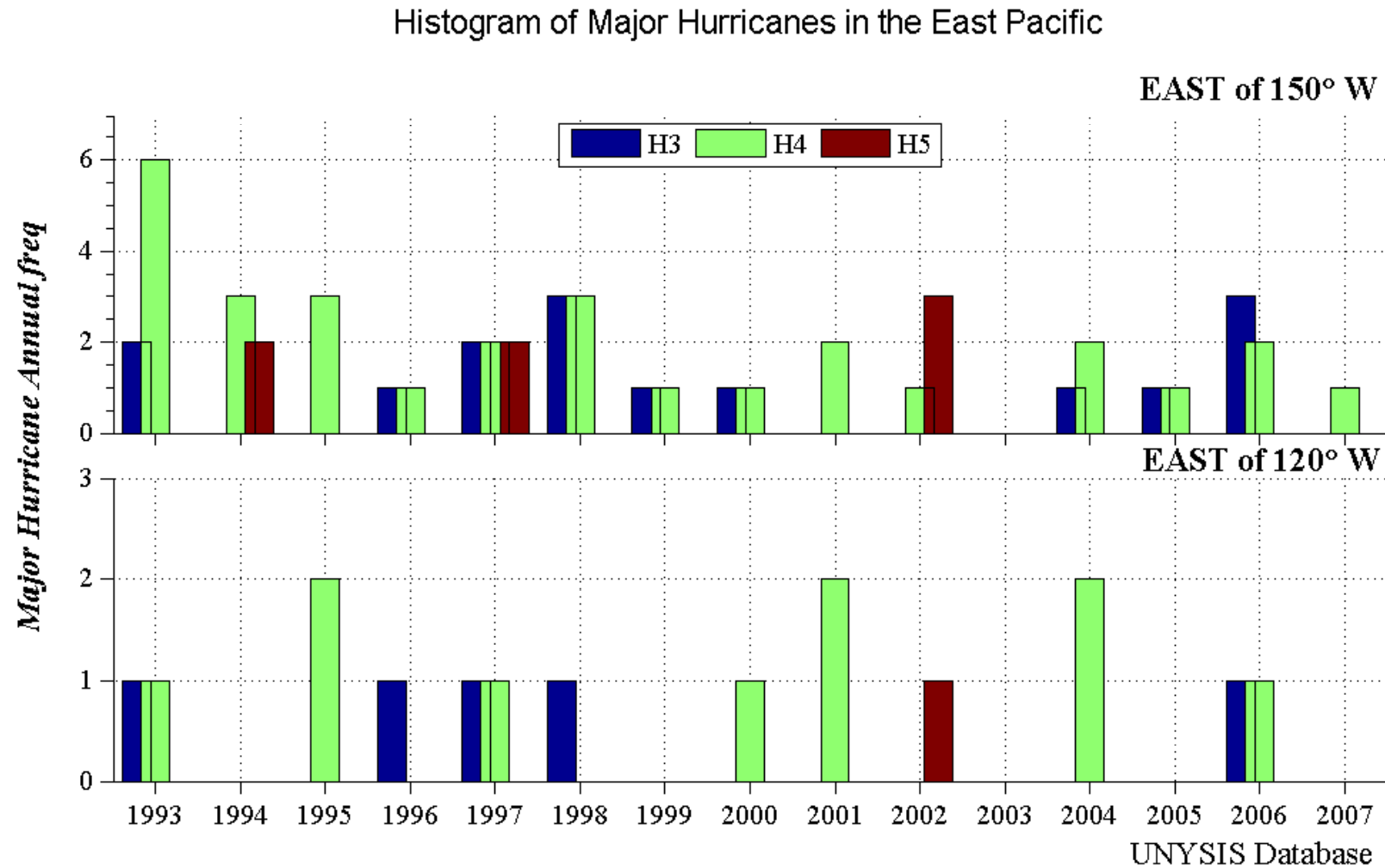
# Frecuencia de ocurrencia



Promedio 1986-2006: 16 por año

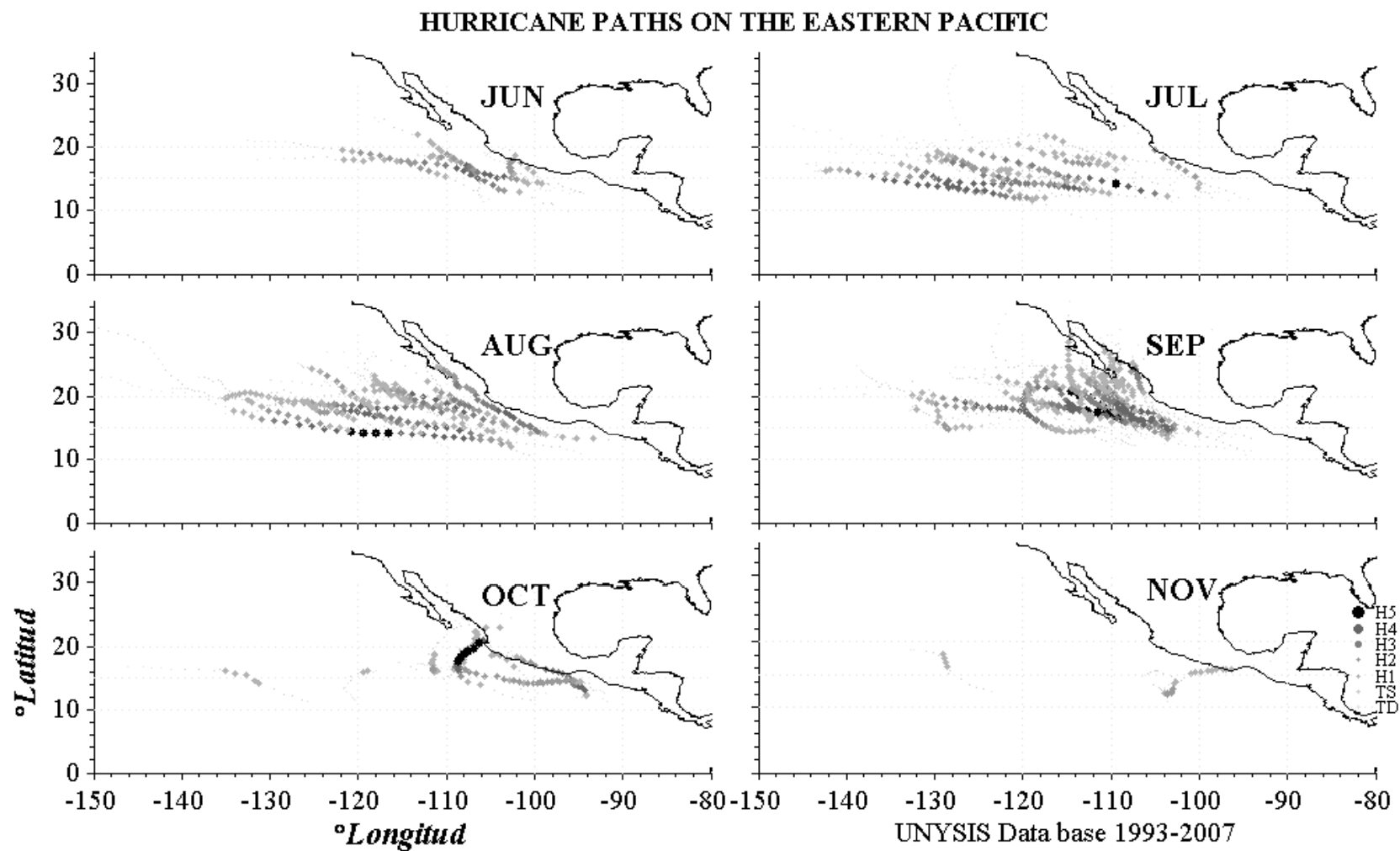
(cortesía O. Sanchez)

