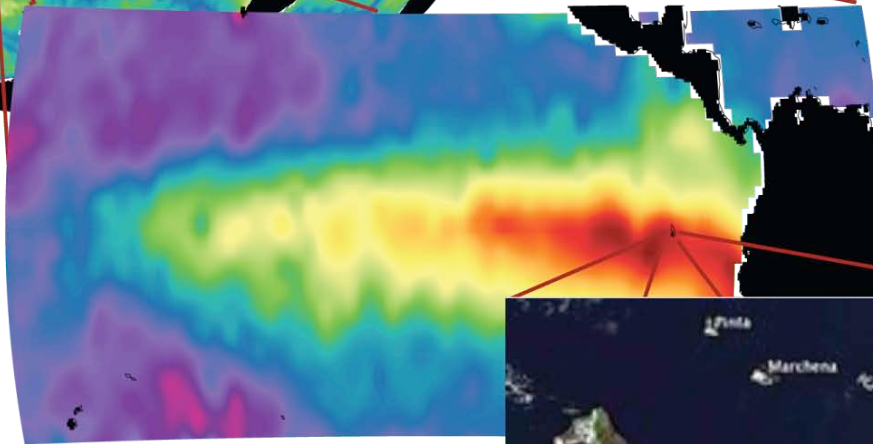


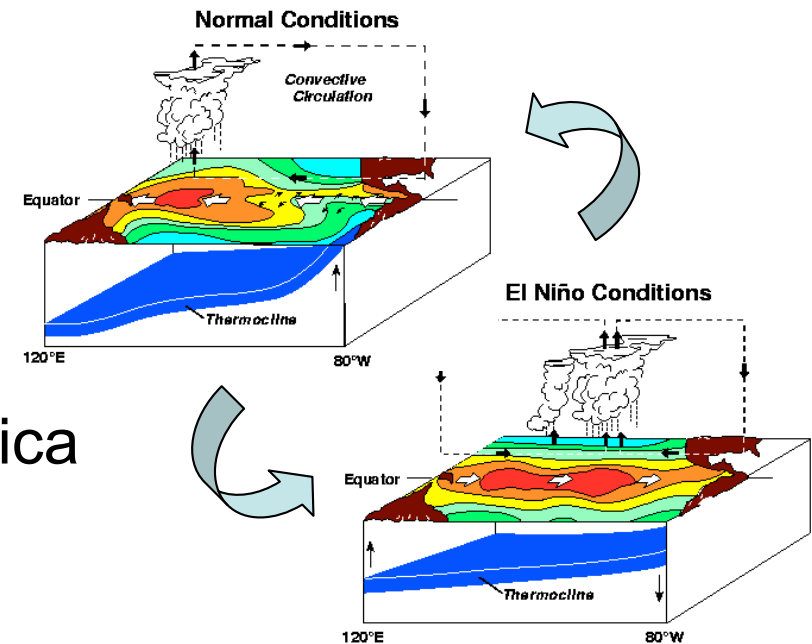
NOAA/GFDL



Principales Causas de Cambios Climáticos

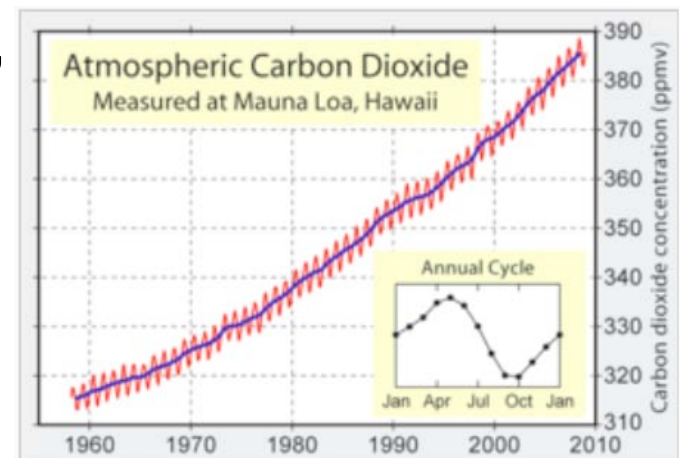
- **Variabilidad interna:**

- El Niño/La Niña
- Oscilación Decadal Pacífica
- Oscilación Multi-decadal Atlántica



- **Forzantes Radiativos:**

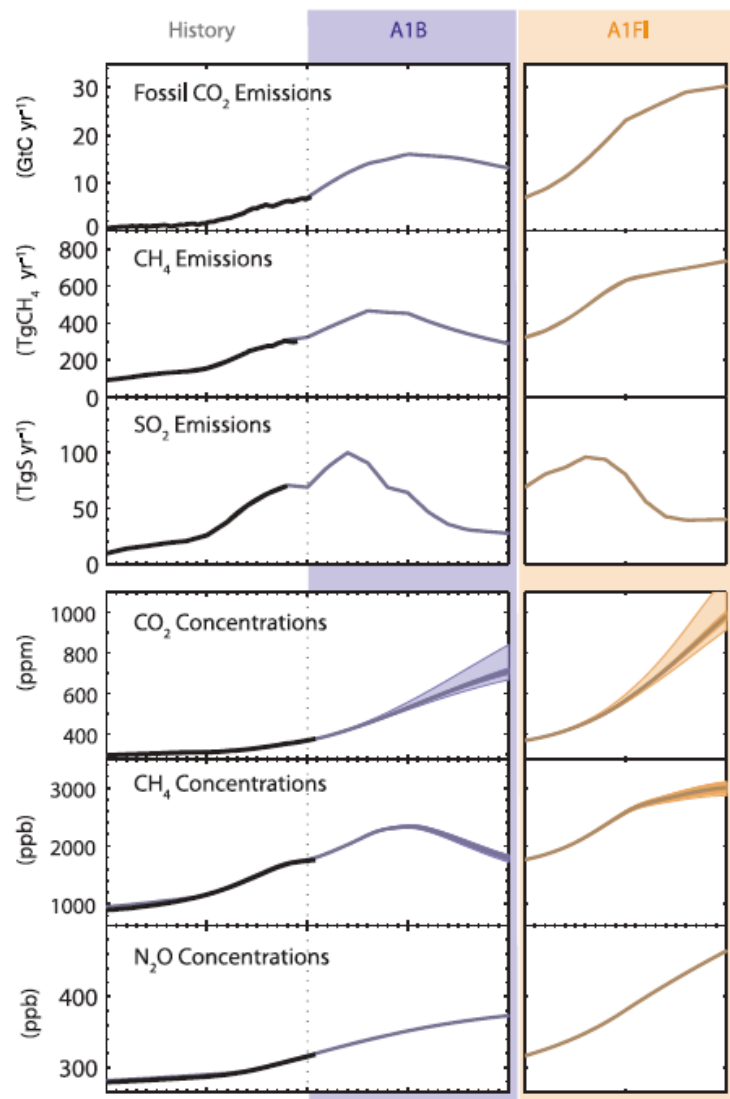
- Efecto invernadero (CO_2 , CH_4 , O_3 ,...)
- Partículas en la atmósfera (polvo, sulfatos,...).
- Volcanes
- Cambios solares



