Ingeniería Civil Oceánica

Universidad de Valparaíso CHILE

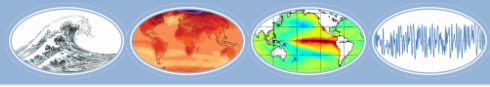
Estudio no estacionario de clima medio de oleaje en la costa central de Chile

Mauricio Molina Pereira

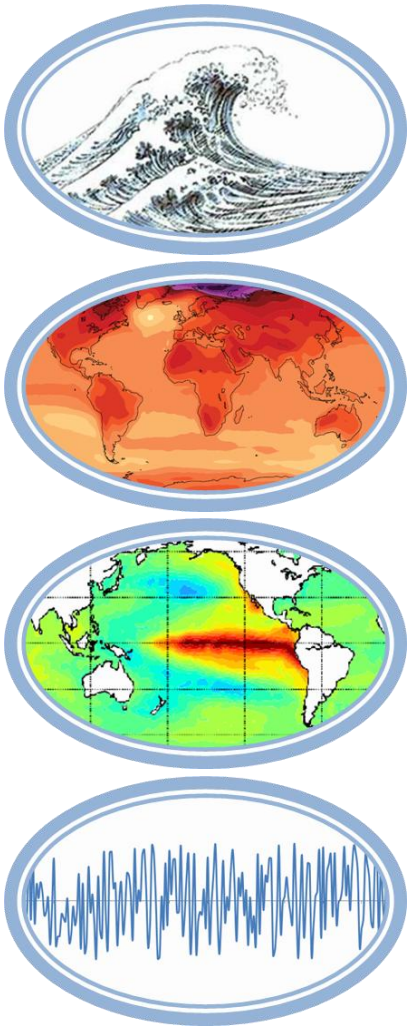
Licenciado en ciencias de la ingeniería

Diplomado en ingeniería Marítima

Contenidos

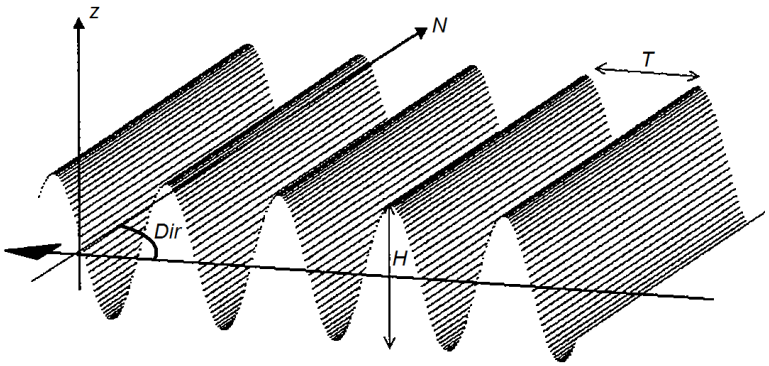


- Introducción
- El oleaje en la ingeniería marítima
- La condición estacionaria
- El Calentamiento Global
- El Niño - Oscilación Sur (ENOS)
- Influencias en el viento
- Estudio de oleaje no estacionario
- Resultados: Influencias en el oleaje
- Pronóstico de oleaje a 25 años
- Conclusiones
- Recomendaciones