# *Distribución de intensidad*



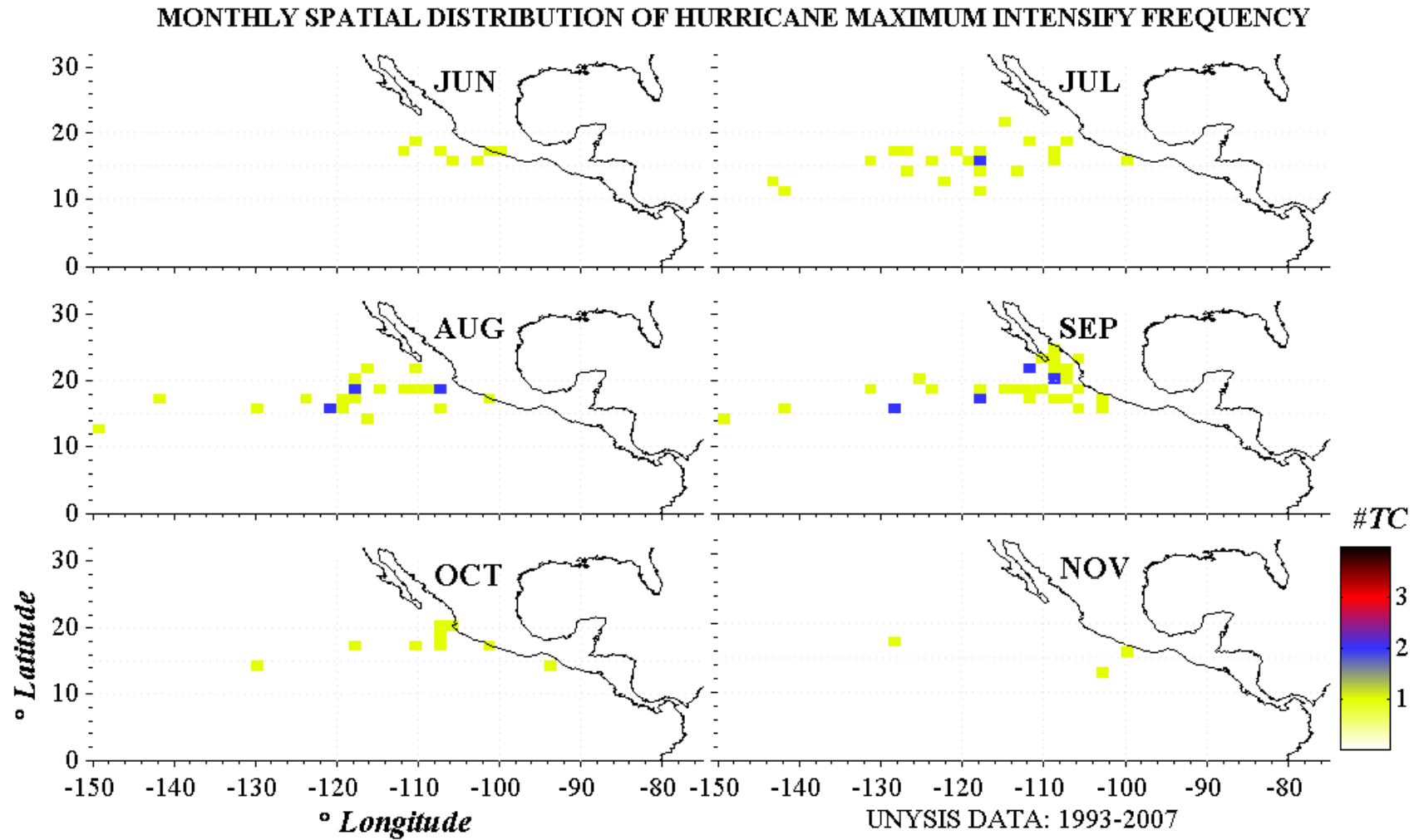
(cortesia O. Sanchez)

## *Distribución de trayectorias: variabilidad intra-estacional*



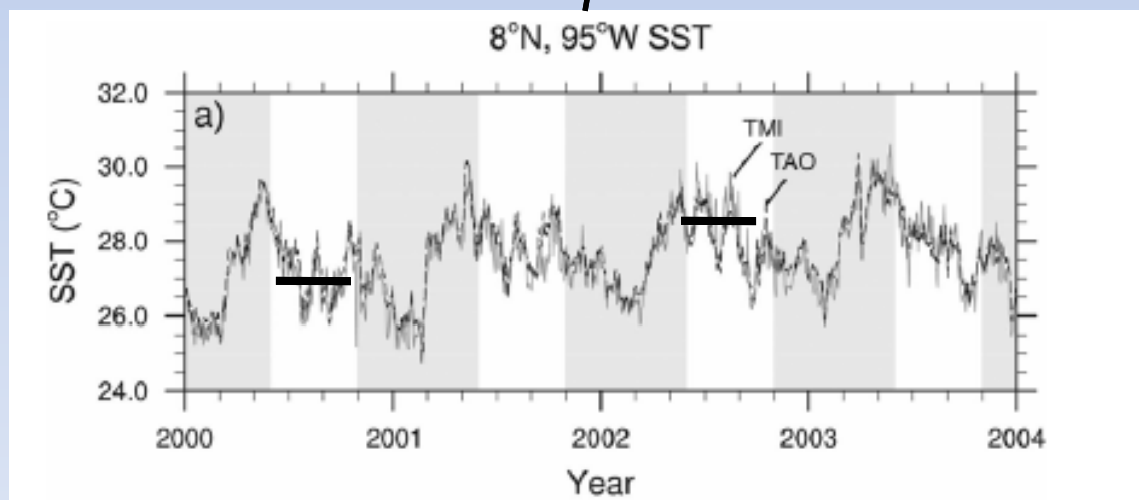
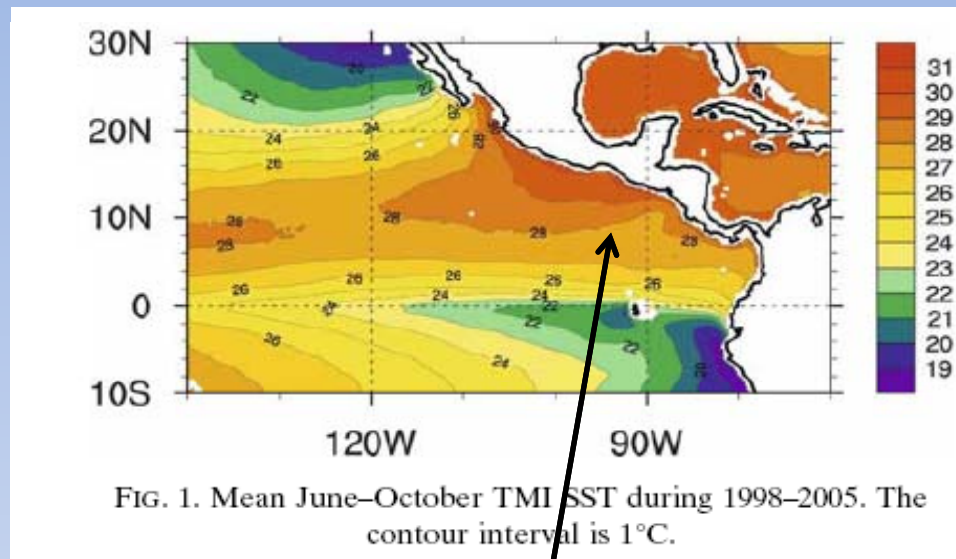
(cortesia O. Sanchez)

# *Distribución espacial de máxima intensidad*



(cortesia O. Sanchez)

# Variabilidad de la temperatura del océano



TMI (TRMM) vs TAO SST  
(Junio-October en blanco)

Variabilidad a varias  
escales temporales:  
anual, estacional,  
mensual...

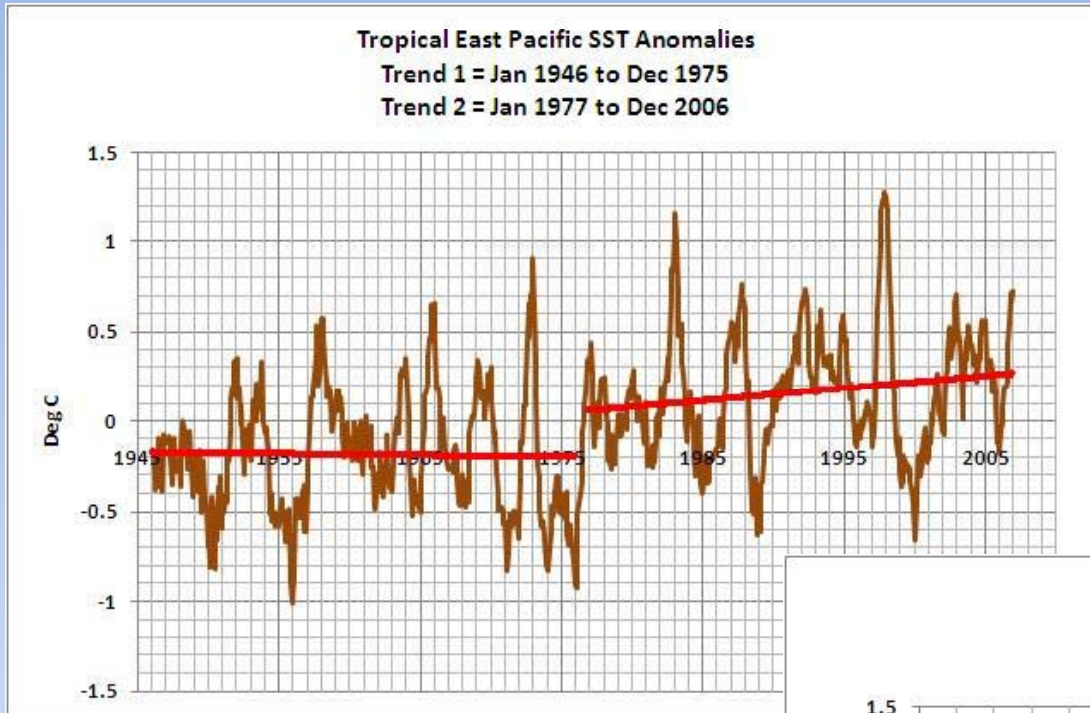
Algunos años, la SST en  
los meses de  
ciclogénesis es mas  
elevada que el promedio  
y en otros es menos....

