

VARIABILIDAD DE CICLONES TROPICALES

Dra. Eleonora Romero Vadillo

**3<sup>ER</sup> CURSO DE PRIMAVERA**  
**SOBRE CICLONES TROPICALES**

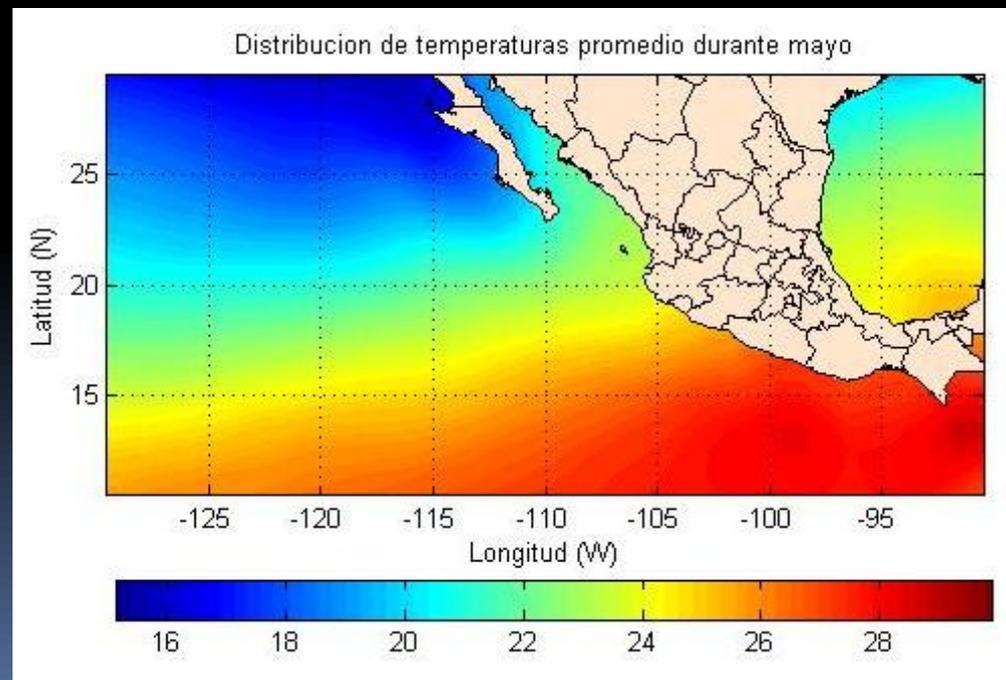
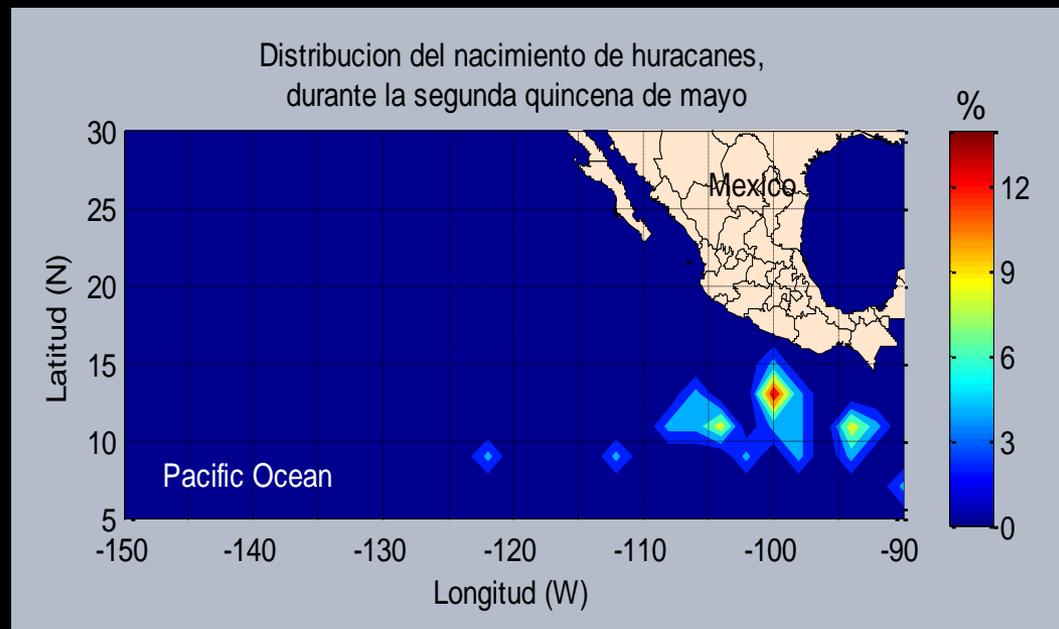
# Factores medioambientales

Existen muchos factores medioambientales favorables para la formación de ciclones tropicales: aguas calidas con suficiente profundidad, alta vorticidad relativa, cizalladura vertical del viento, el parámetro de Coriolis y pre-existentes disturbios cerca de la superficie.

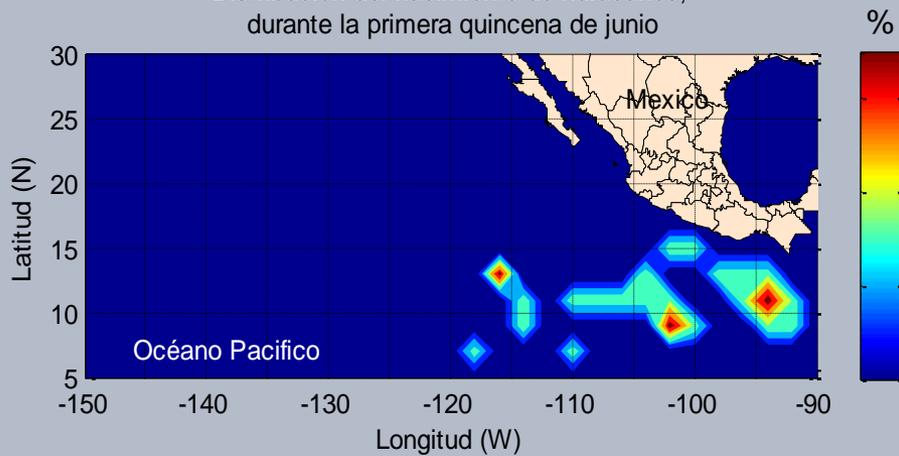
# Región de nacimiento de los ciclones del Pacífico noreste

Como las temperaturas del mar tienen que estar a más de 27° C, los ciclones tropicales se forman en diferentes lugares en diferentes meses del año, por lo general en la época más calurosa, obedeciendo a la posición de los centros de máximo calentamiento marítimo, los cuales están influidos por la corriente fría de California y la contracorriente cálida ecuatorial.

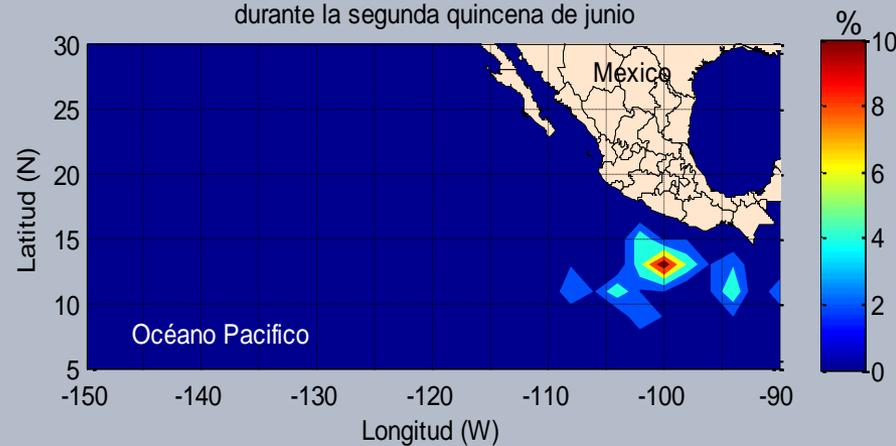
Al inicio de la temporada de ciclones en la región del Pacífico noreste, la región de formación de huracanes se concentra entre los 7° y los 16° N y entre los 90° y los 110° O; conforme la temporada avanza, la región de formación se extiende hacia el norte y hacia el oeste.



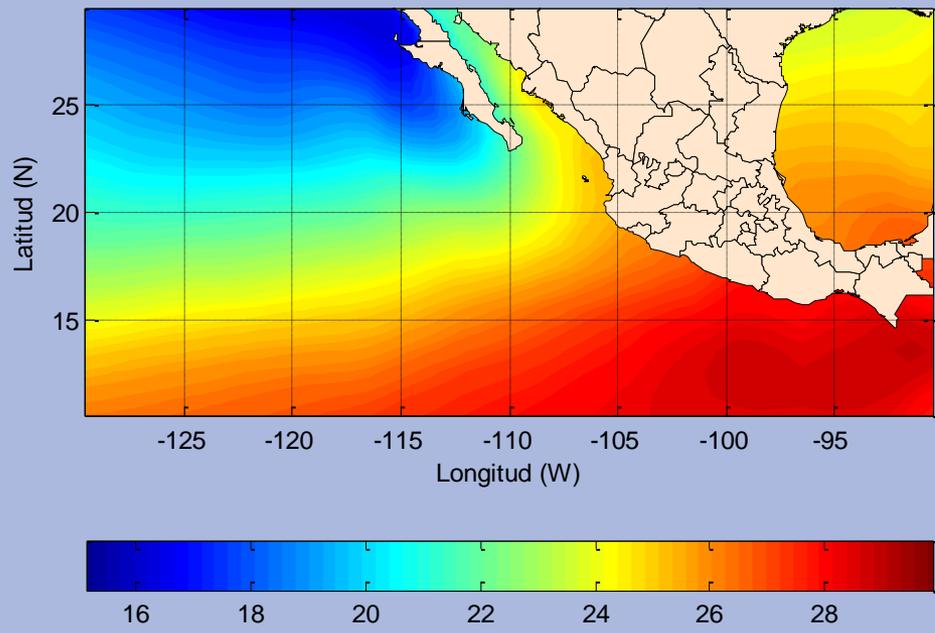
Distribucion del nacimiento de huracanes, durante la primera quincena de junio



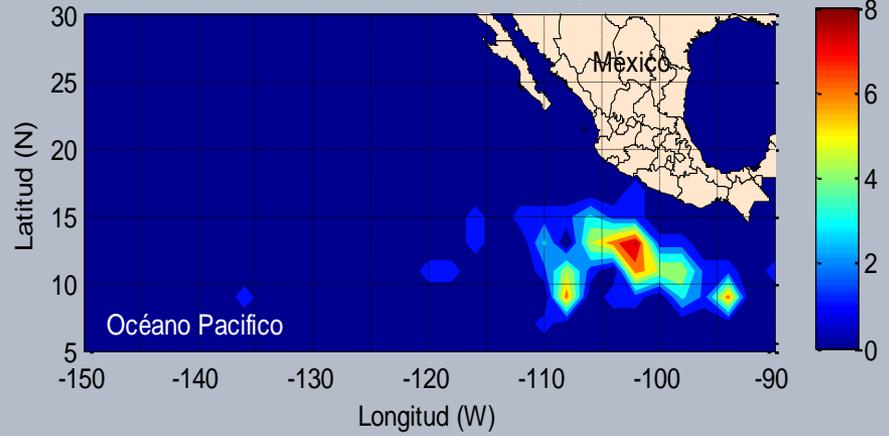
Distribucion del nacimiento de huracanes, durante la segunda quincena de junio



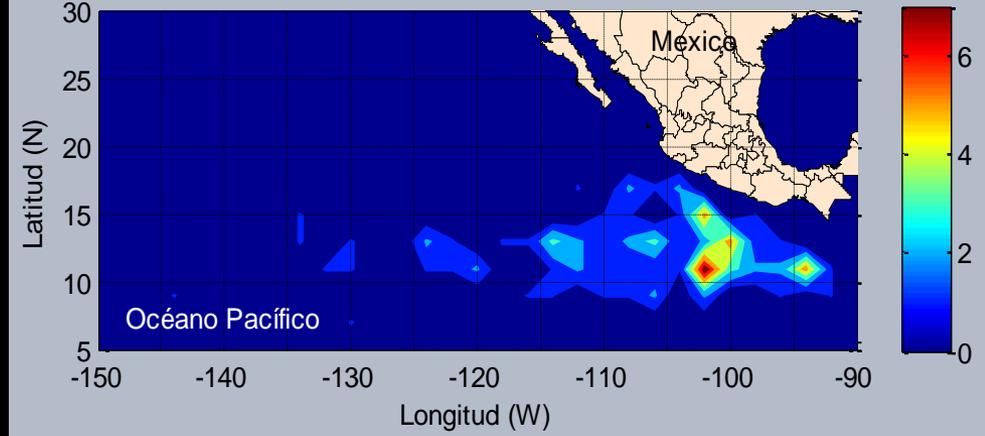
Distribucion de temperaturas promedio durante junio



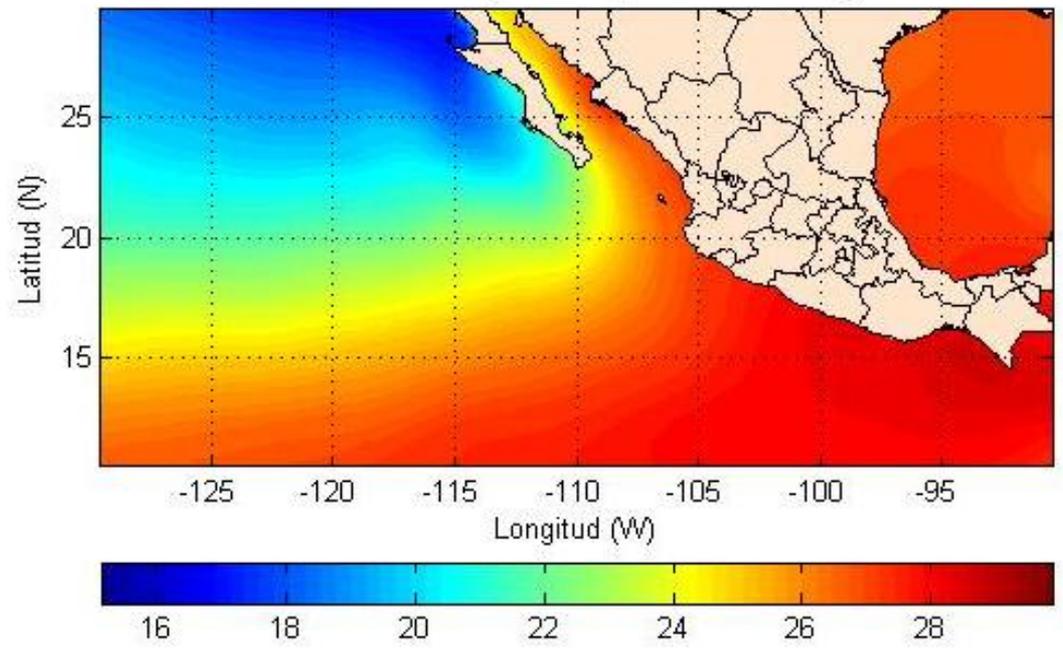
Distribución del nacimiento de huracanes, durante la primera quincena de julio



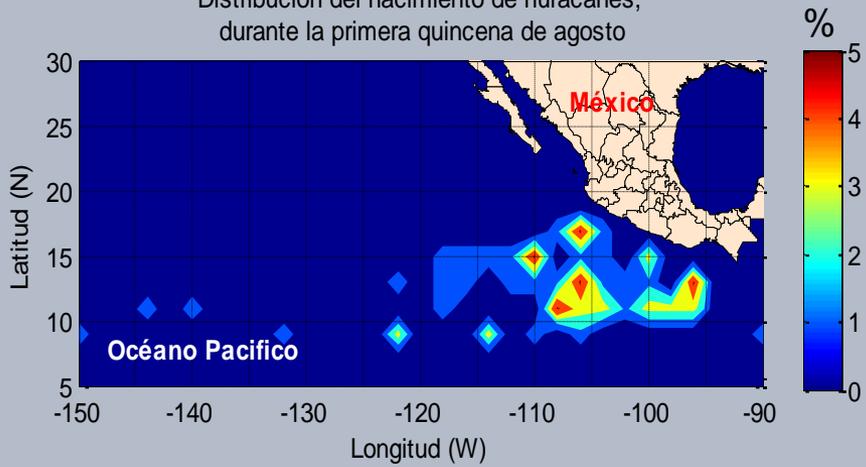
Distribución del nacimiento de huracanes, durante la segunda quincena de julio



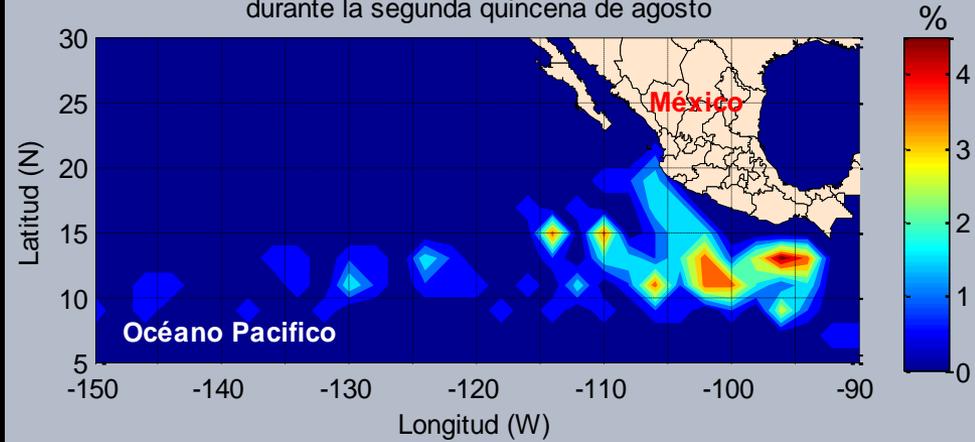
Distribución de temperaturas promedio durante julio



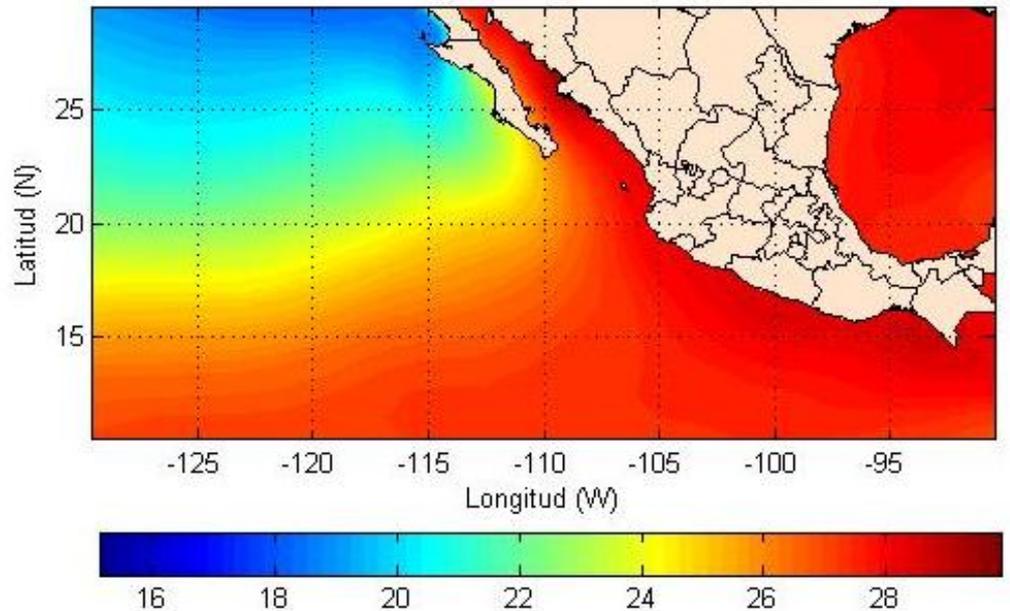
Distribucion del nacimiento de huracanes,  
durante la primera quincena de agosto



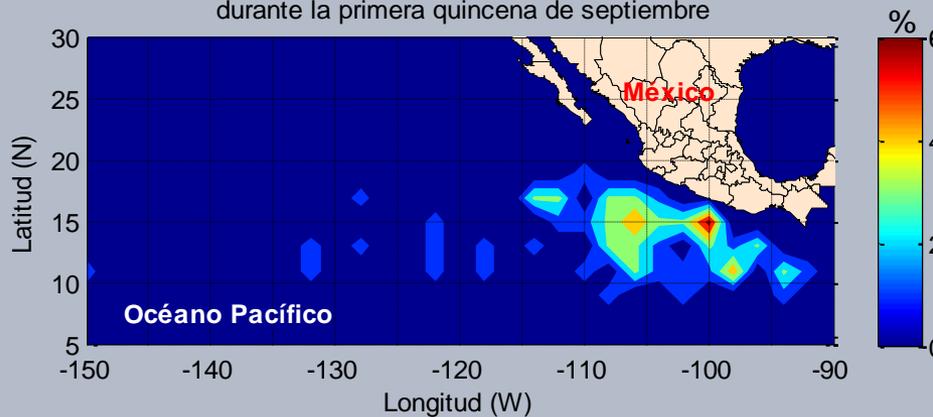
Distribucion del nacimiento de huracanes,  
durante la segunda quincena de agosto



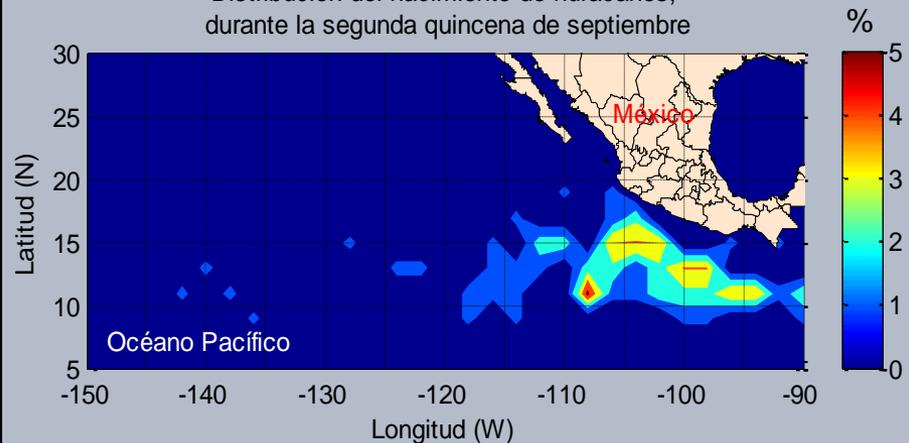
Distribucion de temperaturas promedio durante agosto