Cambio Forzado: El efecto invernadero

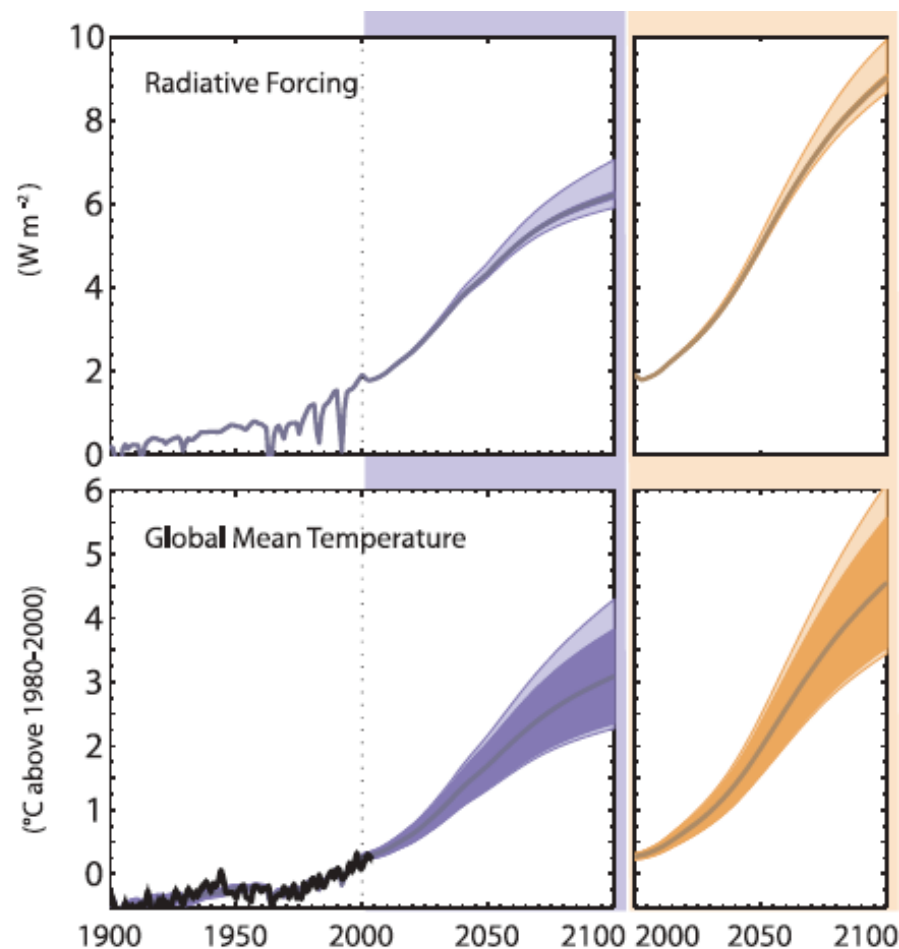
- A las mas grandes escalas tenemos mayor confianza.
- A las escalas regionales y locales tenemos menor confianza.
- Incertidumbre en el cambio global y regional causará incertidumbre en el cambio local.

Forzantes radiativos y temperatura global



Forzantes radiativos

Efecto radiativo



Temperatura global

Variabilidad Interna

- Las condiciones en un dado año son una combinación de variabilidad interna y cambio forzado.
- La variabilidad puede amplificar o cancelar el cambio forzado.
- Los extremos de cambio ocurren con una superposición de variabilidad y cambio forzado.
- En temperatura en Galápagos, variabilidad ha sido dominante hasta ahora - es difícil ver el cambio forzado.

Ilustración de la superposición de variabilidad y cambio

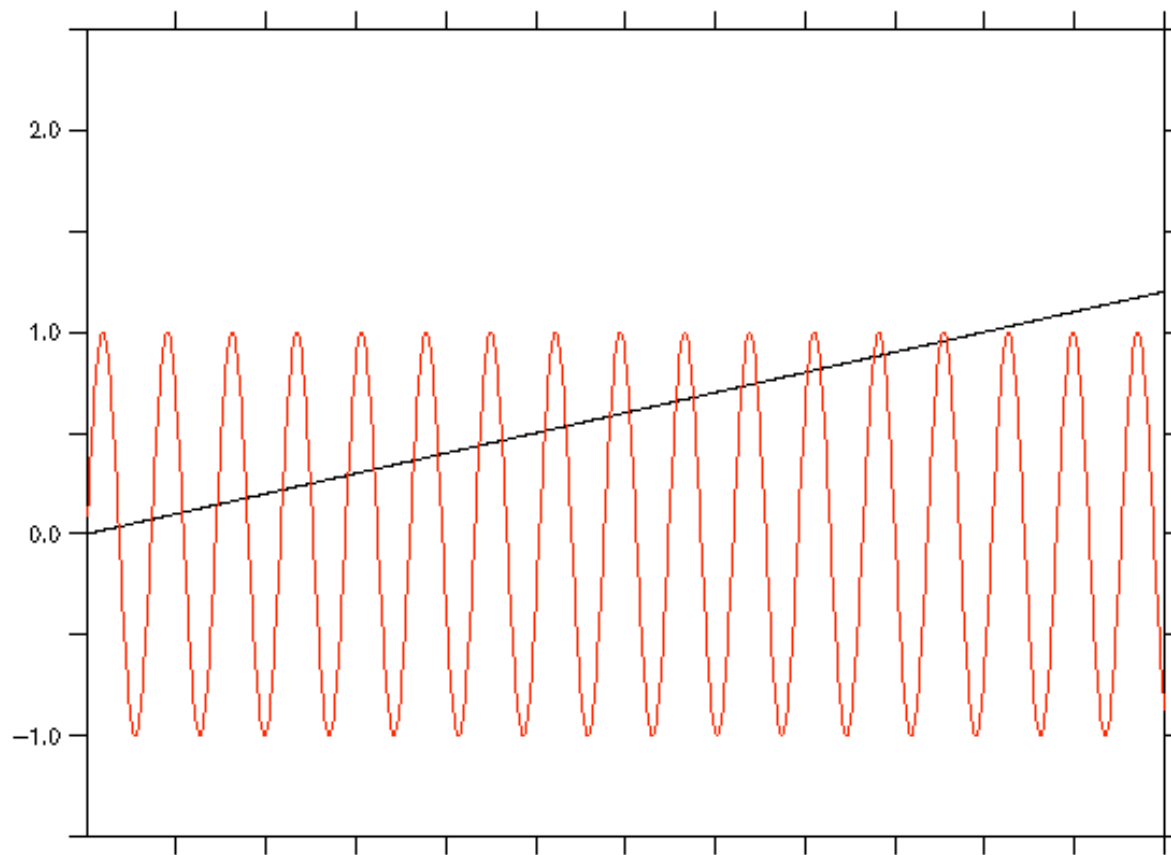
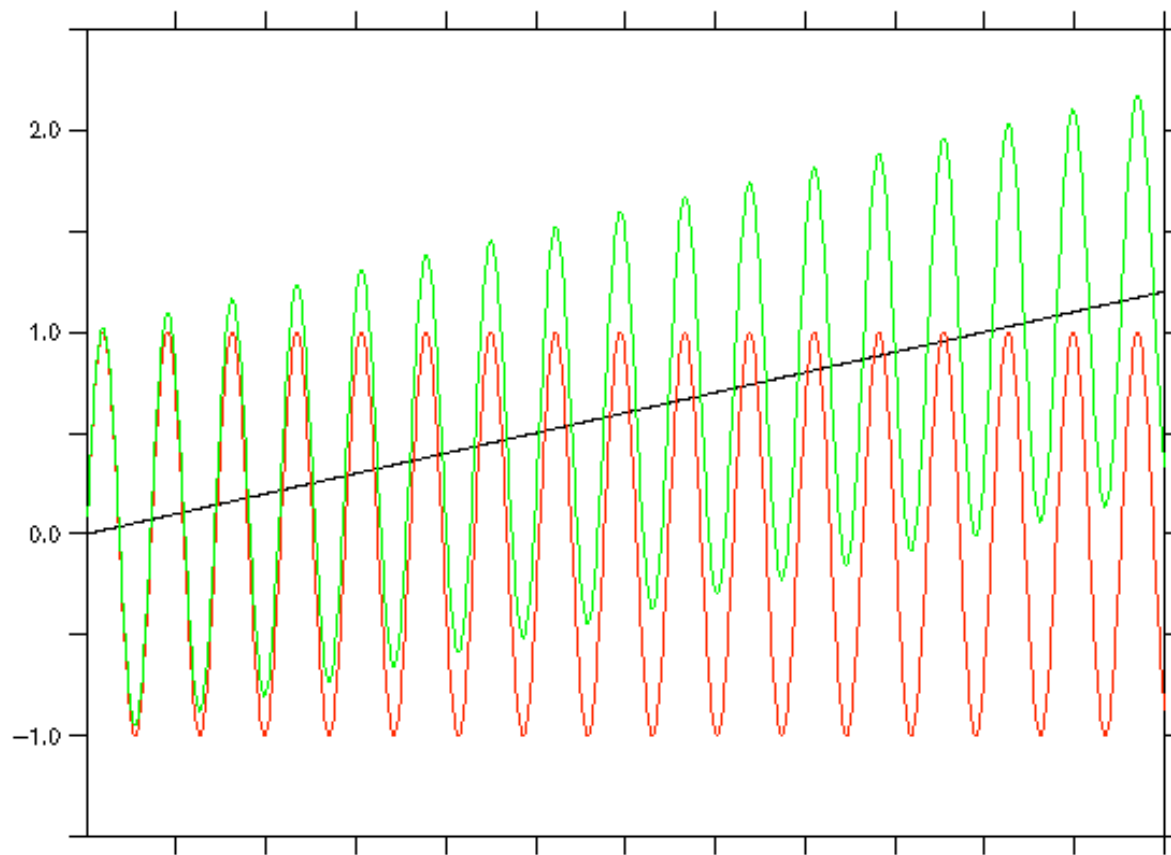
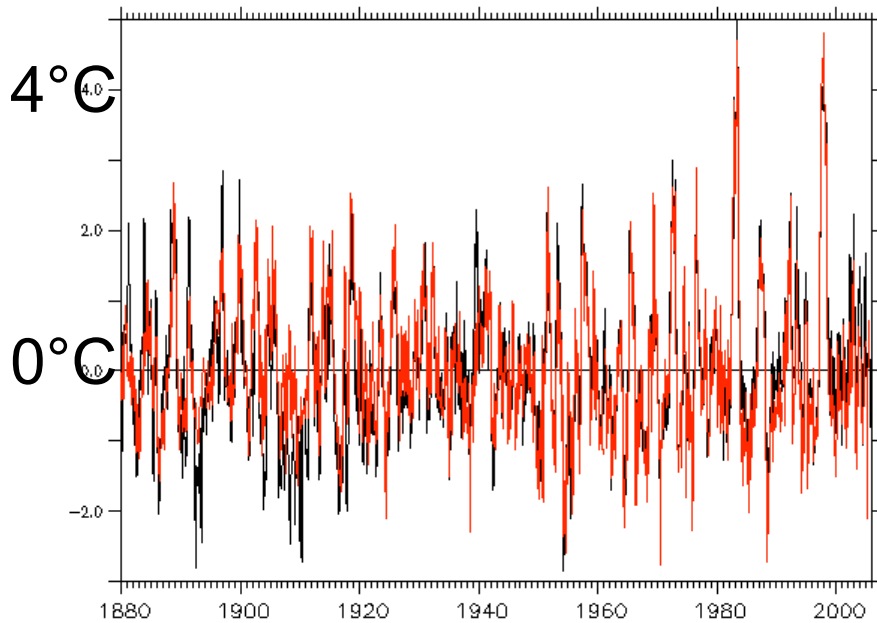