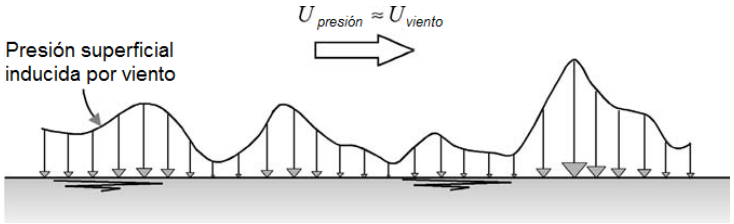
Introducción

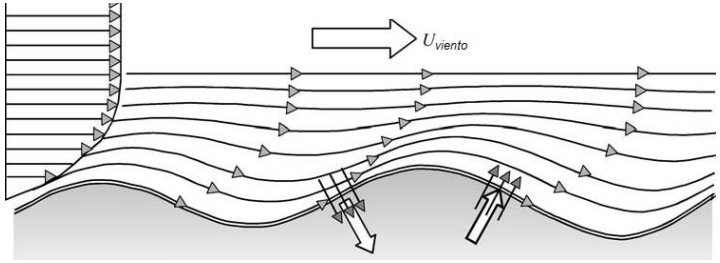
Caracterización

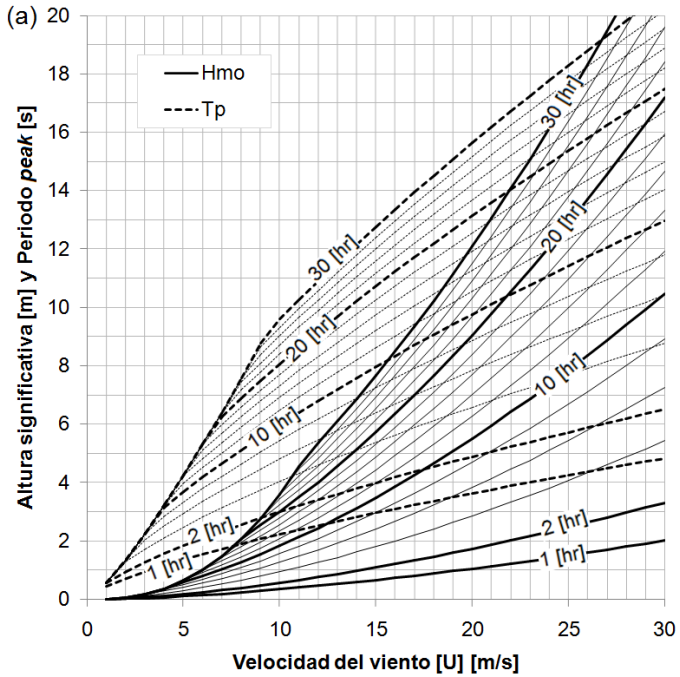


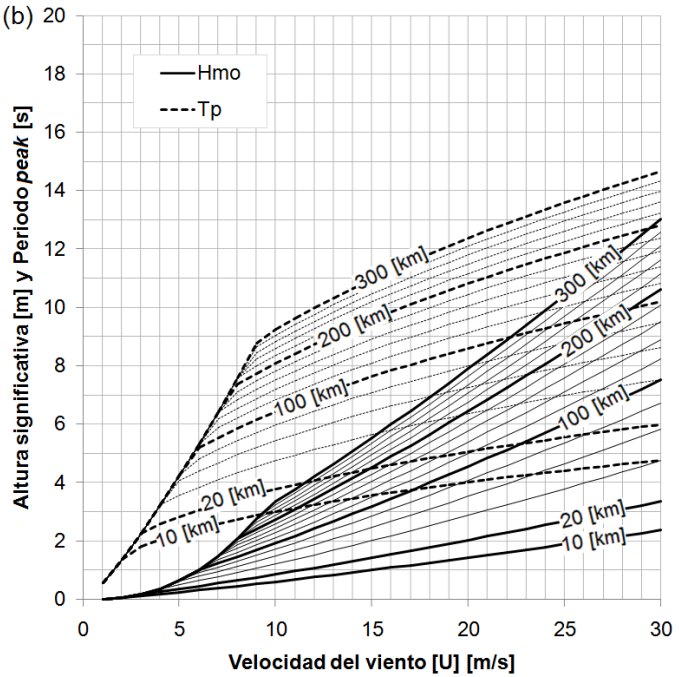
Fuente: UNICAN 2000, Elaboración propia

Generación

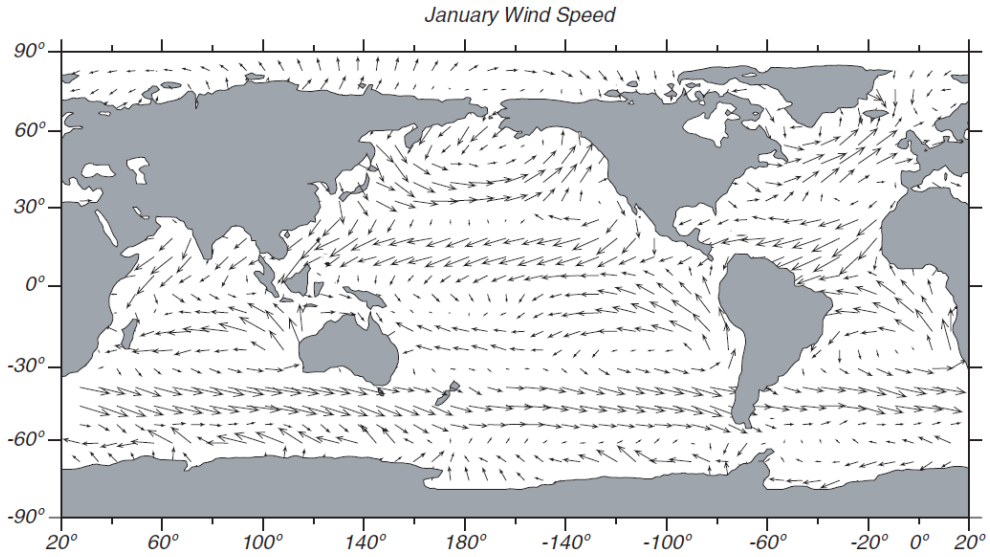


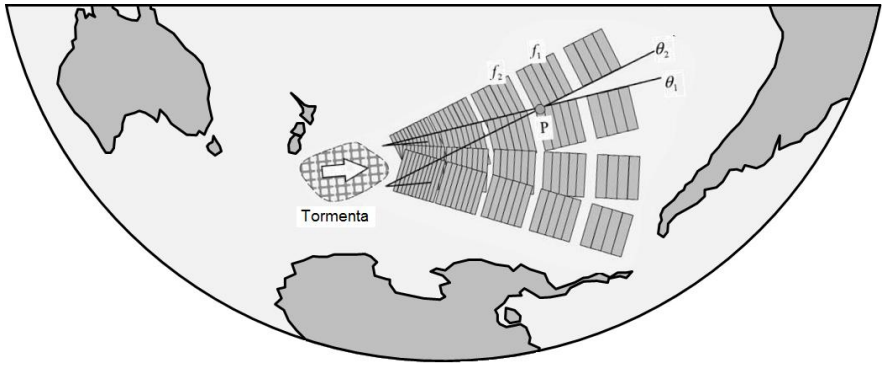


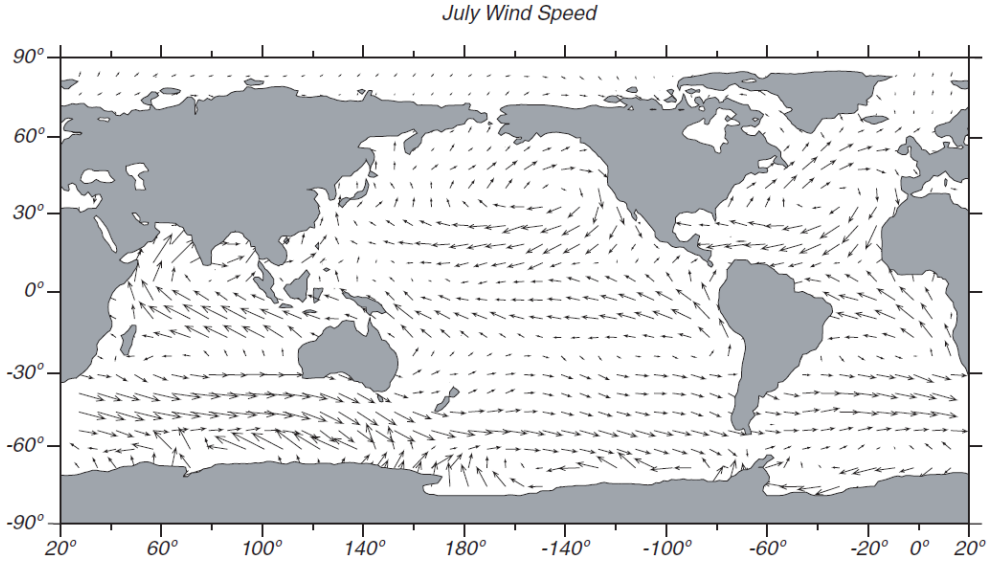


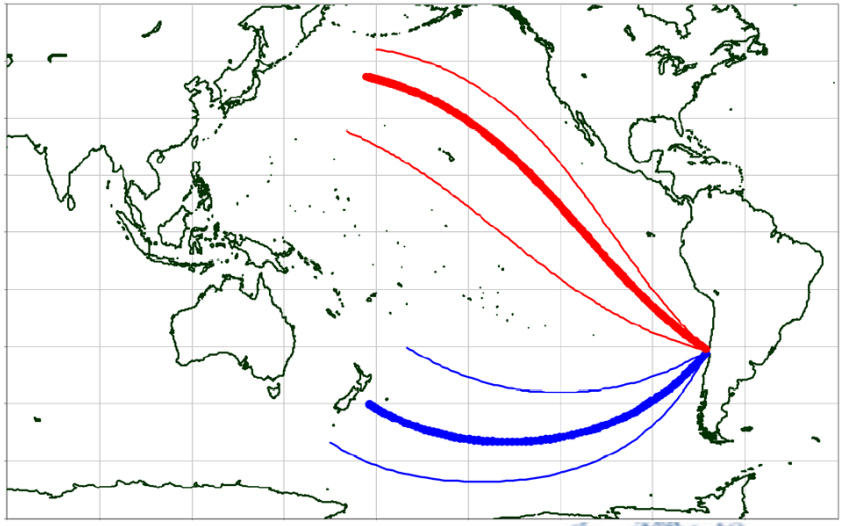


Fuente: Holthuijsen 2007, Elaboración propia en base a UNICAN 2000



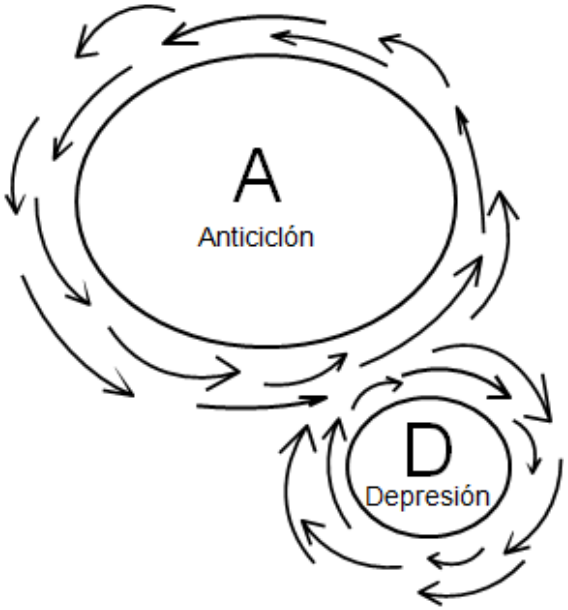


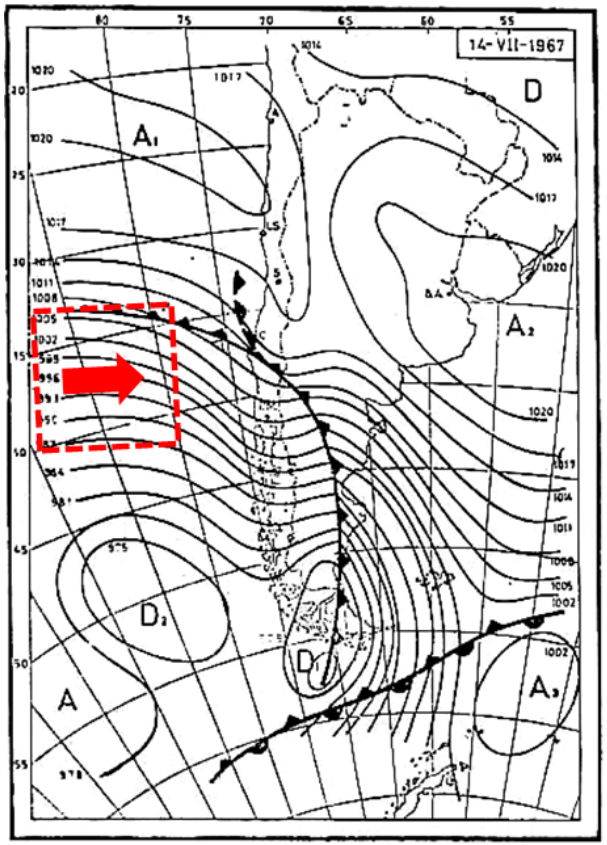


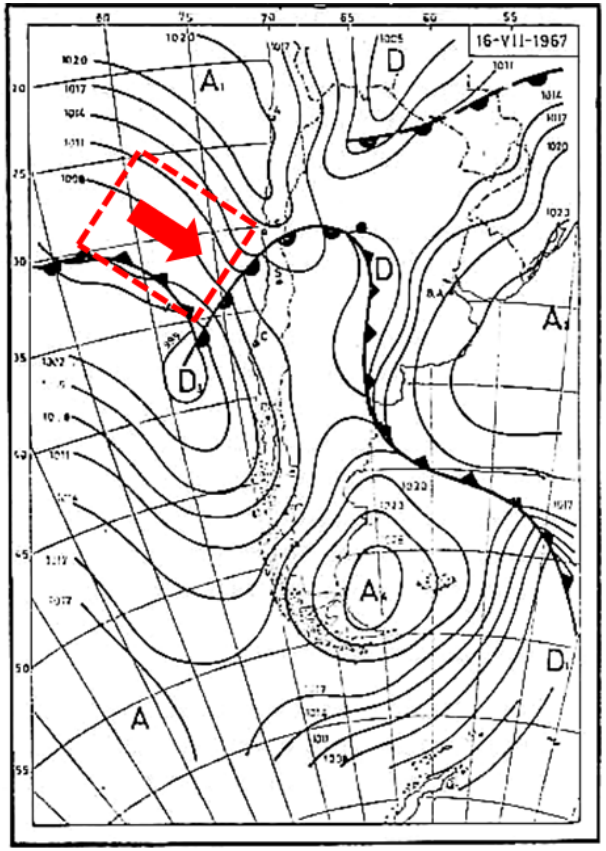


Fuente: Stewart 2006, Holthuijsen 2007, OCEANOR 2008

Generación local

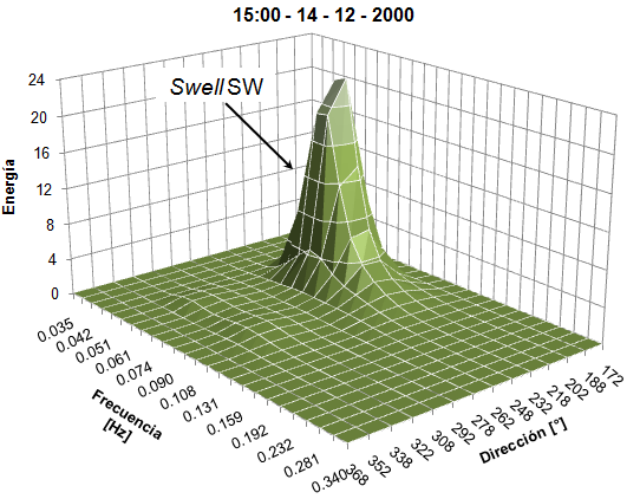


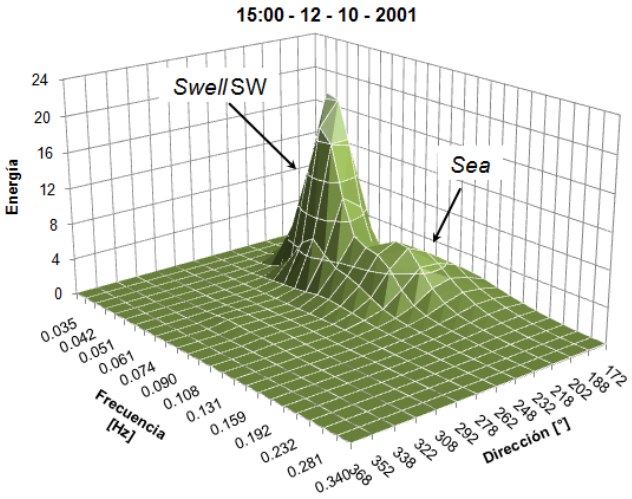


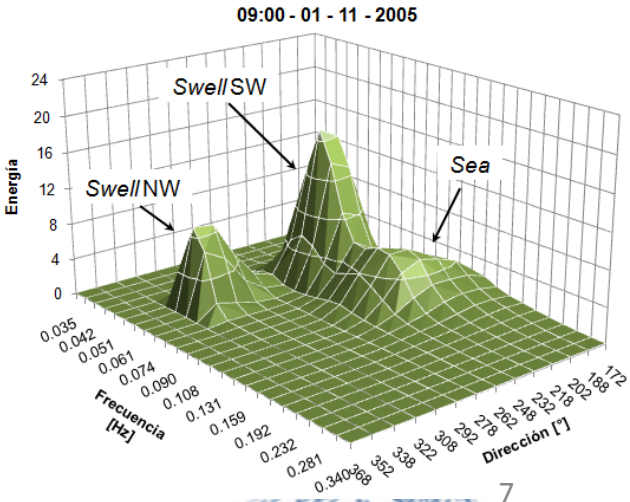


Fuente: Schneider SF, Elaboración propia

Clasificación



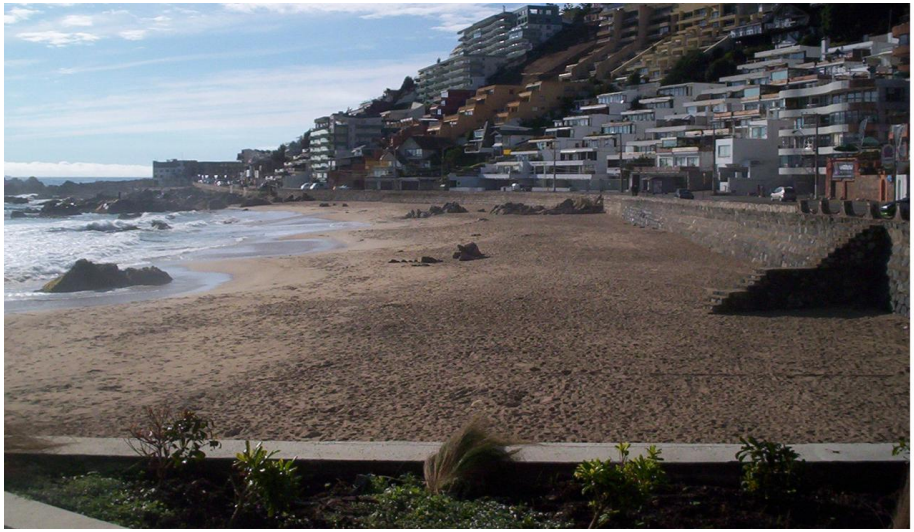


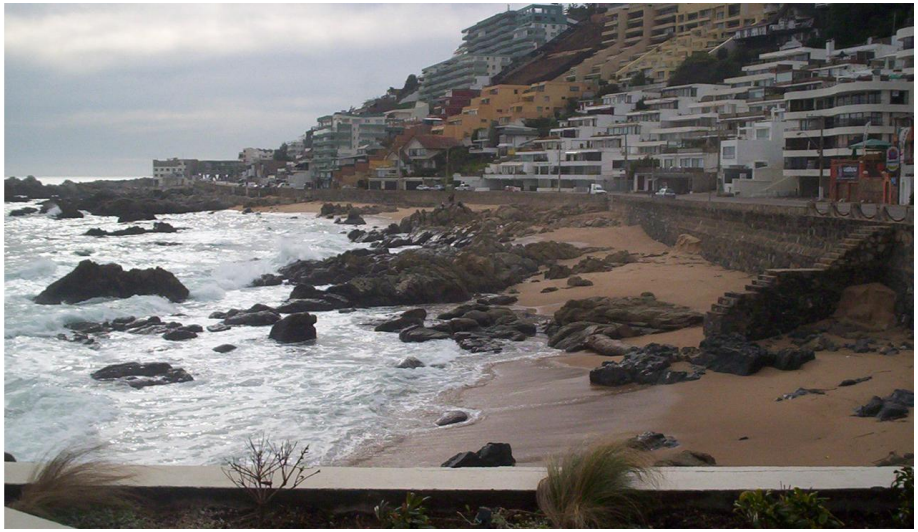


Fuente: Silva 2005, Elaboración propia

El oleaje en la costa

El Oleaje
en la ingeniería marítima

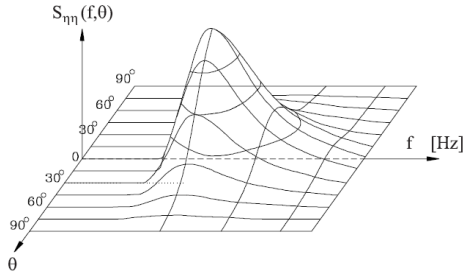


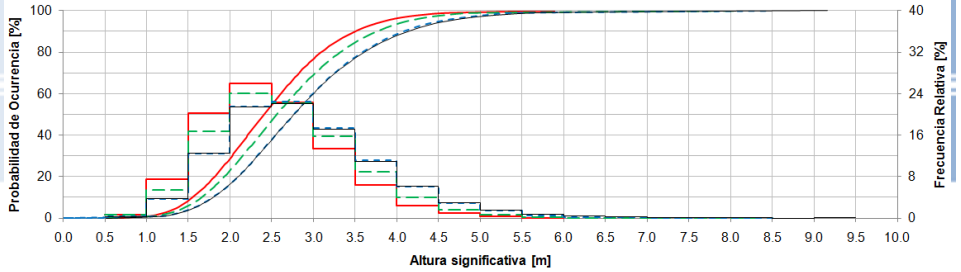


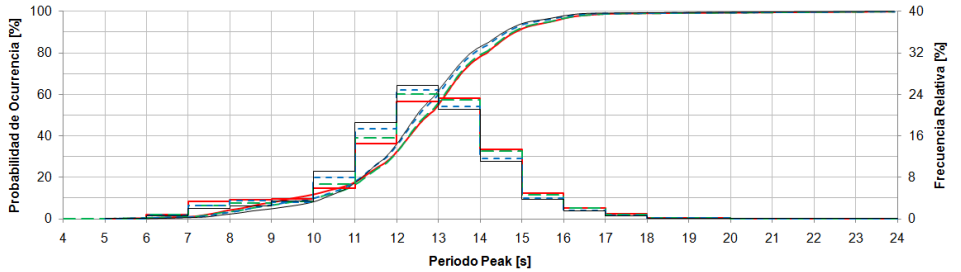

España - Málaga

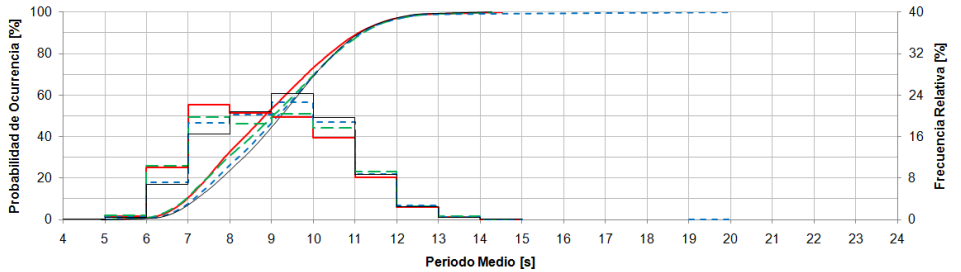
Estadística disponible

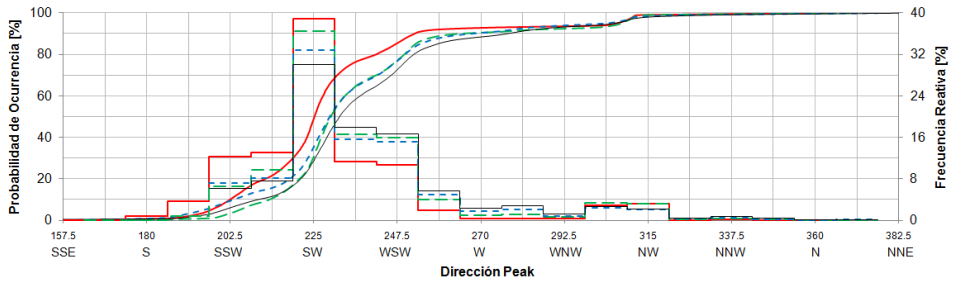
- La estadística de oleaje fue cedida gentilmente por HydroChile
- Consta de 20 años de información de parámetros de resumen espectral
- Estadística de un modelo de hindcasting de oleaje
- Estadística de cuatro nodos

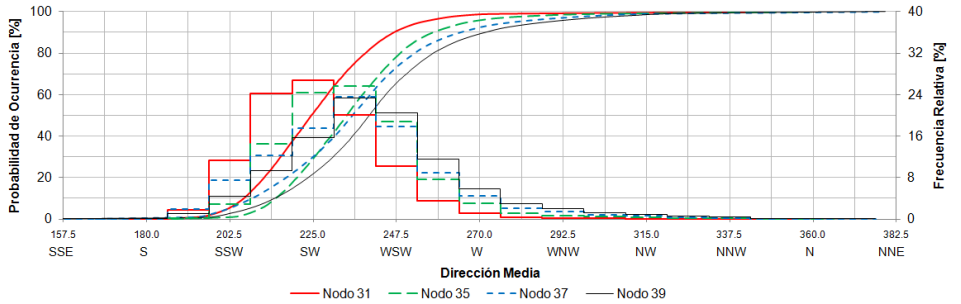


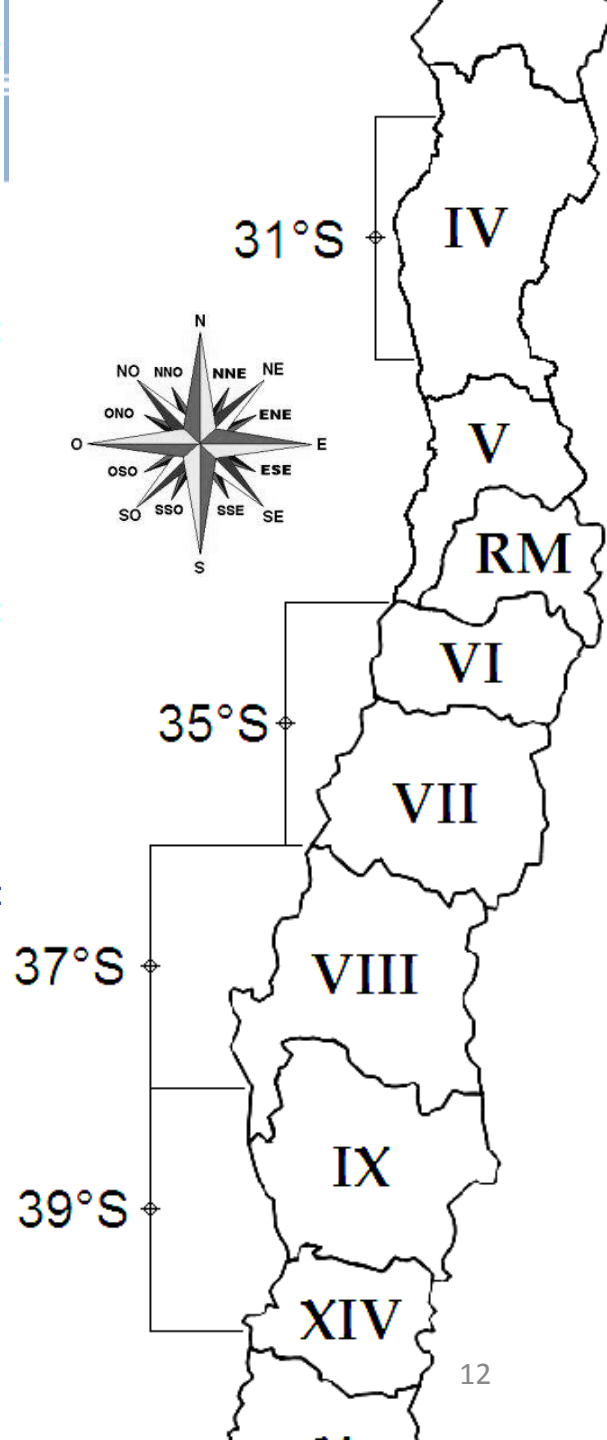

Probabilidad de Ocurrencia [%]
Frecuencia Relativa [%]
Altura significativa [m]


Probabilidad de Ocurrencia [%]
Frecuencia Relativa [%]
Periodo Peak [s]


Probabilidad de Ocurrencia [%]
Frecuencia Relativa [%]
Periodo Medio [s]


Probabilidad de Ocurrencia [%]
Frecuencia Relativa [%]
Dirección Peak

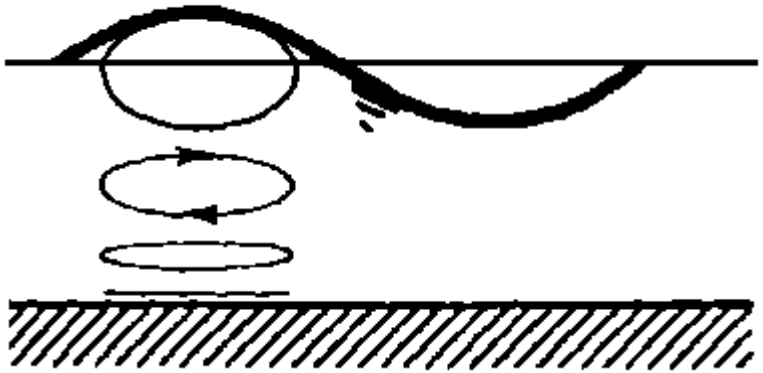

Probabilidad de Ocurrencia [%]
Frecuencia Relativa [%]
Dirección Media
Nodo 31
Nodo 35
Nodo 37
Nodo 39


31°S
35°S
37°S
39°S
IV
V
RM
VI
VII
VIII
IX
XIV
N
NNE
NE
ENE
E
ESE
SE
SSE
S
SSO
SO
OSO
O
ONO
NO
NNO

La representación de la realidad

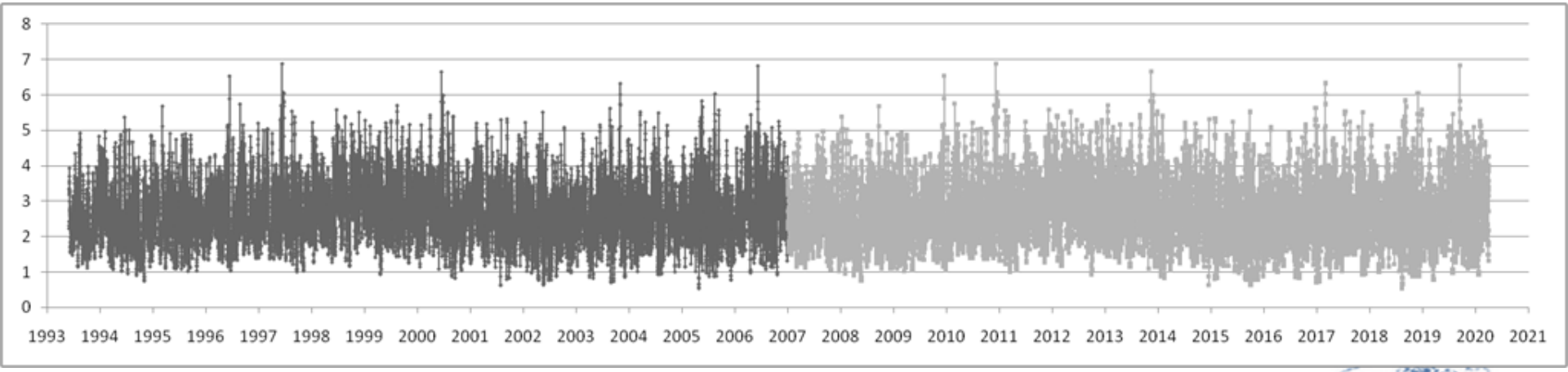
- Todo fenómeno requiere de una aproximación, que no siempre es totalmente satisfactoria


Y CUANDO
ESTO HA
SIDO LINEAL

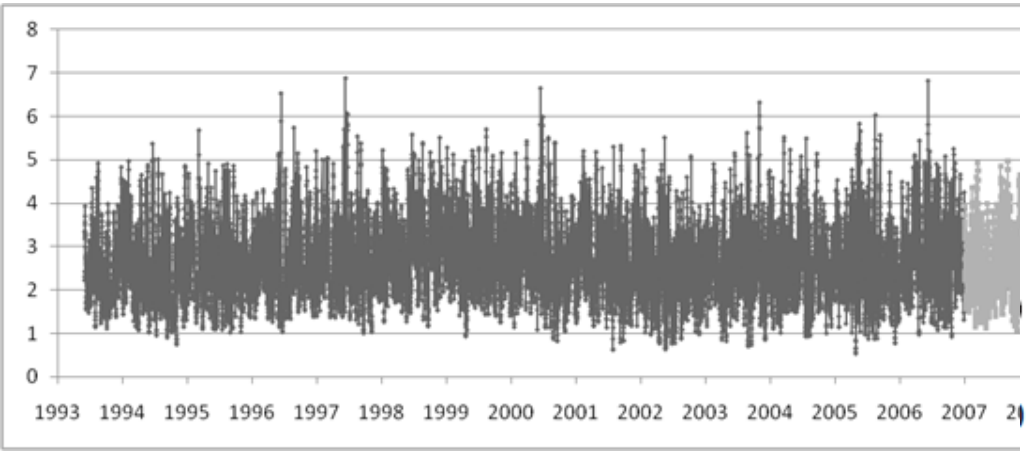


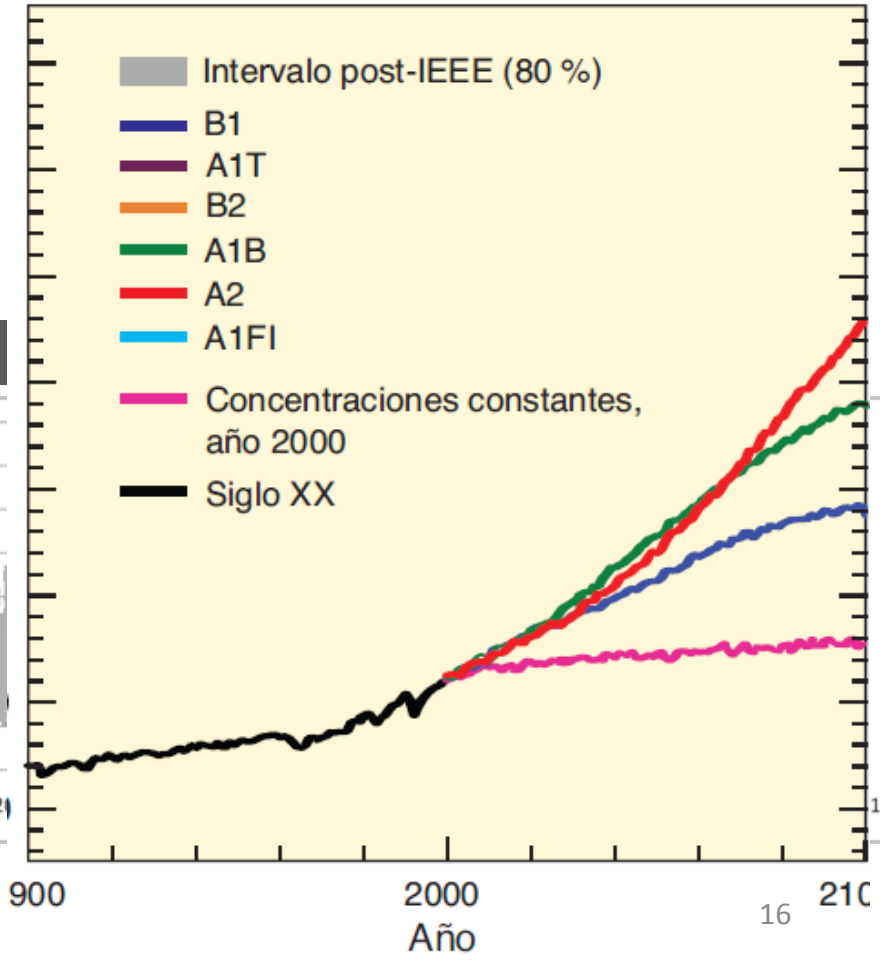
La condición Estacionaria

- En ingeniería marítima se supone al oleaje estacionario
  - Estadística pasada es representativa de la condición futura



- ¿Sigue siendo válido el supuesto a la luz del Calentamiento Global?