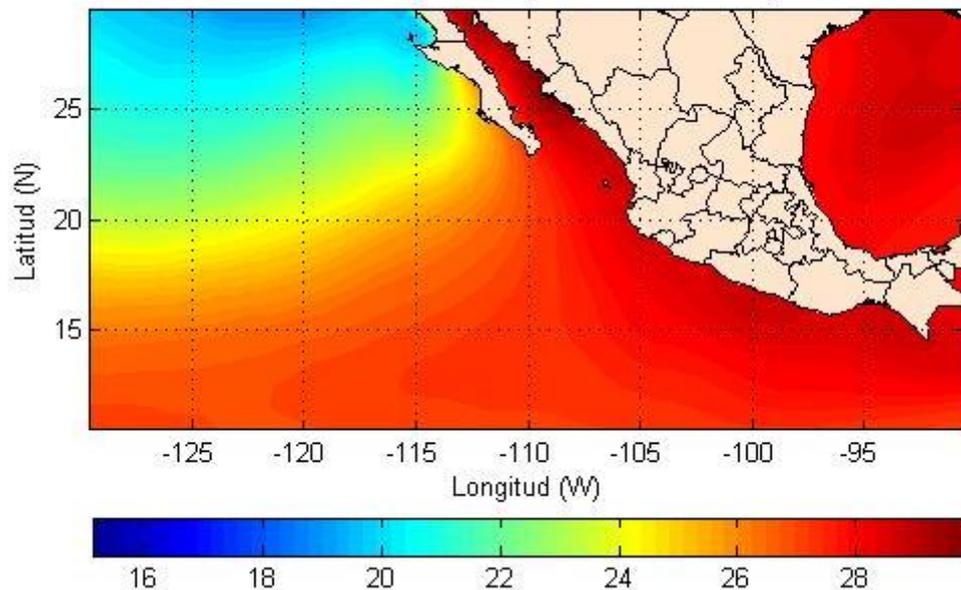
Distribucion del nacimiento de huracanes, durante la primera quincena de septiembre



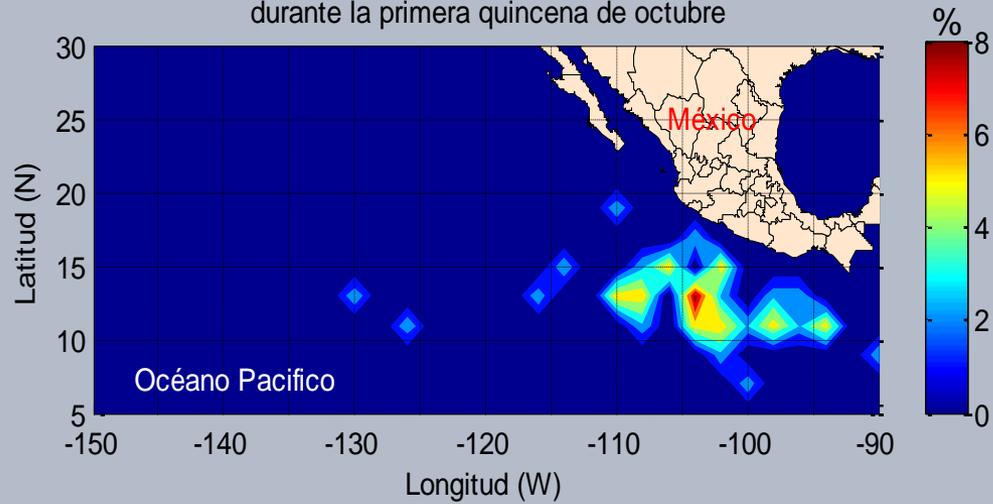
Distribucion del nacimiento de huracanes, durante la segunda quincena de septiembre



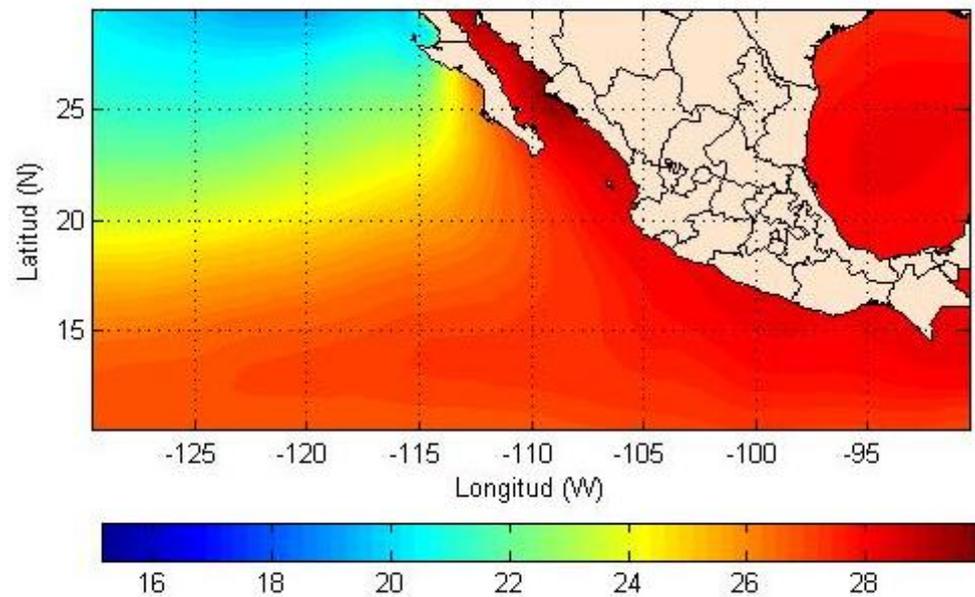
Distribucion de temperaturas promedio durante septiembre



Distribucion del nacimiento de huracanes,  
durante la primera quincena de octubre



Distribucion de temperaturas promedio durante octubre

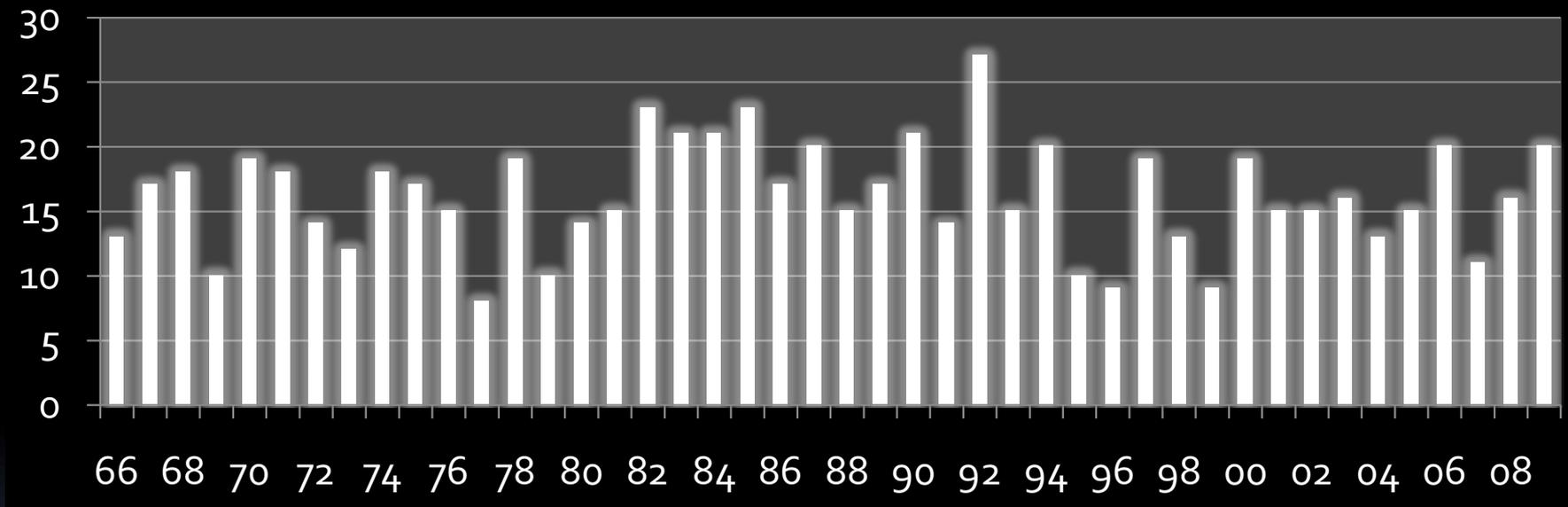


# Estadística de los ciclones del Pacífico noreste

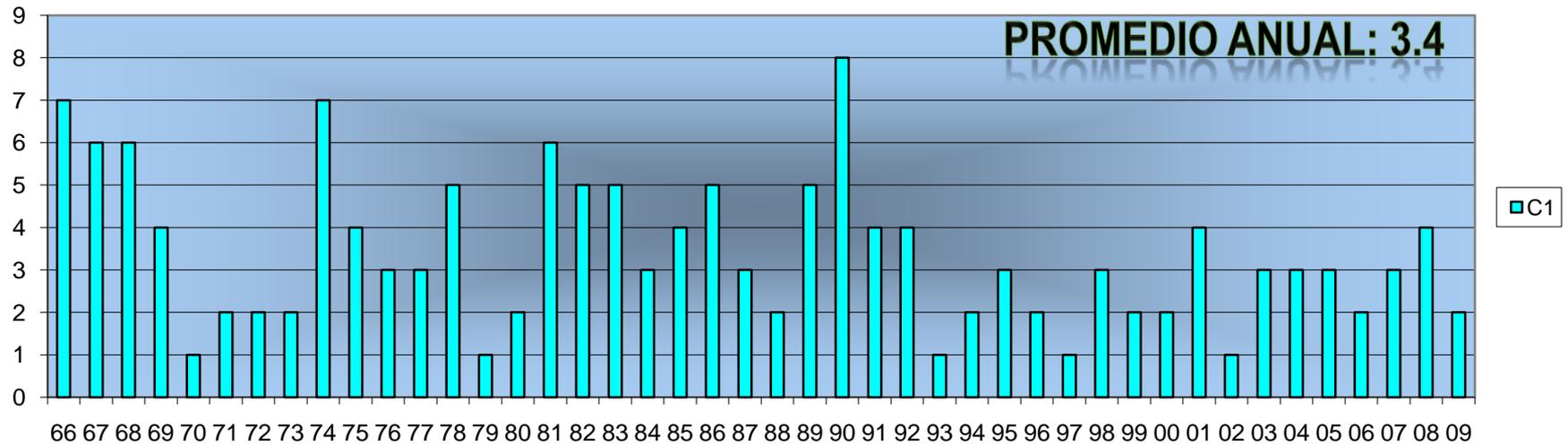
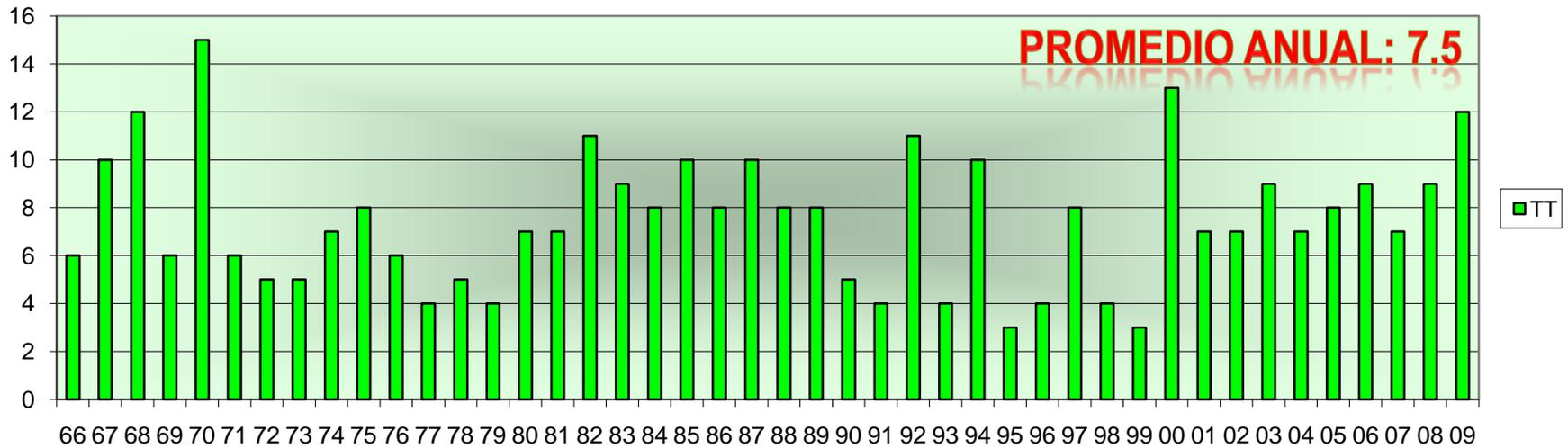
El Centro Nacional de Huracanes de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de Estados Unidos, cuenta con una base de datos de todos los huracanes que se han registrado en cada una de las regiones de formación de ciclones tropicales.

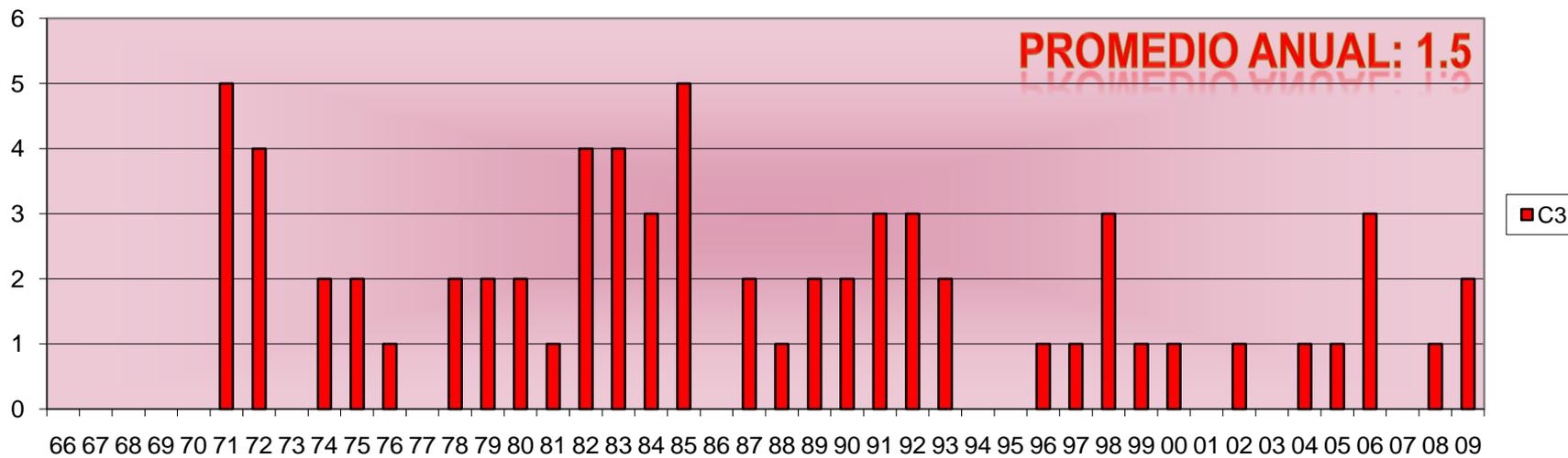
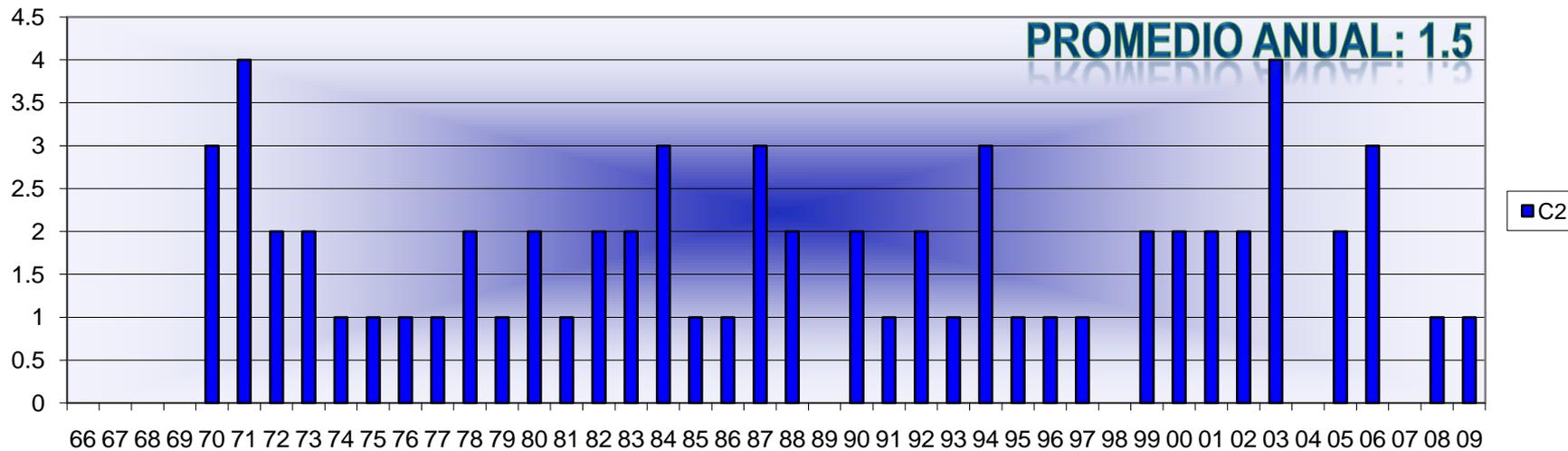
Para la cuenca del Pacífico noreste se cuenta con registros a partir de 1949, no obstante es a partir de 1966 cuando se comienzan a utilizar satélites para su detección y seguimiento. Es a partir de esta fecha que se cuenta con registros completos e información más exacta acerca de la intensidad que alcanzan, así como de sus trayectorias.

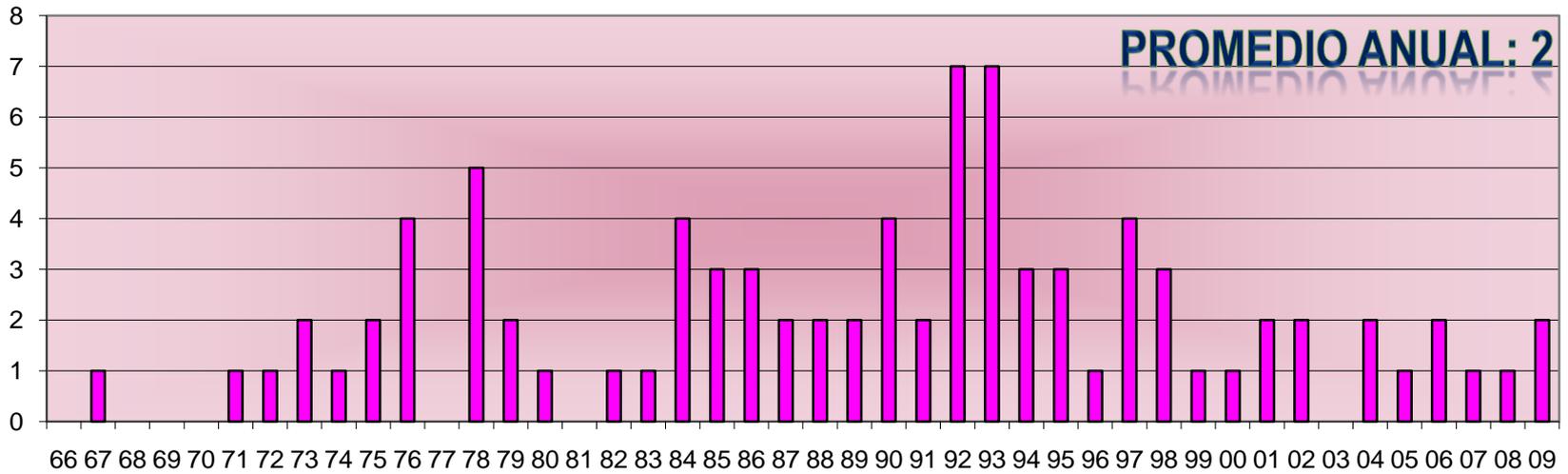
# Número de ciclones del Pacífico noreste entre 1966-2009