Variabilidad de SST  
asociada a ENSO

(Maloney et al, 2008)



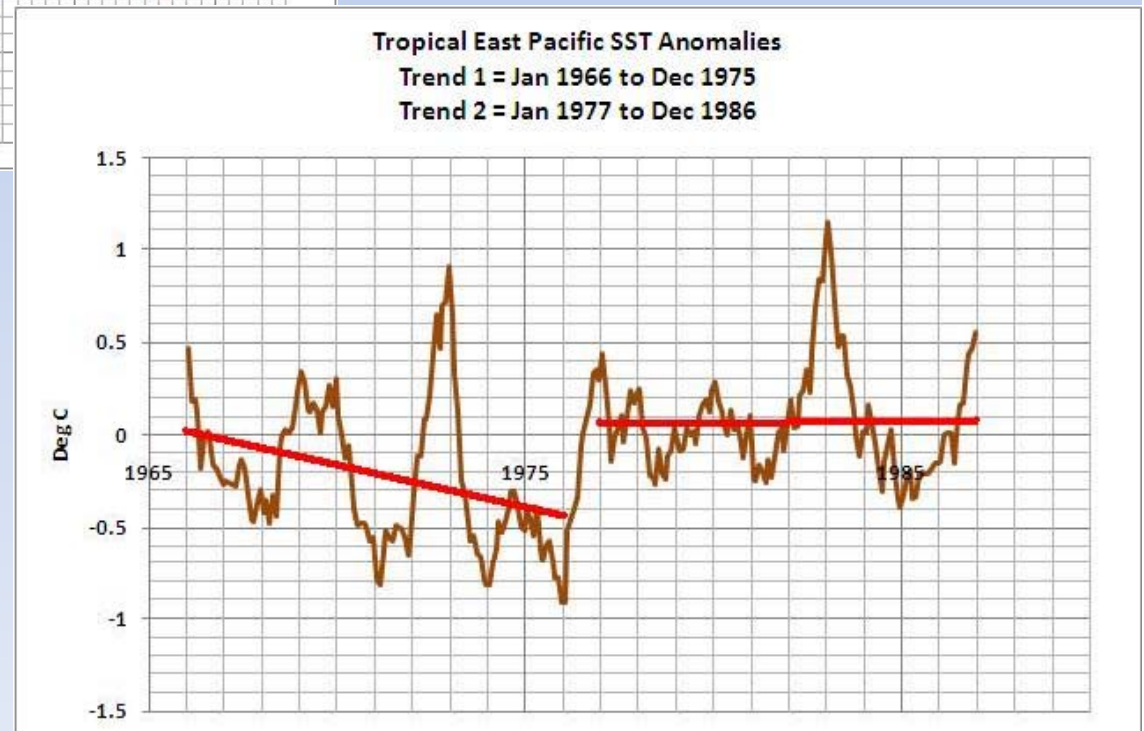
# Variabilidad de las anomalías de temperatura del océano



La serie de 1946 a 2006, parece indicar que las anomalías de SST estuvieron aumentando en el EPAC

Sin embargo si miramos en detalle, vemos la señal del “climate shift” en 1976 en el EPAC (Trenberth, 1996)

(Tisdale,2008)



Análisis Bayesiano de actividad ciclónica, indica un “change-point” en 1982:

→ cambio de régimen

Periodo:  
1966- 2002

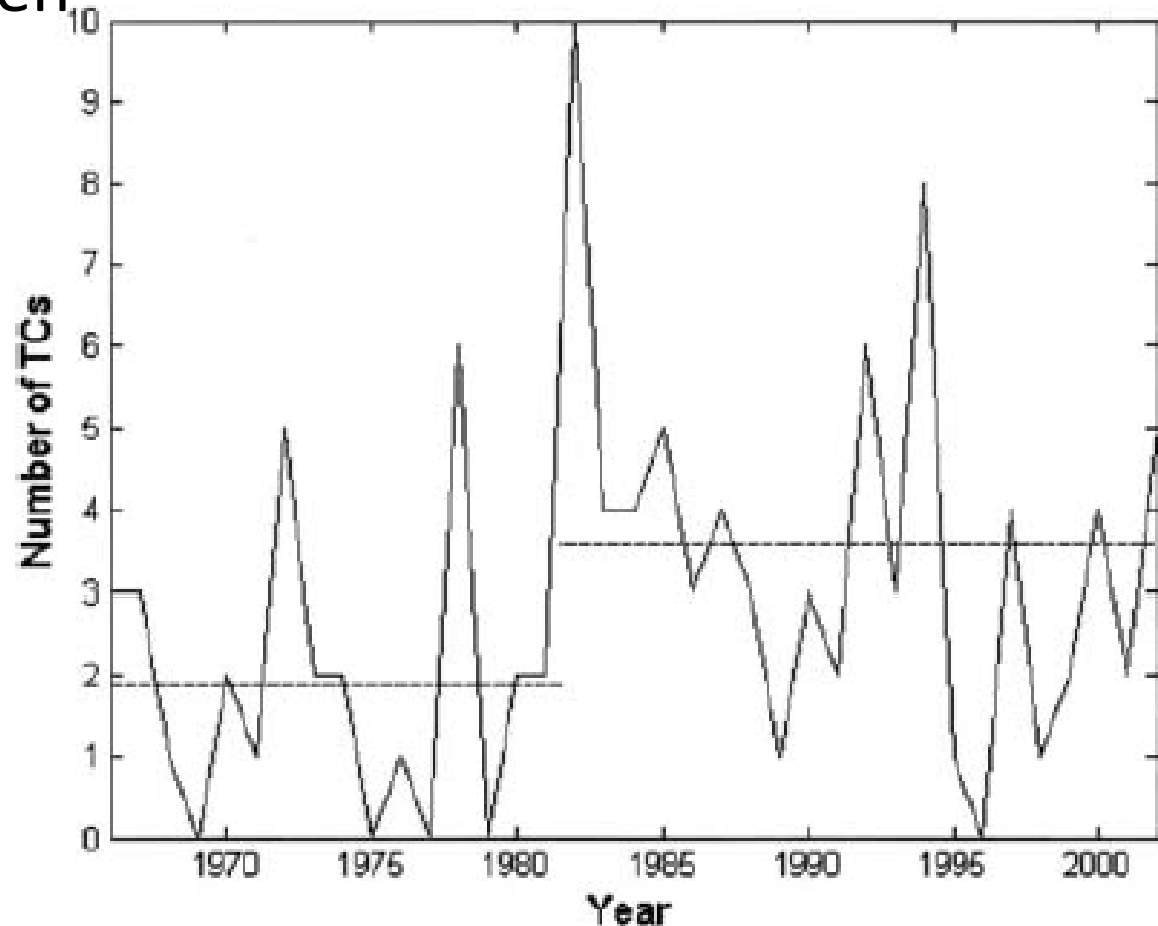
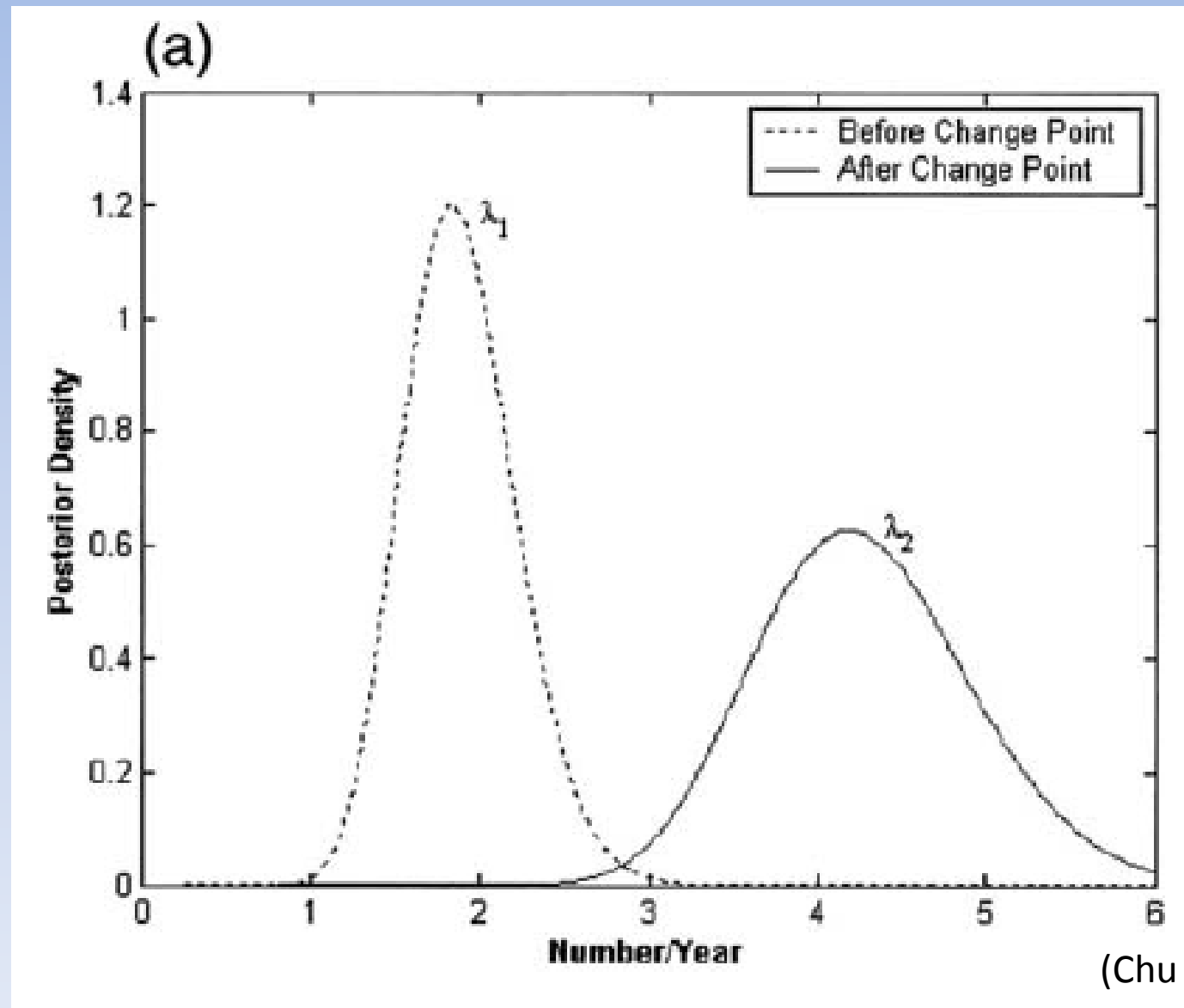