- En términos estrictos, Parzen (1999) se señala que:

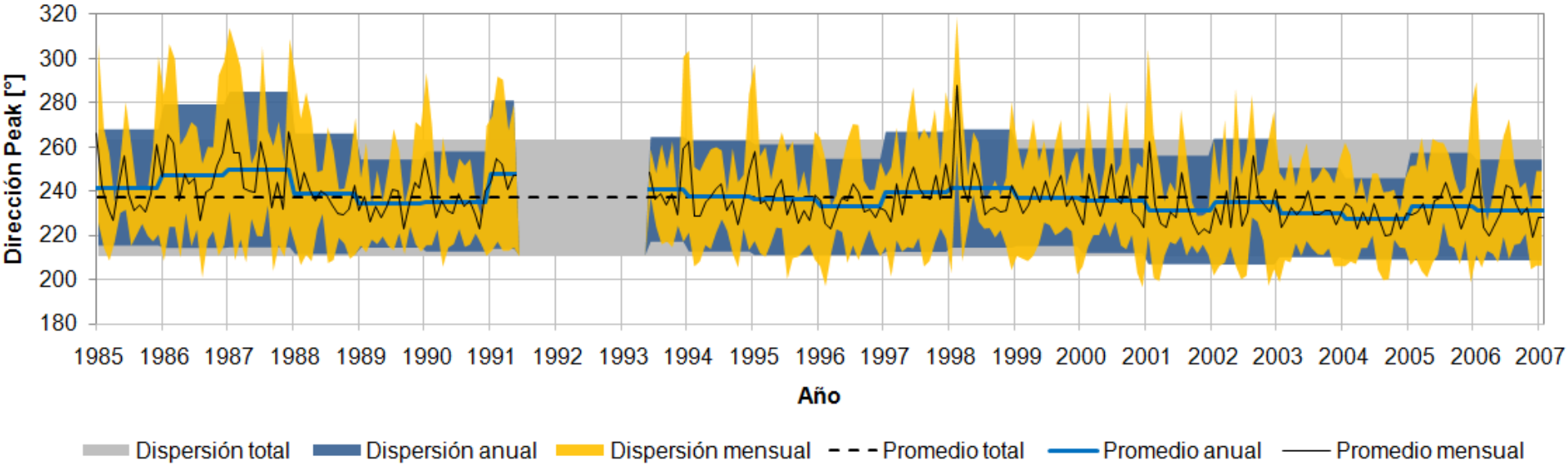
"…un proceso estacionario es aquel cuya distribución sigue siendo la misma con el paso del tiempo… lo cual ocurre cuando se cumple:

$$E(Yt) = m, \text{ o media constante,}$$

$$Var(Yt) = E(Yt - m)^2 = s^2, \text{ o varianza constante, y}$$

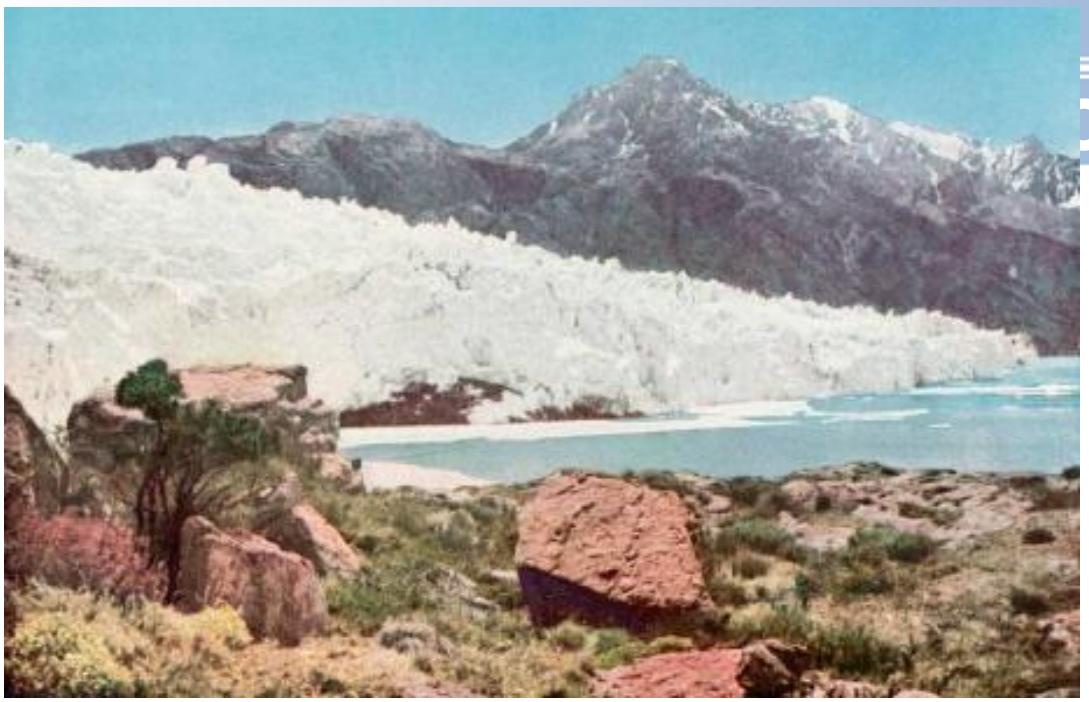
$$Cov(Yt; Yt-j) = Cov(Yt+m; Yt+m-j), \text{ o covarianza constante."}$$

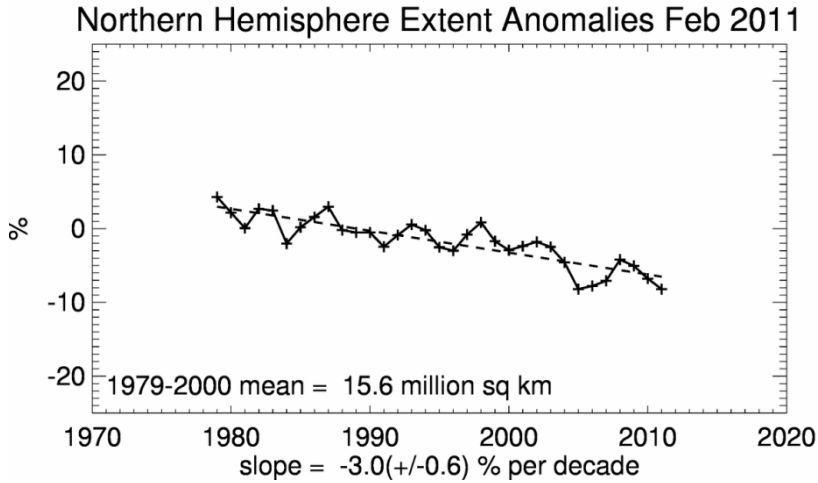
- Una pequeña verificación de la estadística…



Fuente: Elaboración propia

o Global





Anomalía anual de la superficie de hielo en el polo norte

Glaciar Viedma 1930 – 2008
Argentina

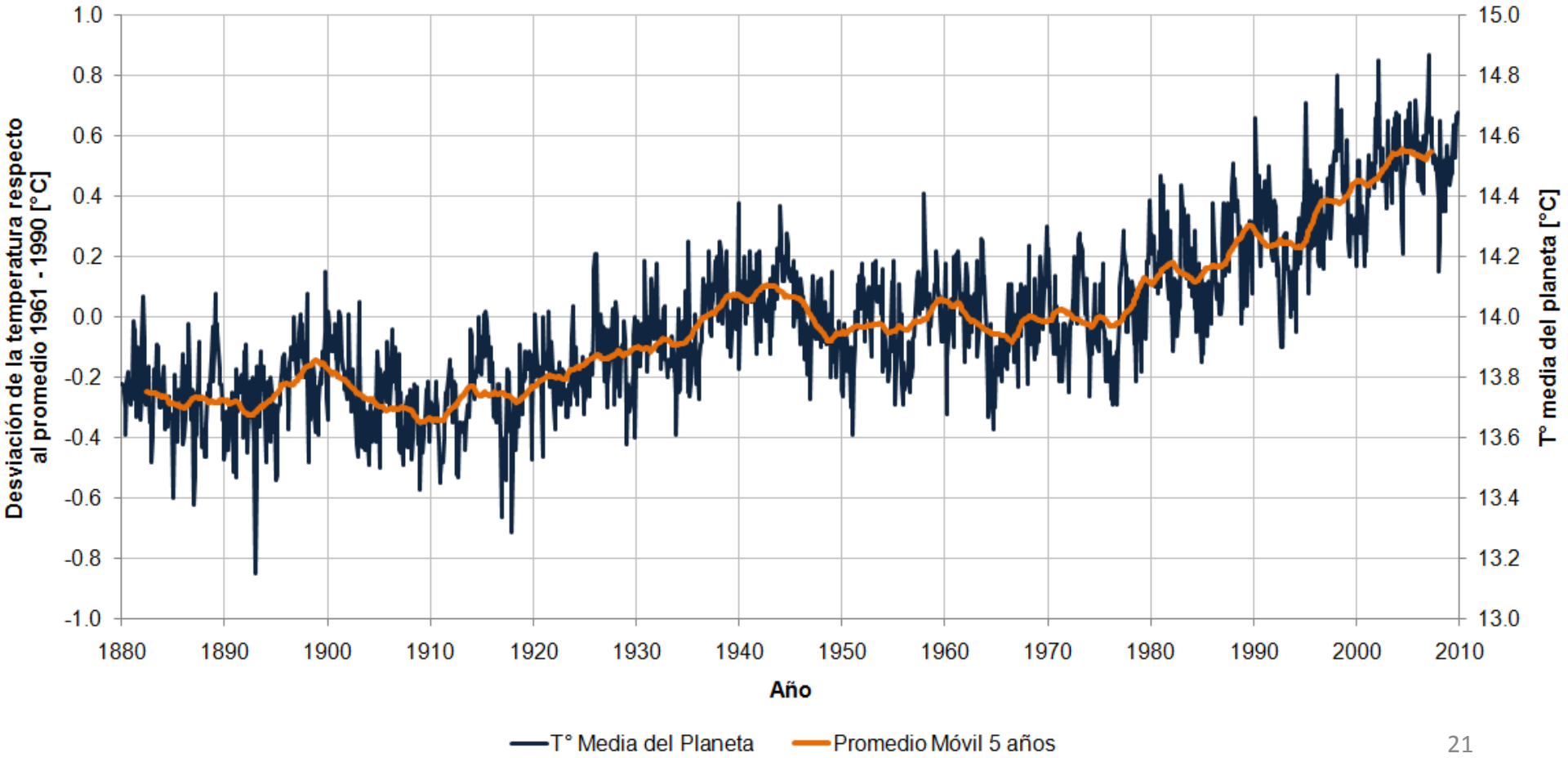
Fuente: Green Peace 2010, NSIDC 2011

Glaciar Uspala 1928 – 2004 Argentina

Fuente: Greenpeace 2010

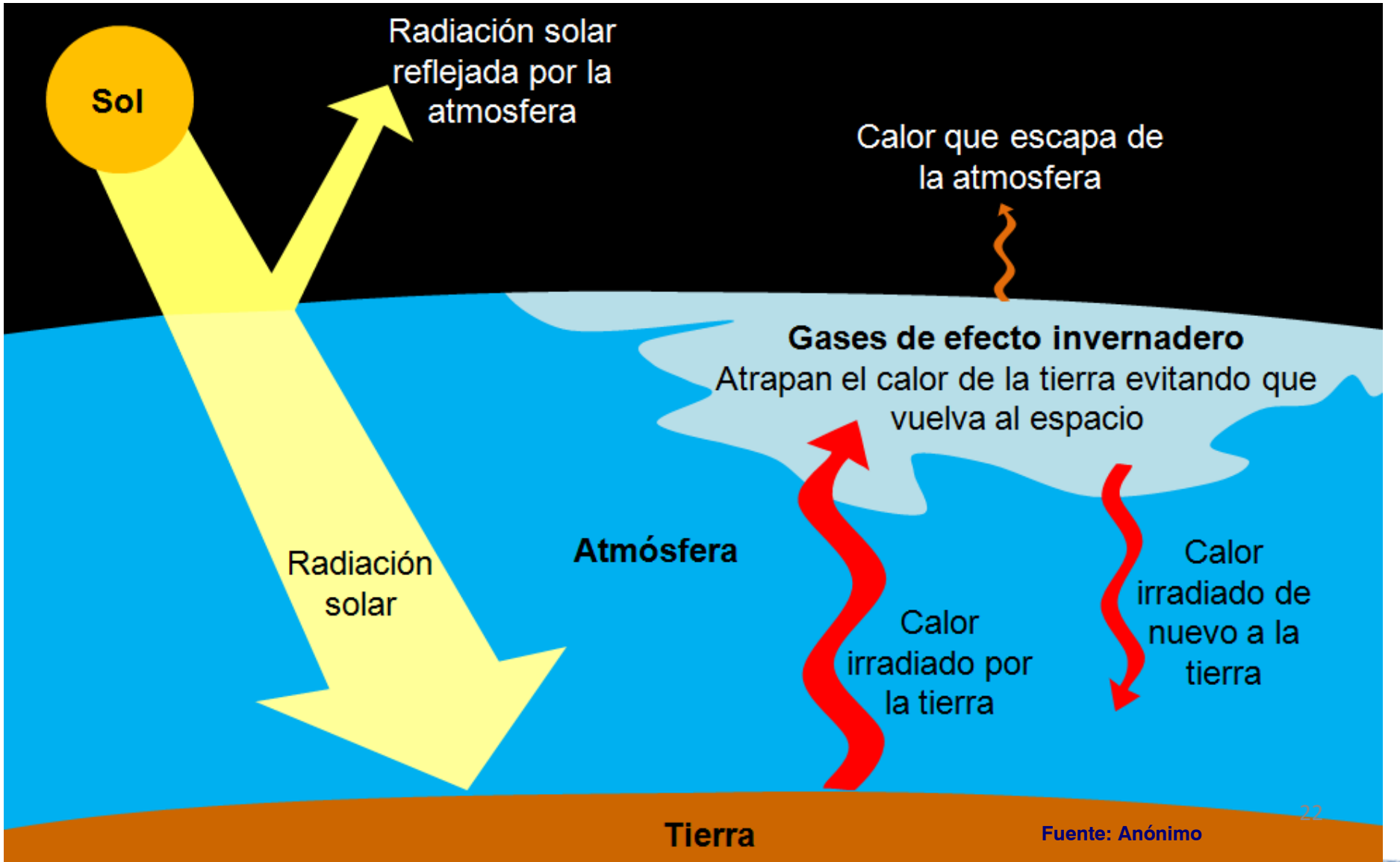
Temperatura del planeta

- Índice mensual Global Land-Ocean Temperature Index (GLOTI)



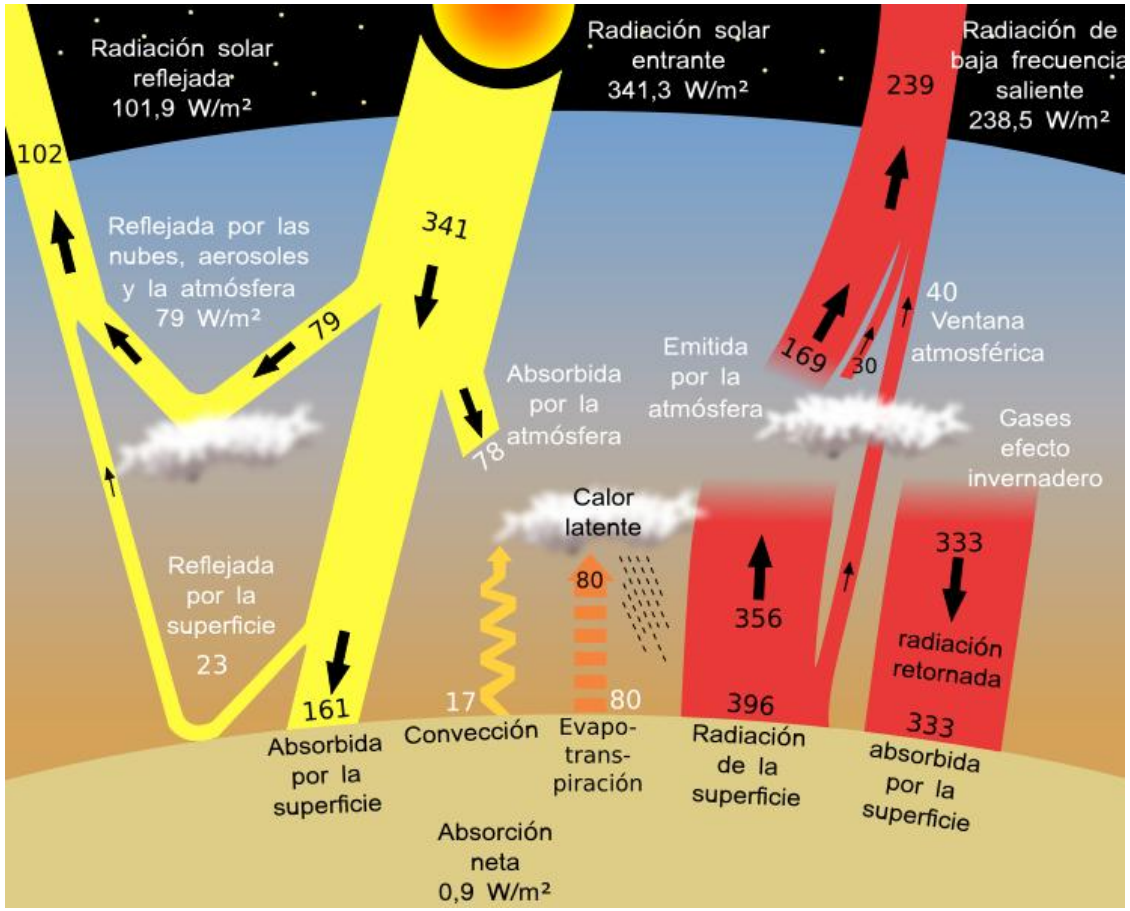
Fuente: Elaboración propia en base a NASA 2010