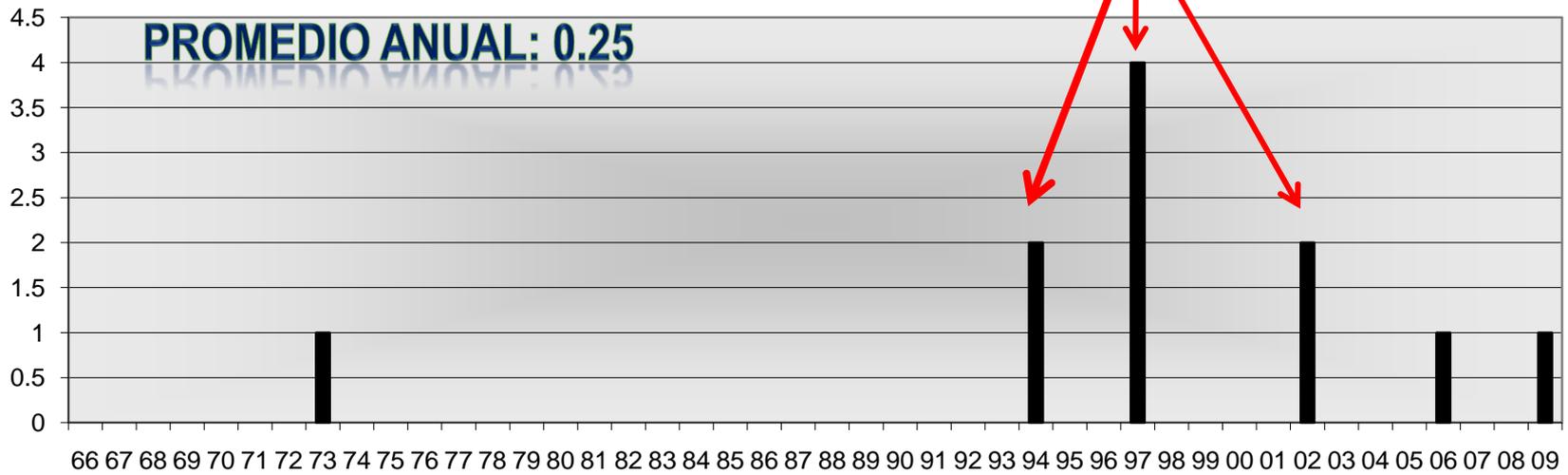
**PROMEDIO ANUAL: 16**



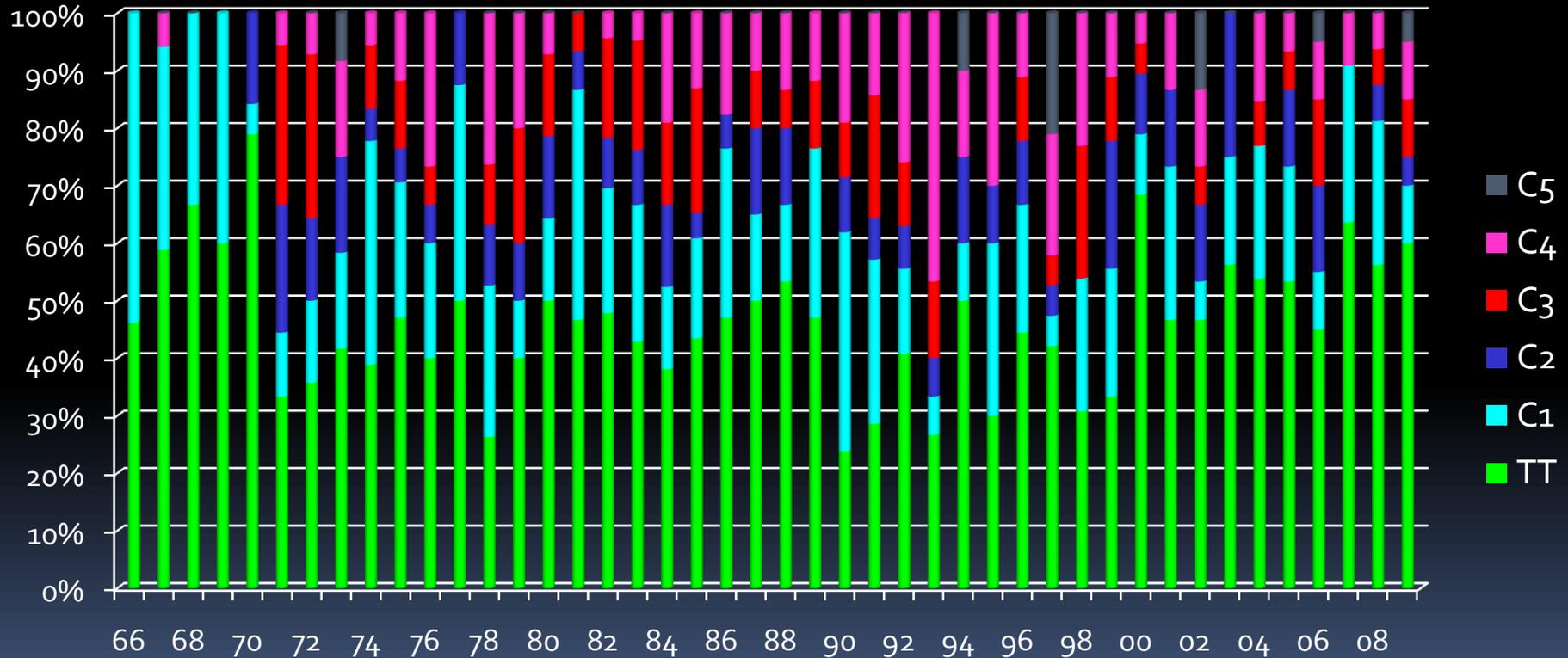




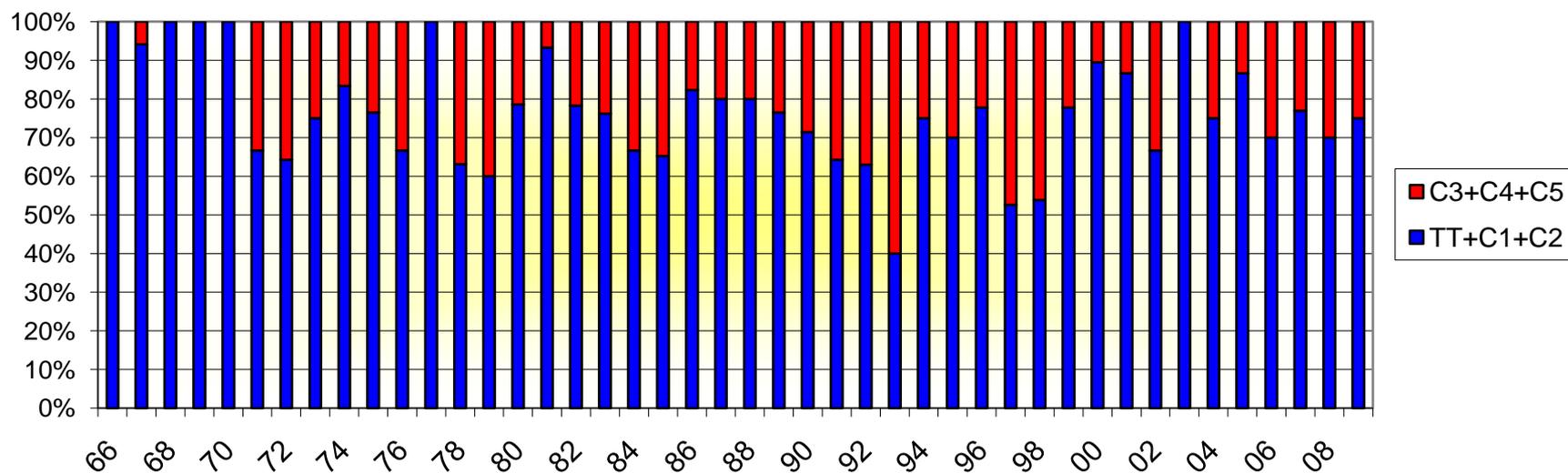
**El Niño**



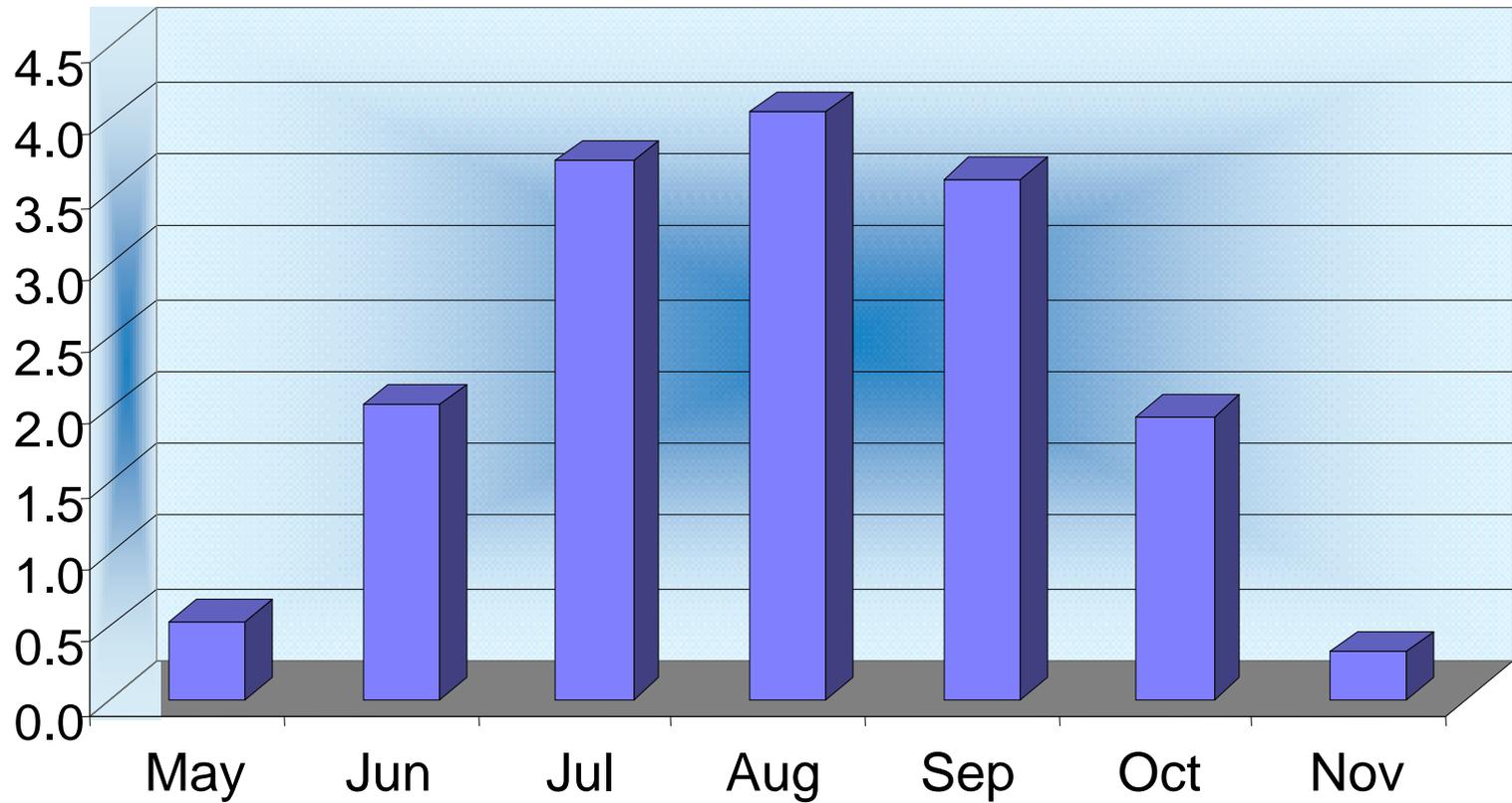
# Proporción de categorías por año



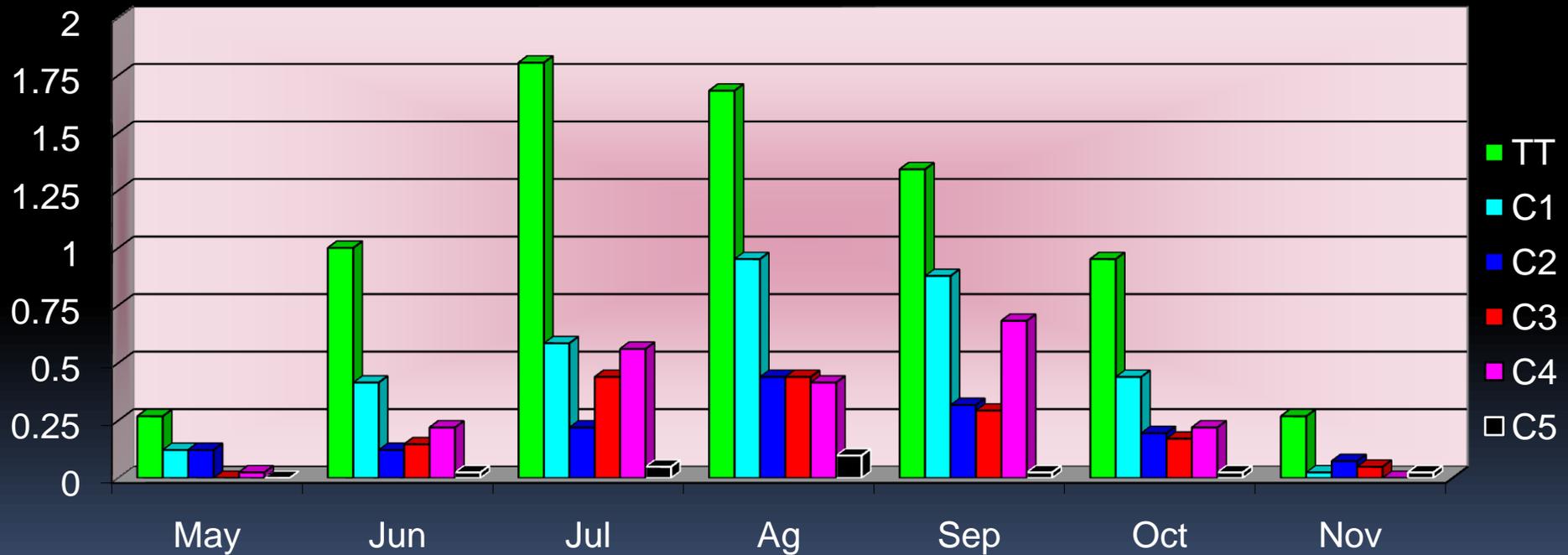
# Proporción de ciclos de baja y alta intensidad



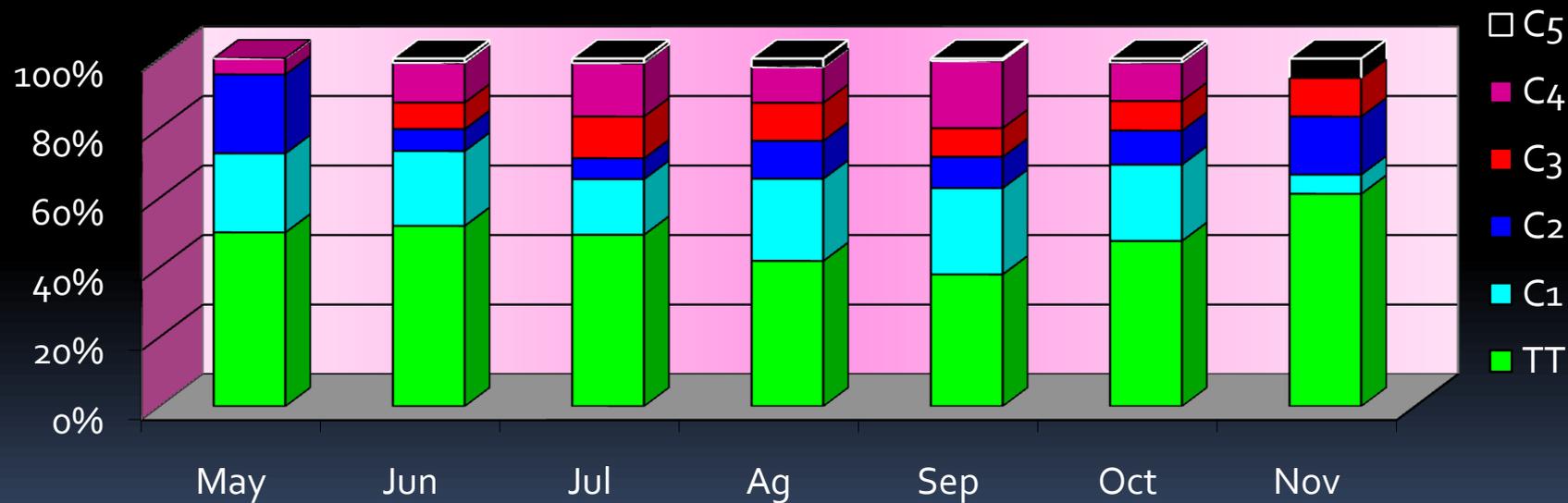
# Promedio mensual



# Promedio de categorías por mes



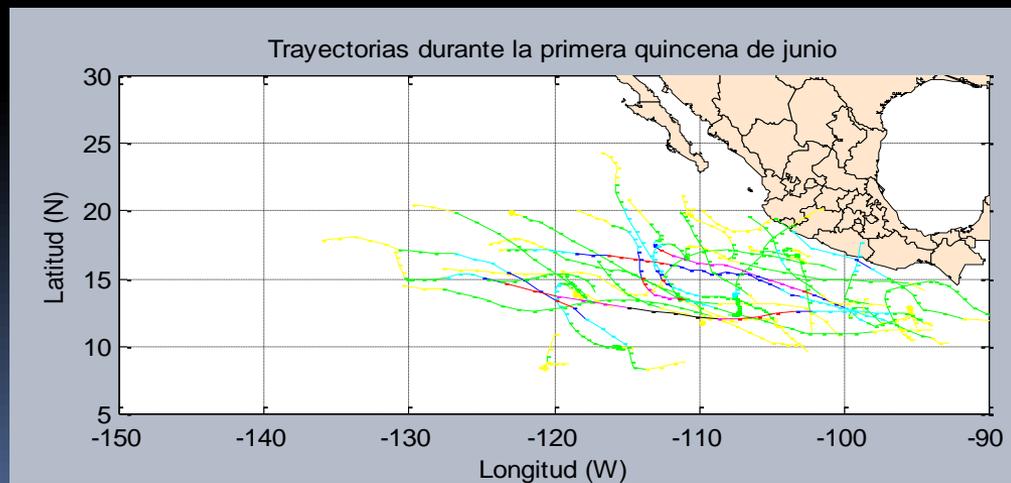
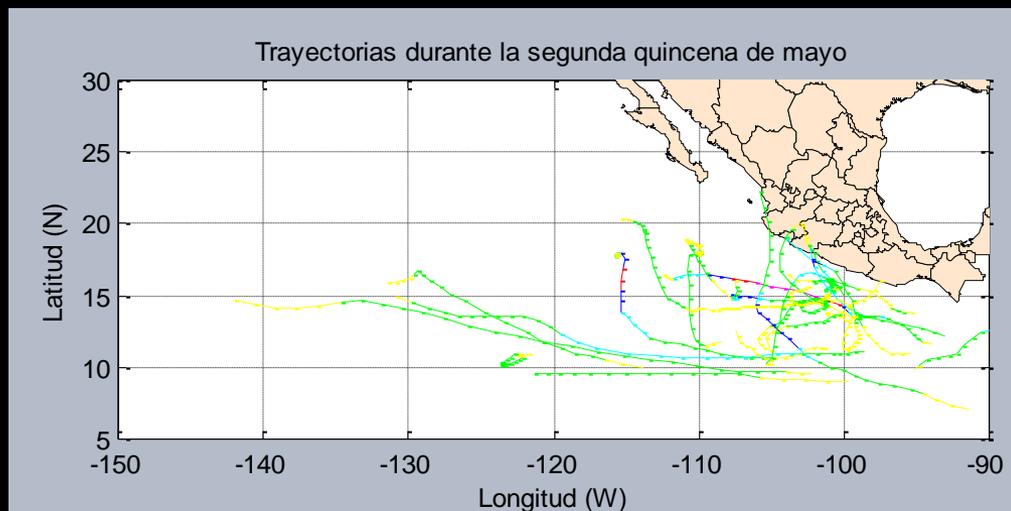
# Proporción de categorías por mes



Los ciclones tropicales de esta región, suelen viajar con dirección noreste; sin embargo, algunos ciclones suelen curvar hacia el norte y noreste.

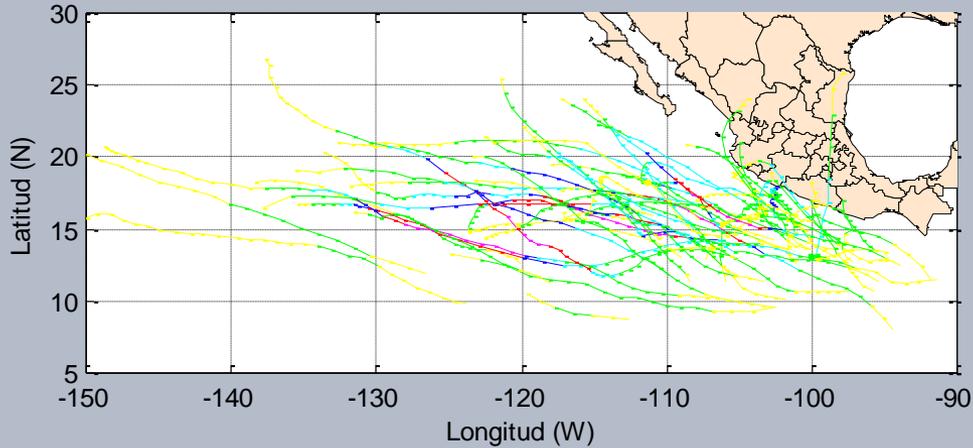
Al inicio de la temporada, de la segunda quincena de mayo a la segunda de junio, los ciclones que curvan lo hacen cerca de los 15° N, impactando los estados de Oaxaca, Chiapas, Michoacán, Colima y Jalisco.

Trayectorias curvilíneas  
irregulares



— Depresión tropical, — Tormenta tropical, — Huracán categoría 1, — Huracán categoría 2,  
— Huracán categoría 3, — Huracán categoría 4, — Huracán categoría 5, — Ciclón extratropical.

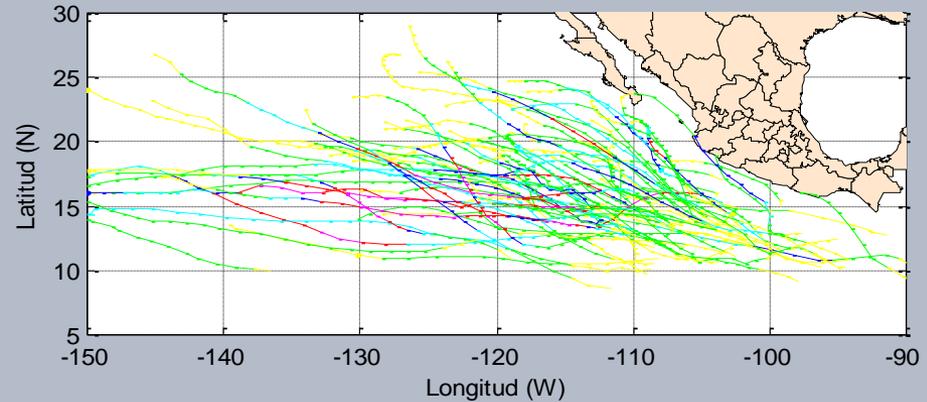
Trayectorias durante la segunda quincena de junio



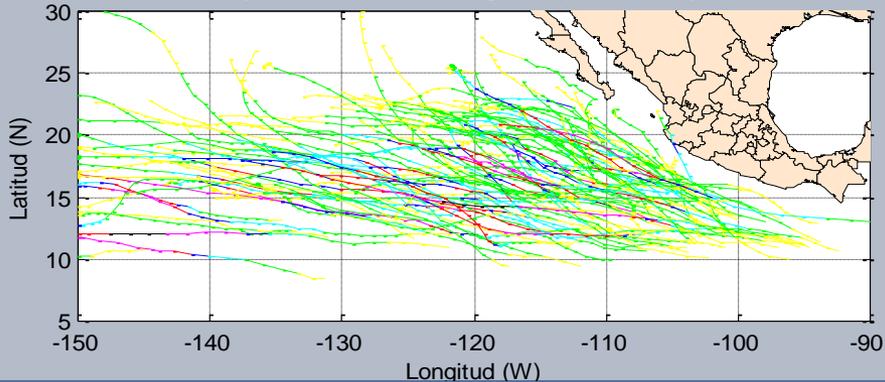
En estas quincena las trayectorias son más lineales que en las anteriores.

Durante Julio son pocos los ciclones que impactan las costas. Suelen viajar hacia el noroeste y no recurvan hacia el noreste.