FIG. 1. Time series of annual tropical cyclone counts over the central North Pacific from 1966 to 2002. Broken lines denote the means for the period 1966–81 and 1982–2002, respectively.

(Chu & Zhao, 2004)

Análisis Bayesiano indica diferentes probabilidades de ocurrencia para antes y después de 1982



# Variabilidad en el Pacífico Oriental : Influencia de PDO y SOI

Regionalización del NO  
de México, para evaluar  
importancia de  
precipitación ciclónica

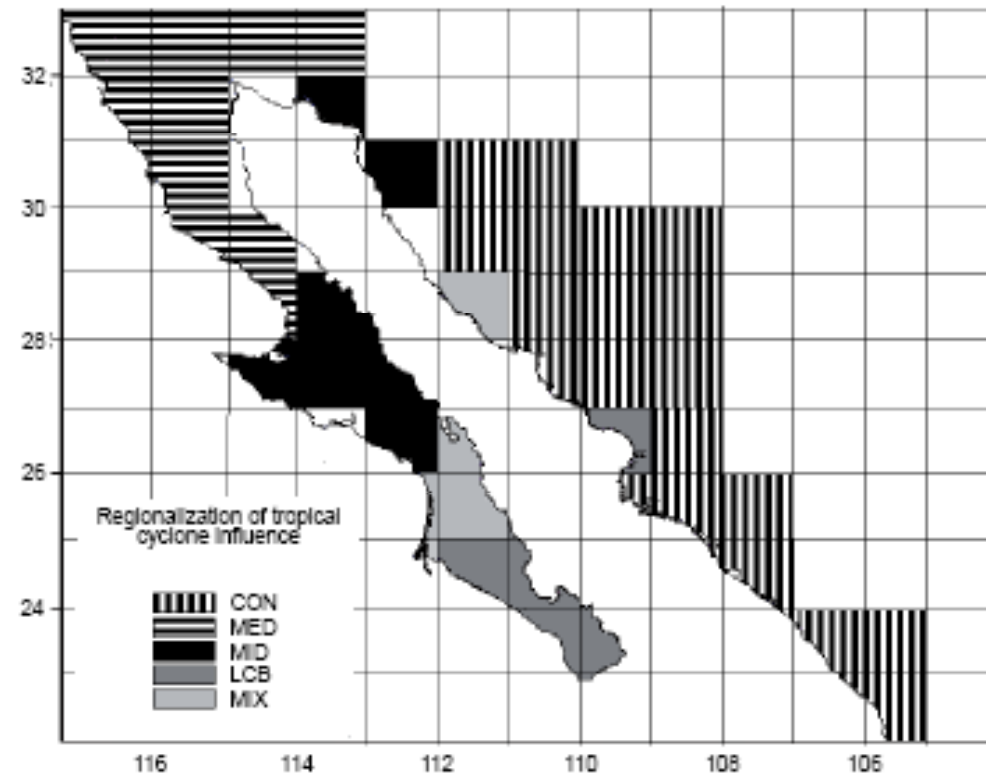
MED: mediterráneo

CON: continental

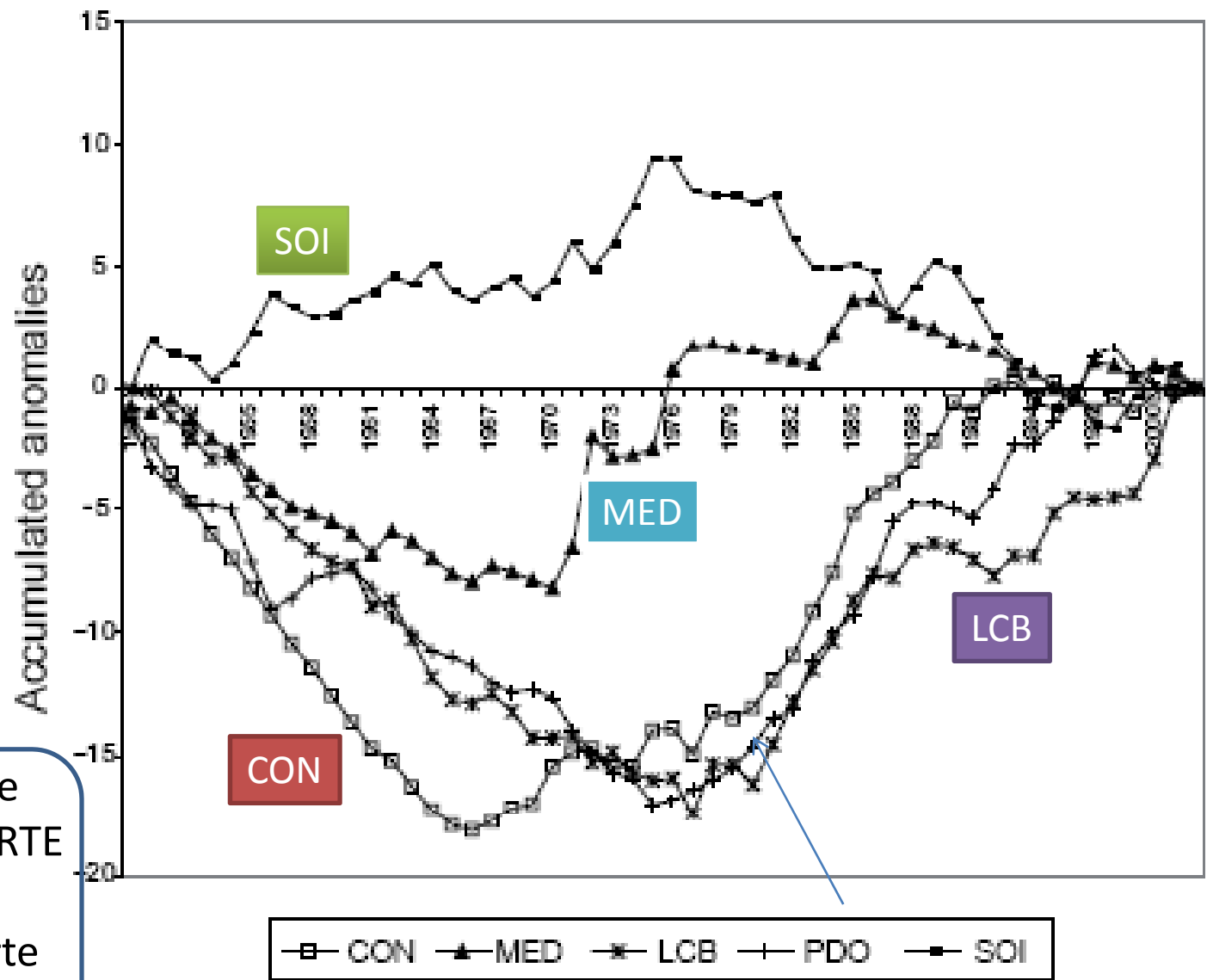
MID: península central

LCB: península sur, Los Cabos

MIX



(Diaz et al, 2008)



SOI: importante en la parte NORTE

PDO: en la parte SUR

(Diaz et al, 2008)

# Variabilidad en el Pacifico Oriental : Influencia de ENSO en el numero de ciclones

Table I. Statistics of cyclone activity from 1966 to 2004 in the NE Pacific. The numbers in parentheses represent the mean number of storms per year.

	Tropical storms	Hurricanes					Total