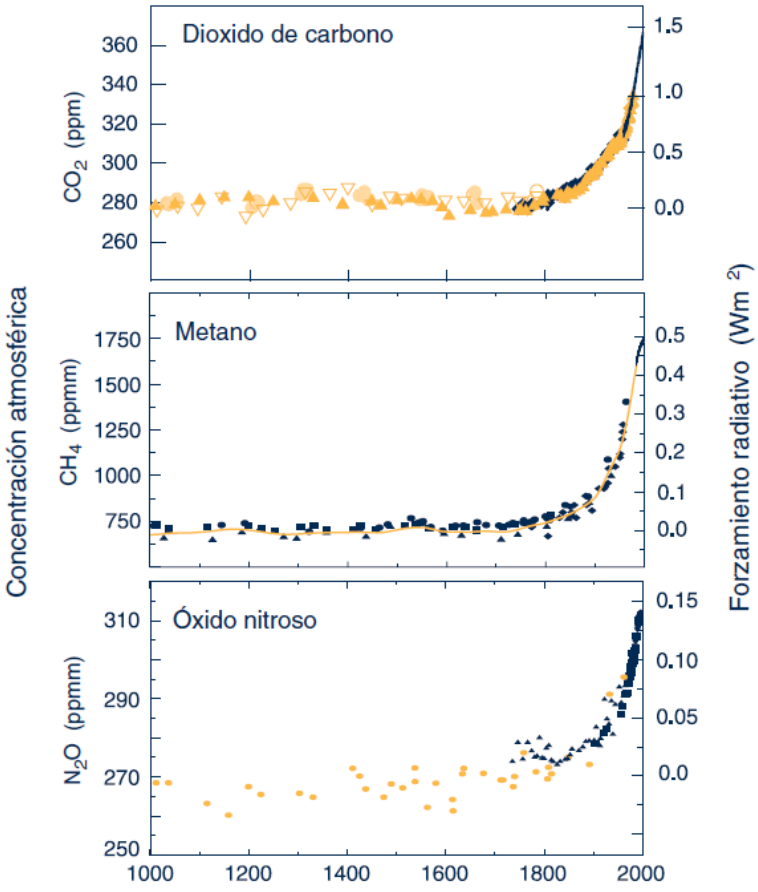
Efecto Invernadero



Fuente: Anónimo

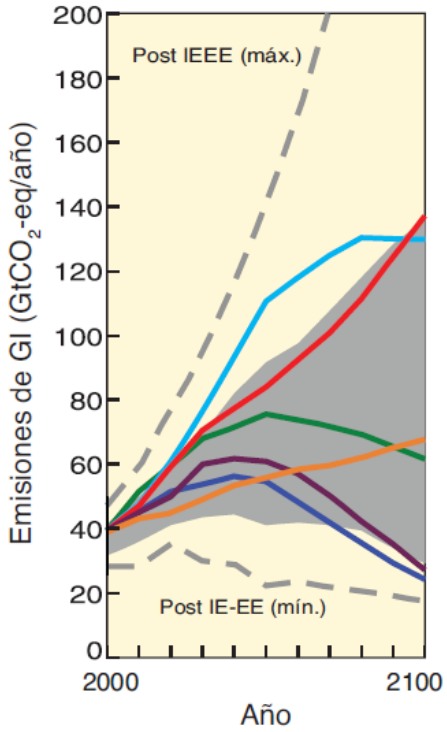
Alteración del equilibrio

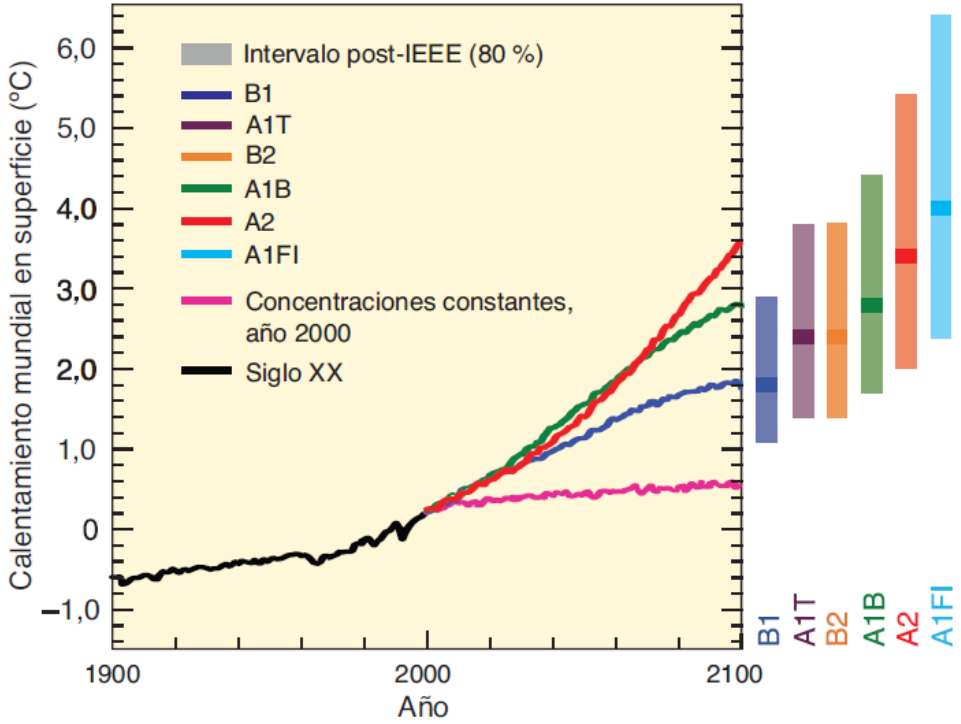




Fuente: UNFCCC 2004, Trenberth 2008

Escenarios

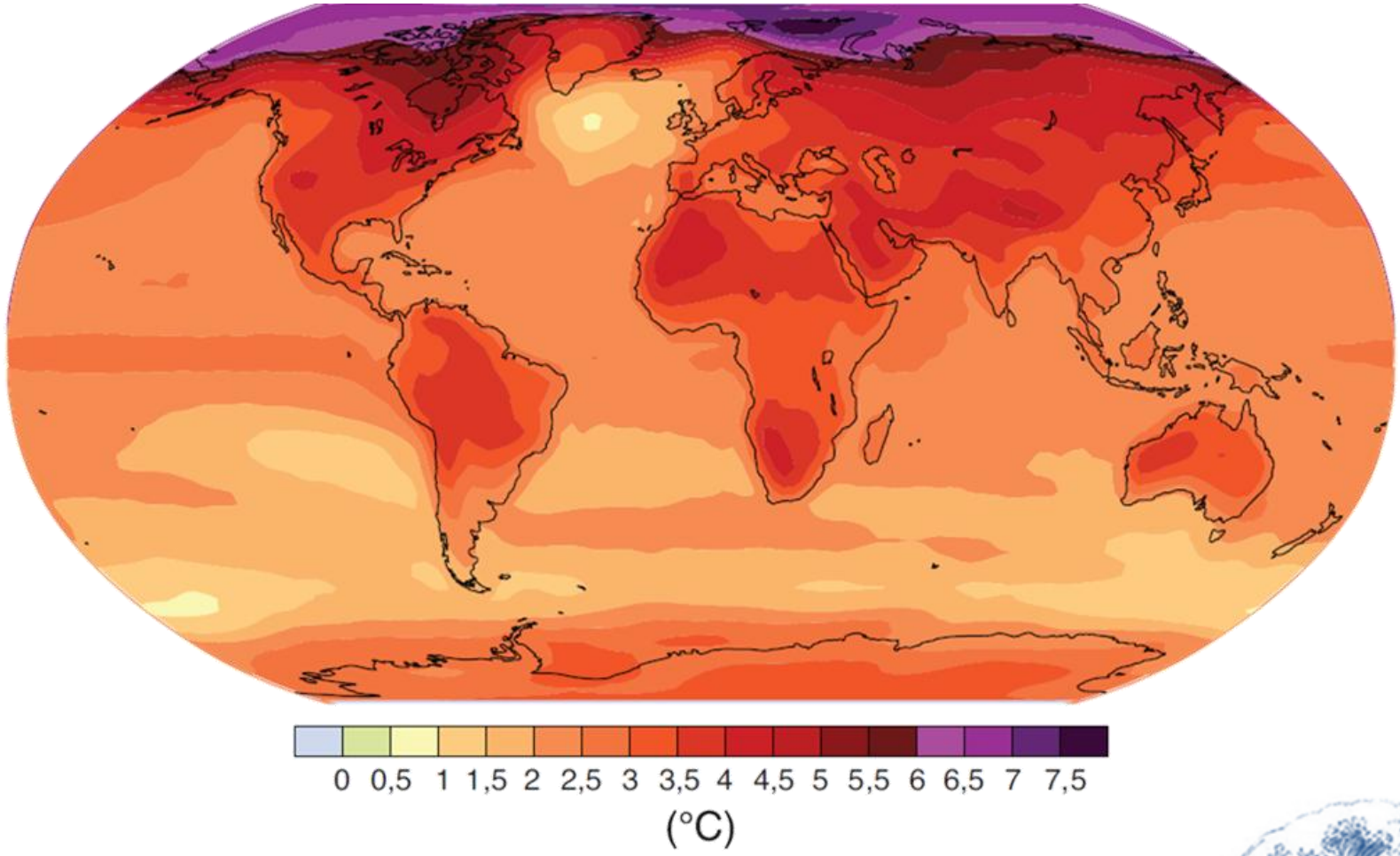




En abril de este año se reunió nuevamente el IPCC, por lo que próximamente se tendrán novedades

Fuente: IPCC 2007

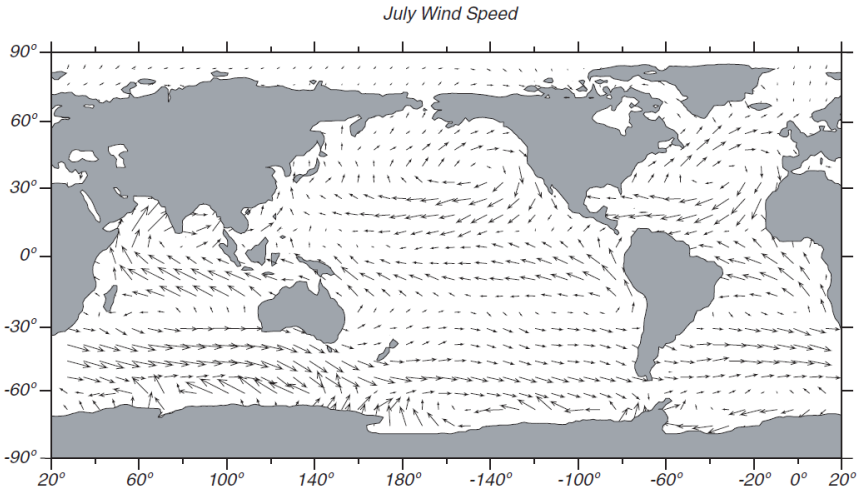
Escenarios

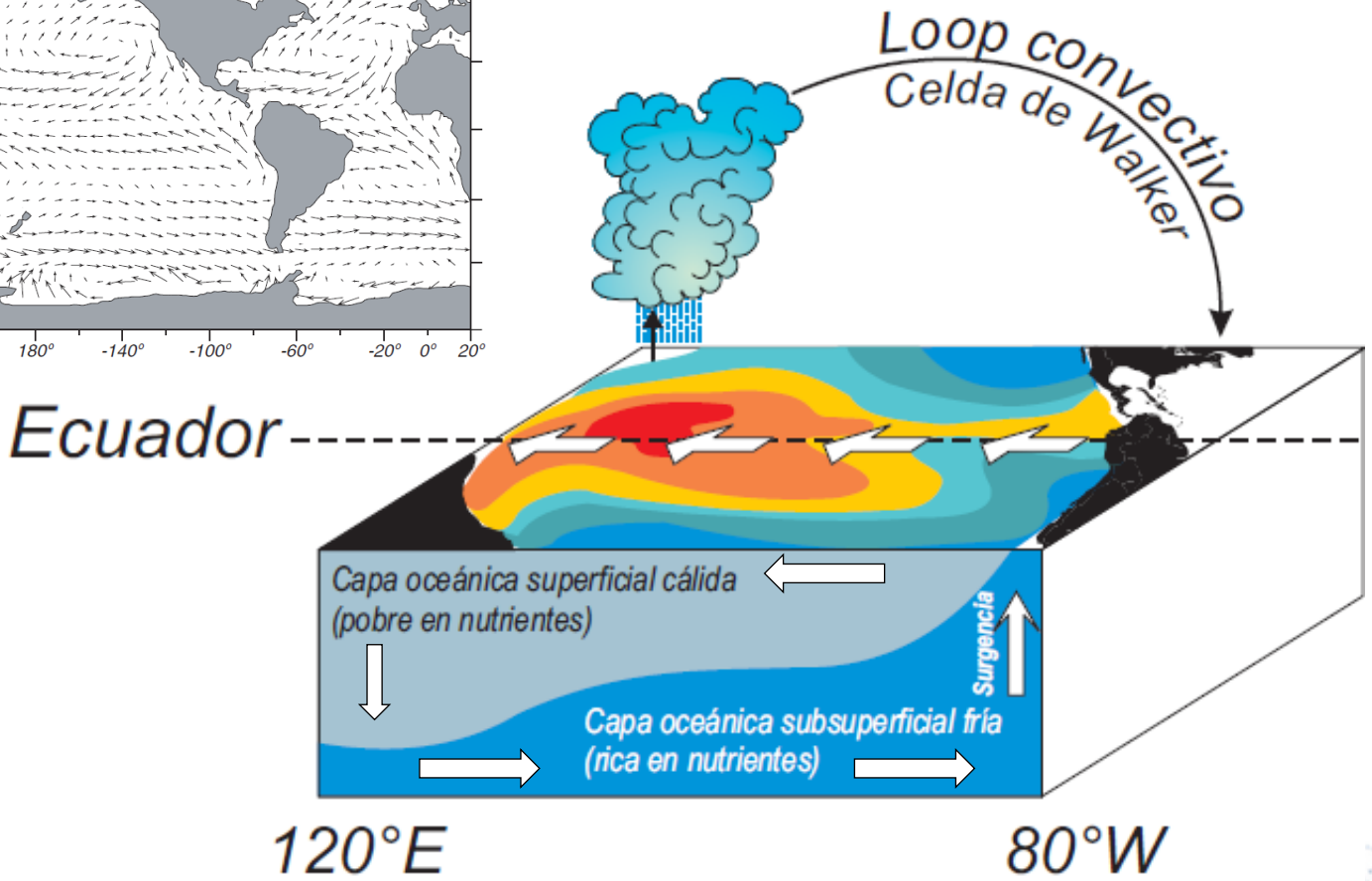


Fuente: IPCC 2007

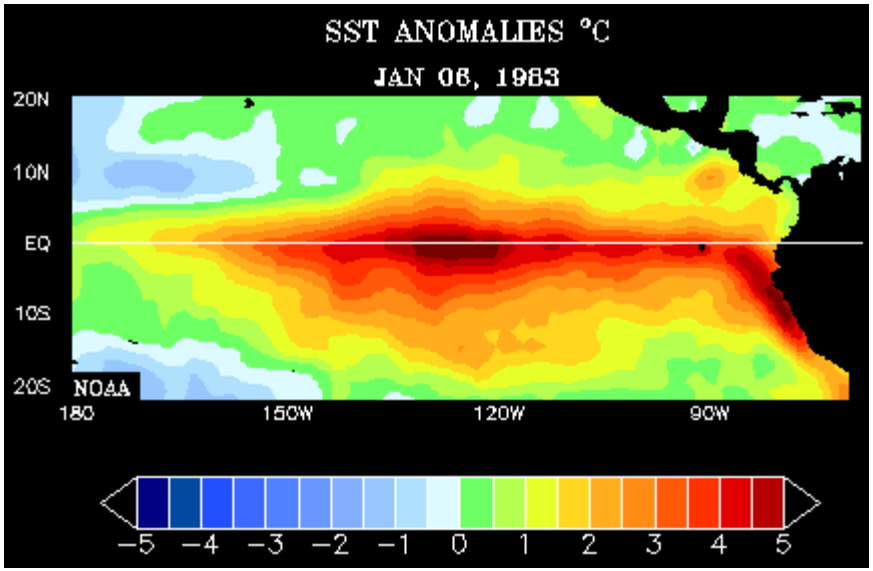
El Niño-Oscilación Sur

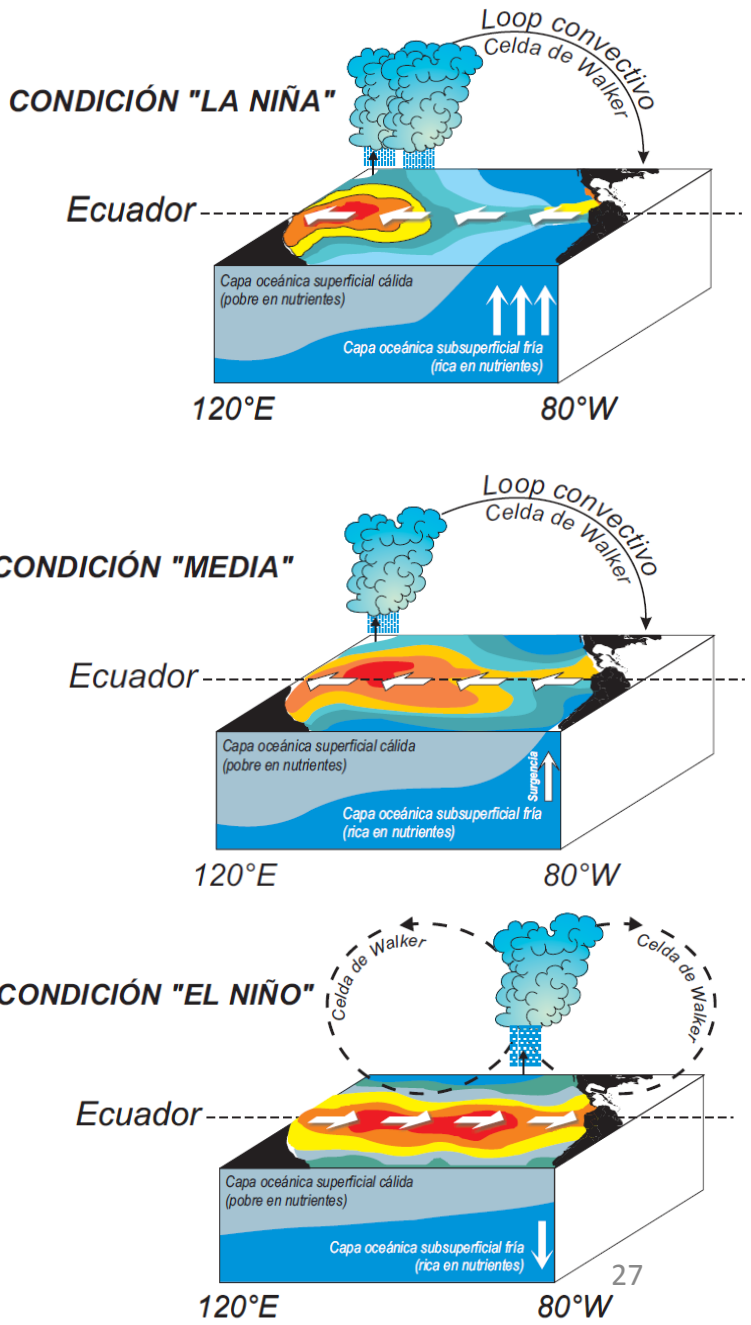
Circulación ecuatorial



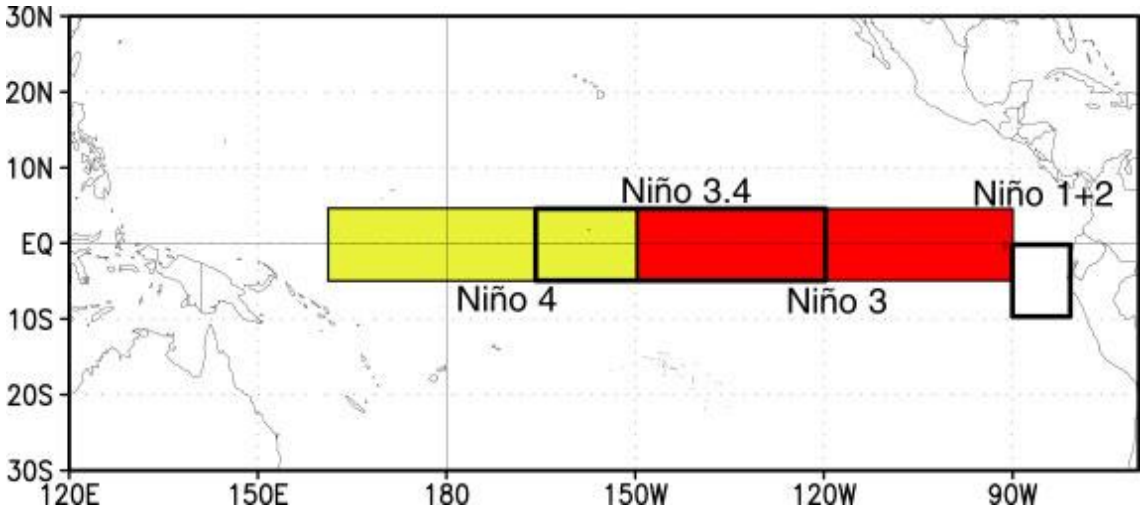


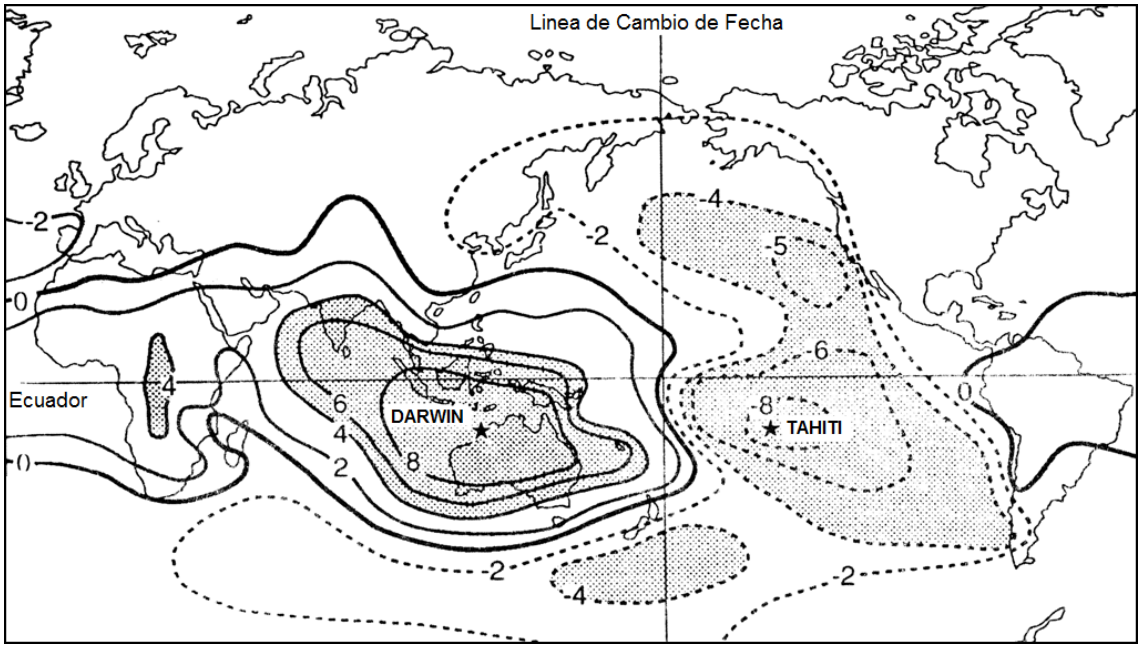
Fuente: Avaria et al. 2004, Stewart 2006, Glantz 1998



