

# ¿Cómo se pueden mejorar las proyecciones del cambio climático y las mediciones ambientales en el Caribe?

Christopher L. Castro  
Departamento de Ciencias Atmosféricas  
Universidad de Arizona  
Tucson, Arizona, EE.UU.

Instituto Panamericano de Geografía e Historia  
Representante de la Comisión de Geofísica  
Sección Nacional de los EE.UU.



# **Resumen de la presentación**

**Una revisión de algunas de las conclusiones principales del Grupo Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC)**

**Las preocupaciones específicas del cambio climático y cuales son lo más importante para el Caribe y sus causas físicas**

**Se puede mejorar las proyecciones del cambio climático con el uso de modelos atmosféricos regionales**

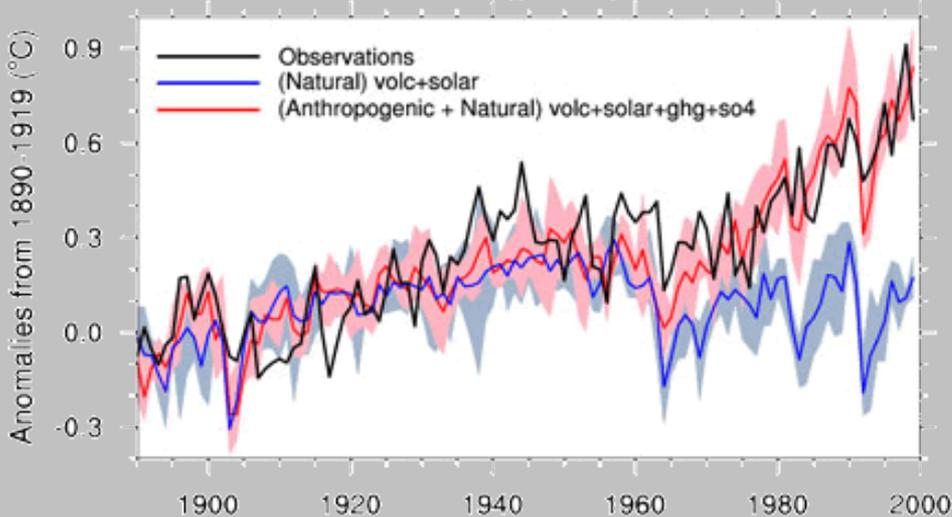
**El mejoramiento de las mediciones ambientales actuales**

Agradecimientos: S. Raucher, D. Enfield, A. Douglas, C. Wang, y J. Braun. Me ayudaron recoger la mayoría de la información para esta presentación. Gracias a IPGH por el apoyo de este viaje.

# El mensaje de los estudios de atribución usando los modelos atmosféricos globales: el cambio climático es la realidad que ya estamos enfrentando

## PCM Ensembles

Global Average Temperature



**La señal del cambio climático aparece después del año 1980.**

**Encontramos muchas transiciones en los datos climáticos que comienzan en este punto.**

**Debemos pensar en esta pregunta: ¿Necesitamos cambiar el paradigma de cómo podemos mejorar las proyecciones al mejoramiento del las mediciones ambientales para la mitigación de los impactos?**

*Los experimentos con los modelos globales separan los factores naturales de los factores humanos, principalmente las gases de efecto invernadero y los aerosoles atmosféricos.*