		Cat. 1	Cat. 2	Cat. 3	Cat. 4	Cat. 5	
El Niño years	98 (6.53)	45 (3.0)	19 (1.3)	27 (1.8)	37 (2.5)	5 (0.33)	231 (15.4)
Non-El Niño years	182 (7.9)	88 (3.8)	40 (1.7)	33 (1.4)	41 (1.8)	4 (0.17)	388 (16.9)
Total	280 (7.4)	133 (3.5)	59 (1.5)	60 (1.6)	78 (2)	9 (0.23)	618 (16.3)

(Romero-Vadillo et al, 2007)



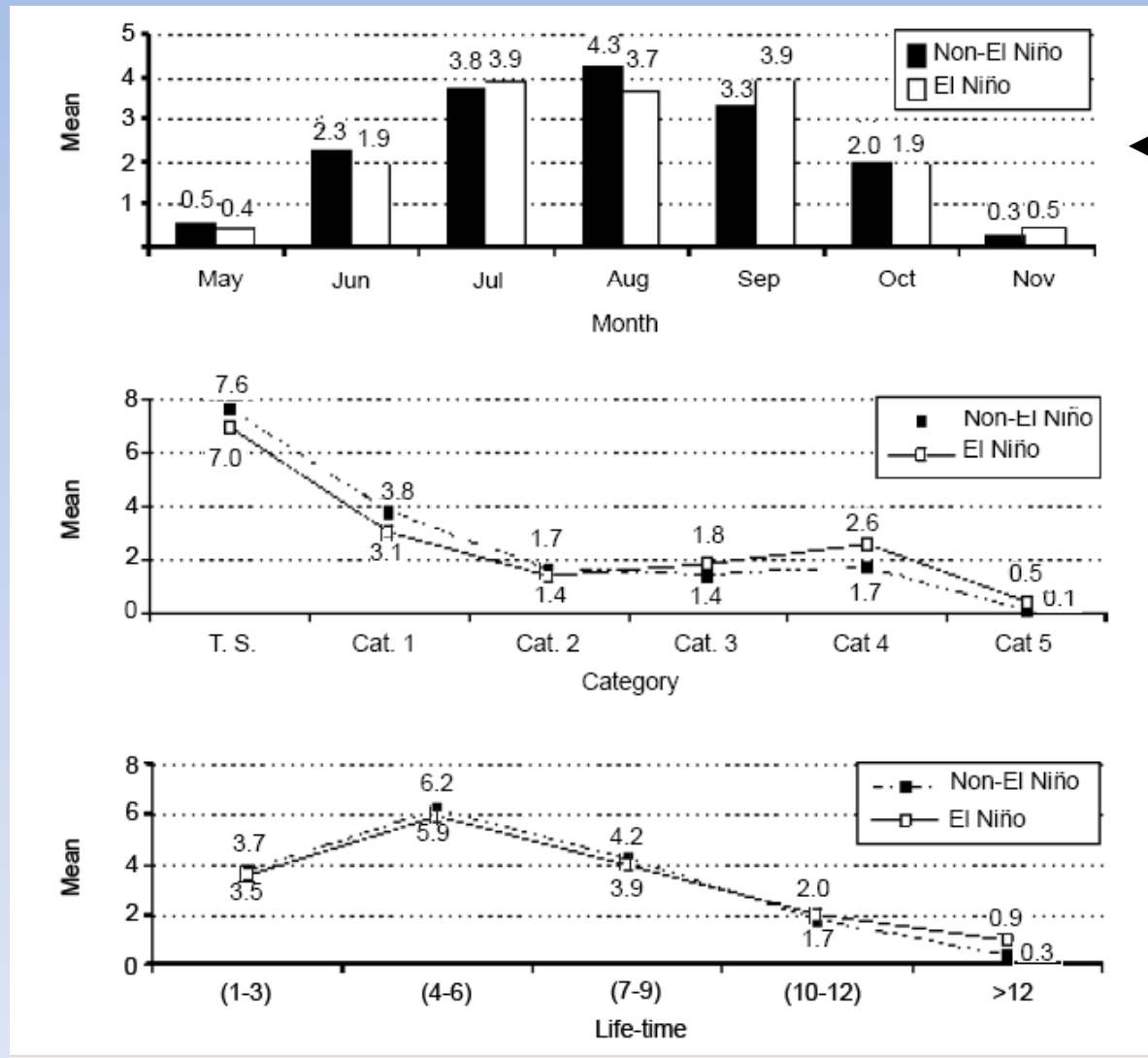
# Variabilidad en el Pacifico Oriental : Influencia de ENSO en duración de los ciclones

Table II. Statistics of cyclone duration during the period 1966 to 2004 in the NE Pacific. The numbers in parentheses represent the mean number of storms in each category.

	Days					Total
	1 to 3	4 to 6	7 to 9	10 to 12	Longer than 12	
El Niño years	53 (3.5)	92 (6.1)	59 (3.9)	31 (2.1)	14 (0.9)	248 (16.5)
Non-El Niño years	85 (3.7)	143 (6.1)	96 (3.9)	40 (2.1)	7 (0.9)	371 (16.13)
Total	138 (3.6)	234 (6.2)	155 (4.1)	71 (1.9)	21 (0.6)	619 (16.3)

(Romero-Vadillo et al, 2007)

# Variabilidad en el Pacifico Oriental



Ciclo anual

(Romero-Vadillo et al, 2007)