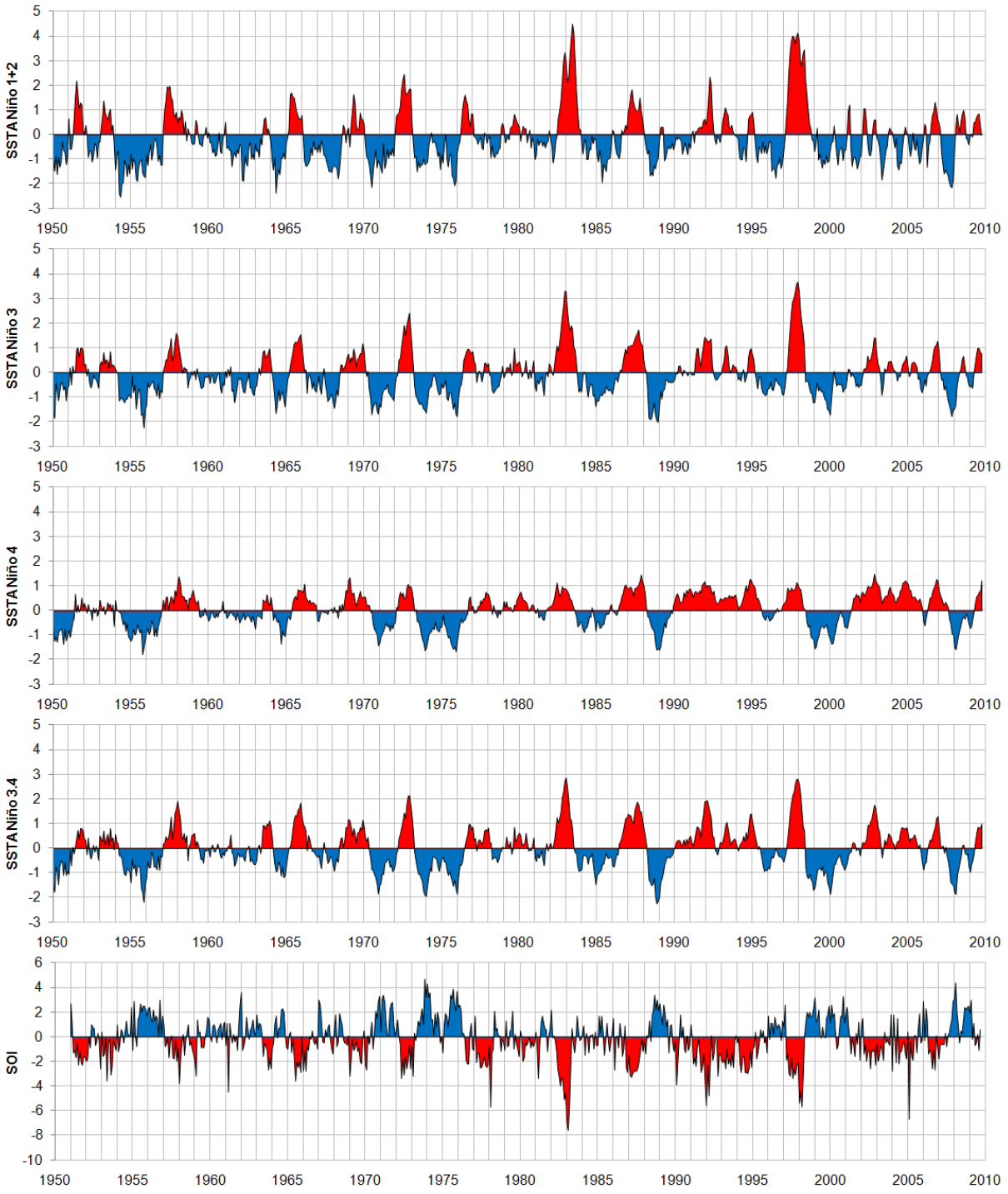


Fuente: Avaria et al. 2004

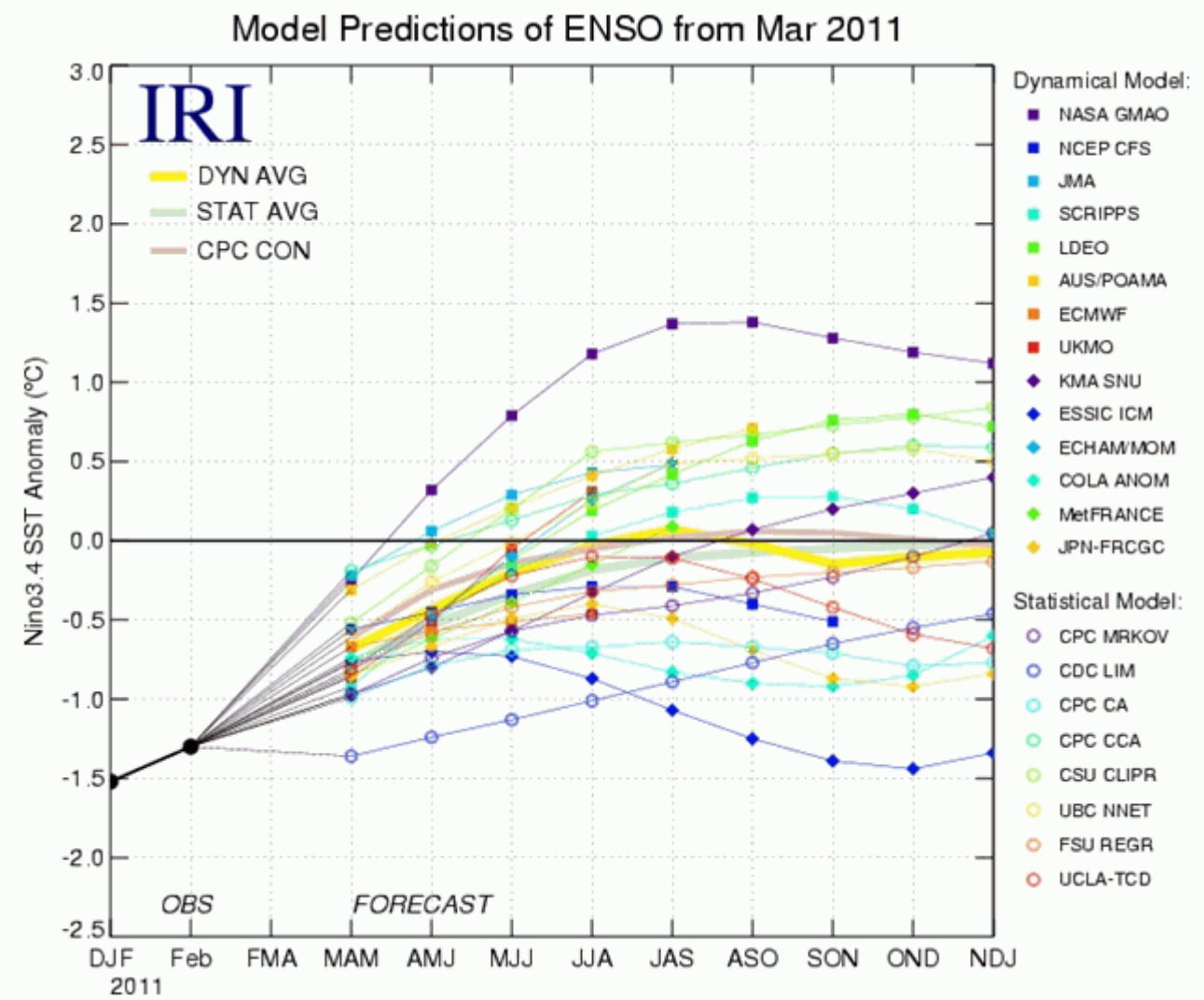




Fuente: NOAA 2010, Glantz 1998

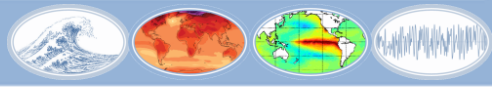

SSTA Niño 1+2
SSTA Niño 3
SSTA Niño 4
SSTA Niño 3.4
SOI
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010