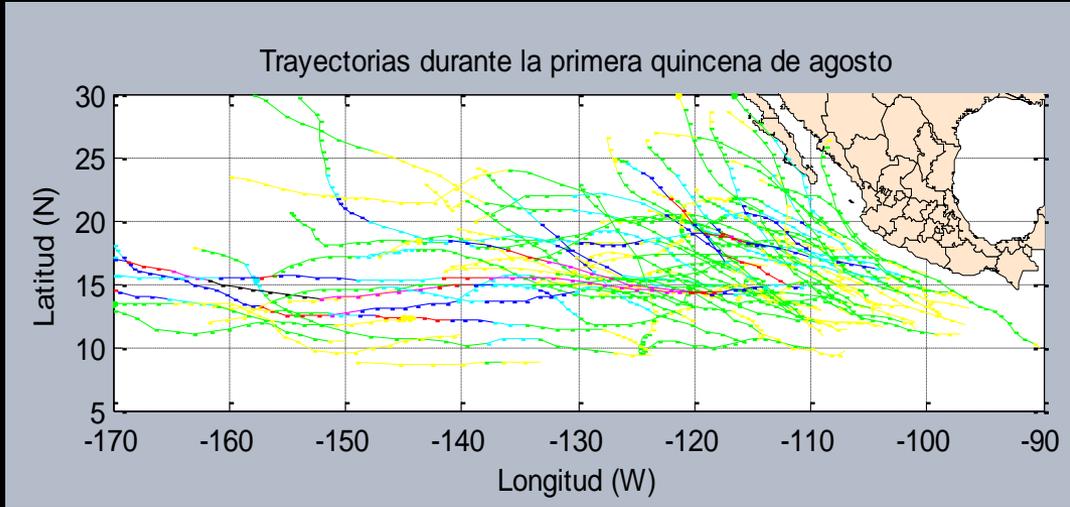
Trayectorias durante la primera quincena de julio



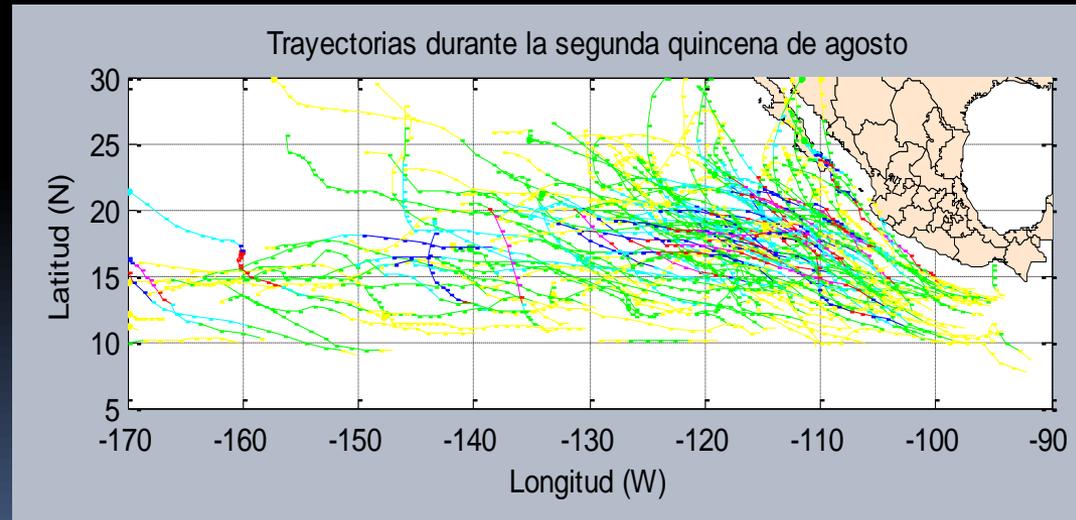
Trayectorias durante la segunda quincena de julio

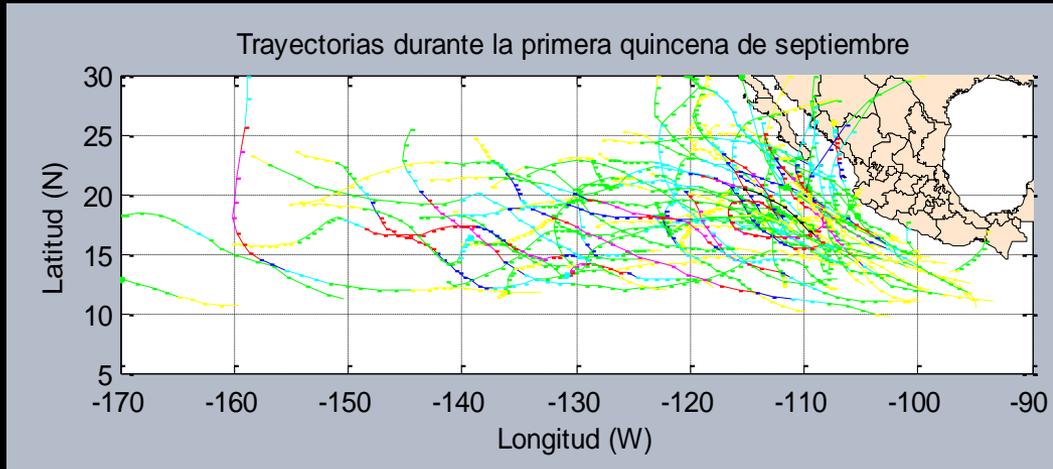


- Depresión tropical, Tormenta tropical, Huracán categoría 1, Huracán categoría 2,
- Huracán categoría 3, Huracán categoría 4, Huracán categoría 5, Ciclón extratropical.

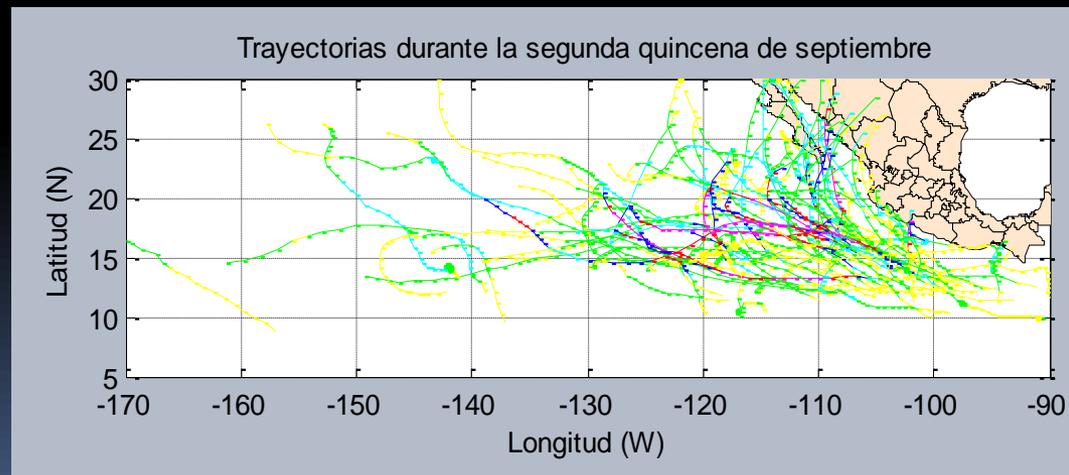


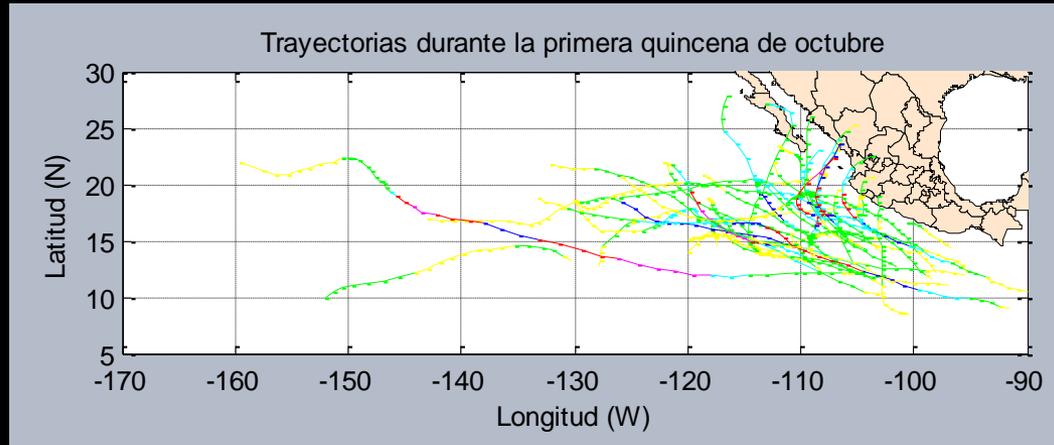
A partir de la primera quincena de agosto, el curvamamiento se da a mayores latitudes, afectando principalmente a Baja California Sur, seguida de Sinaloa, Sonora y Baja California.





Durante septiembre, prácticamente toda la zona costera del Pacífico Mexicano siente los efectos de estos fenómenos.





Para finales de la temporada, durante la segunda quincena de octubre, los estados más afectados son Sinaloa y Nayarit.

# Duración, distancia y velocidad de desplazamiento

Los ciclones tropicales del Pacífico Noreste tienen una duración que va de 1 a 31 días, con un promedio de 7.4 días, siendo los más largos los que alcanzan mayor intensidad.

Duración (días)						
	Categoría					
	TT	C1	C2	C3	C4	C5
<b>Promedio</b>	5.6	7.3	8.2	9.2	11	13.8
<b>Max</b>	17	22	13	17	25	31
<b>Min</b>	1	2	3	4	5	5
Nombre del ciclón						
<b>Max</b>	Olaf, 1997	Boris, 1984	Hilary 1971 John,1978 Paul, 1982 Georgette, 1992 Roslyn ,1992	Uleki, 1988	Tina, 1992	John, 1994
<b>Min</b>	Bridget, 1967	Norma, 1974	Waldo,1985	Olivia, 1975	Virgil, 1992	Kenna, 2002

# DURACIÓN POR MES

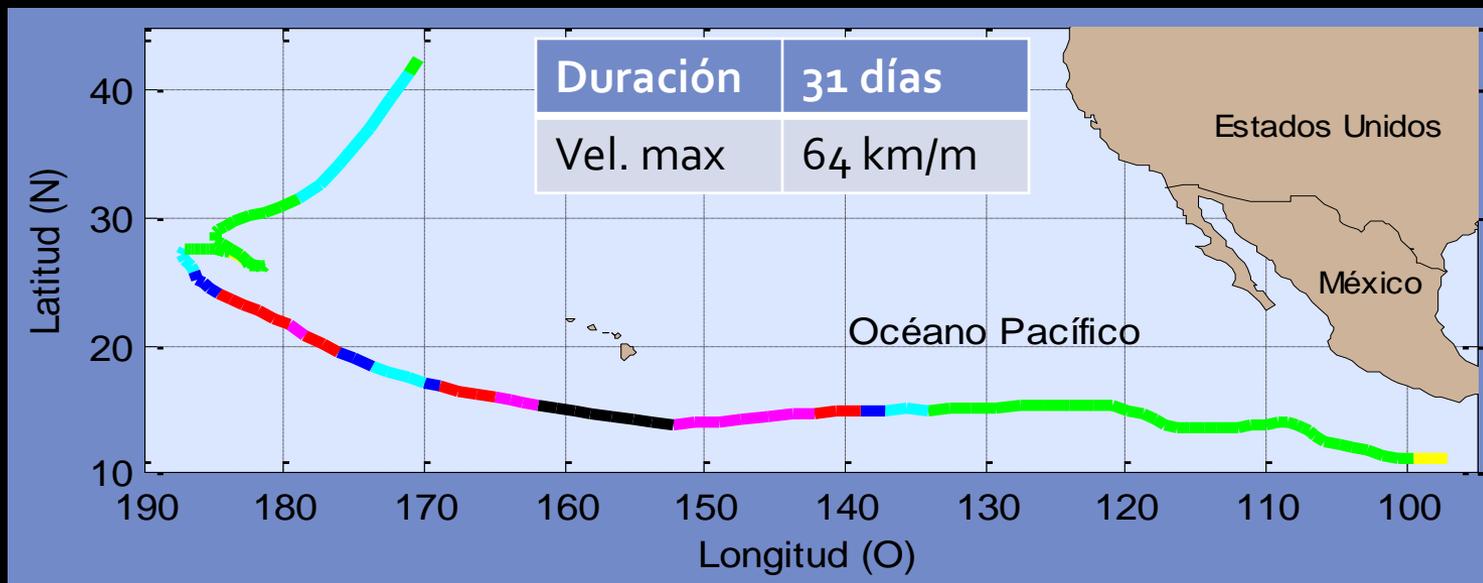
Duración (días)							
	Mes						
	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.	Octubre	Nov.
Promedio	6.82	6.46	7.59	8.08	7.65	6.72	7
Máxima	22	16	25	31	25	17	25

# DISTANCIA RECORRIDA Y VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO

La distancia que recorren va de 200 hasta 14000 km, y se desplazan a velocidades que van aproximadamente desde 5 km/h hasta 100 km/h.

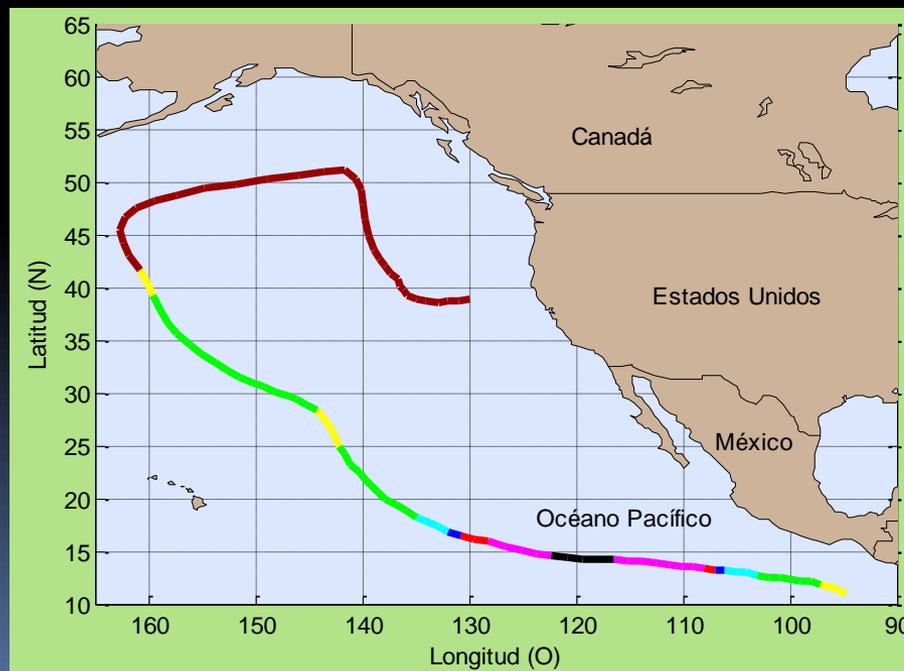
Nombre	Año	Duración	Distancia recorrida (km)	Velocidad Máxima de desplazamiento (km/h)	Categoría
John	1994	31	14050	64	5
Guillermo	1997	26	13775	56	5
Ioke	2006	20	11257	96	5
Dora	1999	18	10865	37	4
Fausto	2002	14	8392	58	4

# Trayectoria del huracán John (1994)

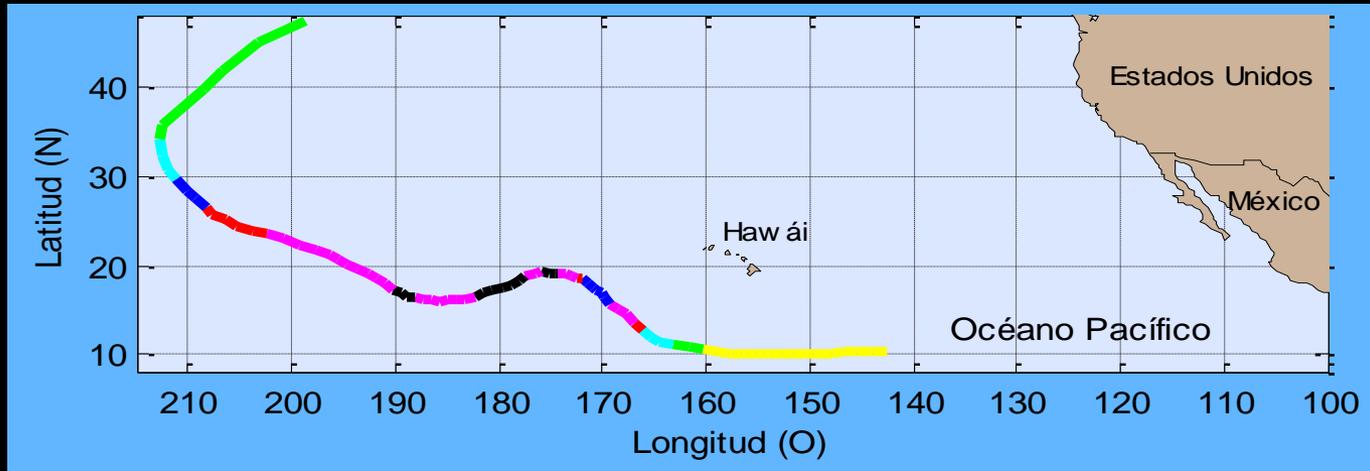


# Trayectoria del huracán Guillermo (1997)

<b>Duración</b>	<b>26 días</b>
<b>Vel. max</b>	<b>56 km/m</b>

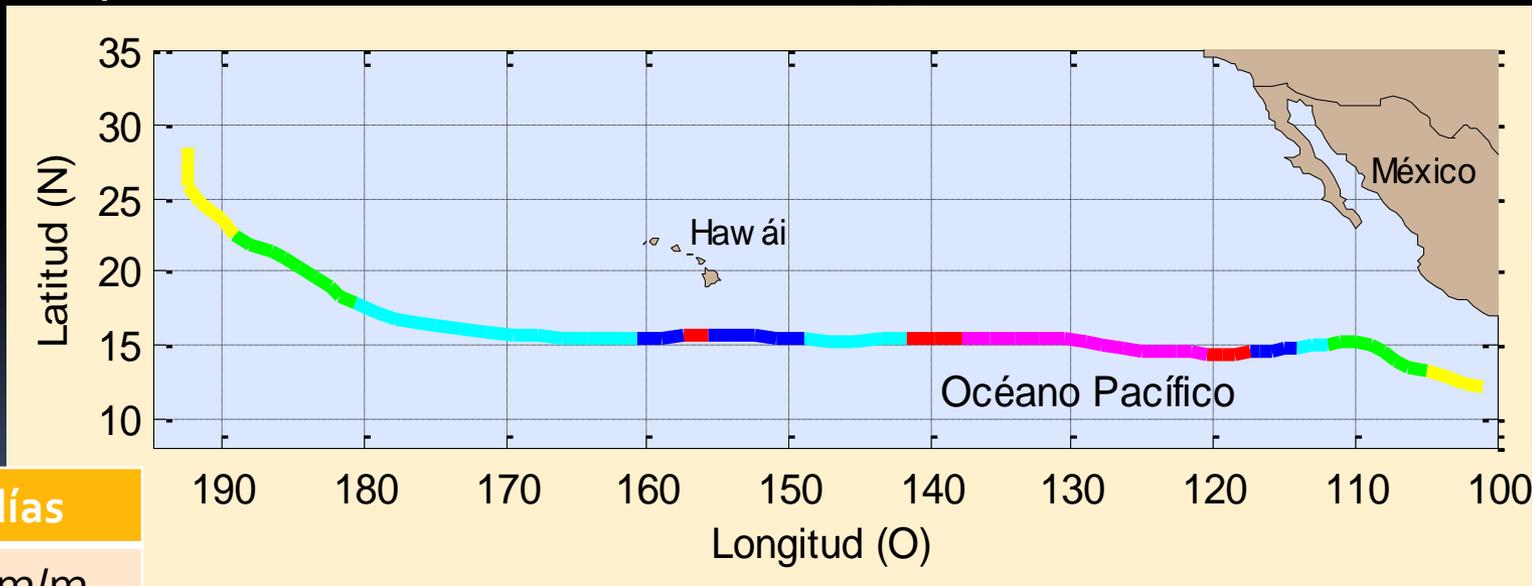


# Trayectoria del huracán Ioke (2006)



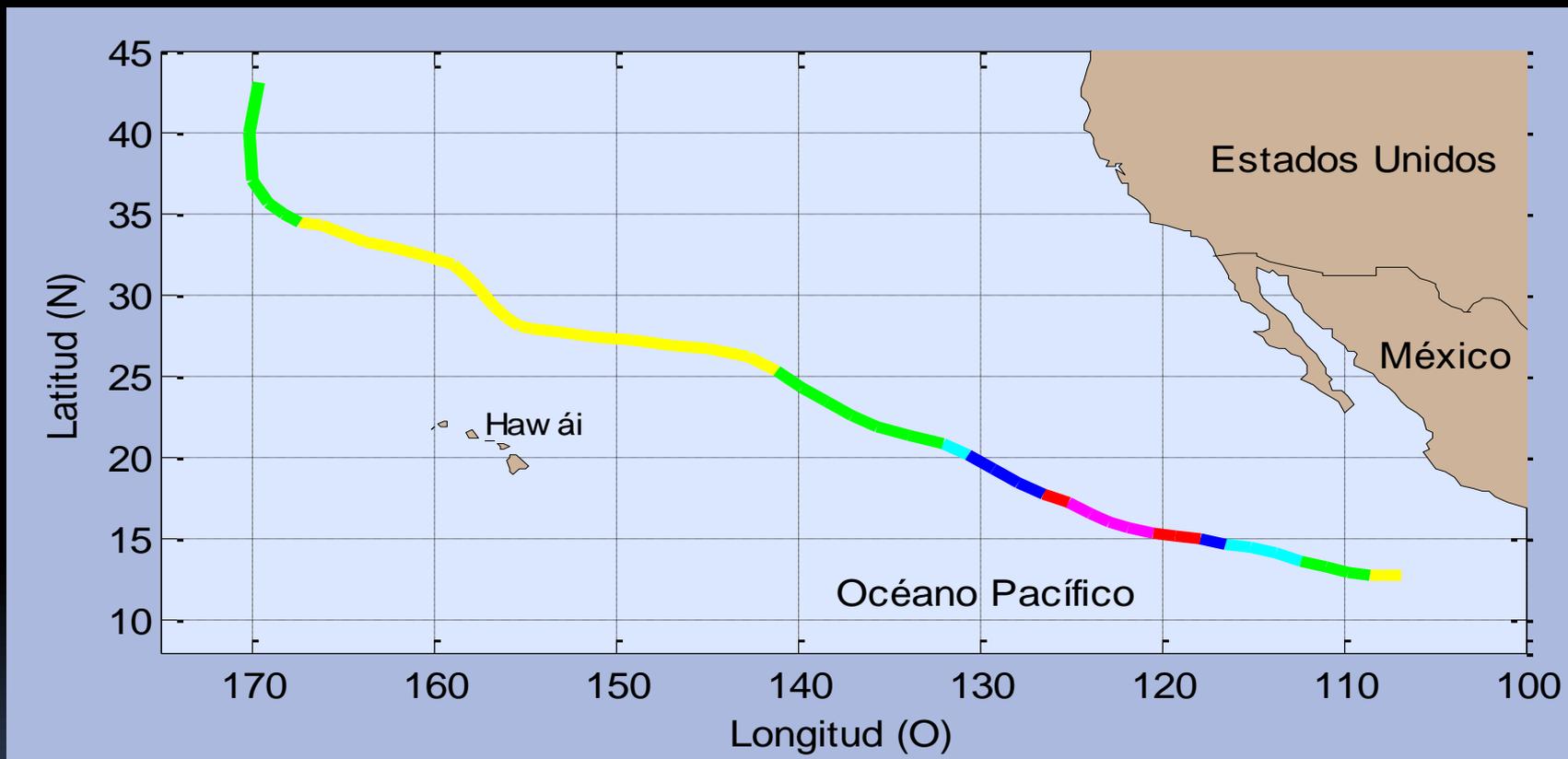
Duración	20 días
Vel. Máx.	96 km/m

# Trayectoria del huracán Dora (1999)



Duración	18 días
Vel. Máx.	37 km/m

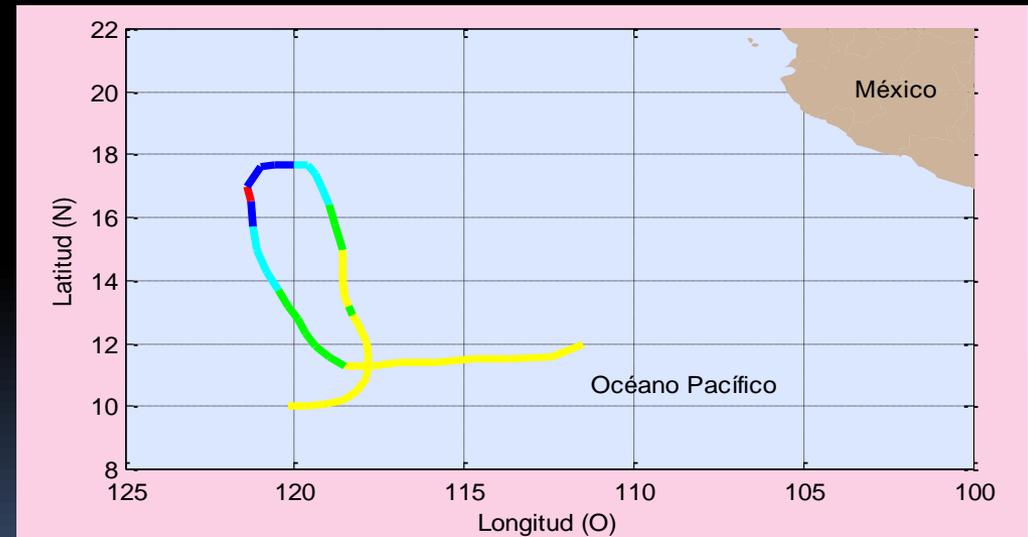
# Trayectoria del huracán Fausto (2002)