# PENETRACION A TIERRA EN MEXICO (1951-2000)

196

E. Jáuregui

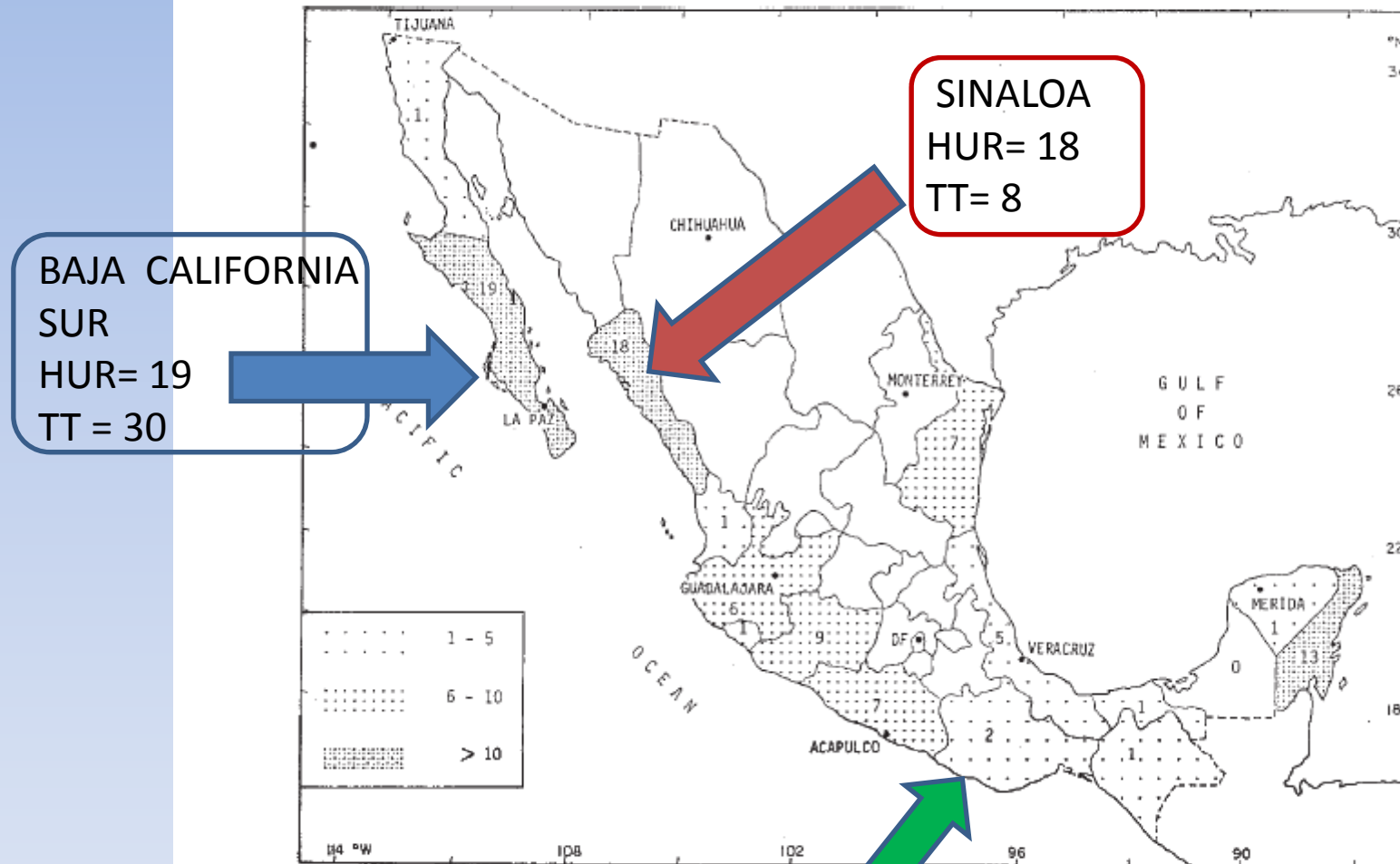


Fig. 1. Number of landfalling hurricanes (all categories) by states in México. 1951-2000 period.

OAXACA  
HUR = 2  
TT = 11

(Jauregui, 2003)

## PENETRACION A TIERRA EN MEXICO

Table 2. Number of hurricanes (all categories) that made landfall on the Gulf and Caribbean coasts of México, by decades, 1901-2000.

1901-10	4	1951-60	7
1911-20	5	1961-70	5
1921-30	2	1971-80	7
1931-40	12	1981-90	4
1941-50	8	1991-2000	4

Table 3. Percentage of hurricane hits on coasts of México as related to the total activity on both ocean regions. 1951-2000 period.

Region	Total	No. of landfalls	%
Atlantic	294	27	9
NE Pacific	368	65	18

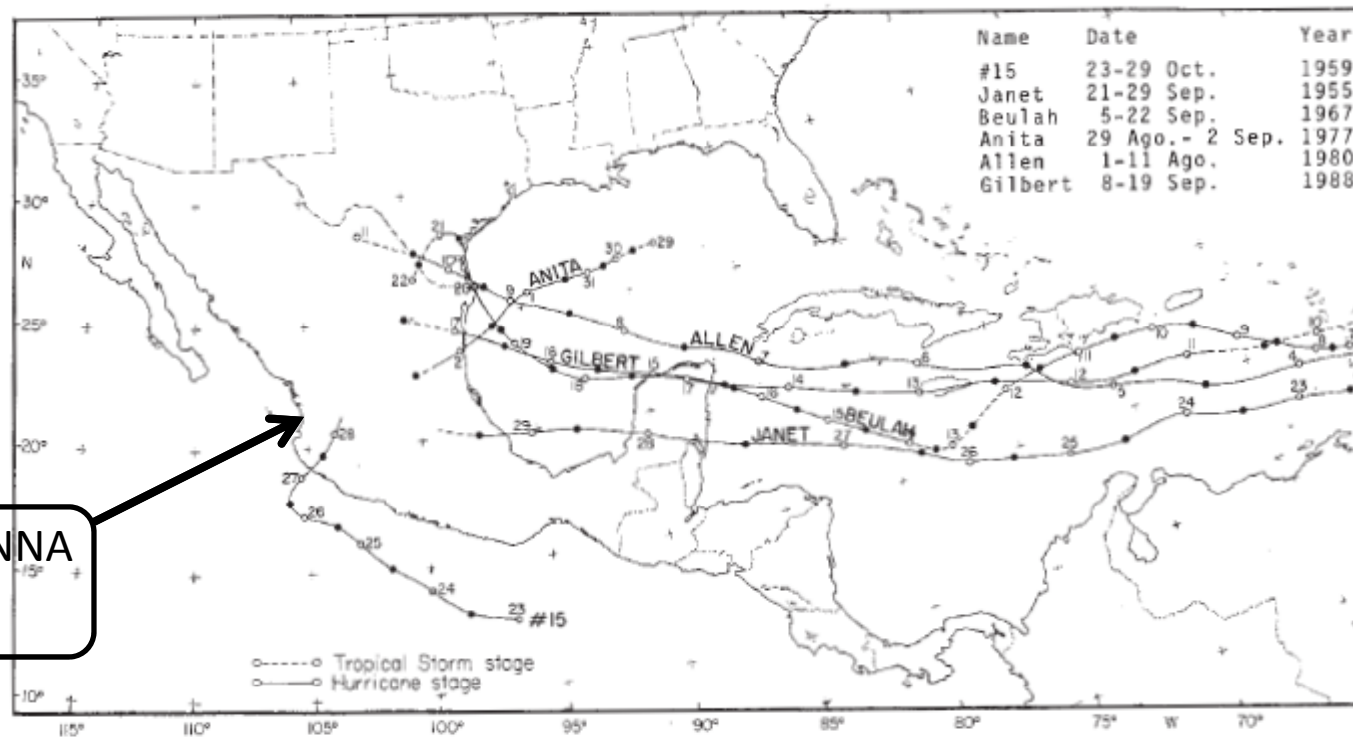
(Jauregui, 2003)

# PENETRACION A TIERRA EN MEXICO

Table 5. Number of hurricanes that made landfall on Mexican coasts. 1951-2000 period.

Category	1	2	3	4	5	Total
Pacific	38	12	6	8	1	65
Gulf of México and Caribbean	9	2	5	4	7	27