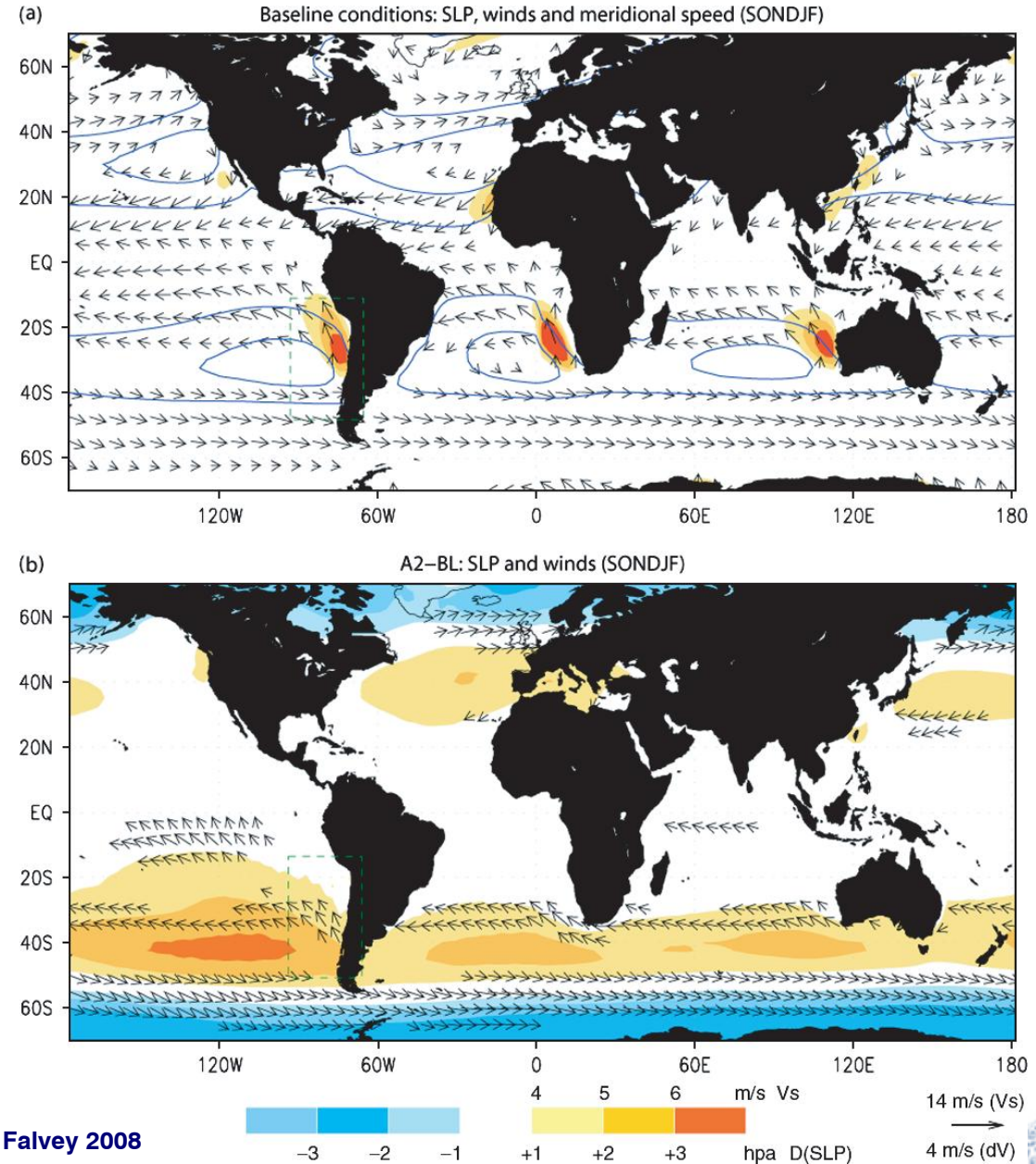
Pronósticos



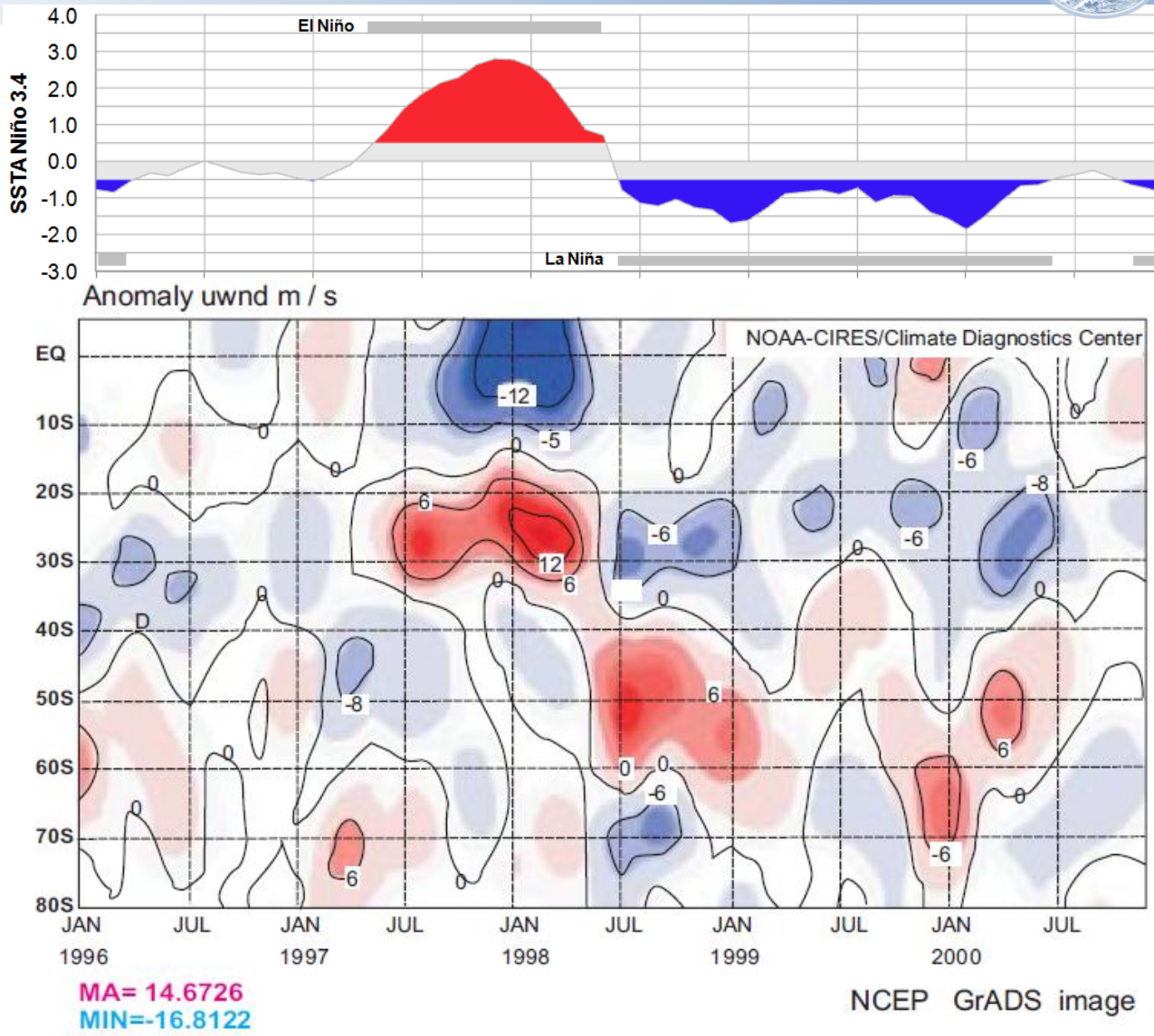
Fuente: NOAA 2010

Influencias en el Viento



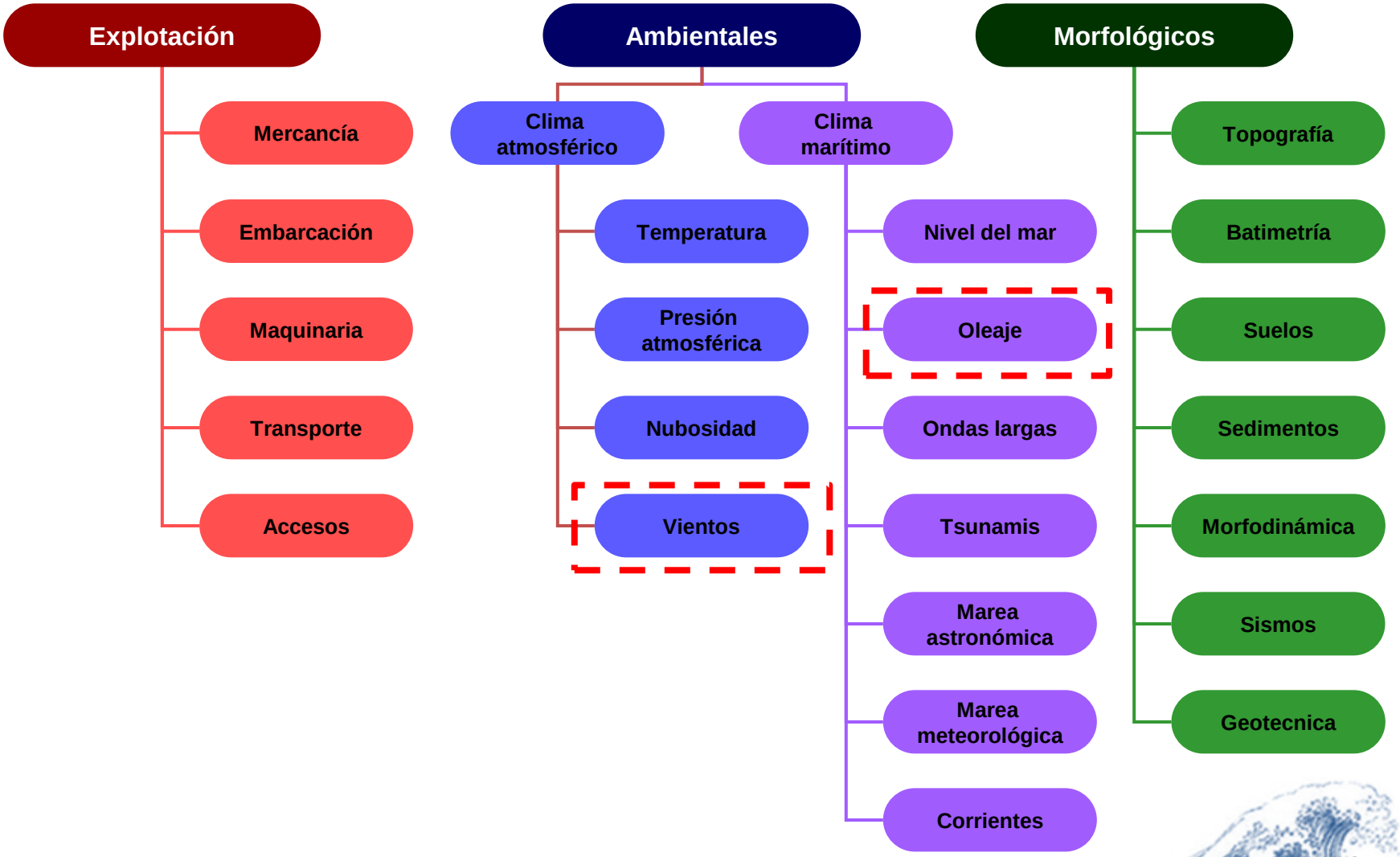


Fuente: Garreaud y Falvey 2008



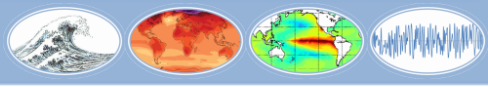
Fuente: Avaria et al. 2004

Condicionantes de un proyecto de obras marítimas



Fuente: Winckler SF

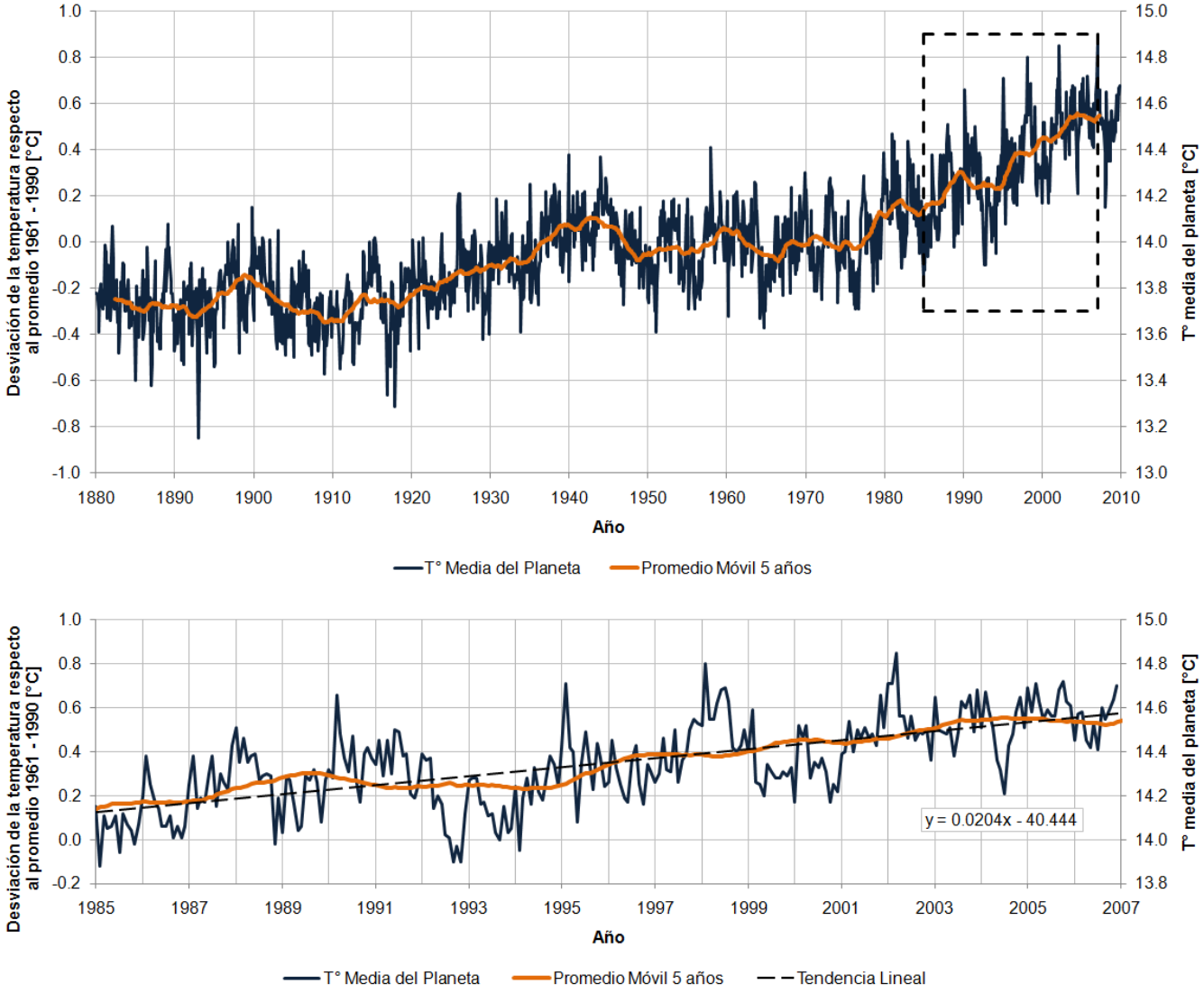
Estudio de oleaje

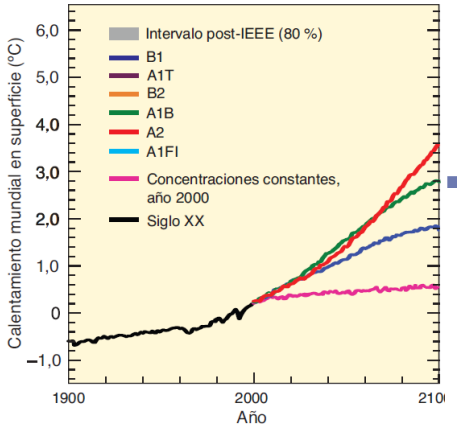


No Estacionario

- Considerando que:
  - La estadística de oleaje no cumple los criterios para una serie estacionaria.
  - El viento que genera el oleaje es influenciado por ENOS y Calentamiento Global
- Entonces:
  - Se plantea el desarrollo de un estudio de oleaje que incorpore las influencias de ENOS y Calentamiento Global

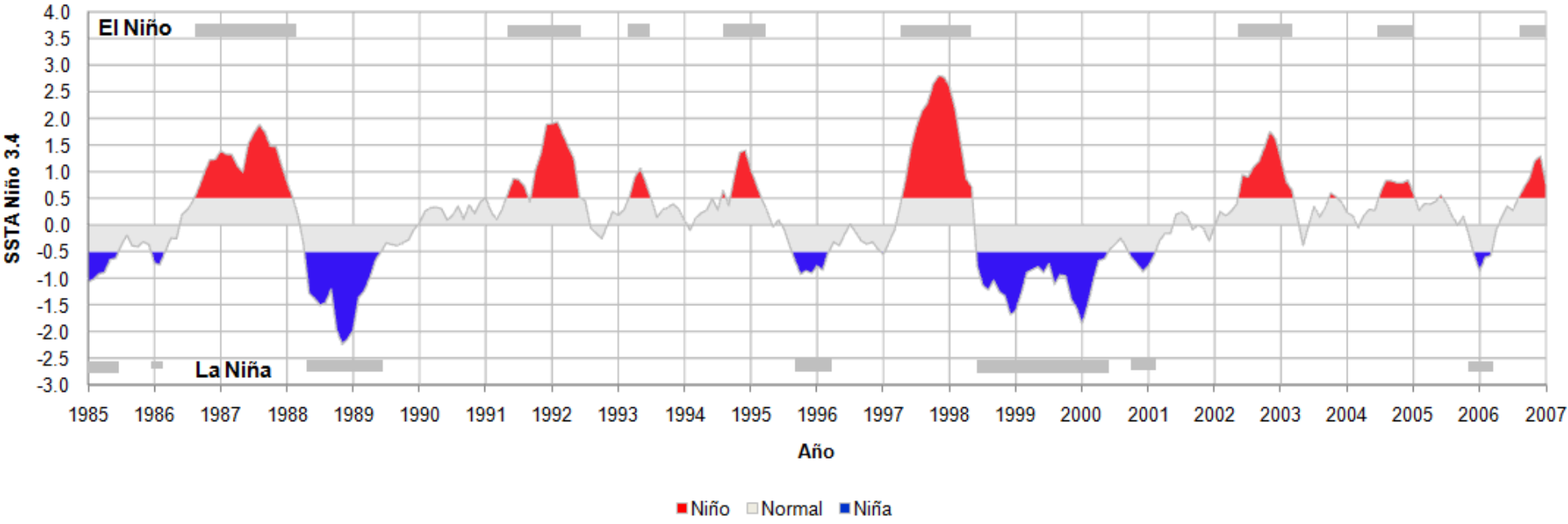
Calentamiento Global como tendencia lineal





Fuente: IPCC 2007

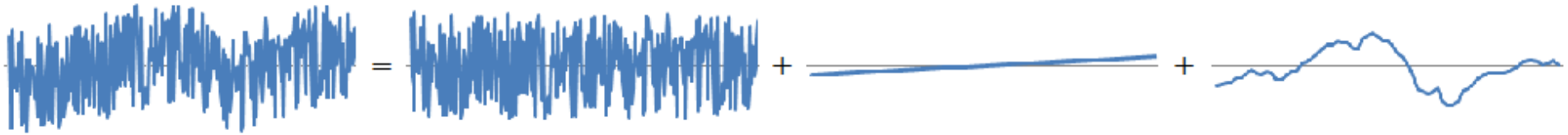
ENOS como ciclo irregular



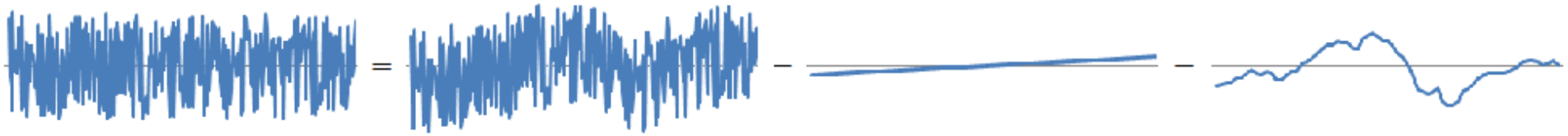
Modelo aditivo

- El oleaje puede ser definido según el modelo aditivo

$$\textit{Oleaje real (no estacionario)} = \textit{Oleaje (estacionario)} + \textit{Tendencia (Calentamiento Global)} + \textit{Ciclo (ENOS)}$$



$$\textit{Oleaje (estacionario)} = \textit{Oleaje real (no estacionario)} - \textit{Tendencia (Calentamiento Global)} - \textit{Ciclo (ENOS)}$$



Mejora en los pronósticos

hoy

Estadística disponible | Condición futura

Oleaje real (no estacionario)

=

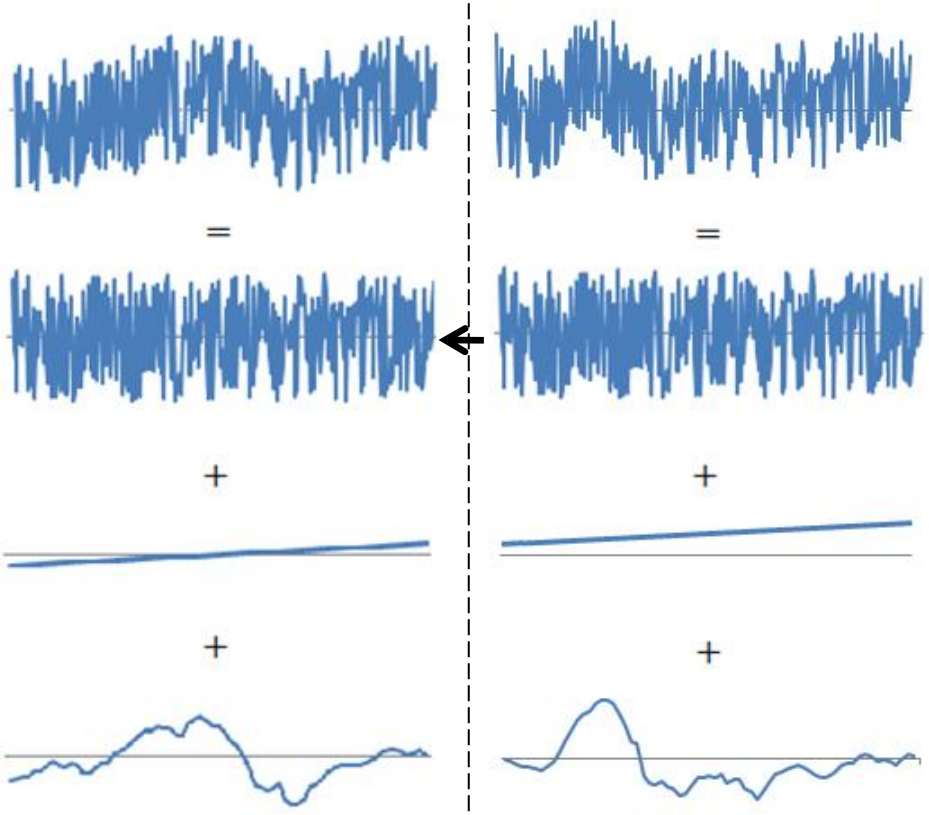
Oleaje (estacionario)

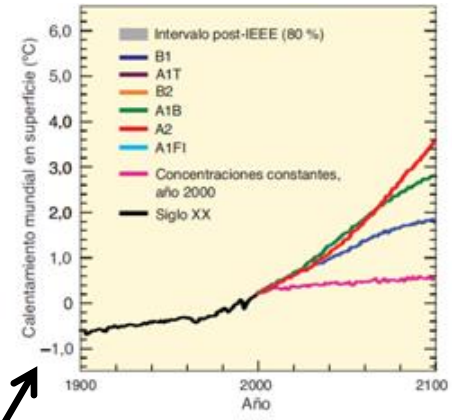
+

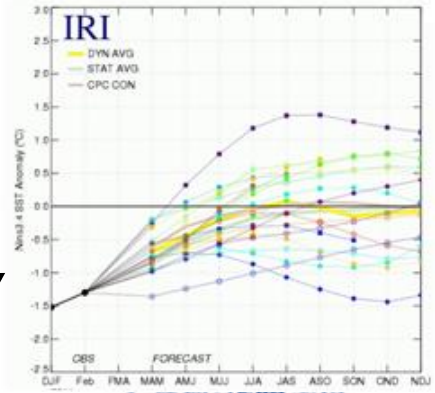
Tendencia (Calentamiento Global)

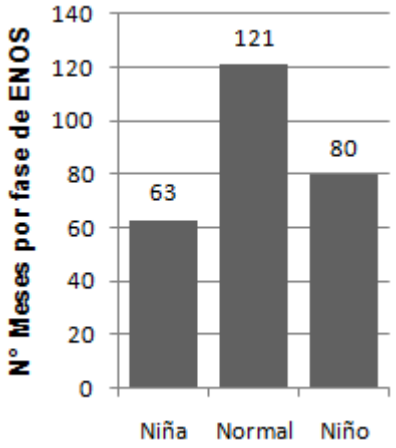
+

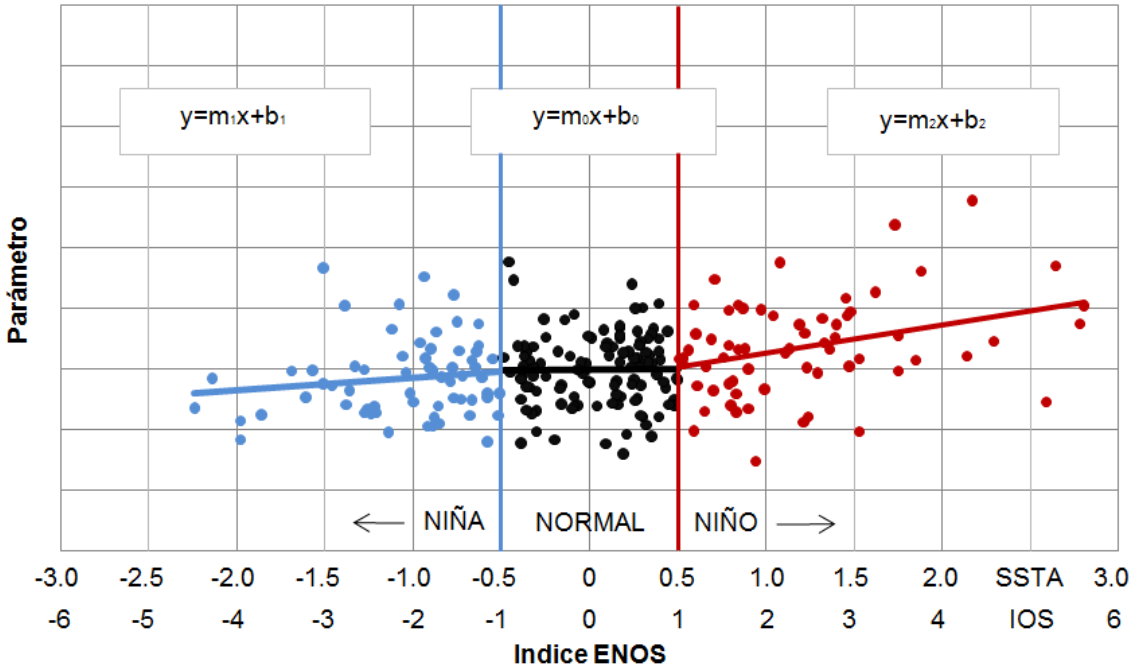
Ciclo (ENOS)