Duración	14 días
Vel. Máx.	58 km/m

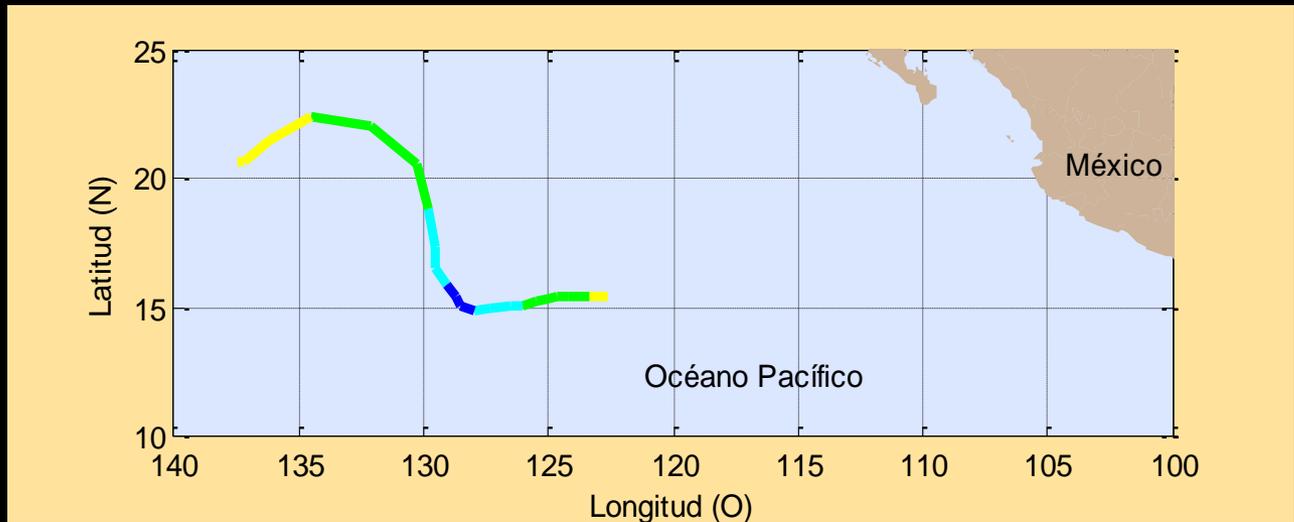
# Trayectorias anómalas

La trayectoria de los ciclones tropicales del Pacífico Noreste suelen ser casi rectas hacia al norte o noroeste, o curvas que inician con dirección noroeste, girando posteriormente hacia el noreste, no obstante algunos ciclones suelen tener trayectorias anómalas que cambian bruscamente de dirección



Trayectoria del huracán Ignacio (1979)

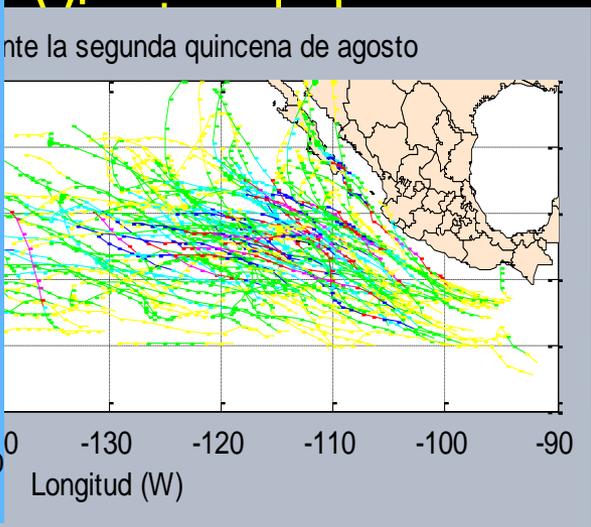
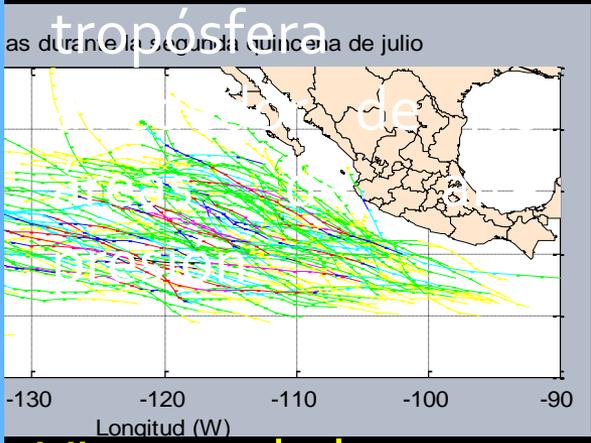
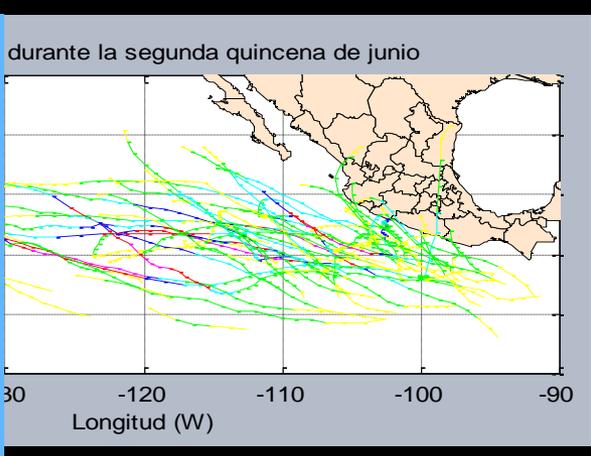
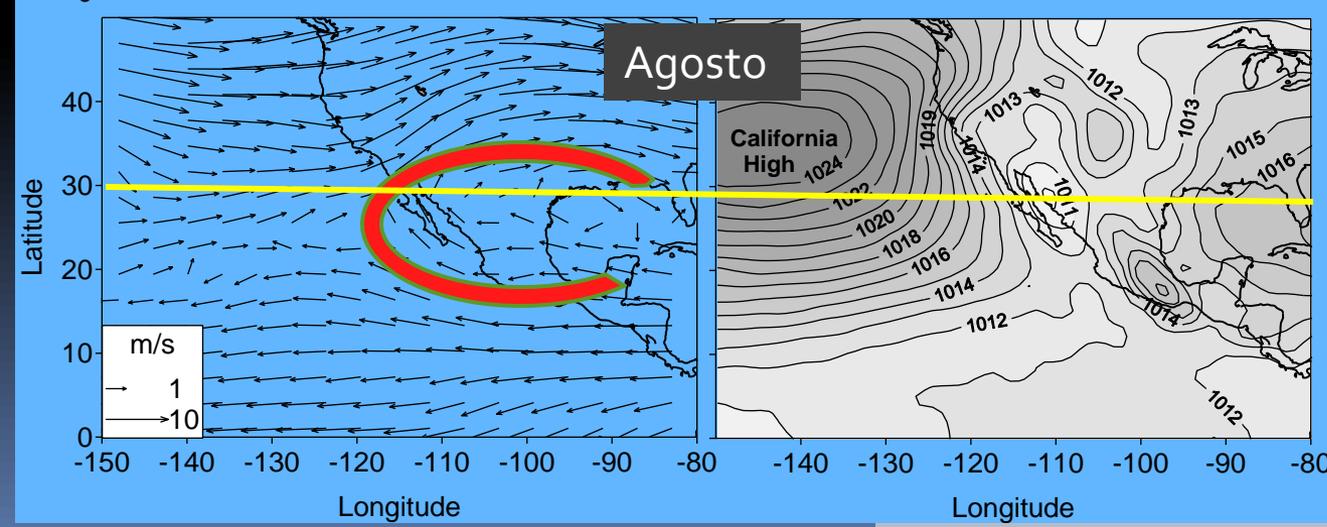
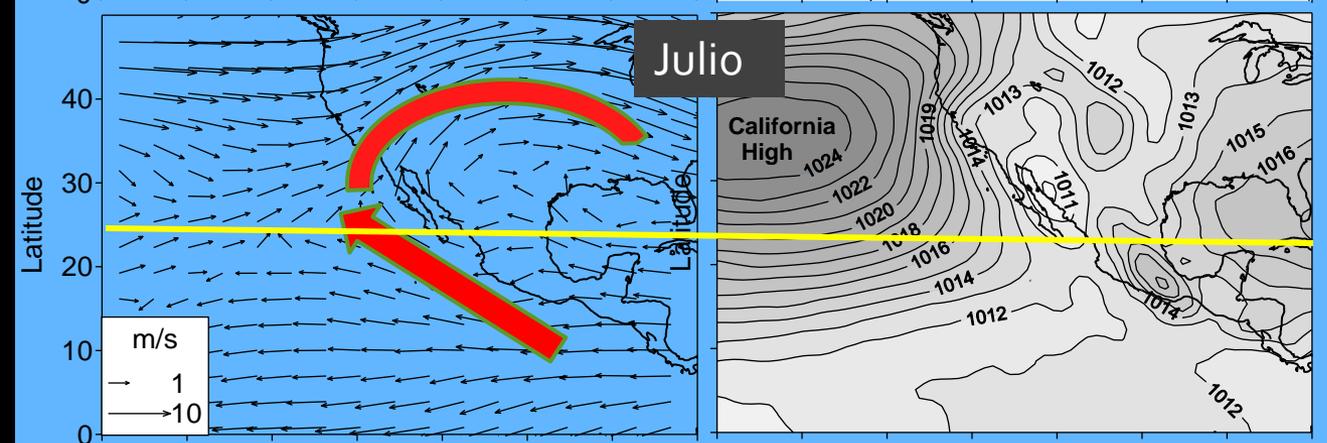
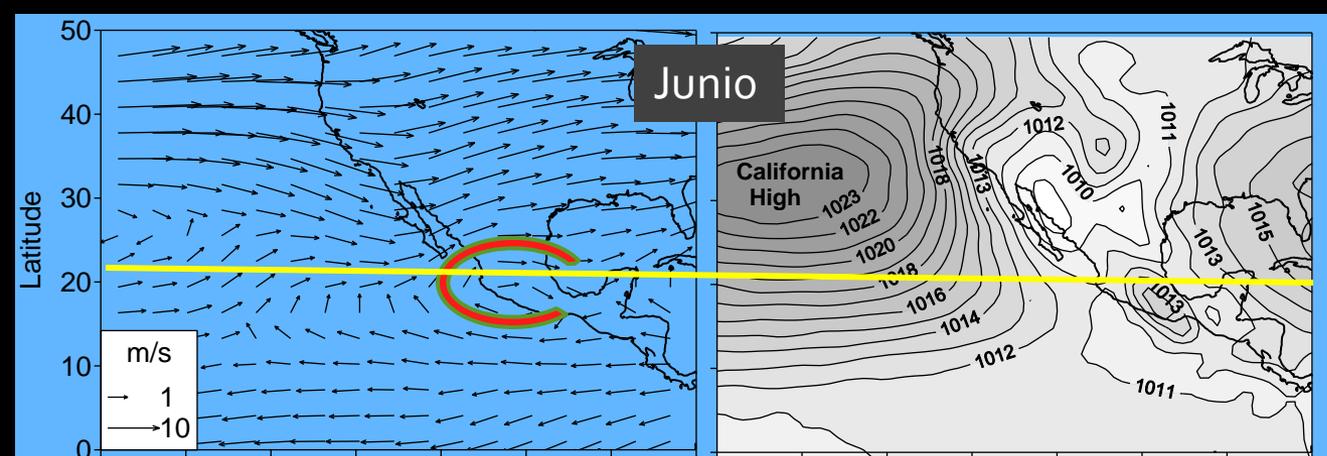
Trayectoria del huracán Xina (1985)

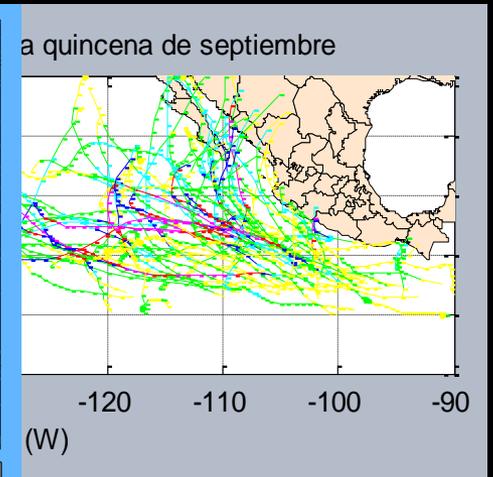
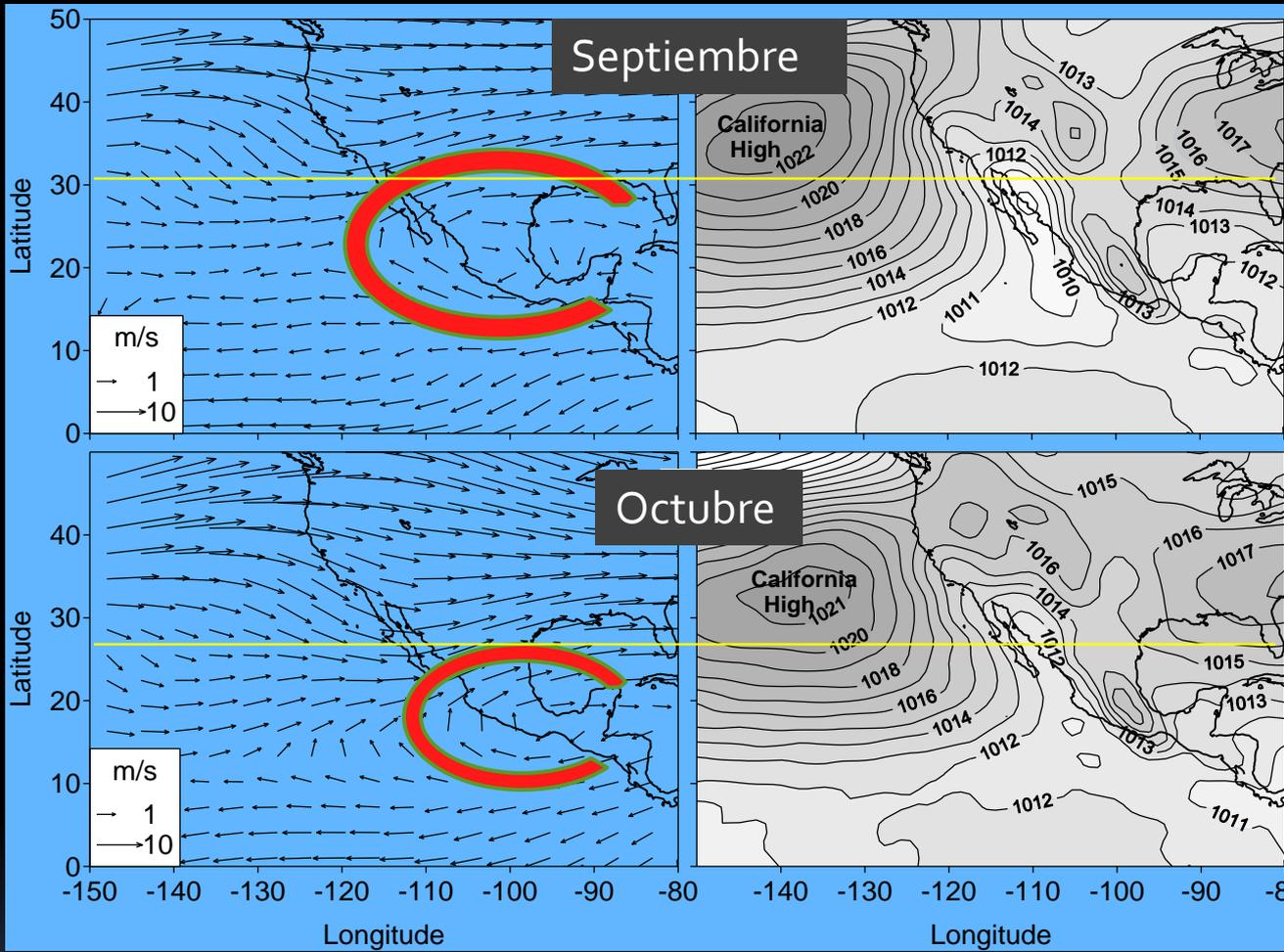


Trayectoria del huracán Gil (2001)

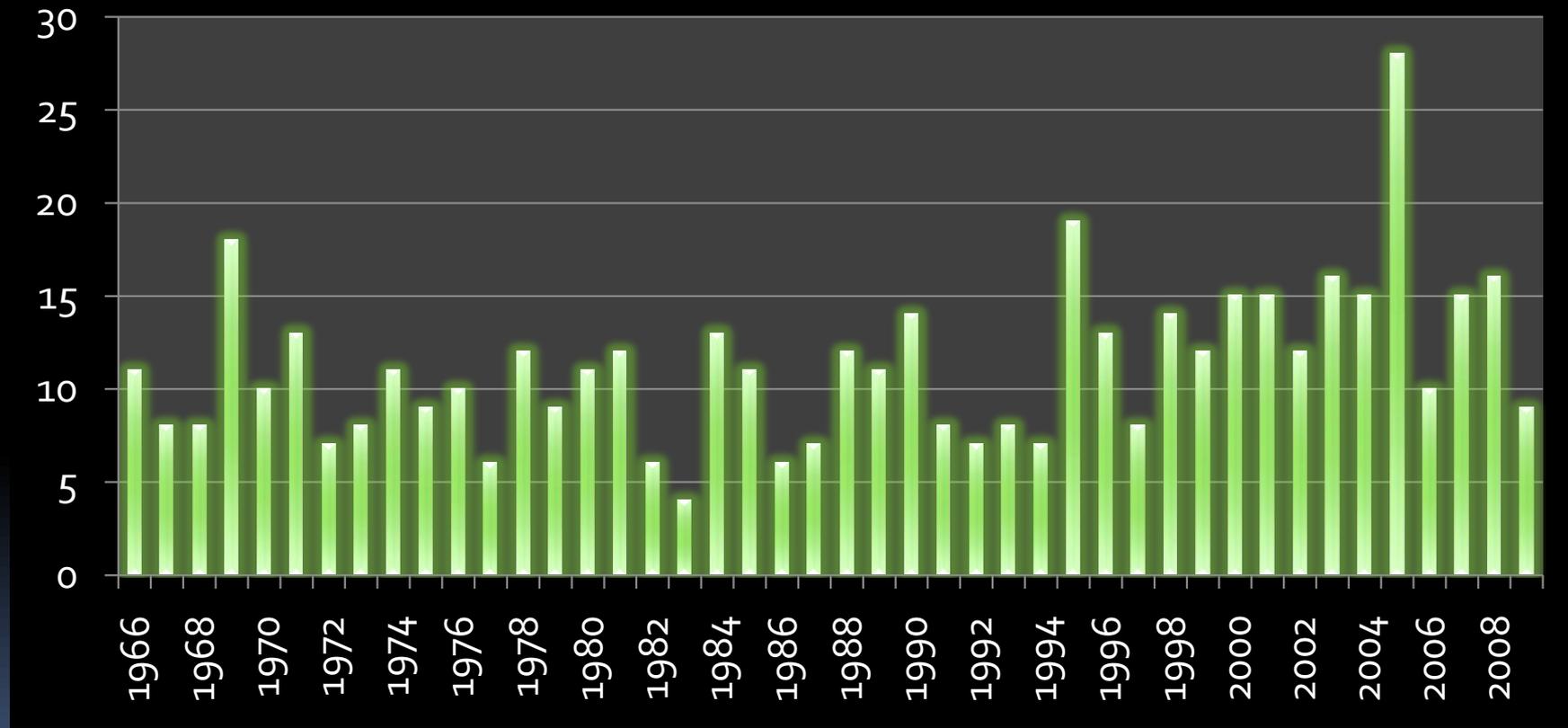


Trayectoria del huracán Norbert (1984)