*MAS  
DEL  
DOBLE!!*

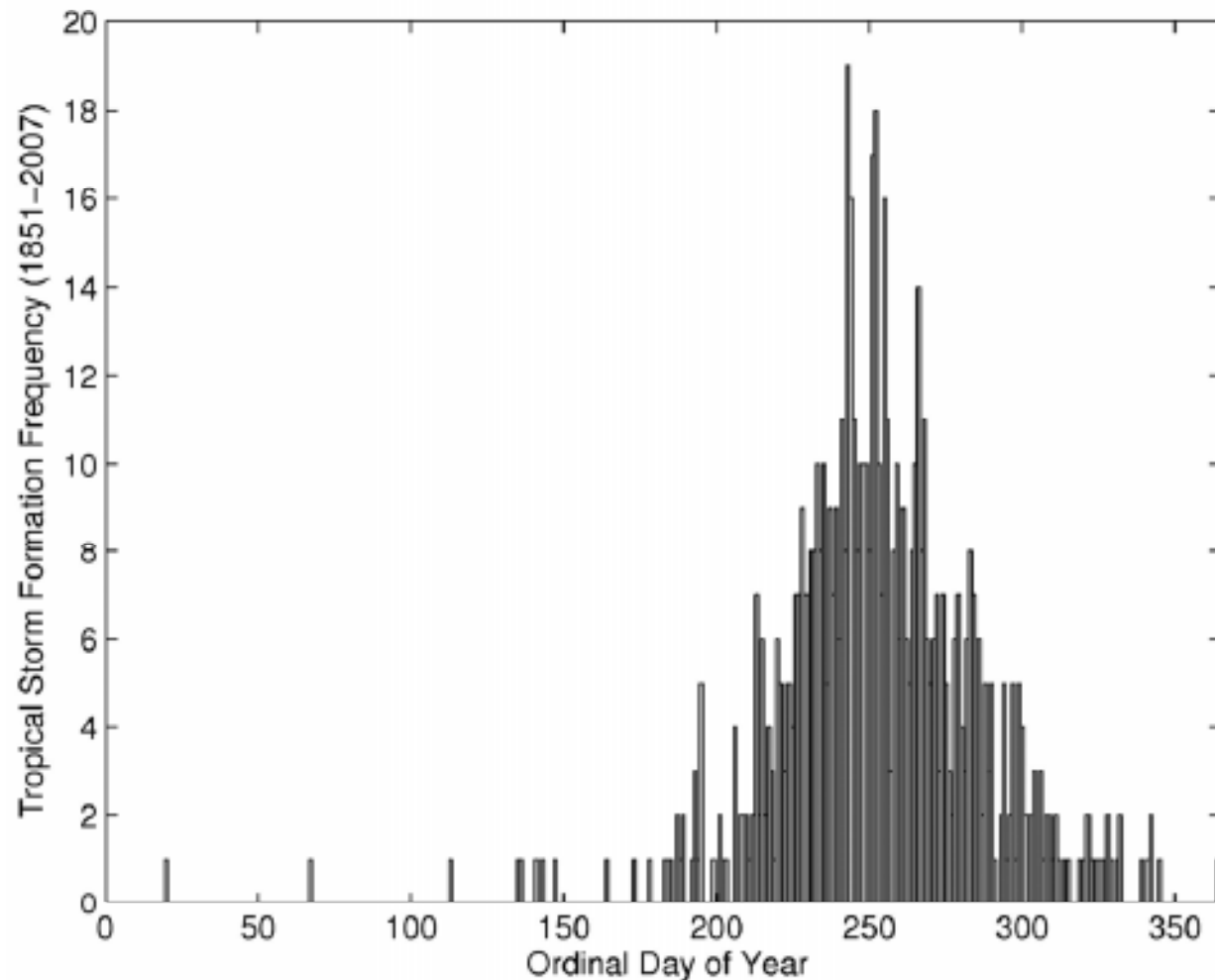


FALTA KENNA  
EN 2002

Fig. 2. Trajectories of intense hurricanes (category 5) making landfall on coasts of Mexico. 1951-2000 period.

(Jauregui, 2003)

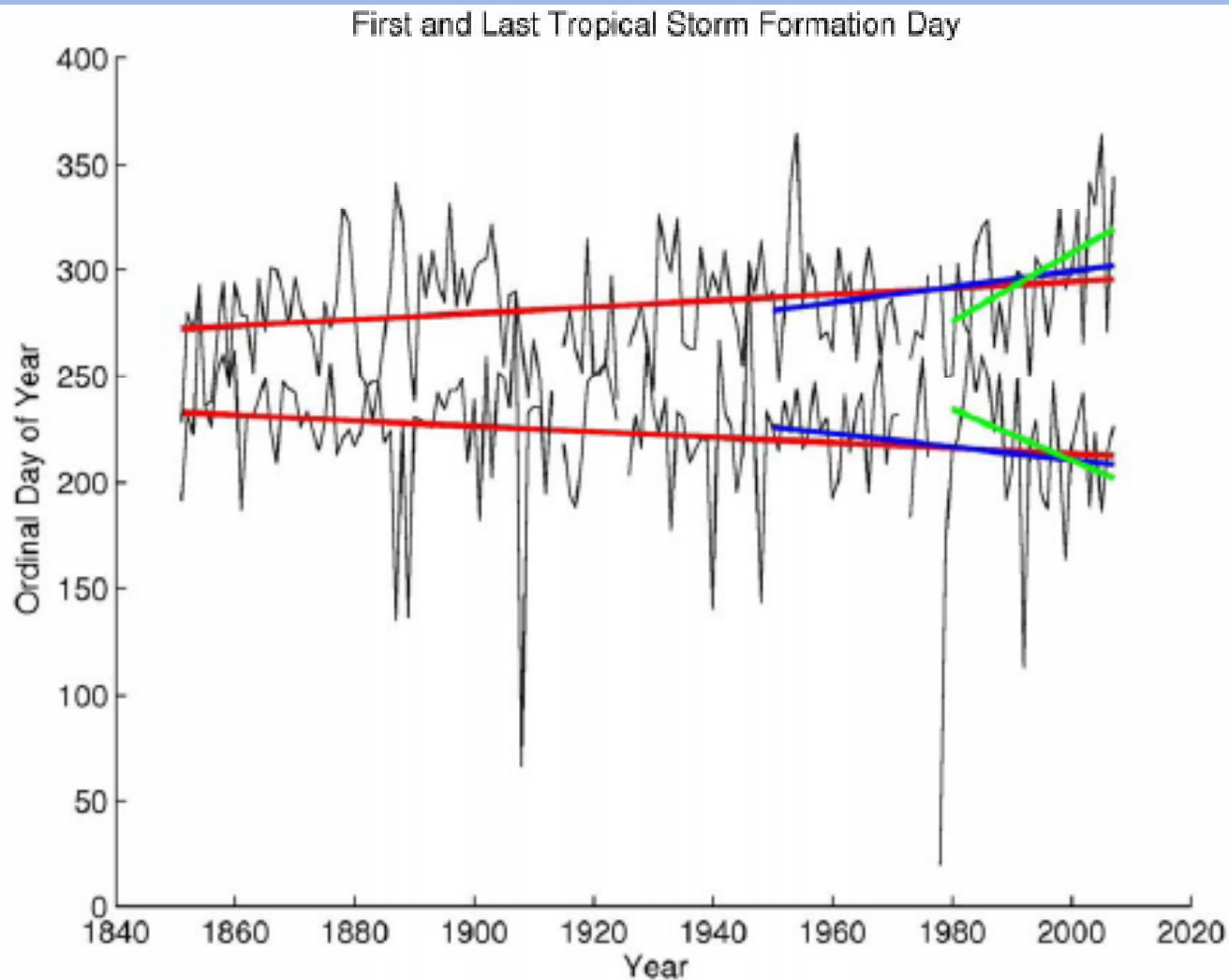
# Duración de la estación ciclónica en el Atlántico:



**Figure 1: Frequency distribution of North Atlantic tropical storm formation events in the main formation region south of 30° North latitude and east of 75° West longitude. A formation event is defined as the day when a tropical depression first achieves an intensity of 35 kt ( $17 \text{ m s}^{-1}$ ). Events are identified using the historical “best track” hurricane record.**