Ilustración de la superposición de variabilidad y cambio

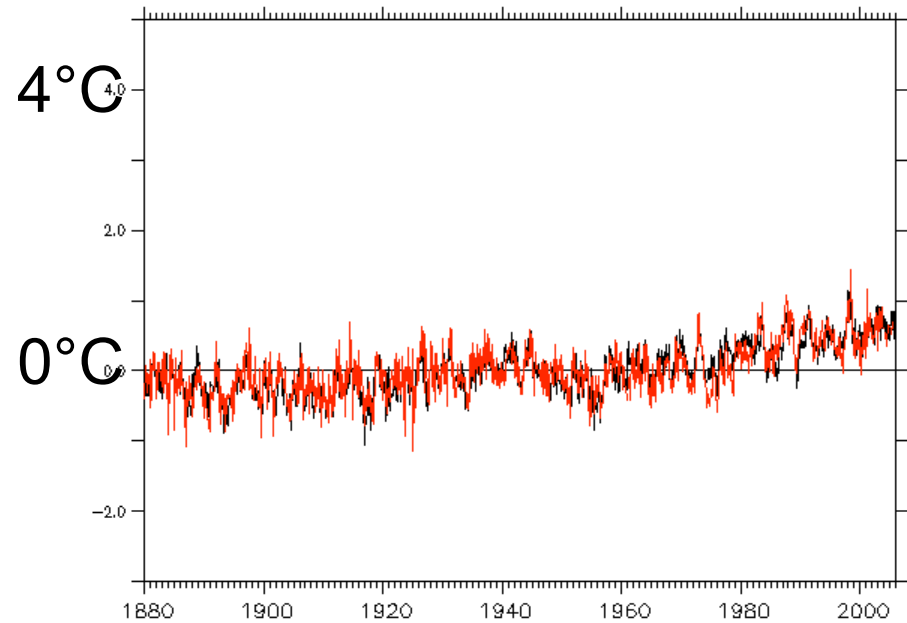


Temperaturas Superficiales del Mar

Pacífico Este (90°O,0°N)



Océano Índico (70°E,0°N)



- En el Pacífico Este domina la variabilidad.
 - La tendencia no es obvia
- En el Océano Índico la tendencia es clara.

Cambios Climáticos con Relevancia a Galápagos

- Aumento de temperatura
- Cambios de precipitación
 - Precipitación media y variabilidad
- Aumento del nivel del mar.
- Cambio en los vientos/las corrientes
- Cambio en la variabilidad:
 - Más/menos eventos El Niño, eventos más fuertes.

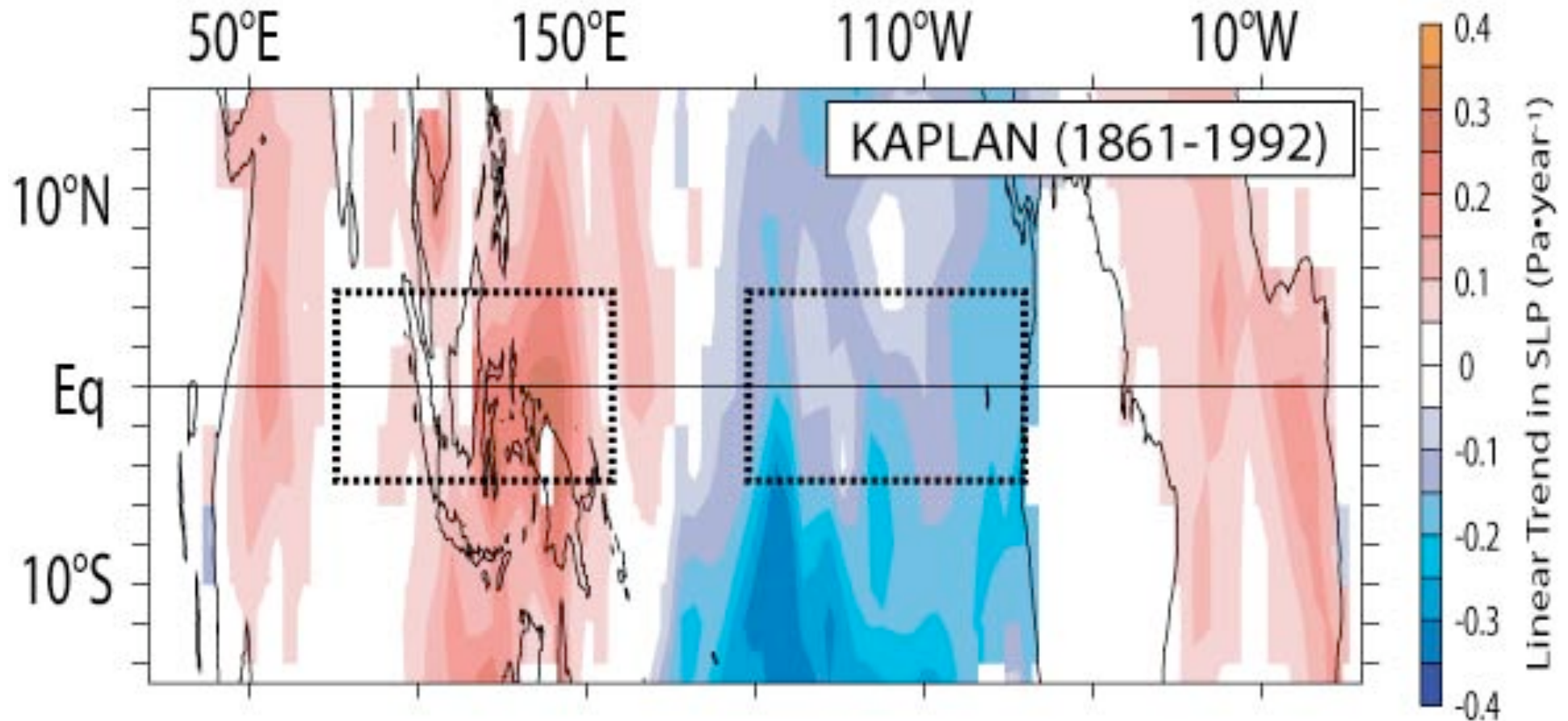
Cambio no-climático causado por aumento de CO₂:

Acidificación oceánica.