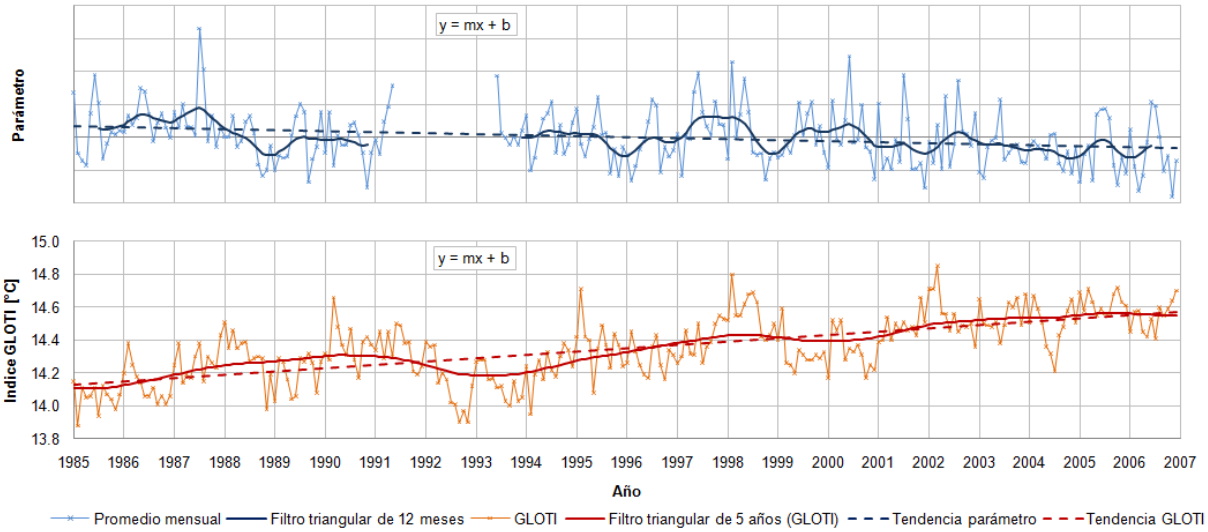


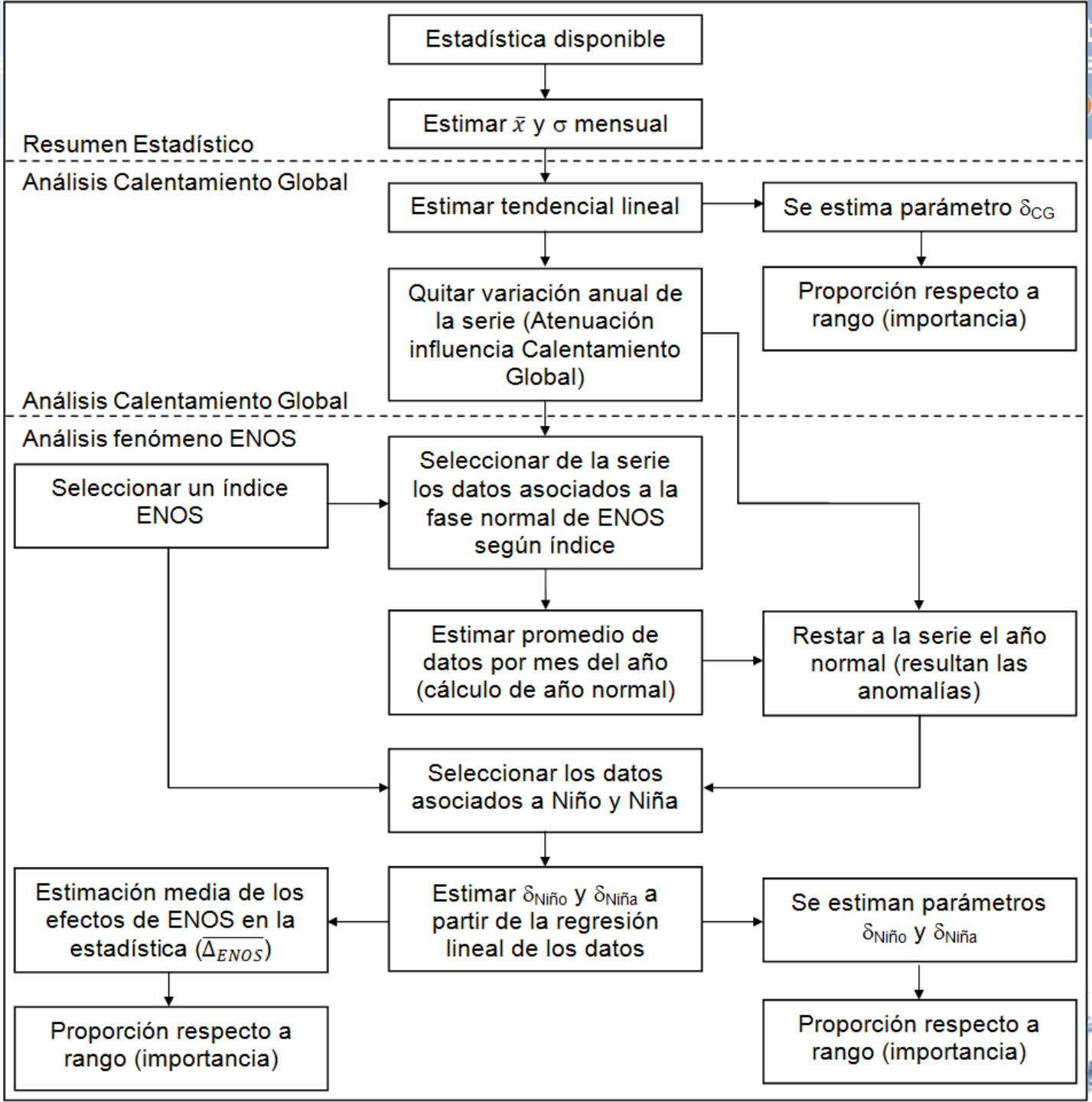


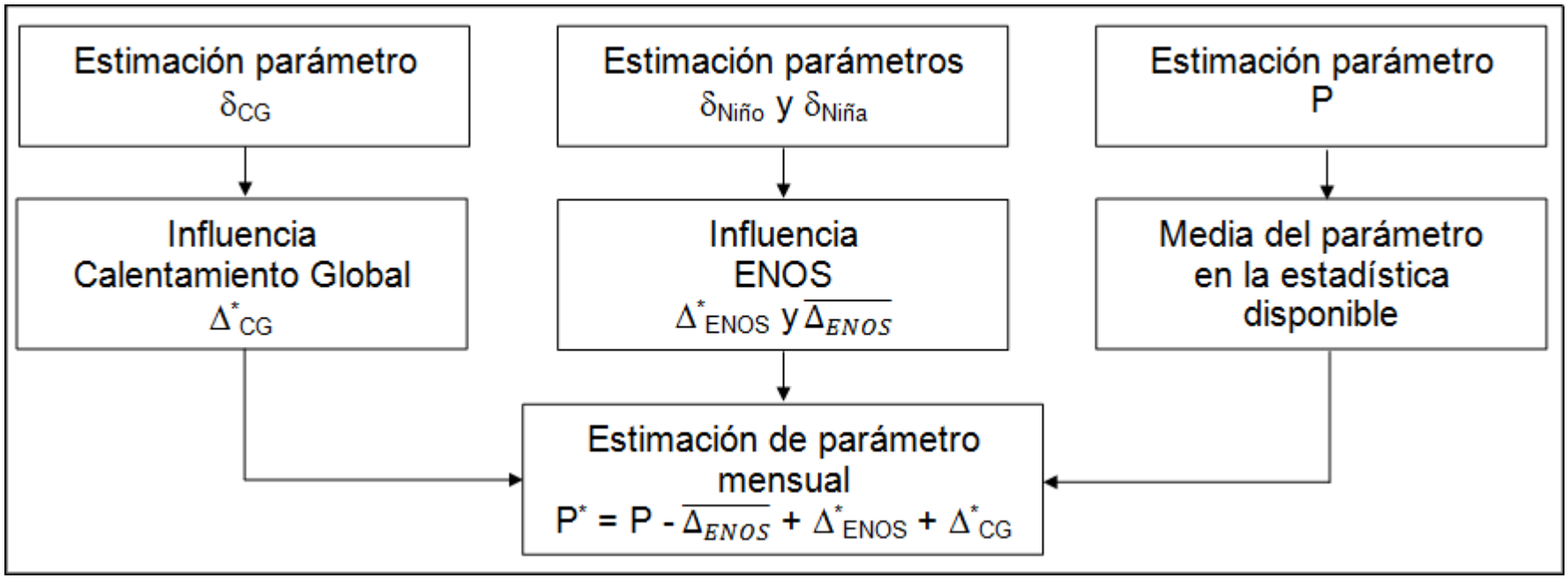



N° Meses por fase de ENOS
140
120
100
80
60
40
20
0
63
121
80
Niña
Normal
Niño

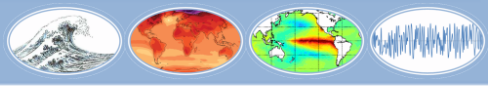

y=m₁x+b₁
y=m₀x+b₀
y=m₂x+b₂
Parámetro
NIÑA
NORMAL
NIÑO
-3.0 -2.5 -2.0 -1.5 -1.0 -0.5 0 0.5 1.0 1.5 2.0 SSTA 3.0
-6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 IOS 6
Indice ENOS


y = mx + b
Parámetro
y = mx + b
Indice GLOTI [°C]
15.0
14.8
14.6
14.4
14.2
14.0
13.8
1985 1986 1987 1988 1989 1990 1991 1992 1993 1994 1995 1996 1997 1998 1999 2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007
Año
Promedio mensual
Filtro triangular de 12 meses
GLOTI
Filtro triangular de 5 años (GLOTI)
Tendencia parámetro
Tendencia GLOTI


Estadística disponible
Estimar $\bar{x}$ y σ mensual
Resumen Estadístico
Análisis Calentamiento Global
Estimar tendencial lineal
Se estima parámetro δ_{CG}
Proporción respecto a rango (importancia)
Quitar variación anual de la serie (Atenuación influencia Calentamiento Global)
Análisis Calentamiento Global
Análisis fenómeno ENOS
Seleccionar un índice ENOS
Seleccionar de la serie los datos asociados a la fase normal de ENOS según índice
Estimar promedio de datos por mes del año (cálculo de año normal)
Restar a la serie el año normal (resultan las anomalías)
Seleccionar los datos asociados a Niño y Niña
Estimar $\delta_{Niño}$ y $\delta_{Niña}$ a partir de la regresión lineal de los datos
Se estiman parámetros $\delta_{Niño}$ y $\delta_{Niña}$
Proporción respecto a rango (importancia)
Estimación media de los efectos de ENOS en la estadística ($\overline{\Delta_{ENOS}}$)
Proporción respecto a rango (importancia)

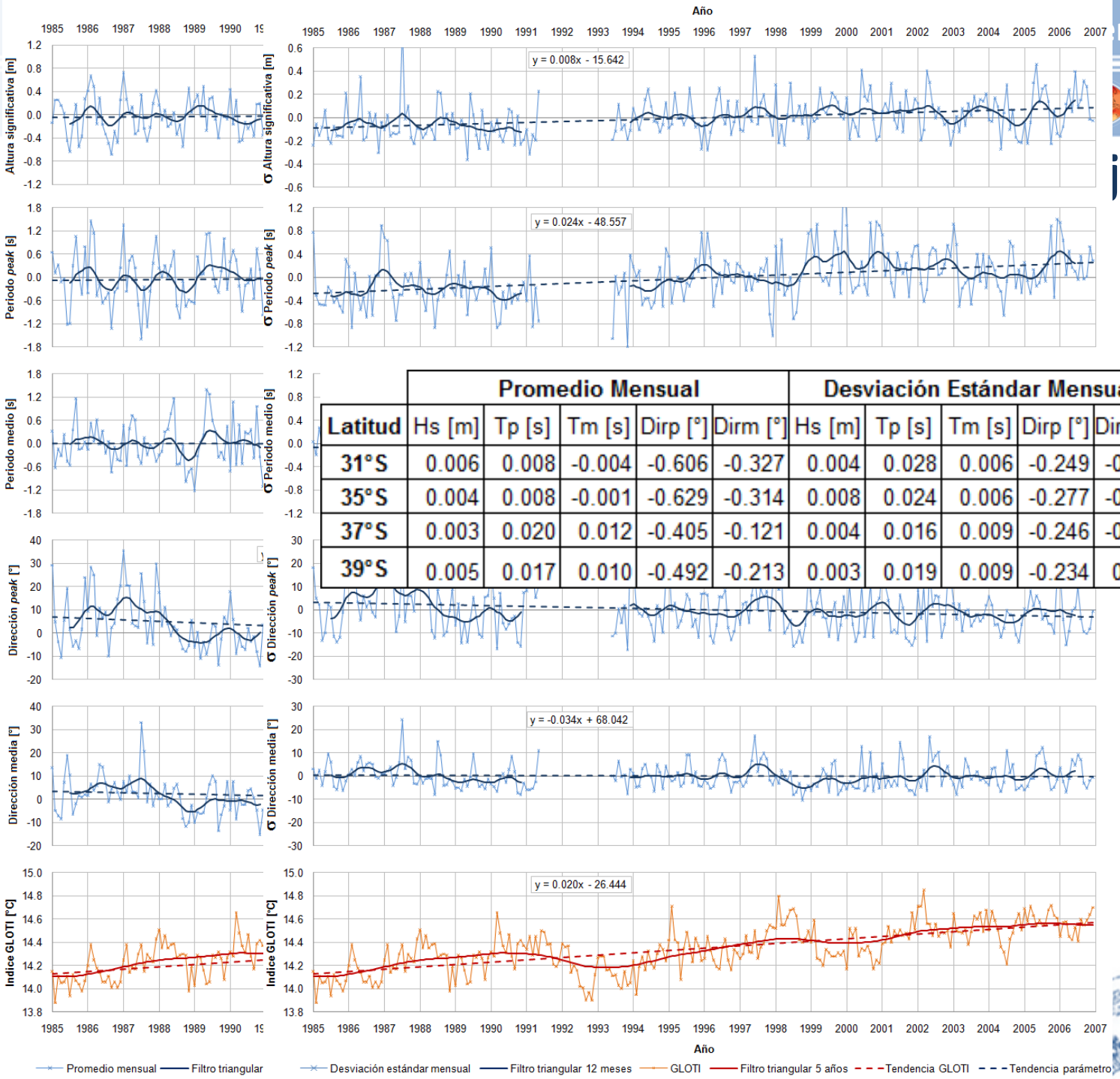

Estimación parámetro
δ_{CG}
Estimación parámetros
$\delta_{Niño}$ y $\delta_{Niña}$
Estimación parámetro
P
Influencia
Calentamiento Global
Δ^*_{CG}
Influencia
ENOS
Δ^*_{ENOS} y $\overline{\Delta_{ENOS}}$
Media del parámetro
en la estadística
disponible
Estimación de parámetro
mensual
$P^* = P - \overline{\Delta_{ENOS}} + \Delta^*_{ENOS} + \Delta^*_{CG}$

Resultados:



Influencias en el oleaje

je

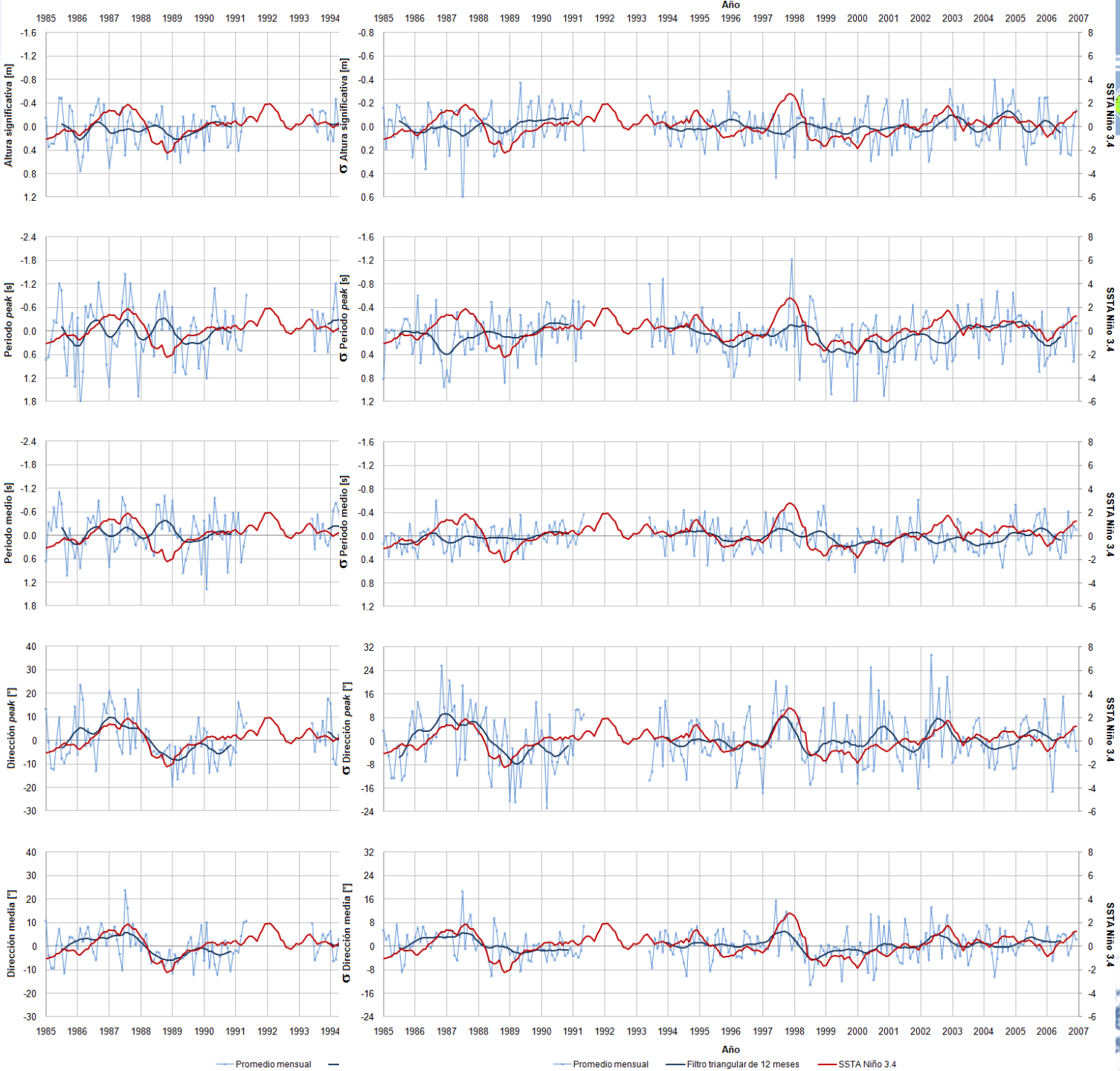


	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	Hs [m]	Tp [s]	Tm [s]	Dirp [°]	Dirm [°]	Hs [m]	Tp [s]	Tm [s]	Dirp [°]	Dirm [°]
31°S	0.006	0.008	-0.004	-0.606	-0.327	0.004	0.028	0.006	-0.249	-0.008
35°S	0.004	0.008	-0.001	-0.629	-0.314	0.008	0.024	0.006	-0.277	-0.034
37°S	0.003	0.020	0.012	-0.405	-0.121	0.004	0.016	0.009	-0.246	-0.007
39°S	0.005	0.017	0.010	-0.492	-0.213	0.003	0.019	0.009	-0.234	0.000

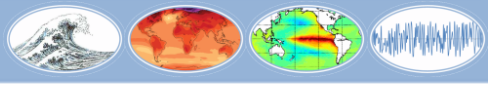
Promedio Mensual																					
Correlación		H_s				T_p				T_m				Dir_p				Dir_m			
		31°S	35°S	37°S	39°S	31°S	35°S	37°S	39°S	31°S	35°S	37°S	39°S	31°S	35°S	37°S	39°S	31°S	35°S	37°S	39°S
IOS	Niño	-0.11	-0.10	-0.05	-0.06	-0.15	-0.18	-0.16	-0.11	-0.23	-0.26	-0.16	-0.16	-0.30	-0.30	-0.23	-0.19	-0.31	-0.27	-0.13	-0.11
	Niña	-0.02	0.05	0.05	0.01	-0.01	-0.04	-0.07	-0.02	-0.06	-0.13	-0.29	-0.27	0.16	0.12	0.09	0.12	0.09	0.03	-0.02	0.02
Niño 1+2	Niño	0.17	0.12	0.13	0.10	0.06	0.10	0.07	0.11	0.26	0.33	0.24	0.21	0.11	0.22	0.11	0.15	0.23	0.24	0.07	0.07
	Niña	-0.20	-0.13	0.00	0.04	-0.08	-0.13	-0.18	-0.19	-0.01	-0.07	-0.15	-0.20	0.04	0.07	0.01	0.00	0.13	0.15	0.09	0.06
Niño 3	Niño	0.27	0.22	0.25	0.22	0.19	0.21	0.17	0.19	0.26	0.36	0.19	0.19	0.14	0.18	0.08	0.08	0.20	0.21	0.03	0.01
	Niña	0.02	0.03	0.14	0.16	0.17	0.18	0.13	0.09	0.12	0.10	0.08	0.08	0.20	0.20	0.18	0.13	0.18	0.15	0.14	0.16
Niño 4	Niño	0.14	0.13	0.00	0.00	-0.15	-0.14	-0.11	-0.13	-0.13	-0.07	0.02	0.00	0.01	0.05	0.05	0.04	-0.04	0.04	0.12	0.15
	Niña	-0.08	-0.05	0.03	0.01	0.18	0.17	0.06	0.10	0.33	0.28	0.18	0.13	0.33	0.29	0.28	0.33	0.34	0.25	0.24	0.22
Niño 3.4	Niño	0.15	0.15	0.13	0.11	0.10	0.07	0.01	0.02	0.17	0.25	0.07	0.07	0.28	0.32	0.19	0.18	0.31	0.33	0.18	0.16
	Niña	-0.15	-0.18	-0.06	-0.05	0.14	0.17	0.13	0.13	0.27	0.26	0.18	0.16	0.14	0.12	0.15	0.16	0.20	0.14	0.11	0.12