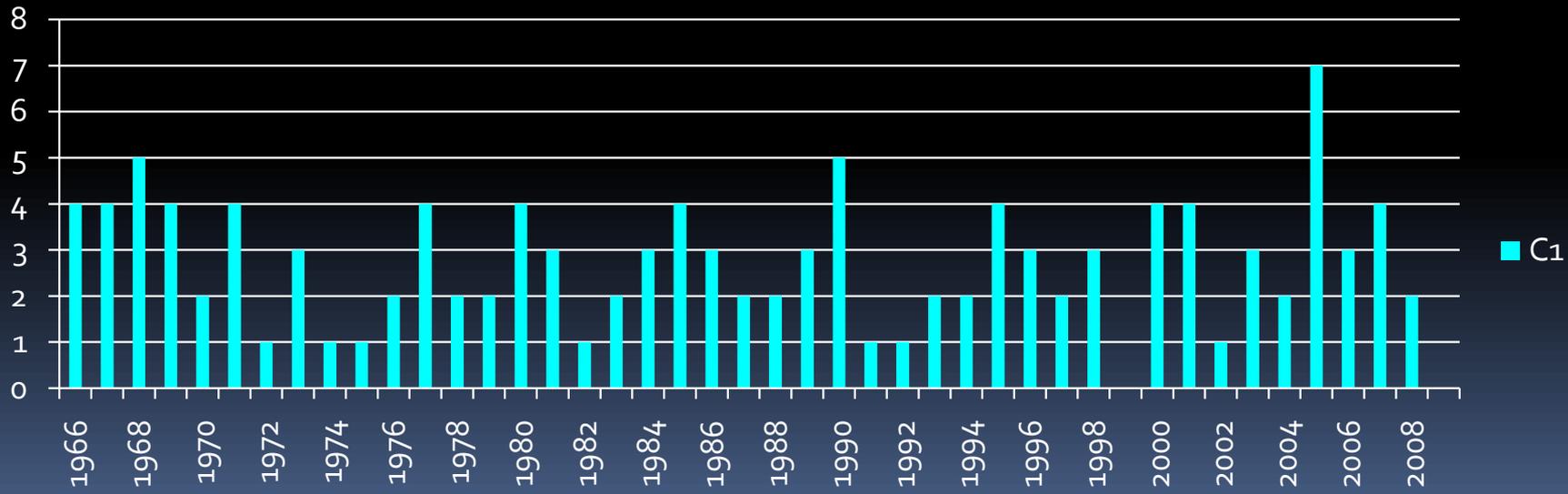
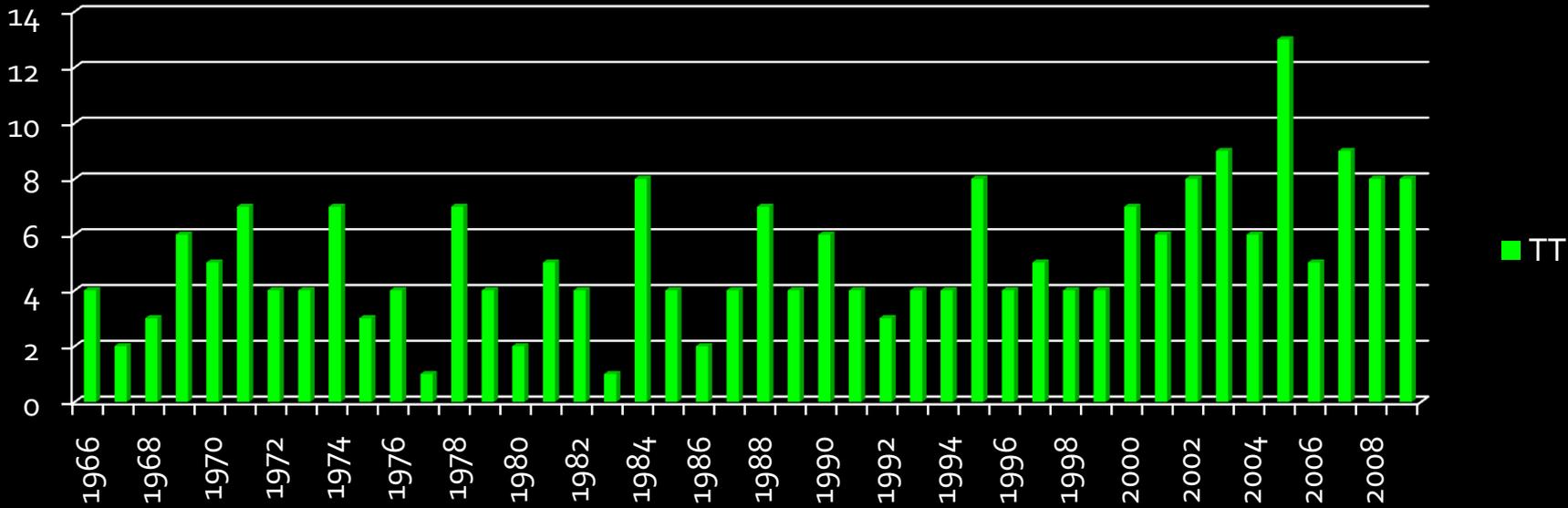


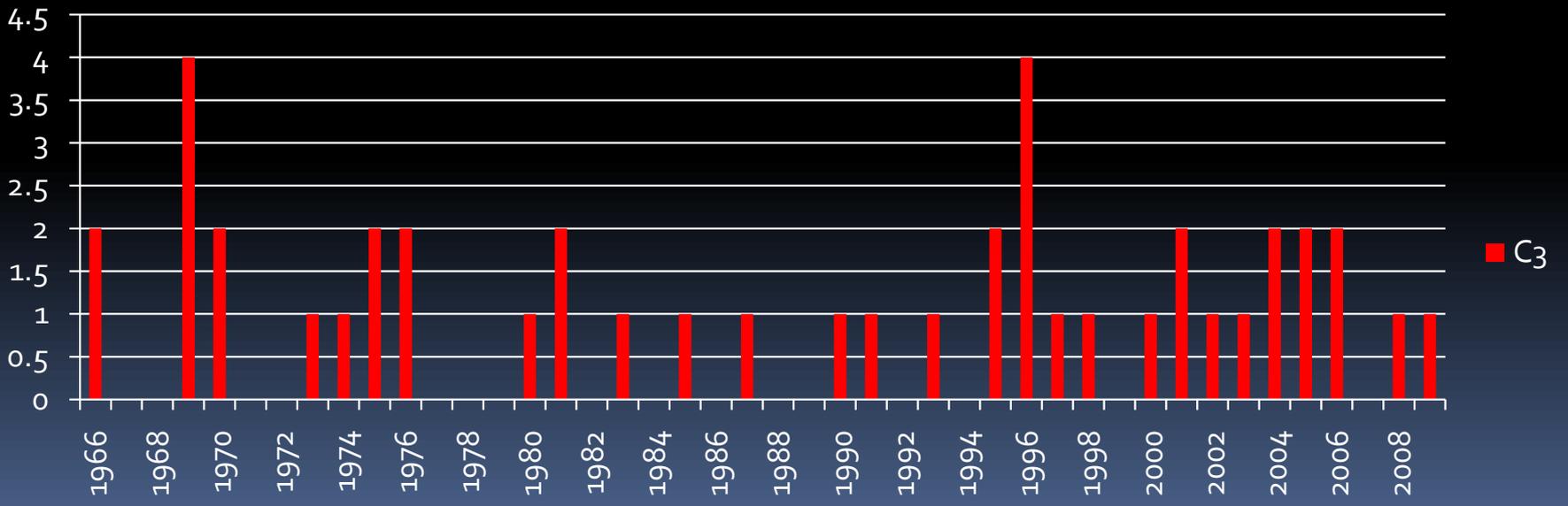
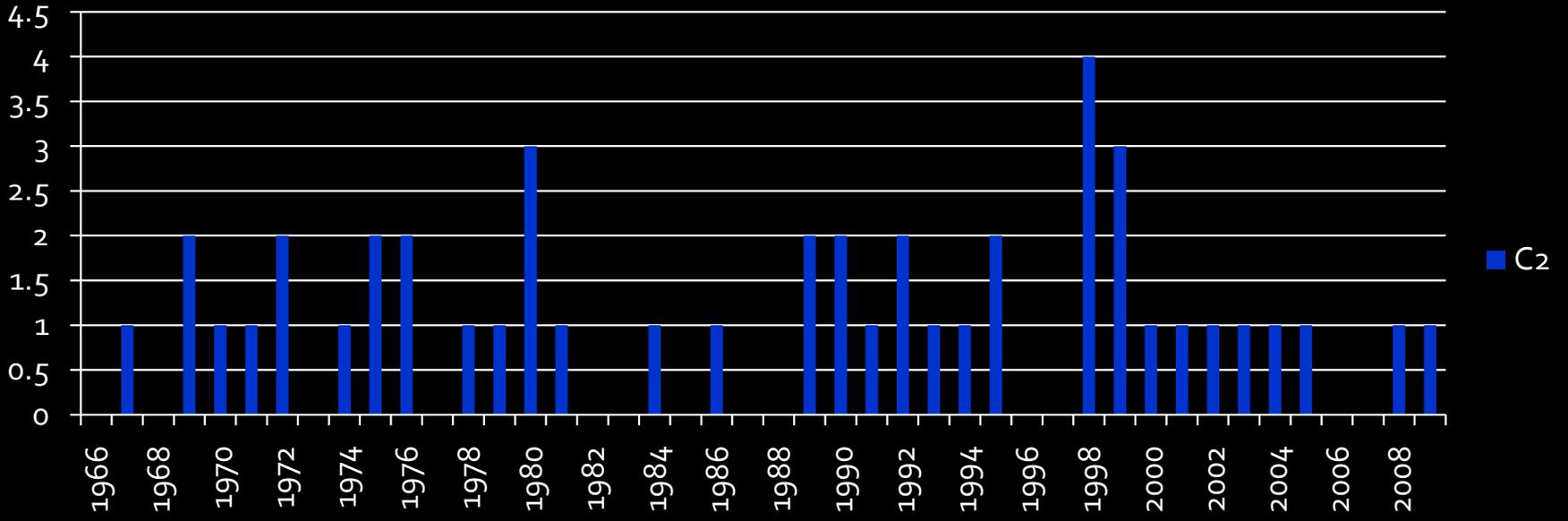


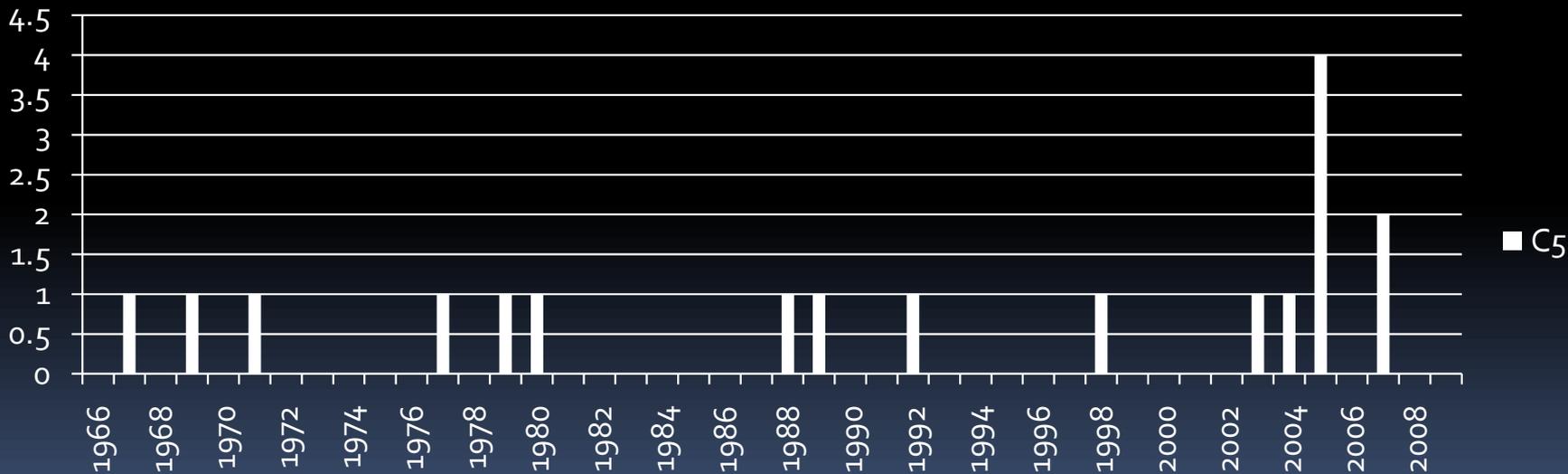
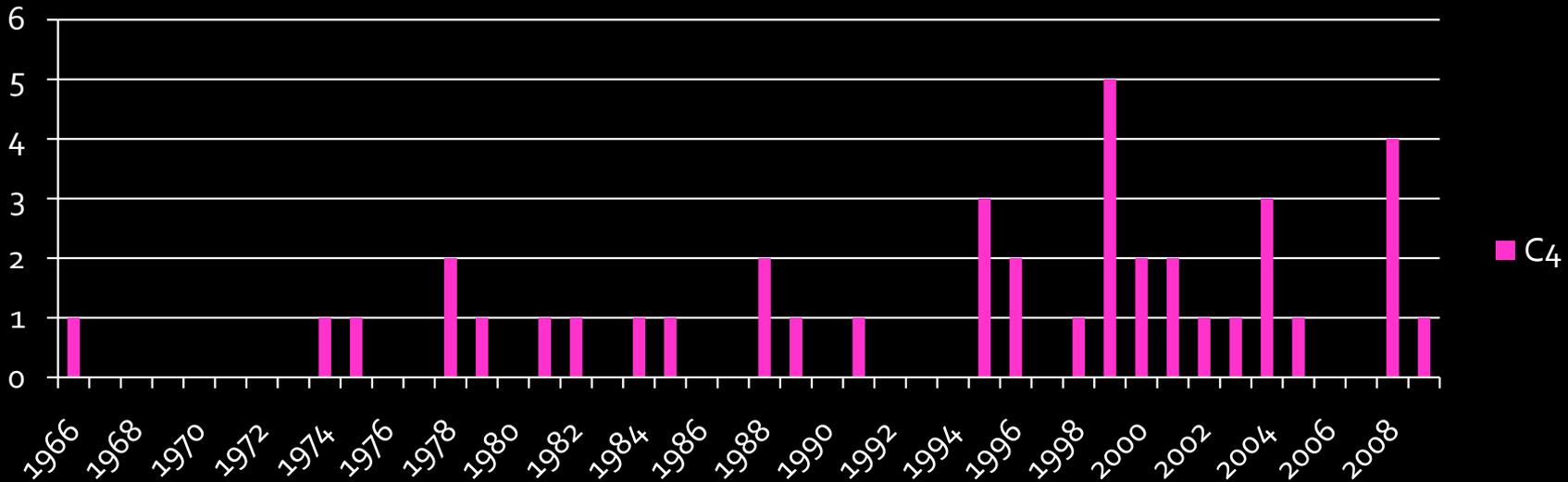
# Actividad ciclónica del Atlántico entre 1966-2009