# Los escenarios de los modelos de IPCC del promedio de la temperatura global

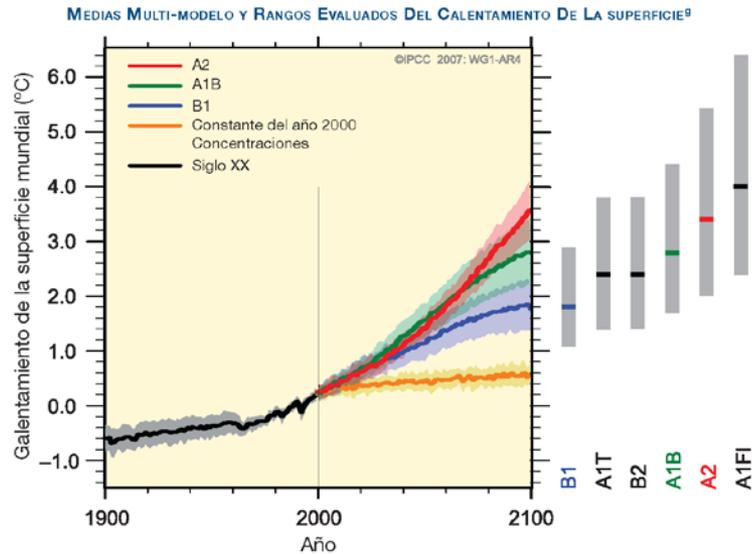


Figura RRP.5. Las líneas sólidas denotan las medias del calentamiento mundial obtenidas con múltiples modelos (con respecto a 1980-1999) para los escenarios A2, A1B y B1, mostrados como continuación de las simulaciones del siglo XX. El sombreado denota el intervalo de la desviación estándar+1 de las medias anuales de los modelos individuales. La línea color naranja representa el experimento donde las concentraciones se mantuvieron constantes en los valores del año 2000. Las barras grises de la derecha indican la mejor estimación (línea sólida en cada barra) y el rango probable evaluado de los seis escenarios de referencia del IE-EE. La evaluación de la mejor estimación y de los rangos probables en las barras grises incluyen MCGACs en la parte izquierda de la figura y los resultados de una jerarquía de modelos independientes y las limitaciones de la observación. (Figuras 10.4 y 10.29)

Los modelos globales dicen que será un aumento de 1.5 a 4 °C en el promedio de la temperatura global durante este siglo.

Los escenarios dependen de las decisiones sociales y políticas con respecto a las emisiones de los gases invernaderos.

**El calentamiento global va a pasar de alguna forma y NO PODEMOS CAMBIARLO.**

**El escenario peor A2, que mantiene las tendencias actuales de emisión de los gases invernaderos, es lo más probable en este momento.**