Cambios de Circulación

- Balances globales de energía, humedad y masa requieren que la circulación atmosférica disminuya con calentamiento global.
- Se espera que haya una reducción de la circulación “Walker” - la circulación de aire relacionada a la Oscilación Sur/El Niño.
- Se proyecta una disminución en los vientos alisios ecuatoriales.
- Hay indicación de una reducción en estos vientos en el siglo XX.

Tendencia de presión atmosférica observada



Reducción de la gradiente de presión de E-O.

Indica una reducción de la circulación “Walker”.

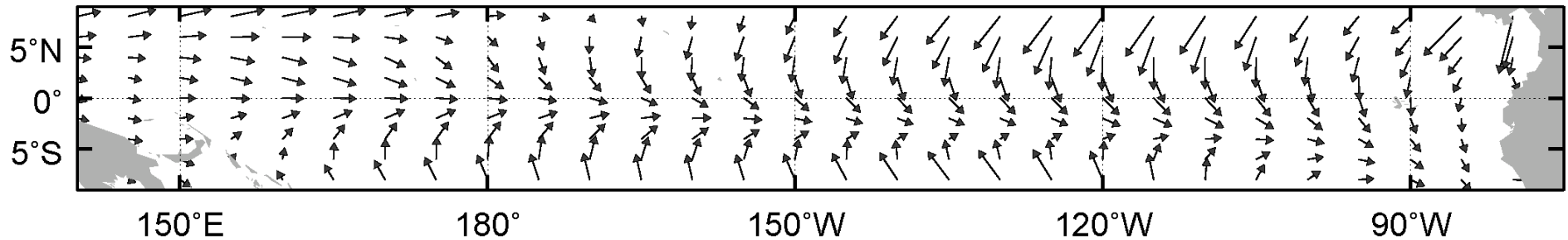
De origen antropogénico.

Vecchi et al (2006, Nature)

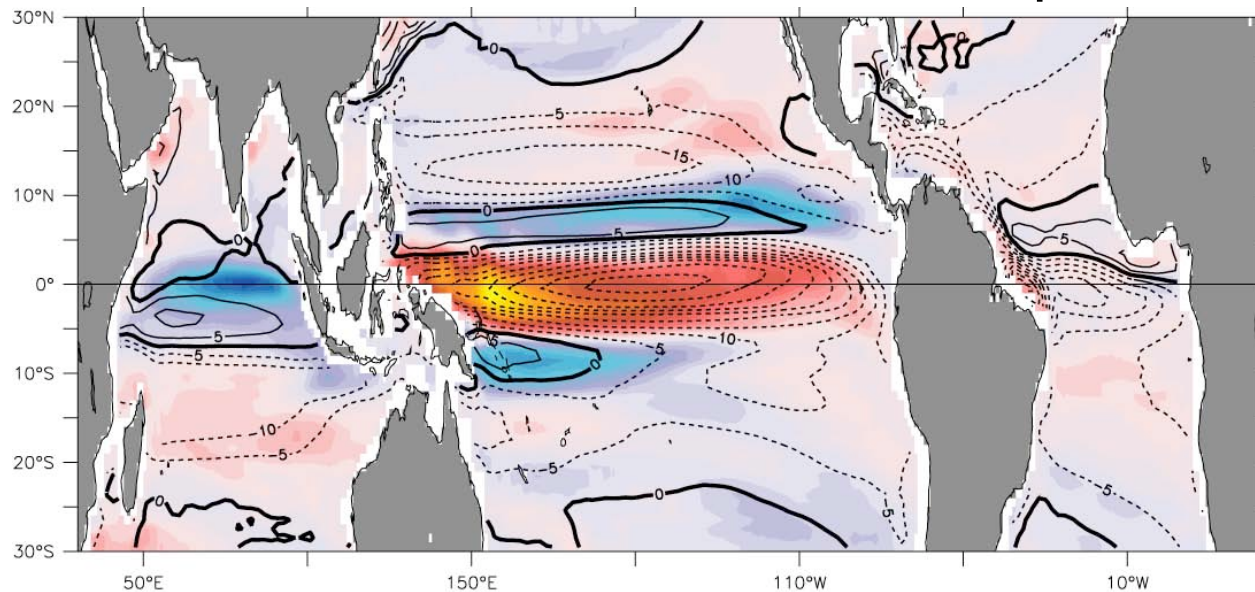
Predicciones con modelos globales

Vientos

DiNezio et al (2009, J. Clim.)



Corrientes Zonales Superficiales



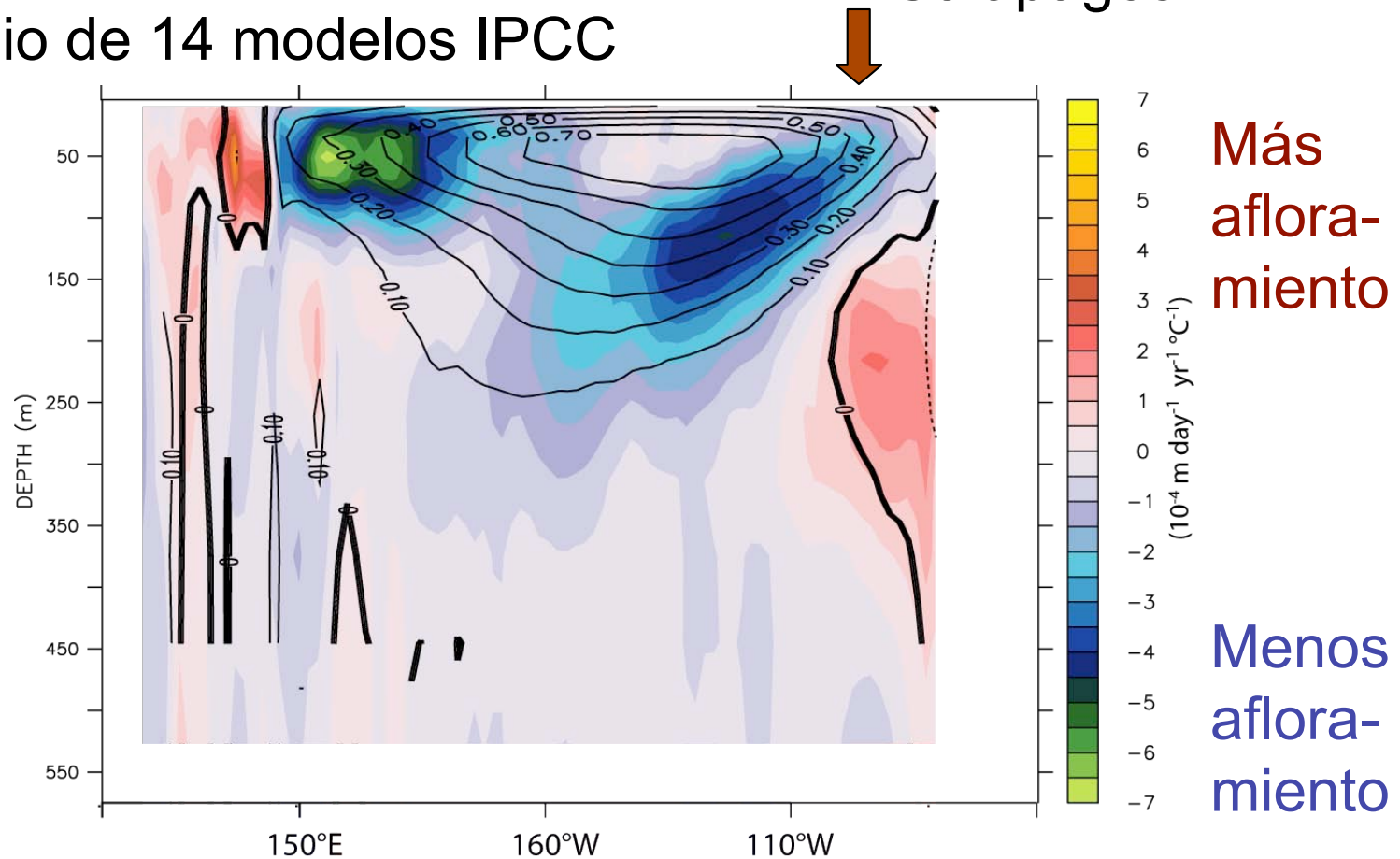
Vecchi and Soden
(2007, J. Clim.)