**(Kossin, 2008)**

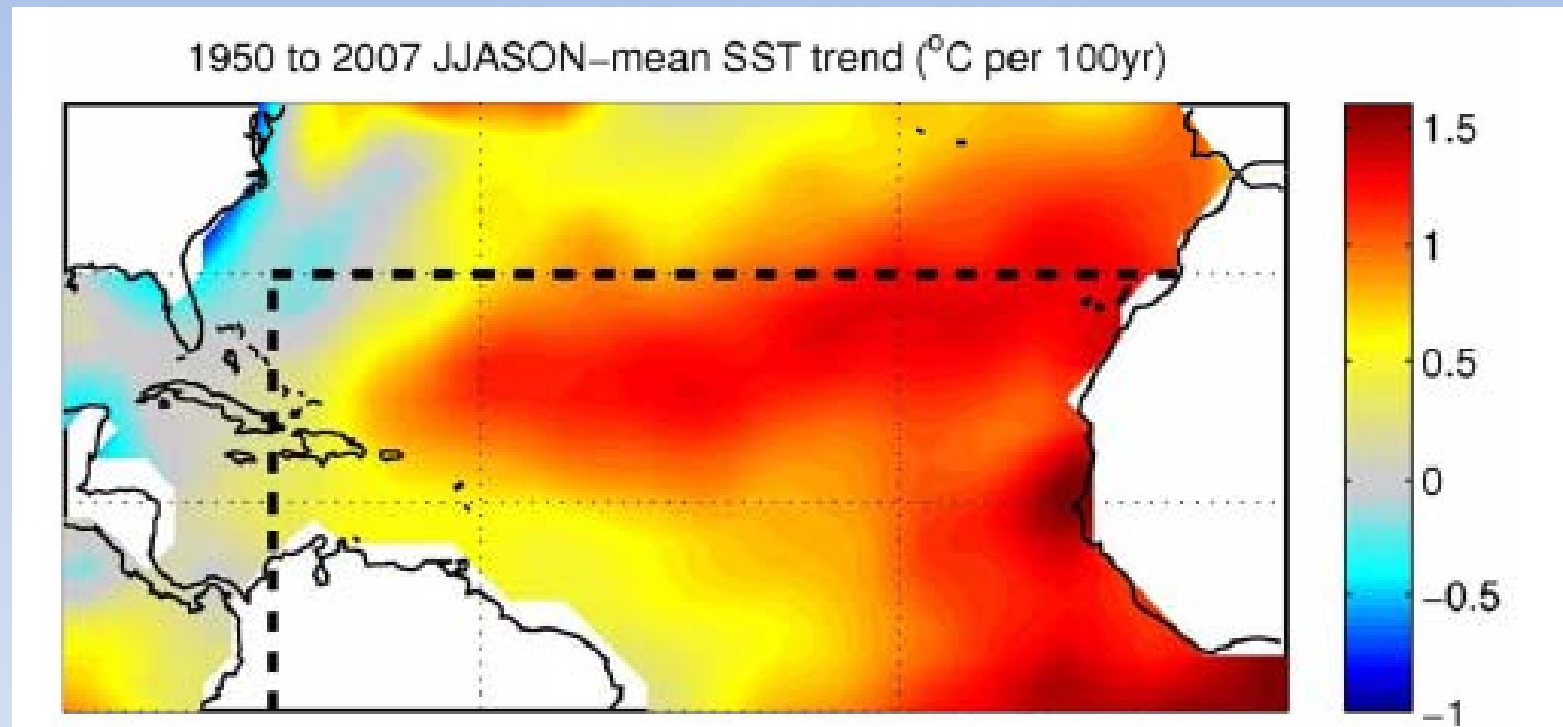
# Duración de la estación ciclónica:



(Kossin, 2008)



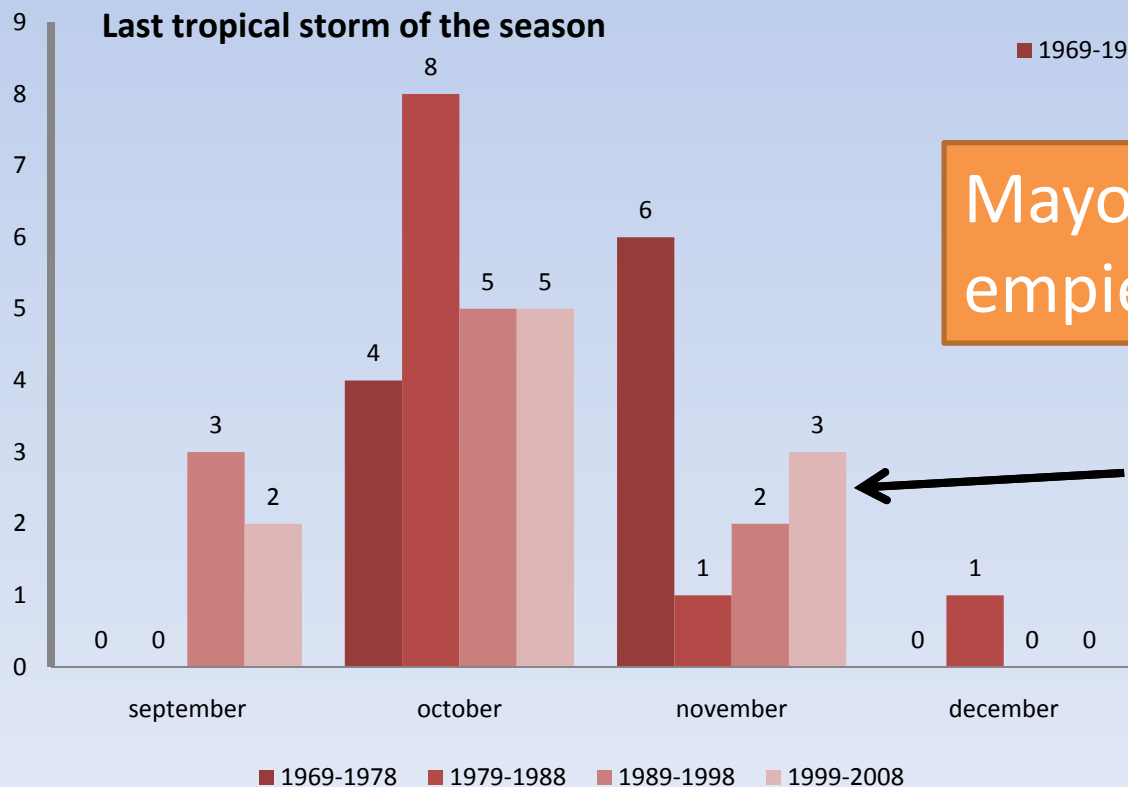
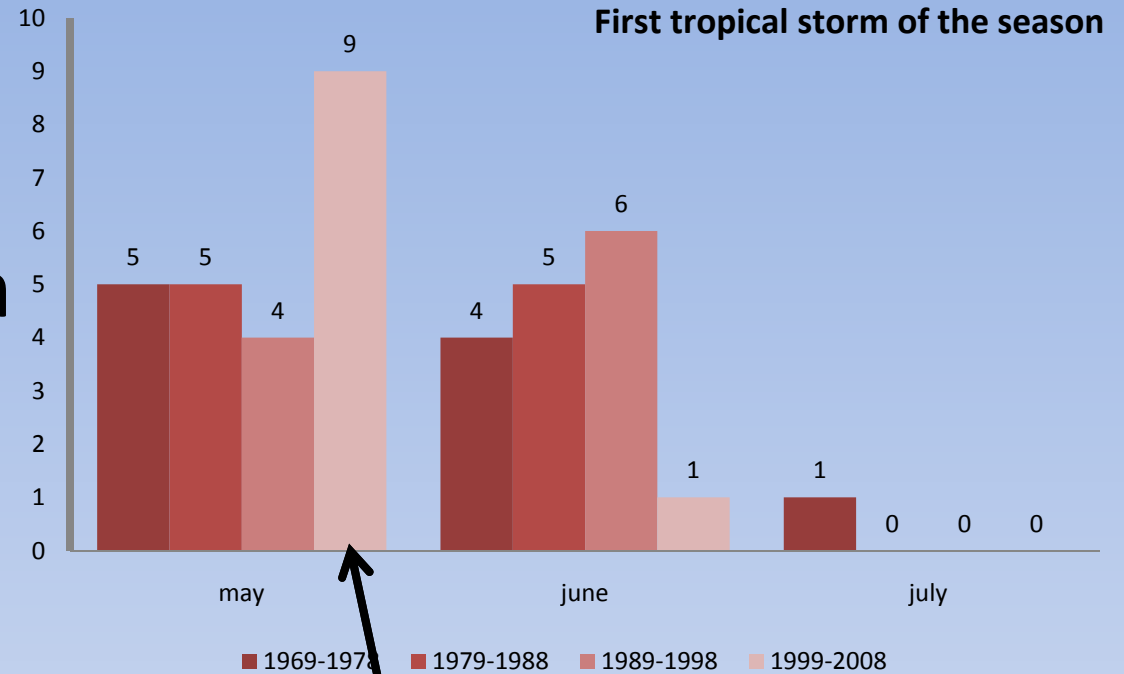
# Duración de la estación ciclónica: *Tendencia de SST en el Atlántico para el periodo 1950-2007*



**Figure 3:** Observed sea surface temperature (SST) trends during the official North Atlantic hurricane season (June–November) for the period 1950–2007. Units are  $^{\circ}\text{C}$  per century. The dashed rectangle denotes the tropical storm formation region south of  $30^{\circ}$  North latitude and east of  $75^{\circ}$  West longitude. Data are from the NOAA Extended Reconstructed Sea Surface Temperature V3 product [Smith *et al.*, 2008].

(Kossin, 2008)

# ¿Qué pasa con la duración de la estación ciclónica en el Pacífico?



Mayor probabilidad de que empiece antes la temporada?

Indicación de que termina mas tarde...?