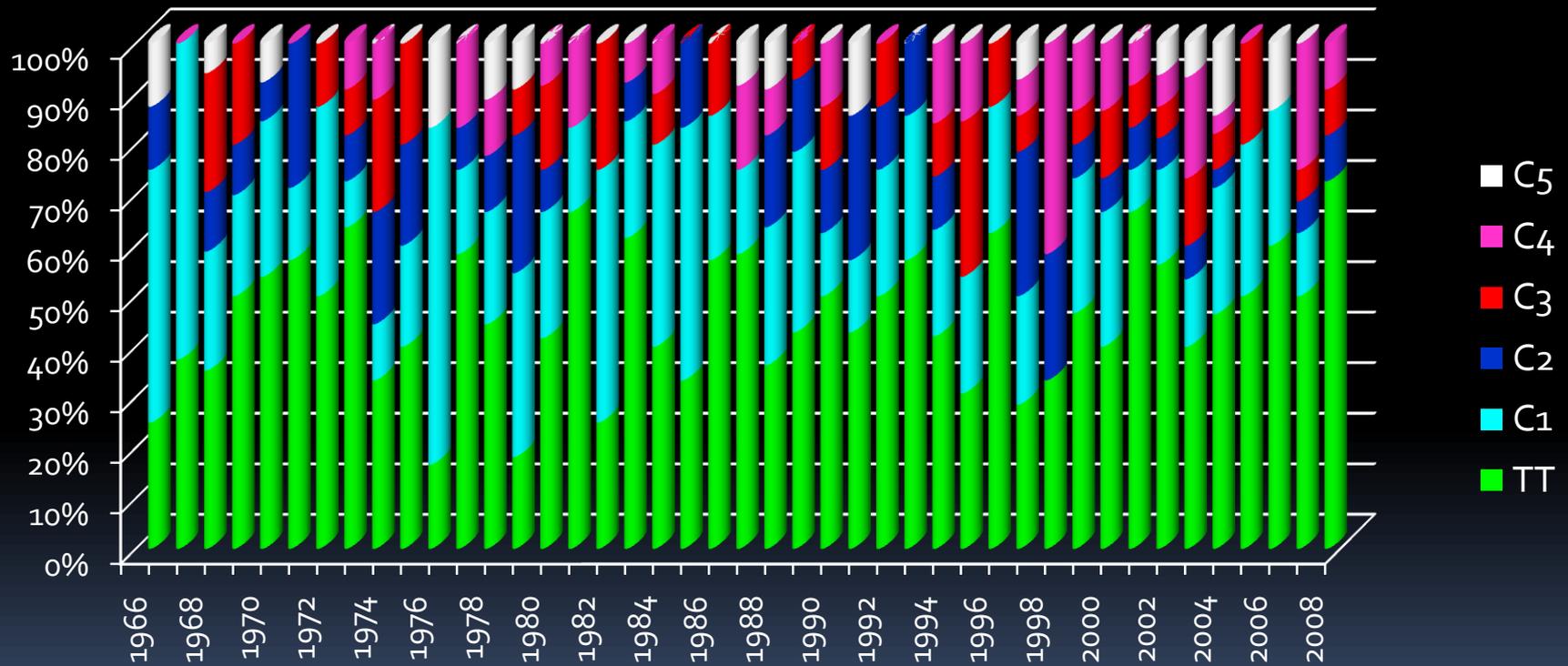
PROMEDIO ANUAL: 11.22



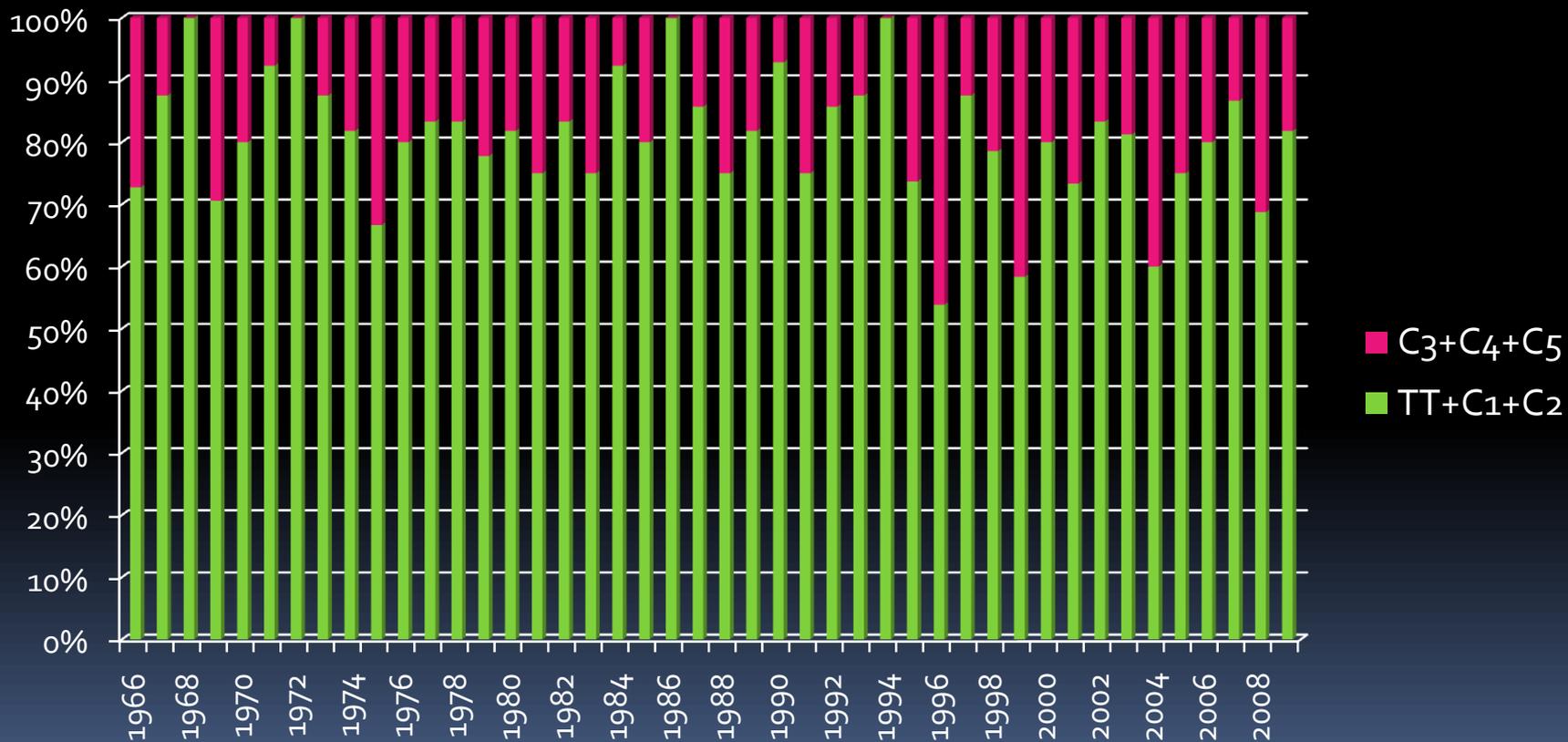




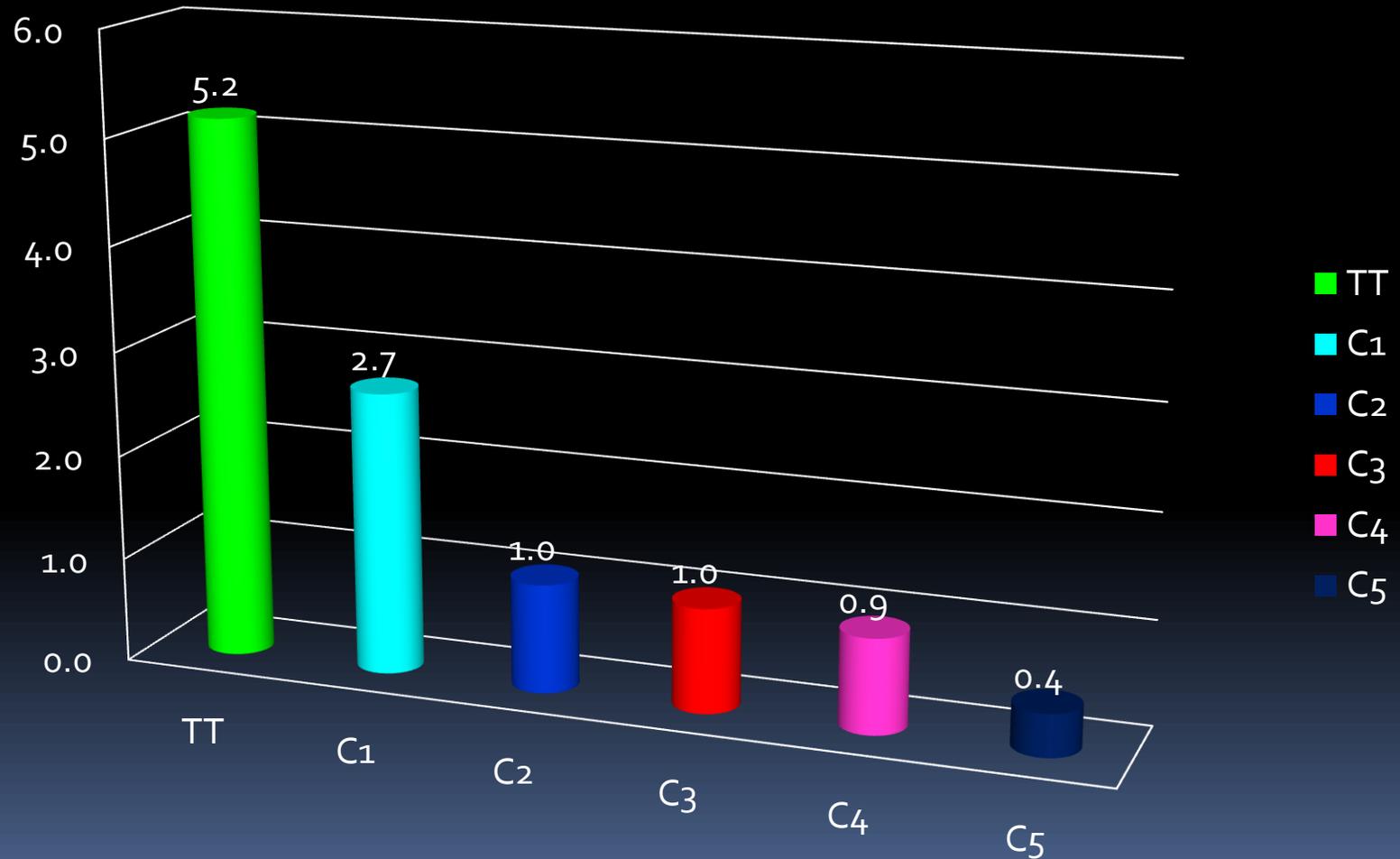
# Proporción de categorías por año



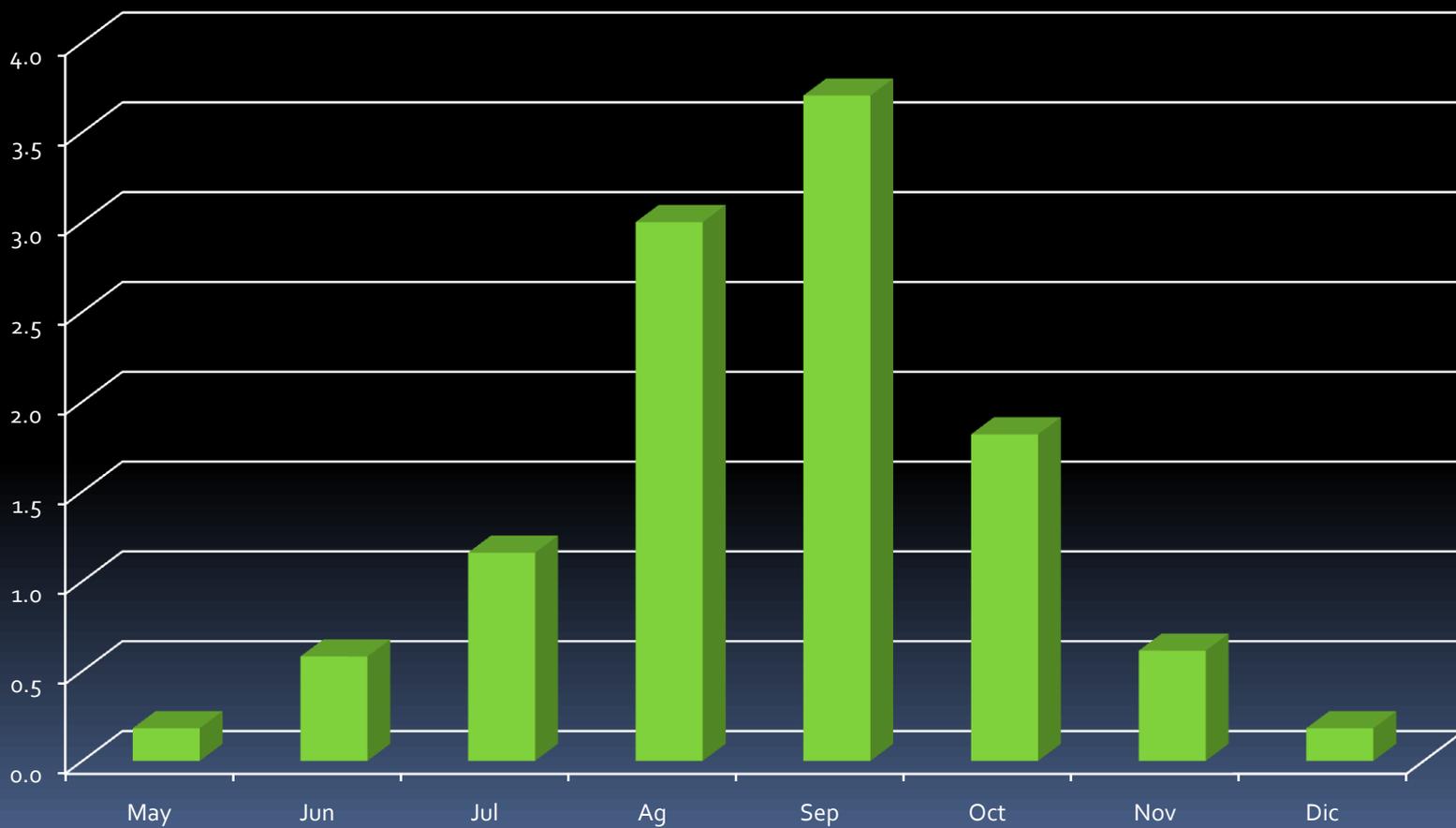
# Proporción de ciclos de baja y alta intensidad



# Promedio por categoría Atlántico



# Promedio mensual



# RELACIÓN DE LOS FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS CON LA ACTIVIDAD CICLÓNICA

## Los fenómenos de El Niño y La Niña y la actividad ciclónica

El Niño es una anomalía en el sistema océano-atmósfera en el Pacífico tropical. Bajo condiciones “normales”, la franja intertropical del Océano Pacífico es recorrida por vientos que se dirigen hacia el oeste, denominados vientos alisios.

Estos vientos acarrearán el agua cálida tropical hacia Indonesia. Ocasionalmente, entre cada tres y siete años, estos vientos alisios no se presentan y el agua cálida, que normalmente es empujada hacia el oeste, puede regresar hacia América del Sur, elevándose la temperatura del mar en la región este del Océano Pacífico alrededor del Ecuador ( $4^{\circ}\text{N}$ - $4^{\circ}\text{S}$ ,  $150^{\circ}\text{W}$ - $90^{\circ}\text{W}$ ).

La contraparte de El Niño se conoce con el nombre de "LA NIÑA" y se presenta en intervalos que van de dos a siete años. Este fenómeno consiste en la presencia de aguas inusualmente frías en el este del Océano Pacífico Ecuatorial y ocurre debido a que los vientos del este se intensifican por arriba de lo normal. Esto aumenta la cantidad de agua fría que emerge en la costa occidental de América del Sur y reduce las temperaturas del agua. Durante La Niña también el nivel del mar varía, siendo 0.5 m mayor para Indonesia que en el Ecuador



Al variar la temperatura oceánica, durante los periodos de El Niño o La Niña, el campo de presión también varía, invirtiéndose el gradiente de presión oeste-este.

Durante El Niño, en el oeste la presión aumenta y en el este disminuye, siendo a la inversa durante La Niña.

De esta forma, cuando la presión medida en Darwin (Australia) , normalmente con presión relativa más baja, se compara con la medida en Tahití, normalmente con presión relativa más alta, la diferencia entre ambas puede usarse para generar un número índice.

Ese índice se denomina SOI (*Southern Oscillation Index*), por eso, al fenómeno del Niño, también se le denomina ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*). Cuando el SOI es positivo, tenemos un evento de La Niña pero cuando el número es negativo tenemos un evento de El Niño.

Las variaciones de presión y temperatura presentes durante los eventos de El Niño y La Niña, generan, además, variaciones en el cizallamiento vertical del viento en la capa superior de la atmósfera, cerca de la región ecuatorial, estas variaciones impactan la actividad ciclónica.

El Niño				
Fecha de inicio (mes/año)	Fecha de finalización (mes/año)	Duración (meses)	Intensidad	Meses más intensos (meses/año)
4/1957	6/1958	15	Moderado	1/1958
7/1963	1/1964	7	Débil	11-12/1963
6/1965	4/1966	11	Moderado	11/1965
11/1968	5/1969	7	Débil	1-2/1969
5/1972	3/1973	11	Fuerte	12/1972
9/1976	2/1977	6	Débil	11-12/1976
9/1977	1/1978	5	Débil	11-12/1977
5/1982	6/1983	14	Fuerte	12/1982-1/1983
8/1986	2/1988	16	Moderado	1/1987, 8-9/1987
5/1991	6/1992	14	Moderado	1/1992
3/1993	7/1993	5	Débil	4-5/1993
4/1994	3/1995	13	Moderado	12/1994
5/1997	4/1998	13	Intenso	11-12/1997
5/2002	3/2003	11	Moderado	11/2002
8/2004	12/2004	5	Débil	11/2004
8/2006	12/2006	5	Moderado	8/2008

# Actividad ciclónica en años El Niño

El Niño						
	Atlántico			Pacífico		
Año	TT+C1+C2	C3+C4+C5	Total	TT+C1+C2	C3+C4+C5	Total
1972	7	0	7	9	5	14
1982	5	1	6	18	5	23
1987	6	1	7	16	4	20
1991	6	2	8	9	5	14
1994	7	0	7	15	5	20
1997	7	1	8	10	9	19
2002	10	2	12	10	5	15
Promedio	6.86	1	7.85	12.42	5.42	17.8
Porcentaje	87	13	100	70	30	100

## La Niña

Fecha de inicio (mes/año)	Fecha de finalización (mes/año)	Duración (meses)	Intensidad	Meses más intensos (meses/año)
1/1950	3/1951	3	Moderado	1/1950
4/1954	1/1956	22	Fuerte	11/1955
9/1961	4/1962	8	Débil	9-10/1961
4/1964	2/1965	11	Moderado	10-11/1964
10/1967	4/1968	7	Débil	2/1968
7/1970	1/1972	7	Moderado	1-2/1971
5/1973	7/1974	15	Fuerte	12/1973
9/1974	6/1976	22	Moderado	12/1975
9/1983	1/1984	5	Débil	11/1983
12/1984	6/1985	7	Moderado	12/1984
7/1988	5/1989	11	Moderado	11-12/1989
9/1995	3/1996	7	Moderado	12/1995-1/1996
7/1998	6/2000	24	Moderado	1/1999,12/1999-1/2000
10/2000	2/2001	5	Débil	11/2000-1/2001
12/2005	2/2006	3	Moderado	1/2006

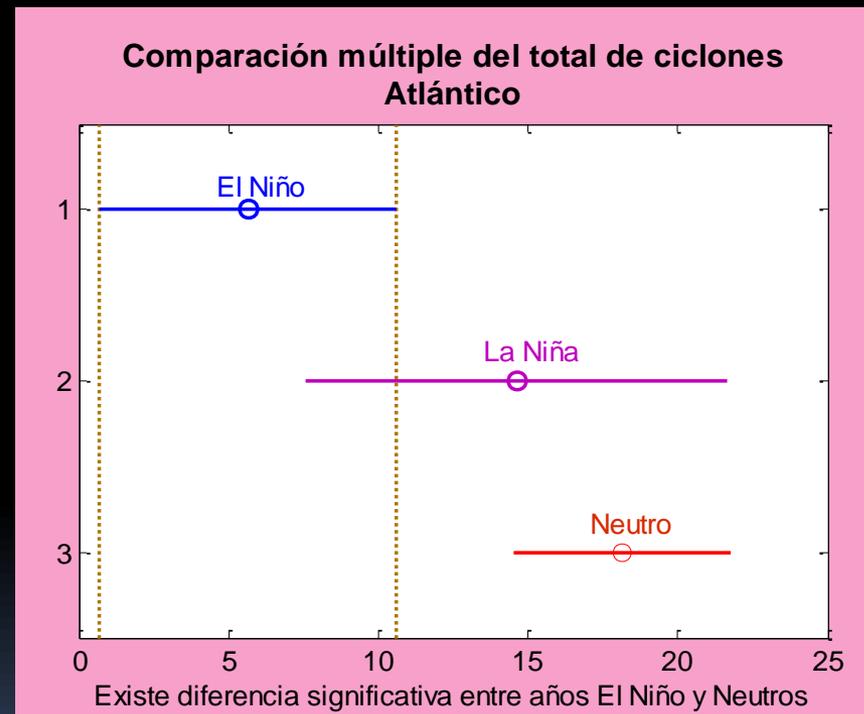
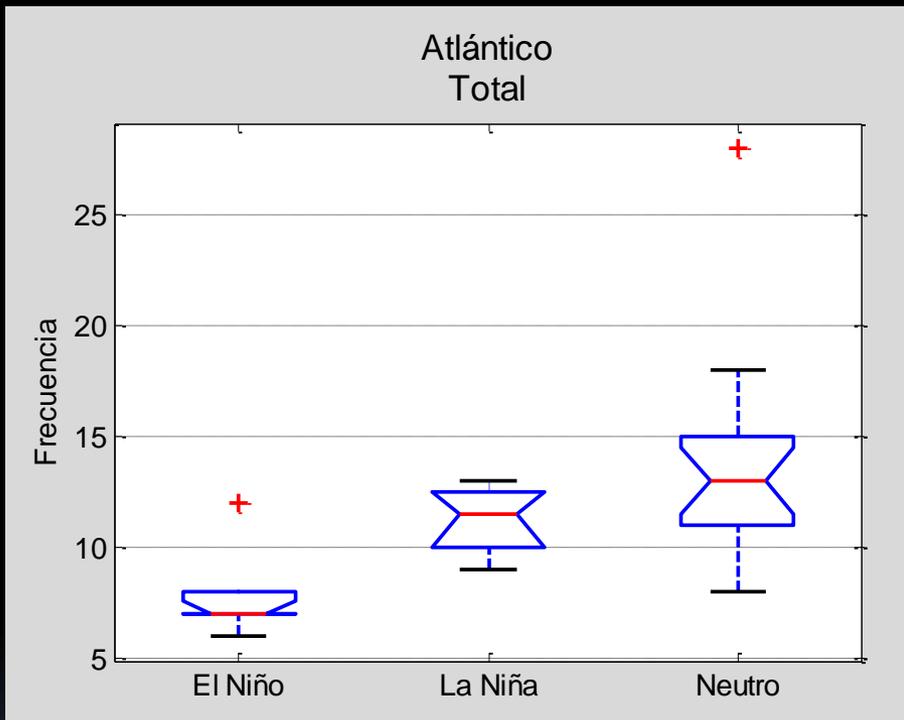
# Actividad ciclónica en años La Niña

La Niña						
Año	Atlántico			Pacífico		
	TT+C1+C2	C3+C4+C5	Total	TT+C1+C2	C3+C4+C5	Total
1971	12	1	13	12	6	18
1973	10	1	11	9	3	12
1975	6	3	9	13	4	17
1999	7	5	12	7	2	9
Promedio	8.75	2.5	11.25	10.25	3.75	14
Porcentaje	77	23	100	73	27	100

# Actividad ciclónica en años Neutros

Años Neutros						
		Atlántico			Pacífico	
Año	TT+C1+C2	C3+C4+C5	Total	TT+C1+C2	C3+C4+C5	Total
1966	8	3	11	13	0	13
1967	7	1	8	16	1	17
1968	8	0	8	18	0	18
1969	13	5	18	10	0	10
1978	10	2	12	12	7	19
1979	7	2	9	6	4	10
1980	9	2	11	11	3	14
1981	9	3	12	14	1	15
1984	12	1	13	14	7	21
1989	9	2	11	13	4	17
1990	13	1	14	15	6	21
1996	7	6	13	7	2	9
2000	12	3	15	17	2	19
2001	11	4	15	13	2	15
2003	13	3	16	16	0	16
2004	9	6	15	9	3	12
2005	21	7	28	13	2	15
Promedio	10.47	3	13.47	12.76	2.58	15.35
Porcentaje	78	22	100	83	17	100

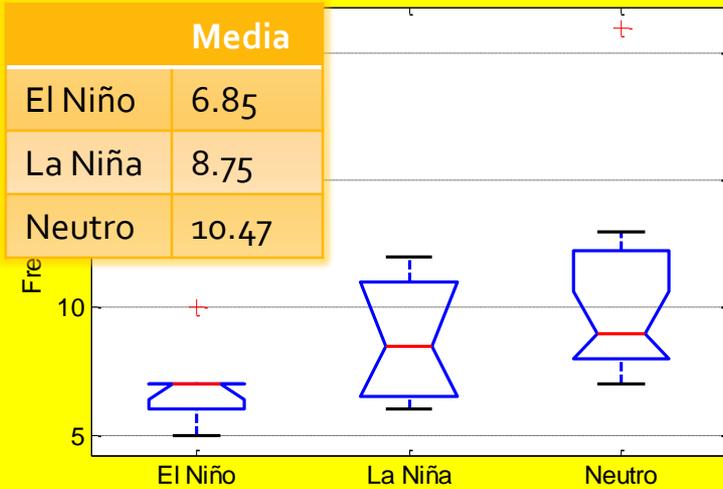
# Comparación de la actividad ciclónica Años El Niño, La Niña y Neutro Atlántico



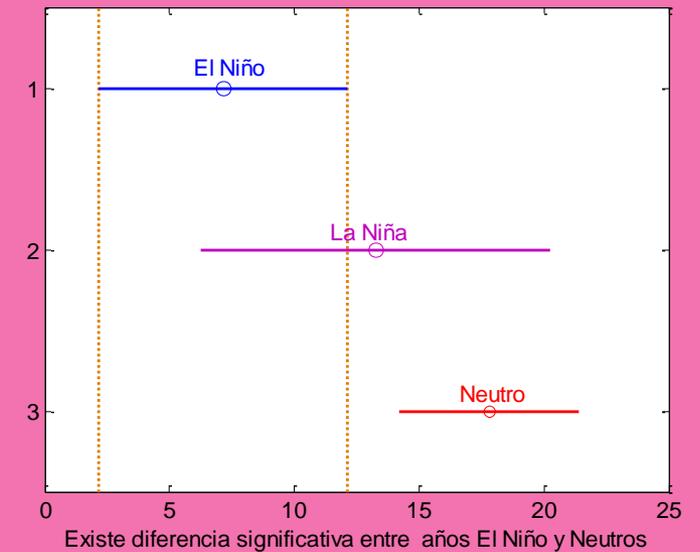
	Media
El Niño	7.85
La Niña	11.25
Neutro	13.47

KRUSKALWALLIS ( $\alpha=.05$ )

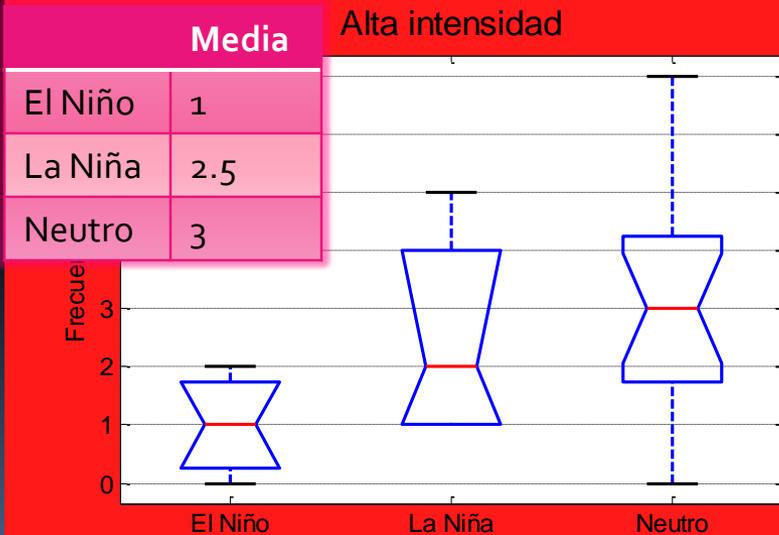
### Atlántico Baja Intensidad



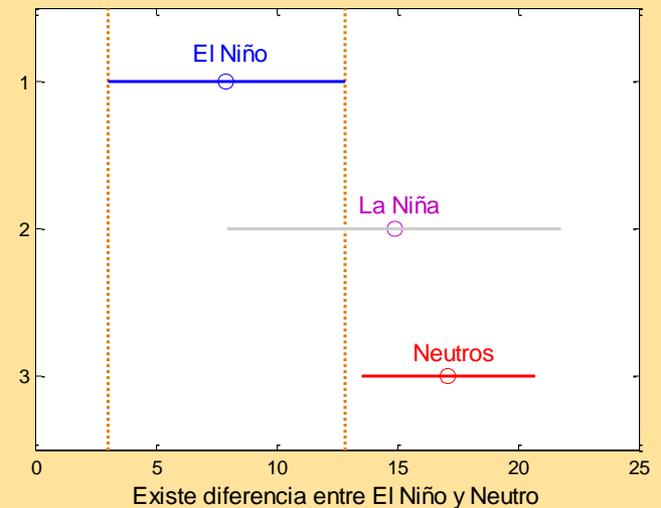
### Comparación múltiple entre ciclones de baja intensidad para el Atlántico



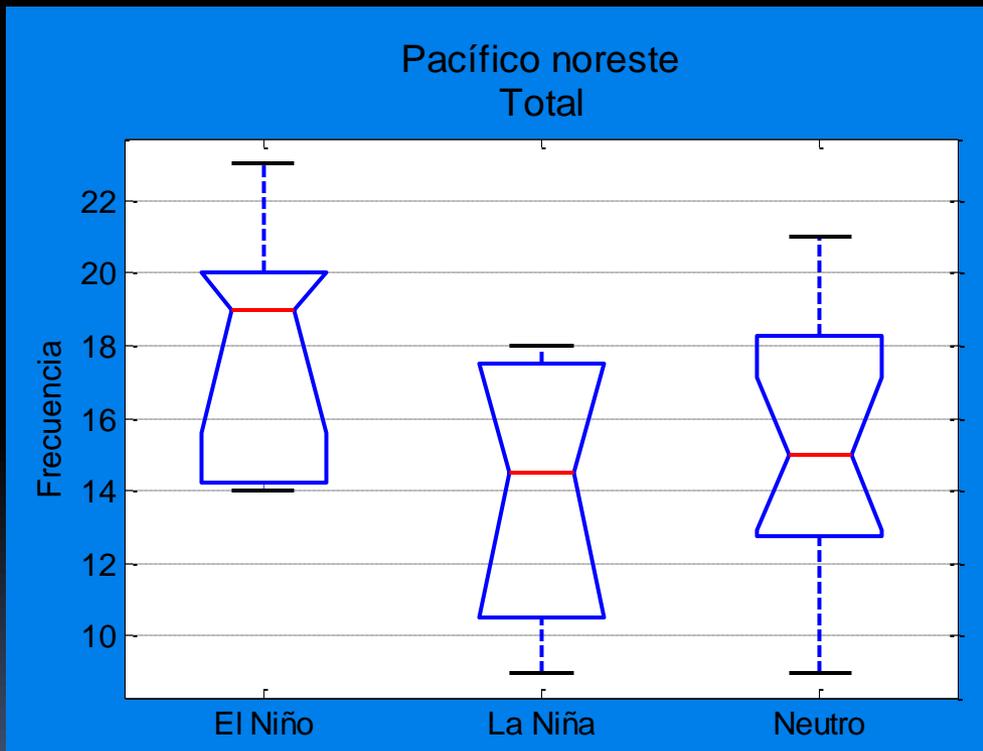
### Atlántico Alta intensidad



### Comparación múltiple para ciclones de alta intensidad Atlántico



# Comparación de la actividad ciclónica Años El Niño, La Niña y Neutro Pacífico noreste

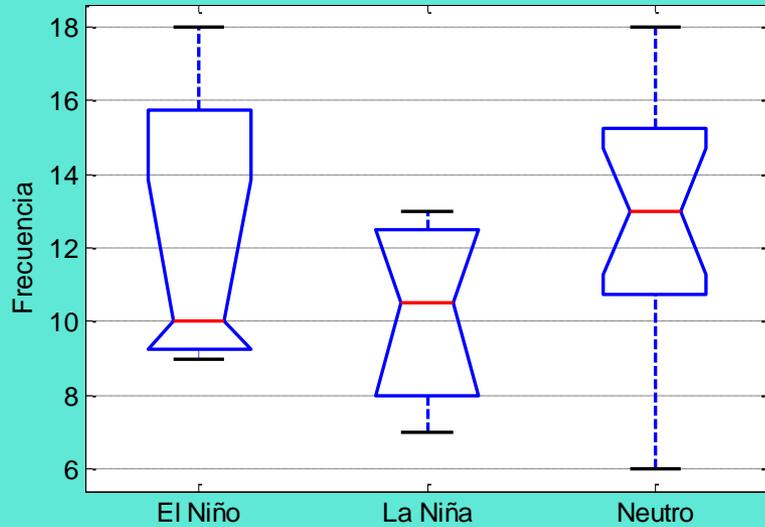


	Media
El Niño	17.5
La Niña	14
Neutro	15.35

No hay diferencia  
significativa

KRUSKALWALLIS ( $\alpha=.05$ )