Shade: 2001-2100 trend ($10^{-4} \text{ m s}^{-1} \text{ yr}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$) - Contour, 2001-2020 Average (cm s^{-1})

Proyección de cambio en el afloramiento (*upwelling*)

Promedio de 14 modelos IPCC

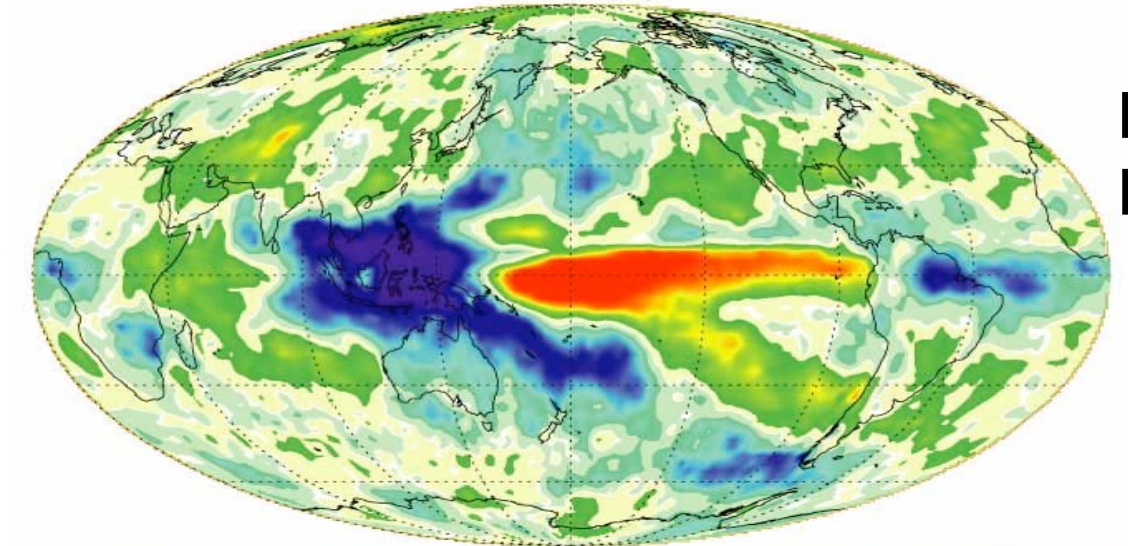
Galápagos



Scenario A1B (720 ppm CO₂ Stabilization) - 2001-2100
14-Model Ensemble-mean 100-year Vertical Velocity Trend (Normalized by Global SST Trend)

Vecchi and Soden (2007, J. Clim.)

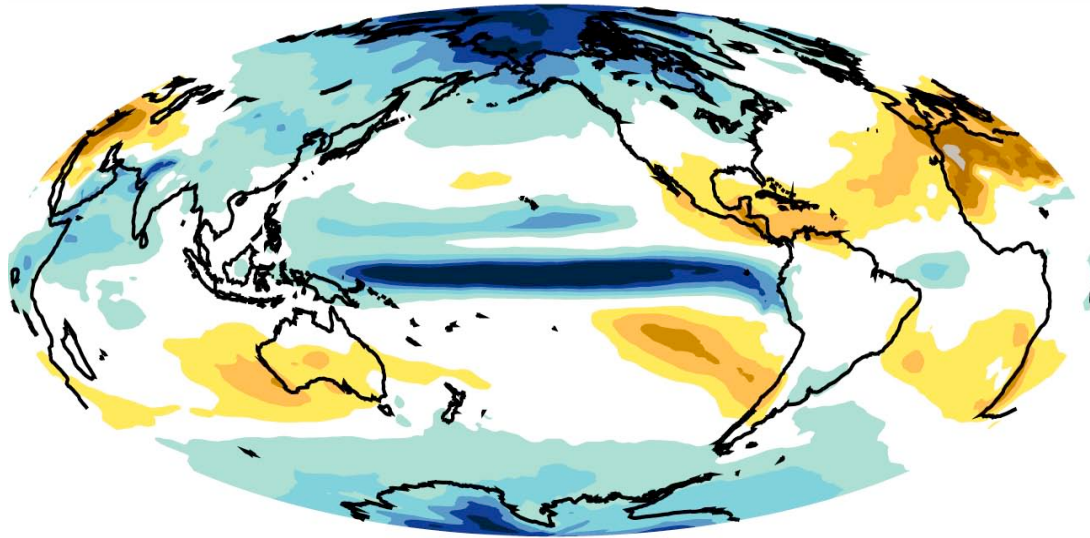
El Niño minus La Niña Composites
of Global Normalized Precipitation Anomalies



-1.2 -0.9 -0.6 -0.3 0.0 0.3 0.6 0.9 1.2
Global Precipitation Climatology Project (GPCP) 1979-01

Precipitación asociada con
El Niño en observaciones.

oceanworld.tamu.edu



-12.5 -10 -7.5 -5 -2.5 2.5 5 7.5 10 12.5
% per °C global warming

Precipitación causada por
aumento de CO₂ en los
modelos globales.