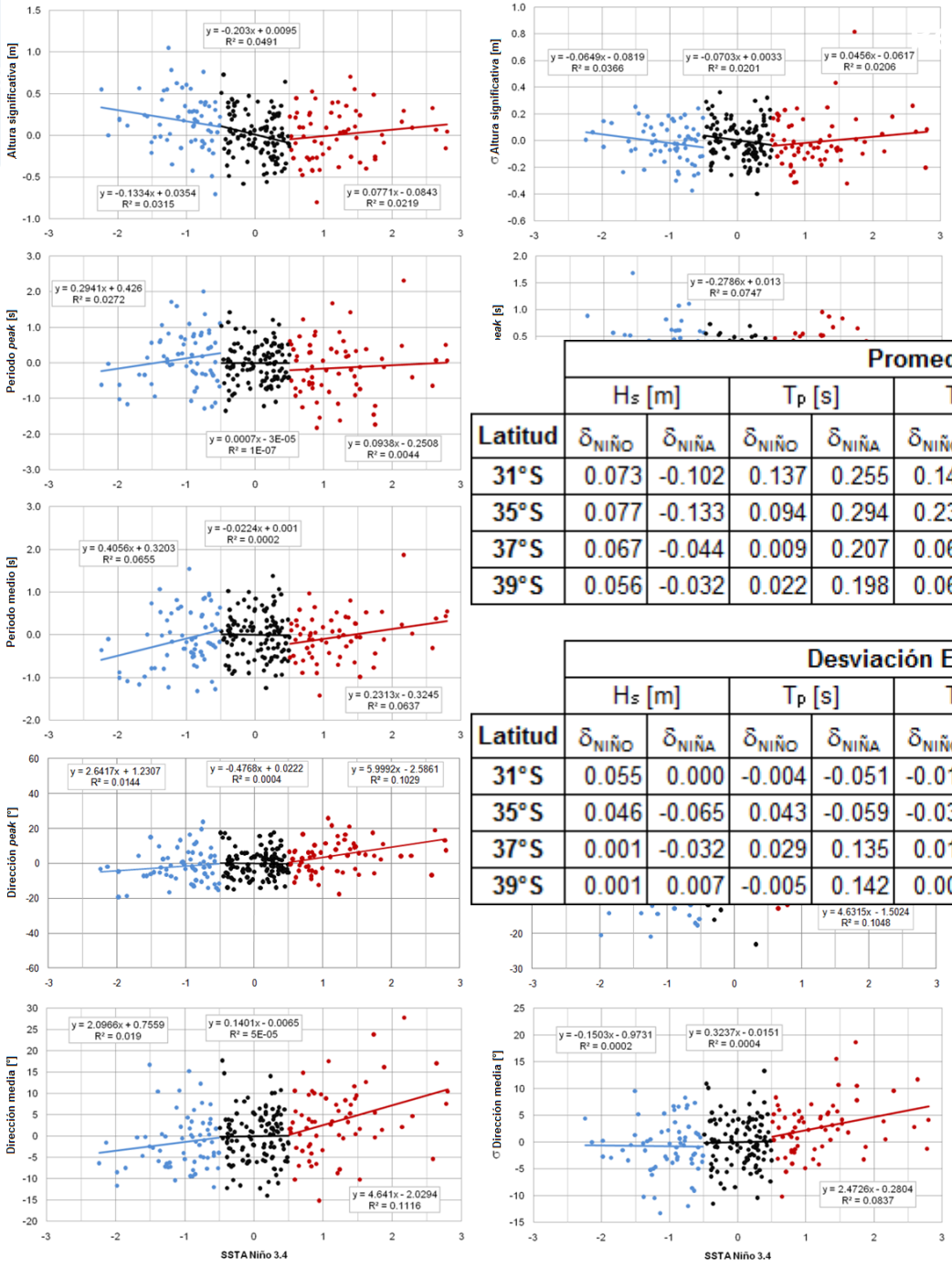
Desviacion Estándar Mensual																					
Correlación		H_s				T_p				T_m				Dir_p				Dir_m			
		31°S	35°S	37°S	39°S	31°S	35°S	37°S	39°S	31°S	35°S	37°S	39°S	31°S	35°S	37°S	39°S	31°S	35°S	37°S	39°S
IOS	Niño	-0.18	-0.13	-0.07	-0.03	0.04	0.00	0.07	-0.05	0.11	0.02	0.08	0.09	-0.21	-0.16	-0.14	-0.15	-0.19	-0.12	-0.08	-0.11
	Niña	-0.14	-0.05	-0.03	0.01	0.07	0.10	0.12	0.04	-0.03	-0.08	-0.22	-0.22	0.26	0.20	0.17	0.11	0.14	0.12	0.07	0.02
Niño 1+2	Niño	0.08	0.02	0.11	0.09	-0.06	-0.12	0.06	-0.03	0.03	-0.13	0.01	0.00	0.00	0.09	0.13	0.13	0.15	0.07	-0.01	-0.01
	Niña	0.07	0.04	0.07	0.07	0.03	0.04	0.12	0.12	0.06	0.03	0.10	0.15	0.21	0.18	0.17	0.16	0.14	0.14	0.13	0.15
Niño 3	Niño	0.29	0.15	0.13	0.13	-0.15	-0.17	-0.05	-0.13	0.00	-0.09	0.02	0.00	0.12	0.17	0.15	0.08	0.26	0.15	0.02	0.01
	Niña	-0.02	-0.12	-0.07	-0.06	-0.16	-0.13	0.01	0.08	-0.06	-0.01	-0.06	-0.12	0.10	0.09	0.13	0.17	-0.02	0.00	0.05	0.07
Niño 4	Niño	-0.10	-0.04	-0.16	-0.13	0.11	0.12	-0.15	-0.16	-0.12	-0.01	-0.01	0.03	0.07	0.08	0.00	0.00	0.06	0.13	0.08	0.04
	Niña	0.14	0.05	0.14	0.13	-0.09	-0.04	0.24	0.22	-0.07	0.19	0.16	0.04	0.14	0.15	0.29	0.28	0.18	0.20	0.20	0.15
Niño 3.4	Niño	0.22	0.14	0.00	0.00	-0.01	0.06	0.05	-0.01	-0.04	-0.07	0.05	0.01	0.29	0.32	0.22	0.16	0.41	0.29	0.12	0.10
	Niña	0.00	-0.19	-0.09	0.02	-0.05	-0.06	0.12	0.12	-0.02	0.20	0.15	-0.04	0.02	-0.02	0.15	0.17	-0.02	-0.01	0.05	0.05

	Promedio	Desviación Estándar	Total
IOS	0.130	0.106	**0.118**
Niño 1+2	0.125	0.087	**0.106**
Niño 3	0.156	0.095	**0.125**
Niño 4	0.134	0.117	**0.126**
Niño 3.4	0.156	0.103	**0.129**


Año
Altura significativa [m]
σ Altura significativa [m]
Periodo peak [s]
σ Periodo peak [s]
Periodo medio [s]
σ Periodo medio [s]
Dirección peak [°]
σ Dirección peak [°]
Dirección media [°]
σ Dirección media [°]
SSTA Niño 3.4
Promedio mensual
Filtro triangular de 12 meses

sultados: Influencias en el oleaje





Promedio Mensual

	H_s [m]		T_p [s]		T_m [s]		Dir_p [°]		Dir_m [°]	
Latitud	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$
31°S	0.073	-0.102	0.137	0.255	0.147	0.384	5.811	3.176	4.101	2.931
35°S	0.077	-0.133	0.094	0.294	0.231	0.406	5.999	2.642	4.641	2.097
37°S	0.067	-0.044	0.009	0.207	0.067	0.287	3.318	3.162	2.607	1.995
39°S	0.056	-0.032	0.022	0.198	0.061	0.244	3.145	3.239	2.497	2.103

Desviación Estándar Mensual

	H_s [m]		T_p [s]		T_m [s]		Dir_p [°]		Dir_m [°]	
Latitud	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$	$\delta_{NIÑO}$	$\delta_{NIÑA}$
31°S	0.055	0.000	-0.004	-0.051	-0.017	-0.010	4.097	0.431	3.019	-0.232
35°S	0.046	-0.065	0.043	-0.059	-0.031	0.110	4.631	-0.434	2.473	-0.150
37°S	0.001	-0.032	0.029	0.135	0.019	0.084	2.969	3.550	1.091	0.724
39°S	0.001	0.007	-0.005	0.142	0.003	-0.022	2.073	4.155	0.854	0.720

Resumen influencias

	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Fenómeno	Hs [m]	Tp [s]	Tm [s]	Dirp [°]	Dirm [°]	Hs [m]	Tp [s]	Tm [s]	Dirp [°]	Dirm [°]
Calentamiento Global	↑	↑	↓↑	↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓
Niño	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↓↑	↓↑	↑	↑
Niña	↑	↓	↓	↓	↓	↓↑	↓↑	↓↑	↓↑	↓↑

Pronóstico de oleaje a 25 años

- Dada vida útil de los proyectos, se consideran 25 años.
- Se consideran las tres fases de ENOS, en condición Niño y Niña extremos

Condición media y estacionaria

	Valores medios por parámetro y nodo									
	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]
31°S	2.48	12.54	8.94	229.43	225.99	0.70	1.92	1.43	21.70	14.45
35°S	2.65	12.56	9.04	236.92	235.87	0.75	1.82	1.46	21.98	15.69
37°S	2.87	12.42	9.15	234.85	236.98	0.84	1.76	1.39	24.65	20.37
39°S	2.89	12.43	9.21	238.65	242.36	0.87	1.68	1.36	25.34	21.09

	Valores medios por parámetro y nodo en condición estacionaria									
	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]
31°S	2.41	12.58	9.02	228.49	225.41	0.65	1.96	1.43	20.08	12.75
35°S	2.58	12.65	9.07	235.35	234.59	0.69	1.85	1.56	19.16	14.50
37°S	2.81	12.54	9.24	235.39	236.99	0.82	1.87	1.43	25.22	20.45
39°S	2.84	12.54	9.28	239.35	242.54	0.87	1.79	1.35	26.52	21.04

Variaciones por caso

(a)	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]
31°S	0.18	0.34	0.37	14.53	10.25	0.14	-0.01	-0.04	10.24	7.55
35°S	0.19	0.24	0.58	15.00	11.60	0.12	0.11	-0.08	11.58	6.18
37°S	0.17	0.02	0.17	8.30	6.52	0.00	0.07	0.05	7.42	2.73
39°S	0.14	0.06	0.15	7.86	6.24	0.00	-0.01	0.01	5.18	2.14

Niño Extremo:
SSTA Niño3.4 = 3.0

(b)	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]
31°S	0.20	-0.51	-0.77	-6.35	-5.86	0.00	0.10	0.02	-0.86	0.46
35°S	0.27	-0.59	-0.81	-5.28	-4.19	0.13	0.12	-0.22	0.87	0.30
37°S	0.09	-0.41	-0.57	-6.32	-3.99	0.06	-0.27	-0.17	-7.10	-1.45
39°S	0.06	-0.40	-0.49	-6.48	-4.21	-0.01	-0.28	0.04	-8.31	-1.44

Niña Extrema:
SSTA Niño3.4 = -2.5

(a)	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]
31°S	0.22	0.29	-0.14	-21.82	-11.77	0.14	1.01	0.22	-8.96	-0.29
35°S	0.14	0.29	-0.04	-22.64	-11.30	0.29	0.86	0.22	-9.97	-1.22
37°S	0.11	0.72	0.43	-14.58	-4.36	0.14	0.58	0.32	-8.86	-0.25
39°S	0.18	0.61	0.36	-17.71	-7.67	0.11	0.68	0.32	-8.42	0.00

Calentamiento Global, 25 años

Variaciones por escenario

(a)	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]
31°S	0.40	0.63	0.22	-7.29	-1.52	0.28	1.00	0.17	1.28	7.26
35°S	0.34	0.52	0.54	-7.65	0.30	0.40	0.97	0.14	1.61	4.96
37°S	0.28	0.74	0.60	-6.29	2.16	0.15	0.65	0.37	-1.43	2.48
39°S	0.32	0.67	0.51	-9.85	-1.43	0.11	0.67	0.33	-3.24	2.14

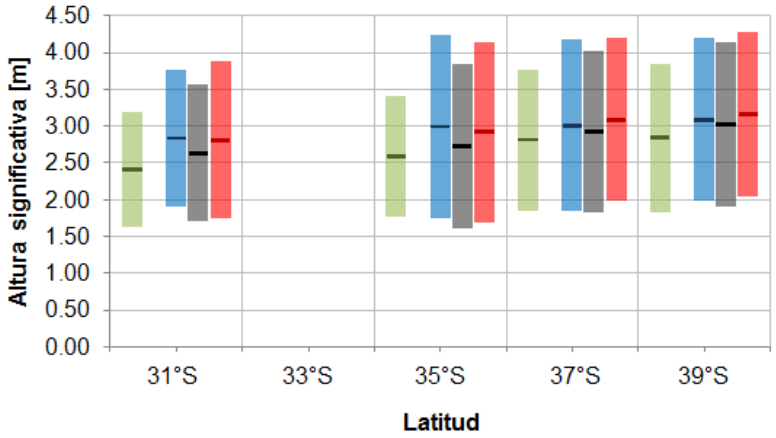
25 años
Niño extremo

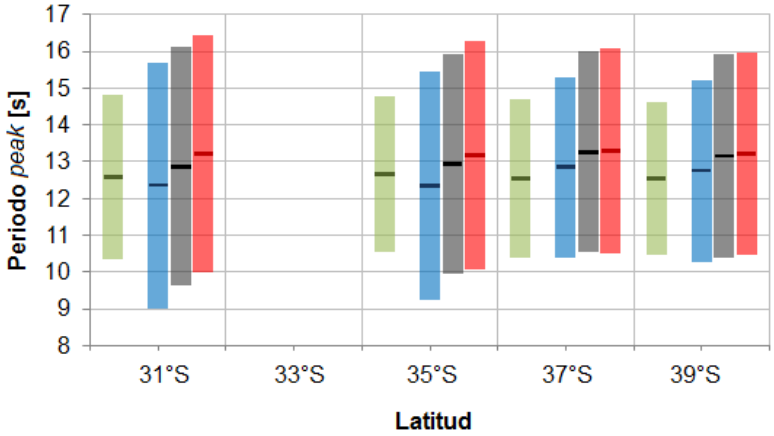
(a)	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]
31°S	0.22	0.29	-0.14	-21.82	-11.77	0.14	1.01	0.22	-8.96	-0.29
35°S	0.14	0.29	-0.04	-22.64	-11.30	0.29	0.86	0.22	-9.97	-1.22
37°S	0.11	0.72	0.43	-14.58	-4.36	0.14	0.58	0.32	-8.86	-0.25
39°S	0.18	0.61	0.36	-17.71	-7.67	0.11	0.68	0.32	-8.42	0.00

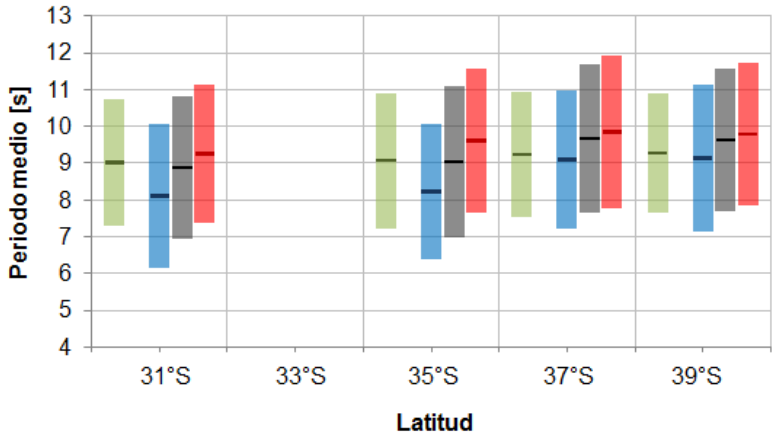
25 años
ENOS normal

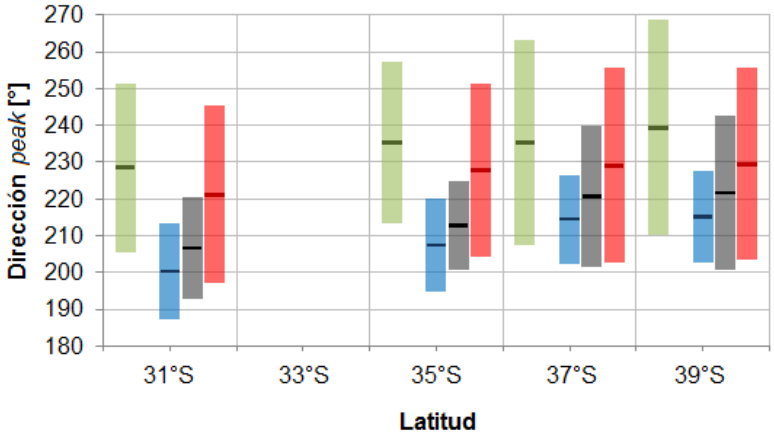
(b)	Promedio Mensual					Desviación Estándar Mensual				
Latitud	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]	H_s [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir_p [°]	Dir_m [°]
31°S	0.42	-0.22	-0.91	-28.17	-17.63	0.14	1.11	0.24	-9.83	0.18
35°S	0.41	-0.30	-0.85	-27.93	-15.50	0.42	0.98	0.00	-9.10	-0.92
37°S	0.20	0.31	-0.14	-20.90	-8.35	0.21	0.31	0.16	-15.96	-1.70
39°S	0.24	0.22	-0.13	-24.19	-11.87	0.09	0.40	0.37	-16.73	-1.44

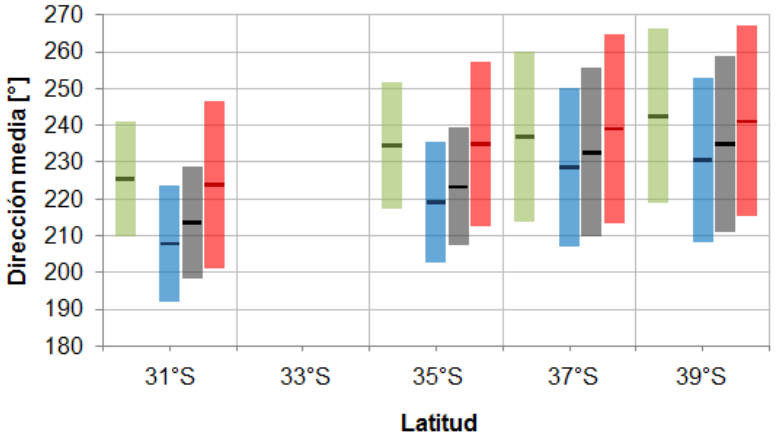
25 años
Niña extrema

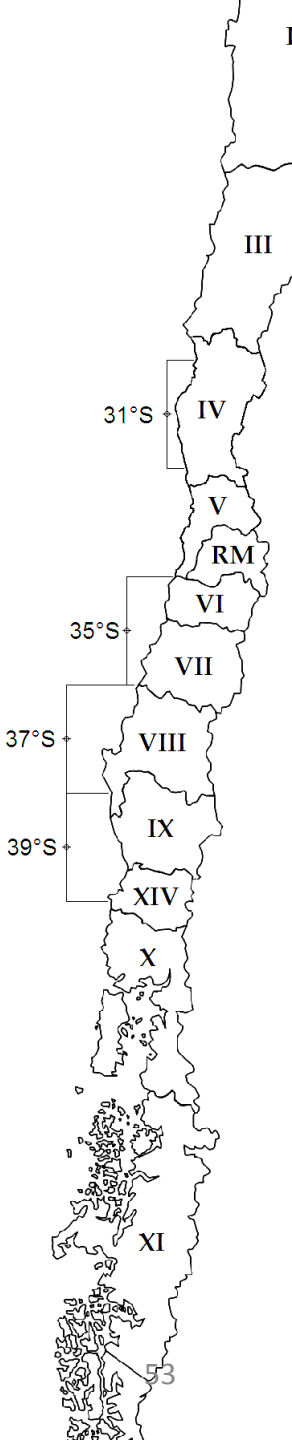






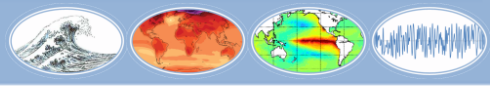






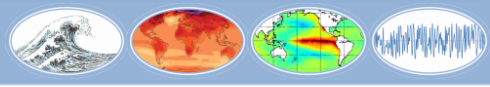
Condición estacionaria Proyección Niña Proyección Normal Proyección Niño

Conclusiones



- El estudio de oleaje no considera las variaciones por influencias de ENOS y de calentamiento global
- Los fenómenos ENOS y Calentamiento Global influencian el oleaje de manera significativa
- En general, el Calentamiento Global induce aumento de altura y periodo y disminución de la dirección.
- En general ENOS produce disminuciones en los parámetros en la condición Niña y aumentos en la condición Niño, salvo en la altura, donde aumenta en ambo casos.
- Se esperan condiciones futuras de oleaje con aumentos de altura y periodo, pero con dirección que tiende hacia el sur

Recomendaciones



- Continuar investigando, es un primer paso
- Utilizar estadística medida
- Utilizar información espectral
- Incorporar el análisis de estacionalidades
- Desarrollar estudio para clima extremo

Bibliografía

8 REFERENCIAS

Avaria S., J. Carrasco, J. Rutllant y E. Yáñez. 2004 (eds). El Niño-La Niña 1997-2000. Sus Efectos en Chile. CONA, Chile. Disponible en web http://www.cona.cl/libroelnino/lenol.htm (fecha visita: marzo 2011). 265pp.

Contreras M. 2001. Introducción al análisis de series de tiempo para Oceanografía y Geo-ciencias. Estudios y documentos, N° 15/01, Universidad Católica de Valparaíso, Chile. 141pp.

Fuenzalida H. 1983. La Atmósfera Inconstante, Circulación general de la atmósfera. Fasciculos para la comprensión de la ciencia, las humanidades y la tecnología, vol 47, Consejo de rectores de las universidades chilenas. 107pp.

Garreaud R. y M. Falvey. 2008. The coastal wind of western subtropical South America in future climate scenarios. International Journal of Climatology, DOI: 10.1002/joc.1716

Glantz, M. 1998. Corrientes de Cambio: El impacto de "El Niño" sobre el Clima y la Sociedad. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile. 141pp.

Goda Y. 2000. Random seas and design of maritime structures. Advances series on ocean engineering, vol 15, World Scientific Publishing Co. 443pp

Greenpeace. 2010. Cambio Climático: Futuro Negro para los Glaciares. Campaña clima Diciembre 2010, disponible en web http://www.greenpeace.org/raw/content/argentina/cambio-climatico/cambio-climatico-futuro-negro-3.pdf (fecha visita: marzo 2011). 34p.

Holthuijsen L. H. 2007. Waves in Oceanic and Coastal Waters. Cambridge University Press. 387pp.

Houghton J. 1992. Física de Atmósferas Planetarias. Instituto Nacional de Meteorología, España. 270pp.

IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio

Fin

Gracias por su atención