# **El mensaje general y breve sobre las proyecciones de precipitación del IPCC...**

**El clima actual se pone más extremo.**

**Las regiones y las estaciones húmedas tienen más lluvias.**

**Las regiones y las estaciones secas tienen menos lluvias y se aumentan las temperaturas.**

## PAUTAS PROYECTADAS DE CAMBIOS EN PRECIPITACIONES

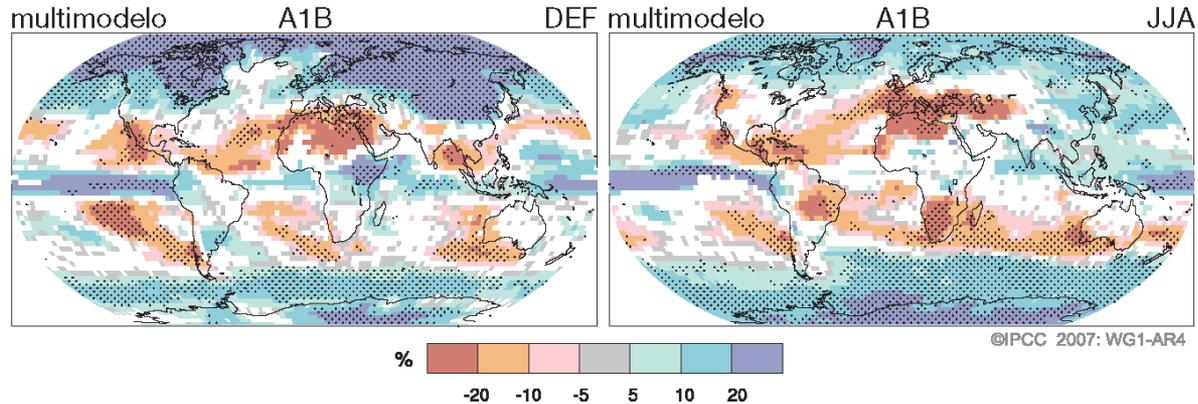


Figura RRP.7. Cambios relativos en la precipitación (en porcentaje) para el periodo 2090–2099, respecto a 1980–1999. Los valores son promedios de multimodelos basados en el escenario IE-A1B para diciembre-febrero (izquierda) y junio-agosto (derecha). En las áreas en blanco se indica que menos del 66% de los modelos coincide con el signo del cambio y en las zonas punteada, más del 90% de los modelos concuerda con el signo del cambio {Figura 10.9}

**Las proyecciones sugieren que las zonas subtropicales del mundo serán más secas y se incluye el área del Caribe. El periodo de las sequías más intensas pasará durante la estación de las lluvias (JJA).**

**Refleja los cambios la circulación general de la atmósfera:  
Los ciclones extratropicales avanza hacia los polos  
Las áreas de alta presión en los subtrópicos crecen  
Lluvias más intensas en la zona de convergencia en los trópicos**

**Lo que estas pautas no reflejan: ¿Cómo cambian la frecuencia y la intensidad de los ciclones tropicales?**

# **Preguntas del cambio climático que hacemos sobre la región del Caribe**

- 1. ¿Creemos que los modelos climáticos globales capturan bastante bien los mecanismos físicos de las lluvias convectivas en las regiones tropicales y subtropicales?**
- 2. ¿Si aceptamos que el clima global ya ha cambiado debido a los seres humanos durante los últimos treinta años, qué se observa en este momento con respecto a las proyecciones?**
- 3. ¿Qué se puede hacer para mejorar las proyecciones del cambio climático? ¿Ya tenemos bastante información por tomar decisiones y cambios sociales?**
- 4. ¿Cuál es la respuesta más efectiva de las naciones del Caribe para enfrentar a este fenómeno con recursos económicos limitados: cambian sus economías de una manera dramática para reducir las emisiones de los gases invernaderos o invierten en las mediciones ambientales y las adaptaciones socioeconómicas?**

# Los efectos más importantes en el Caribe

- Intensidad de lluvia**
- Intensidad de la sequía**
- Intensidad de ciclones tropicales**
- Aumento del nivel del mar**

**Tabla RRP.2.** Tendencias recientes, evaluación de la influencia humana en la tendencia y proyecciones de fenómenos climáticos de las cuales existe una tendencia observada a finales del siglo XX. {Tablas 3.7, 3.8, 9.4; Secciones 3.8, 5.5, 9.7, 11.2–11.9}

Fenómeno <sup>a</sup> y dirección de la tendencia	Probabilidad de ocurrencia de la tendencia a finales del siglo XX (típicamente después de 1960)	Probabilidad de contribución humana a la tendencia observada <sup>b</sup>	Likelihood of future trends based on projections for 21st century using SRES scenarios
Días y noches más cálidos y menos fríos en la mayoría de las áreas terrestres	<i>Muy probable<sup>c</sup></i>	<i>Probable<sup>d</sup></i>	<i>Prácticamente cierto<sup>d</sup></i>
Mayor frecuencia de días y noches más cálidos en la mayoría de las áreas terrestres	<i>Muy probable<sup>e</sup></i>	<i>Probable (noches)<sup>d</sup></i>	<i>Prácticamente cierto<sup>d</sup></i>
Periodos de calor/olas de calor. Aumento de la frecuencia en la mayoría de áreas terrestres	<i>Probable</i>	<i>Prácticamente cierto<sup>f</sup></i>	<i>Muy probable</i>
Fenómenos de intensas lluvias. Incremento de la frecuencia (o proporción total de pluviosidad de intensas lluvias) en la mayoría de las áreas	<i>Probable</i>	<i>Más Probable que improbable<sup>f</sup></i>	<i>Muy probable</i>
Incremento de las áreas afectadas por más sequías	<i>Probable en muchas regiones desde 1970</i>	<i>Más Probable que improbable</i>	<i>Probable</i>
Incremento de la actividad de ciclones tropicales intensos	<i>Probable en algunas regiones desde 1970</i>	<i>Más Probable que improbable<sup>f</sup></i>	<i>Probable</i>
Mayor incidencia de niveles del mar altos extremos (se excluye los tsunamis) <sup>g</sup>	<i>Probable</i>	<i>Más Probable que improbable<sup>f,h</sup></i>	<i>Probable<sup>i</sup></i>