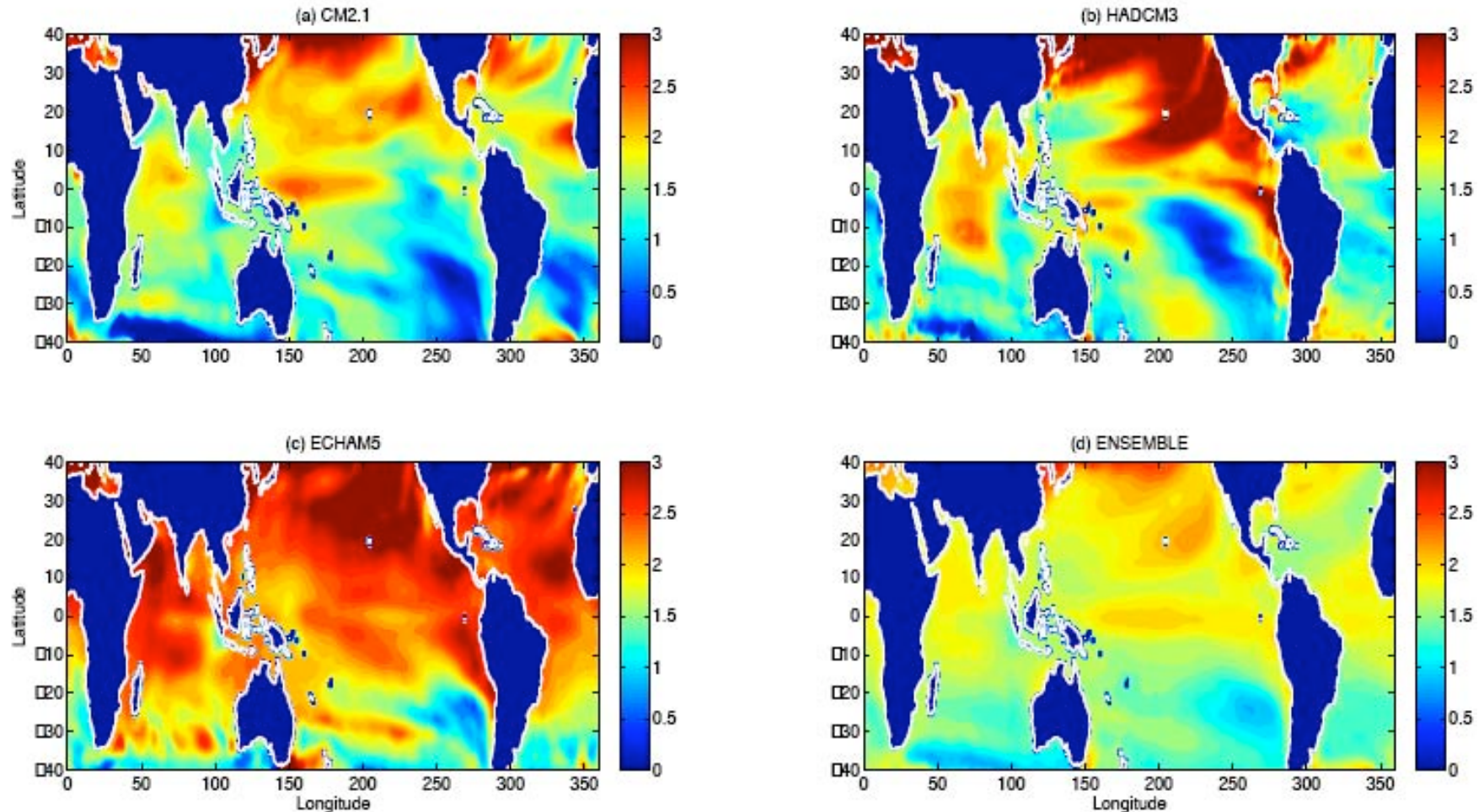
Promedio de 22 modelos IPCC

Vecchi and Soden (2007, J. Clim.)

Cambios de temperatura

- Por el efecto invernadero, esperamos que el planeta continúe a calentarse a largo plazo.
 - Localmente y en ciertos años podrá haber enfriamiento o poco cambio.
- En el último siglo, el cambio de temperatura en Galápagos sigue siendo debatido.
 - Ciertos estudios indican que el mar cerca de Galápagos ha enfriado.
 - Otros estudios indican que ha calentado.

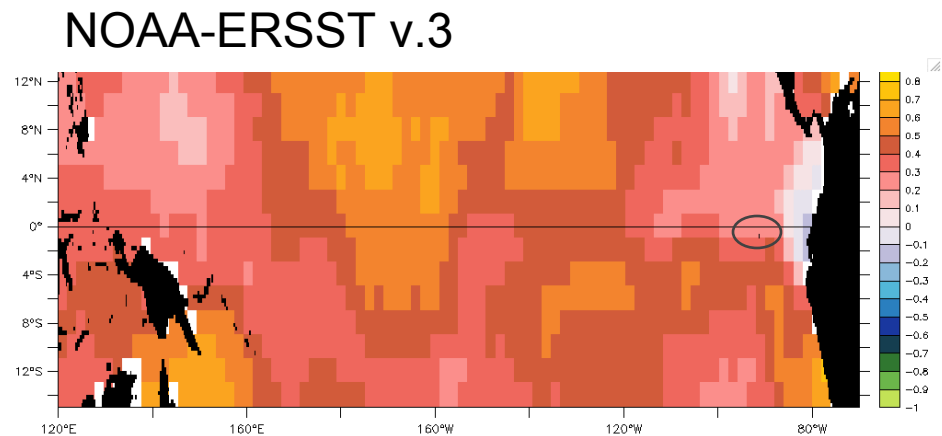
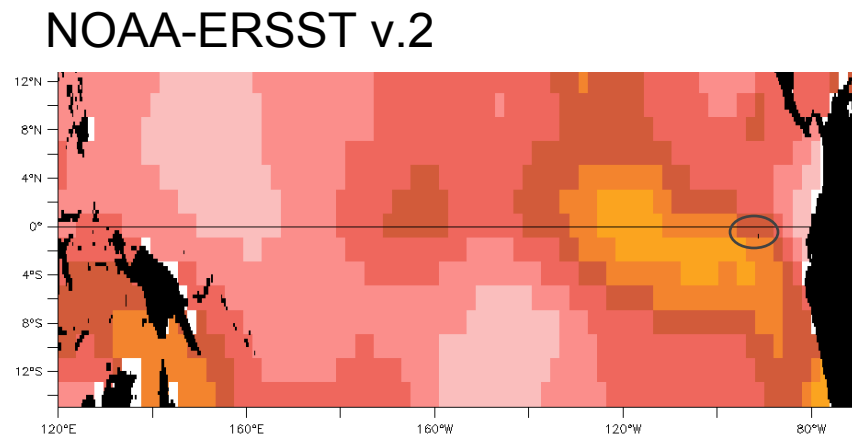
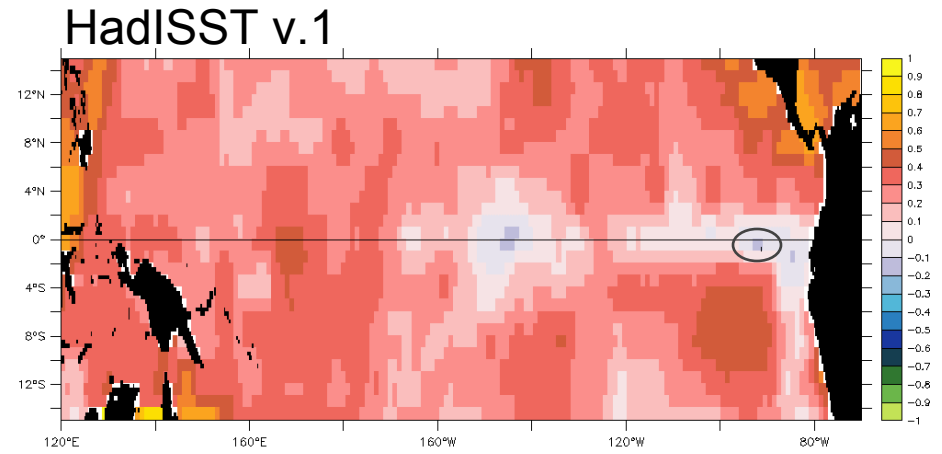
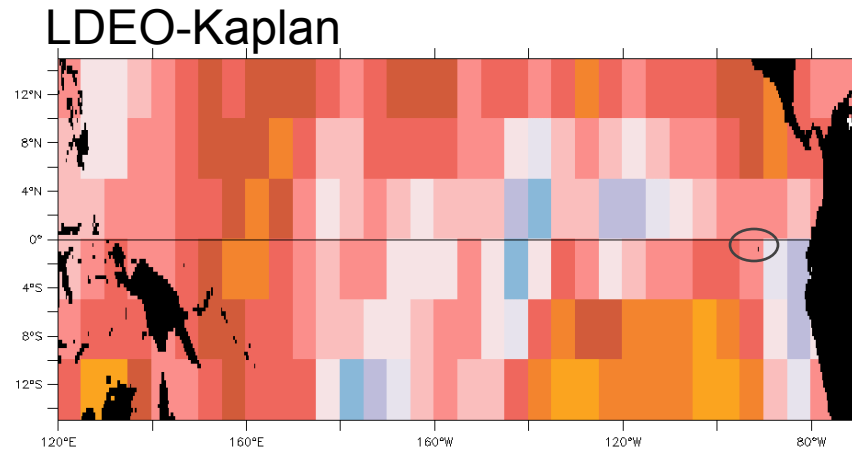
Predicciones (Siglo XXI) de cambios de temperatura superficial del mar



Todos los modelos indican que los trópicos deberían calentarse. La estructura del calentamiento depende del modelo.