Pacífico noreste  
Baja Intensidad

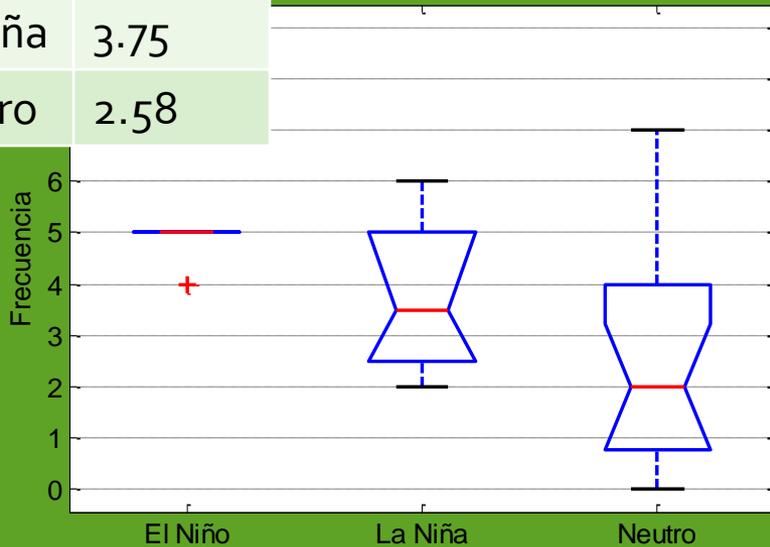


Media	
El Niño	12.42
La Niña	10.25
Neutro	12.76

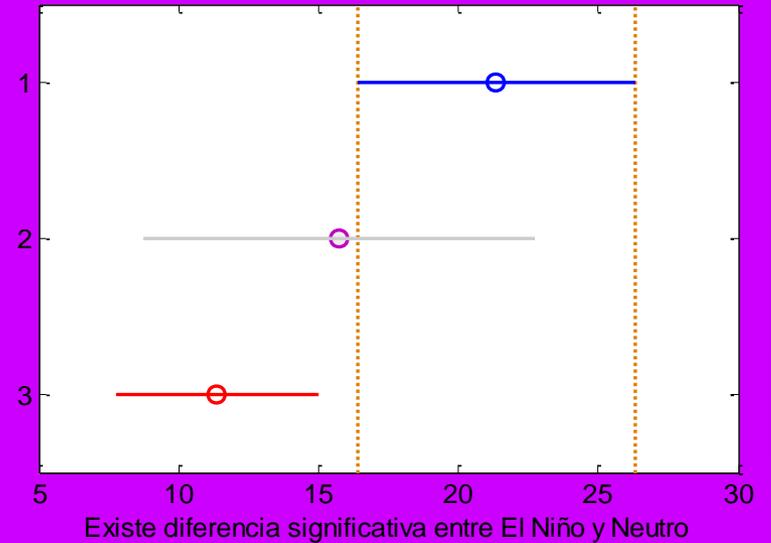
No hay diferencia significativa

Media	
El Niño	7.85
La Niña	3.75
Neutro	2.58

Alta intensidad  
Pacífico noreste



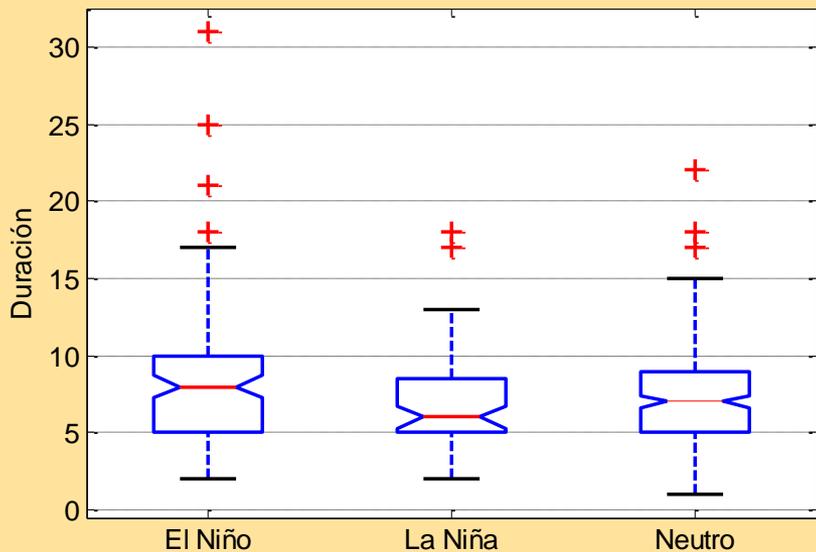
Comparación múltiple  
Ciclones de alta intensidad  
Pacífico noreste



KRUSKALWALLIS ( $\alpha=.05$ )

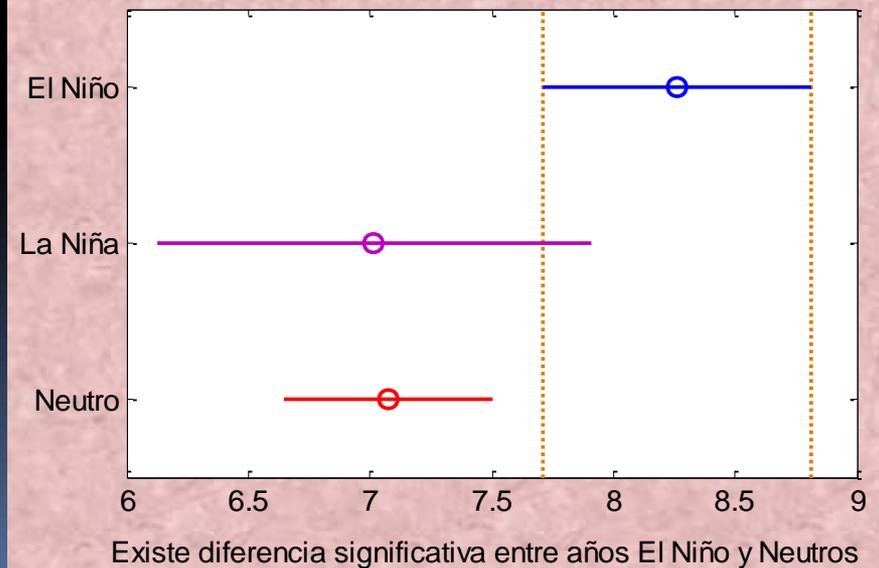
# Duración de los ciclones tropicales del Pacífico noreste durante años El Niño, La Niña, Neutros.

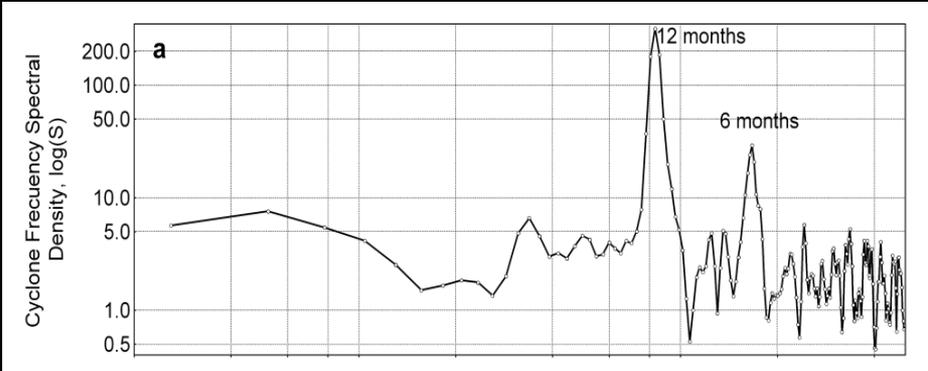
Duración de los ciclones tropicales del Pacífico noreste durante años El Niño, La Niña y Neutros



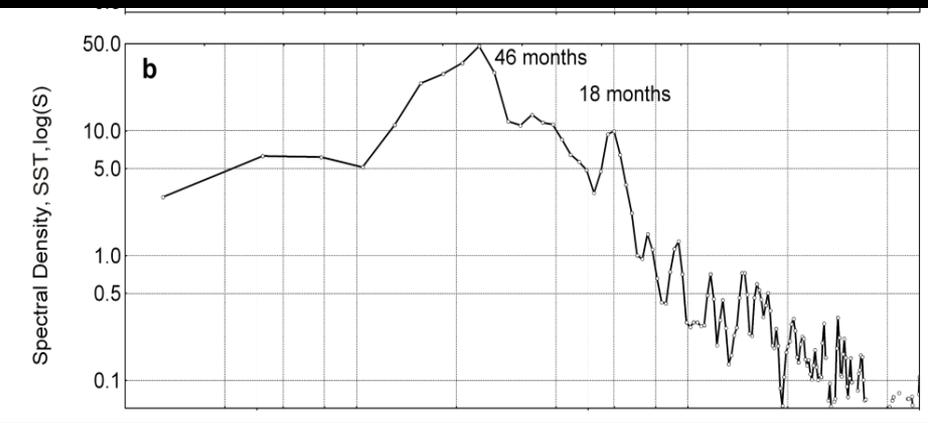
	Duración
El Niño	8.28
La Niña	7.01
Neutro	7.07

Comparación múltiple entre la duración de ciclones en años El Niño, La Niña y Neutros

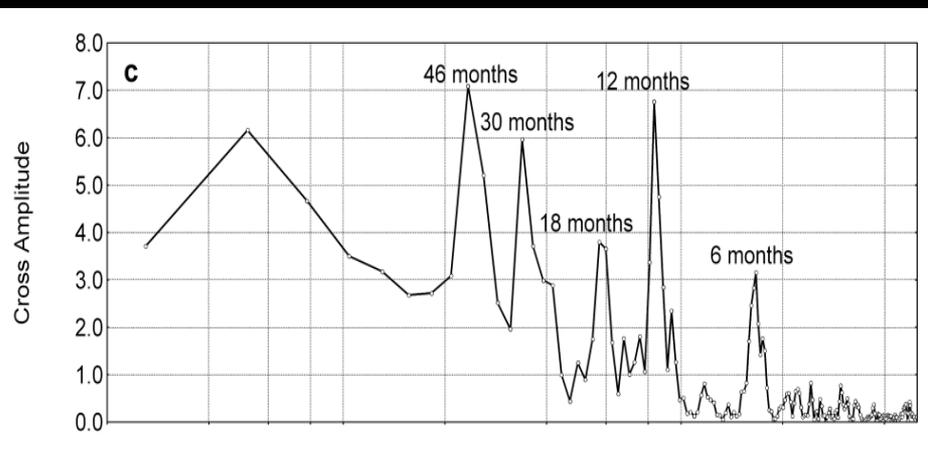




Mediante un análisis espectral de la frecuencia de ciclones del Pacífico noreste se pueden observar una periodicidad de 6 y 12 meses.

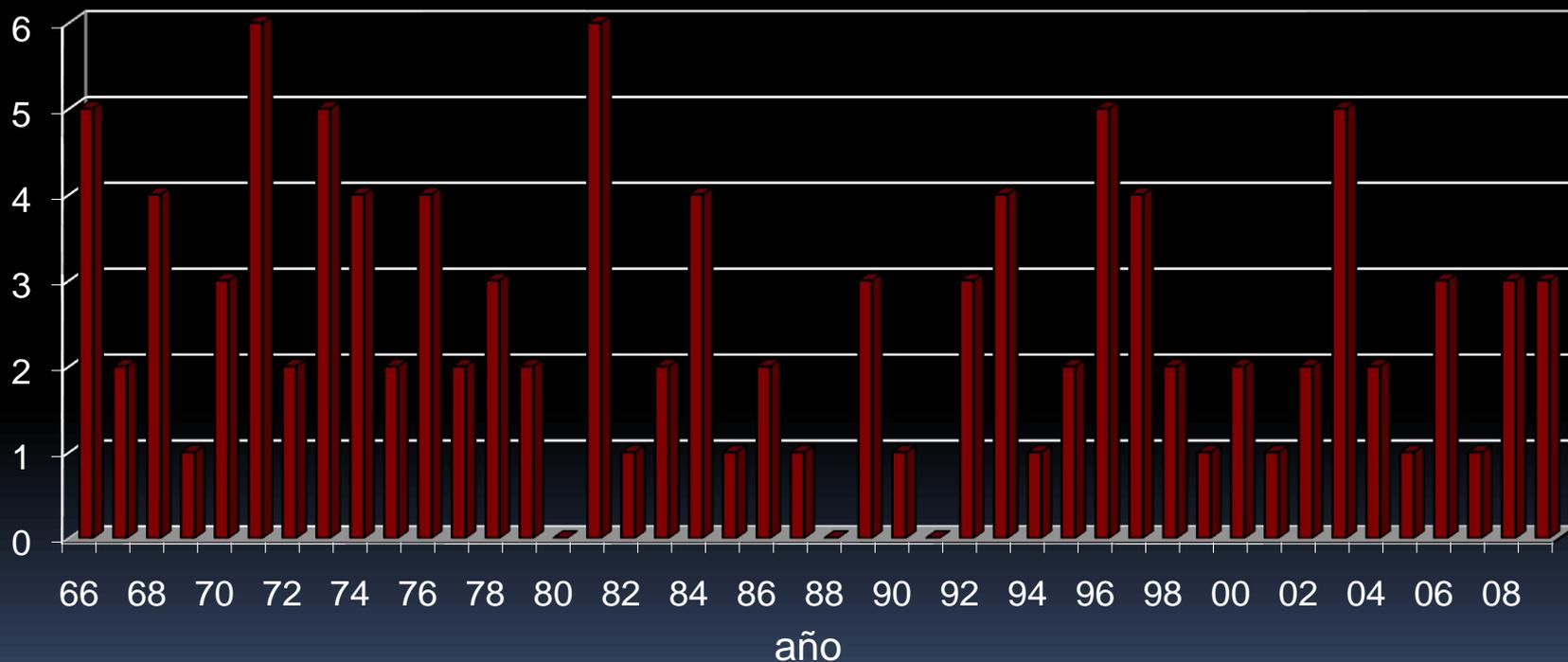


Esta periodicidad no se observa en el análisis espectral de las anomalías de la temperatura (SST), en el cual se observa una periodicidad bianual y otra de 18 meses.

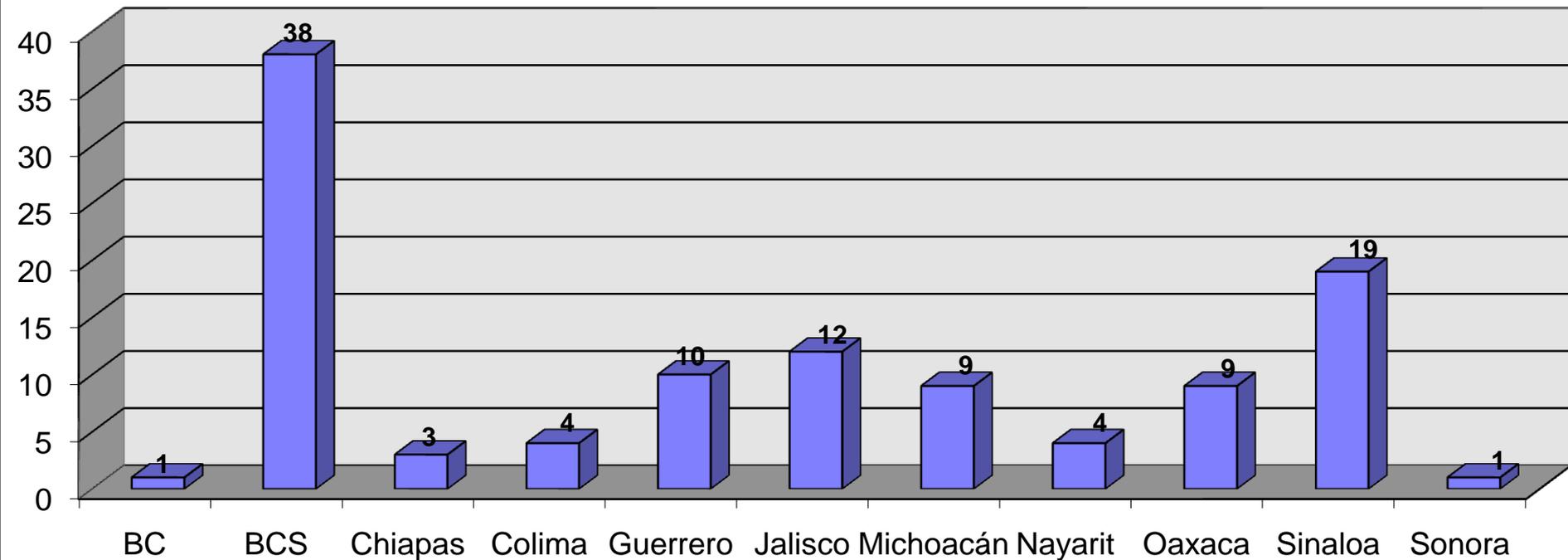


La amplitud cruzada entre estas series muestra una periodicidad conjunta de 6,12, 18,30 y 46 meses.

# EL IMPACTO EN MÉXICO DE LOS CICLONES TROPICALES DEL PACÍFICO NORESTE



Número de ciclones que han tocado tierra en México entre 1966 y 2006. (110 ciclones han tocado tierra)



Número de huracanes que han tocado tierra en México por estado (1966-2009)

# Huracanes del Pacífico Noreste, que han causado mayor número de muertos

Mes y Año	Nombre del ciclón	Categoría de impacto	Decesos	Lugar
Octubre, 1959	México	5	1500	Colima
Septiembre, 1982	Paul	DT	1000	El Salvador
Octubre, 1976	Liza	4	630	BCS
Noviembre, 1961	Tara	1	436	Guerrero
Octubre, 1997	Paulina	4	250	Guerrero, Oaxaca
Septiembre, 1995	Ismael	1	150	Sinaloa, BCS, Sonora





Ciclones de baja intensidad han causado importante número de muertos, debido principalmente a las fuertes precipitaciones y al establecimiento de viviendas en zonas de riesgo, las cuales son arrasadas al desbordarse los arroyos; así como a la falta de programas de protección civil.

Únicamente 9 de los 103 huracanes que han tocado tierra en México de 1966 a 2006, han arribado con categorías superiores a la 3.

### Olivia (1967)



Categoría de arribo: 3  
Lugar: Mulegé  
Fecha: 14 de octubre de 1967

### Olivia (1975)



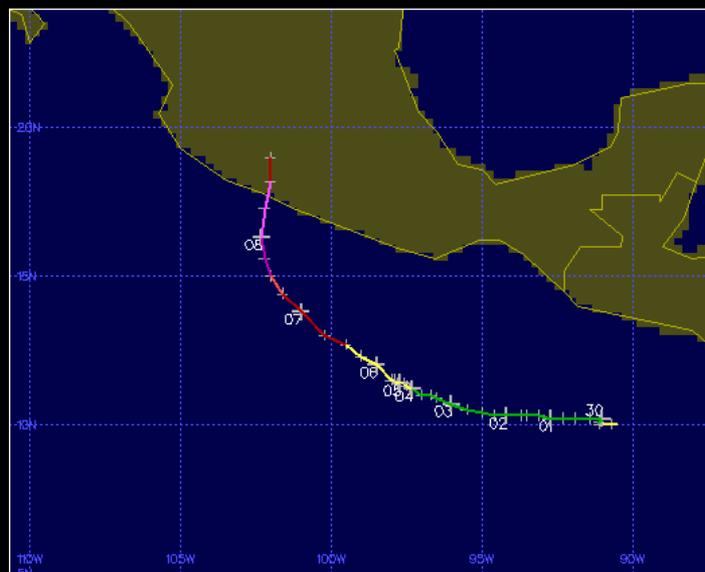
Categoría de arribo: 3  
Lugar: Villa Unión, Sinaloa  
Fecha: 23 de octubre de 1975  
Saldo: 29 muertos

## Liza (1976)



Categoría de arribo: 4  
Lugar: Los Mochis, Sinaloa.  
Fecha: 1 de octubre de 1976.  
Saldo: 600 muertos en La Paz

## Madeline (1976)



Categoría de arribo: 4  
Lugar: Zihuatanejo, Guerrero  
Fecha: 8 de octubre de 1976.  
Saldo: 2 muertos en Chilpancingo  
Guerrero

## Tico (1983)



Categoría de arribo: 3  
Lugar: Mazatlán, Sinaloa  
Fecha: 18 de octubre de 1983.  
Saldo: 114 muertos, 25000  
personas sin hogar

## Kiko (1989)



Categoría de arribo: 3  
Lugar: La Ribera, Baja California Sur  
Fecha: 27 de agosto de 1989

## Paulina (1997)



Categoría de arribo: 4  
Lugar: Guerrero  
Fecha: 9 de octubre de 1997.  
Saldo: 400 muertos, 400000 damnificados

## Kena (2002)



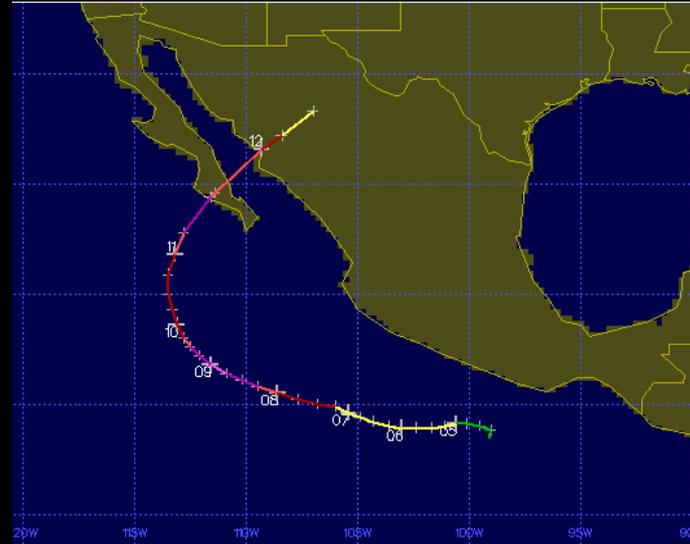
Categoría de arribo: 4  
Lugar: Puerto Vallarta, Jalisco  
Fecha: 25 de octubre de 2002.  
Saldo: 1 muerto, 40 heridos y miles de damnificados.

Lane (2006):



Categoría de arribo: 3  
Lugar: El Dorado, Sinaloa  
Fecha: 17 de octubre de 2006.  
Saldo: 1 muerto.

Norbert (2008):



Categoría de arribo: 3  
Lugar: Santa Fe, BCS  
Fecha: 11 de octubre de 2008.  
Saldo: 300 damnificados