Temperatura Oceánica Superficial

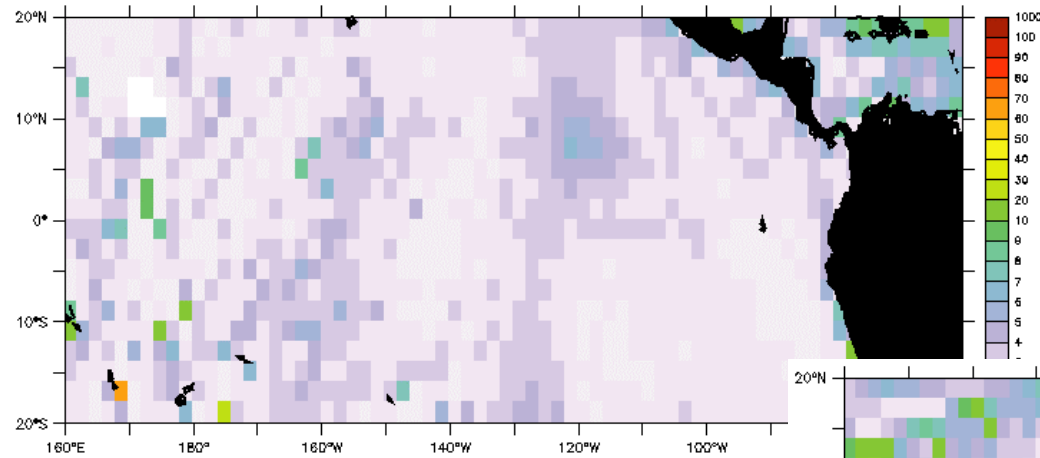
Tendencias lineares (1880-2005) en cuatro reconstrucciones.



Todas indican calentamiento general.
La estructura varía.

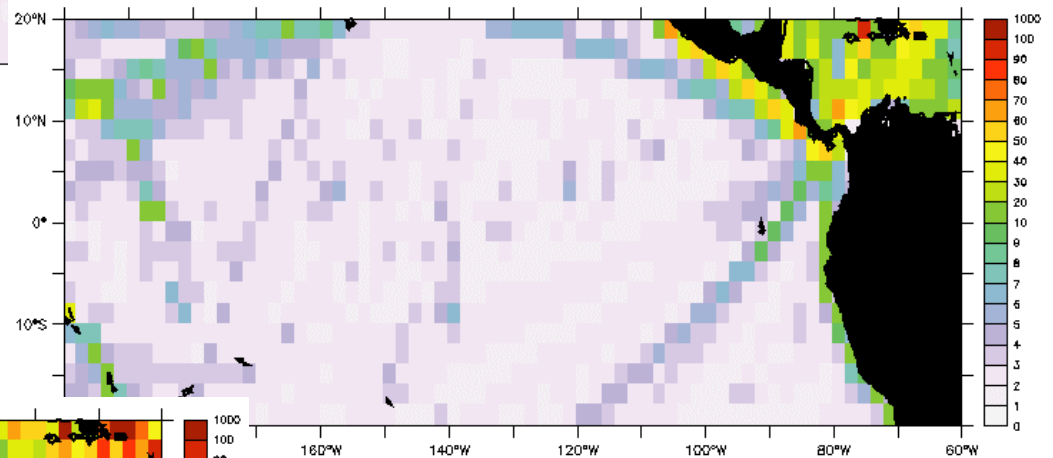
Adapted from Vecchi, Clement and Soden (2008, EOS)

Numero medio de observaciones mensuales

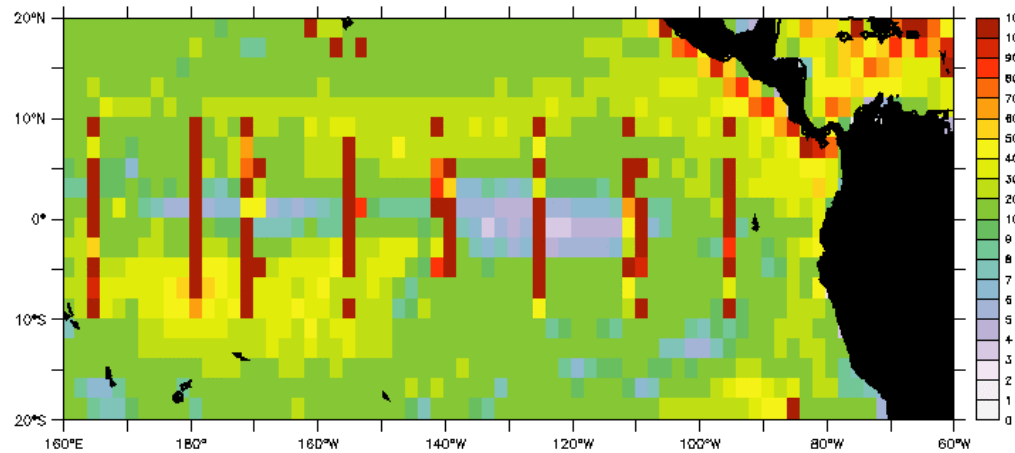


1880-1915

1925-1960



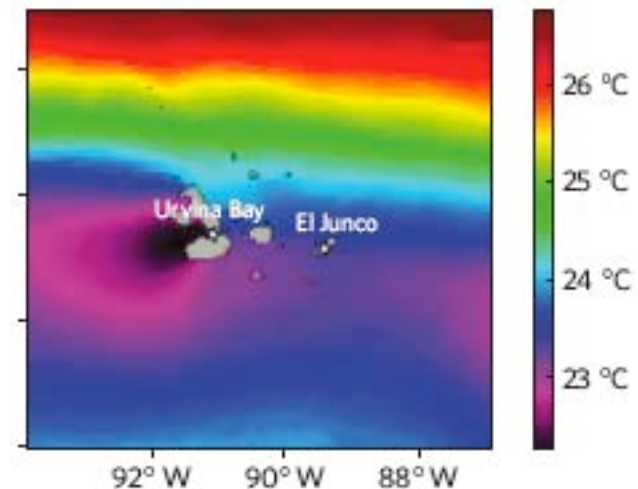
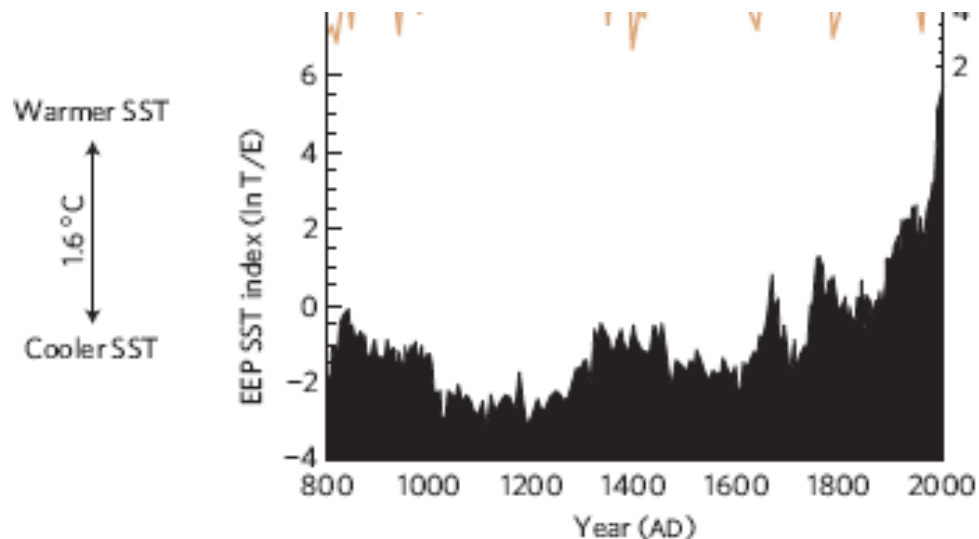
1970-2005



Lago El Junco, Galápagos:

Análisis de sedimentos

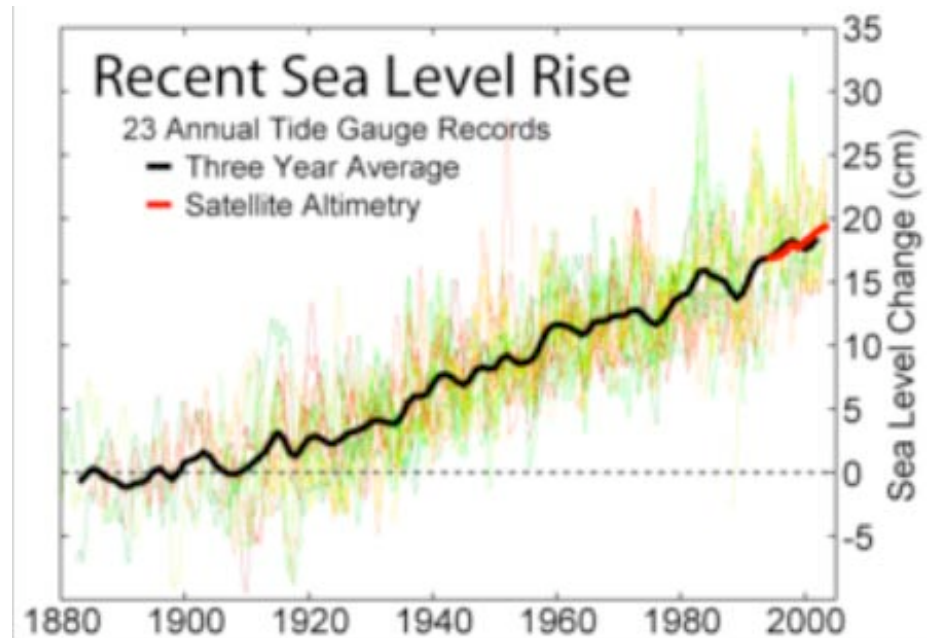
- Indican un aumento de precipitación durante el Siglo XX.
- Consistentes con un aumento de temperatura.
- Interpretación de los datos sigue (e.g., Sachs et al 2009, Conroy et al, 2009.a, 2009.b,...)



Conroy et al (2009, Nature. Geosci.)

Nivel del Mar

- Globalmente esperamos que el nivel del mar continúe a aumentar:
 - Calentamiento expande el agua.
 - Derretimiento de hielo terrestre
 - Posibilidad de desprendimiento de hielo en Antártica y Groenlandia.



Proyecciones globales para el nivel del mar

bajas ← Emisiones de CO₂ → altas

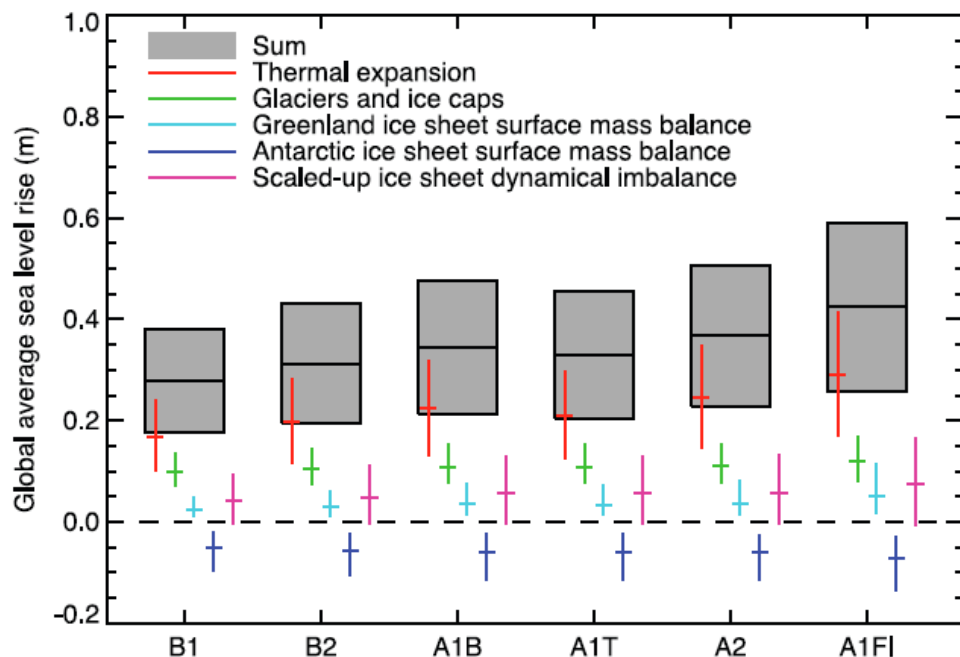


Figure 10.33. Projections and uncertainties (5 to 95% ranges) of global average sea level rise and its components in 2090 to 2099 (relative to 1980 to 1999) for the six SRES marker scenarios. The projected sea level rise assumes that the part of the present-day ice sheet mass imbalance that is due to recent ice flow acceleration will persist unchanged. It does not include the contribution shown from scaled-up ice sheet discharge, which is an alternative possibility. It is also possible that the present imbalance might be transient, in which case the projected sea level rise is reduced by 0.02 m. It must be emphasized that we cannot assess the likelihood of any of these three alternatives, which are presented as illustrative. The state of understanding prevents a best estimate from being made.

IPCC-AR4 (2007)

Pero...

- No incluyen la posibilidad de cambios dinámicos en el hielo de Antártida y Groenlandia (que podrían añadir unos metros más)
- Cambios locales pueden ser diferentes a los globales. (más grandes o pequeños)

Cambios en la frecuencia de El Niño



Cambio en la actividad de El Niño

Cambio en las condiciones medias

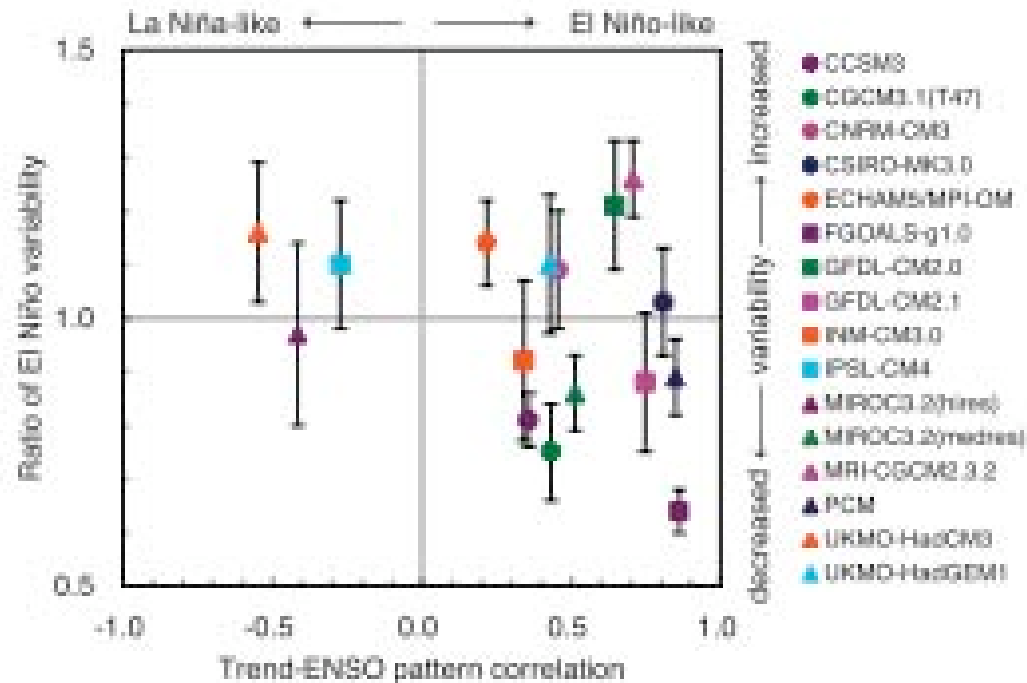


Figure 10.16. Base state change in average tropical Pacific SSTs and change in El Niño variability simulated by AGCMs (see Table 8.1 for model details). The base

No hay consenso general sobre el cambio en la amplitud y frecuencia de los eventos Niño.

Conclusiones

- Cambios climáticos serán una combinación de los cambios forzados y variabilidad interna.
- Modelos, teoría y observaciones indican que la circulación tropical disminuye con calentamiento global. En Galápagos:
 - Aumento de precipitación
 - Disminución de afloramiento
- Aún no se sabe con certeza el **signo** del cambio histórico de temperatura en Galápagos.
- Modelos y teoría predicen un calentamiento.
- Seguirán habiendo eventos El Niño.