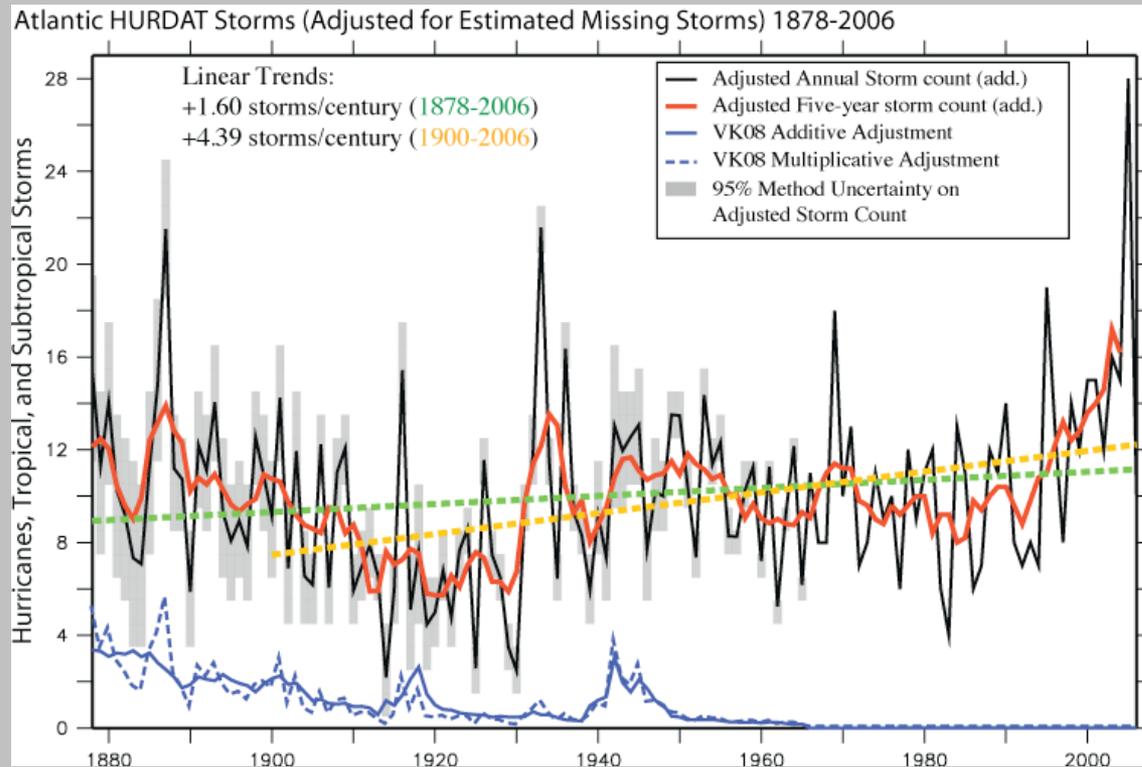
# El aumento del nivel del mar en Puerto Rico que corresponde a las proyecciones del IPCC



Un aumento en el nivel del mar de un metro inundará la mayoría de los áreas urbanos en la isla.

La topografía y la pauta de las zonas urbanas en todas las islas mayores del Caribe son casi iguales.

# ¿Aumentó la frecuencia de los huracanes en el Atlántico durante el siglo pasado?



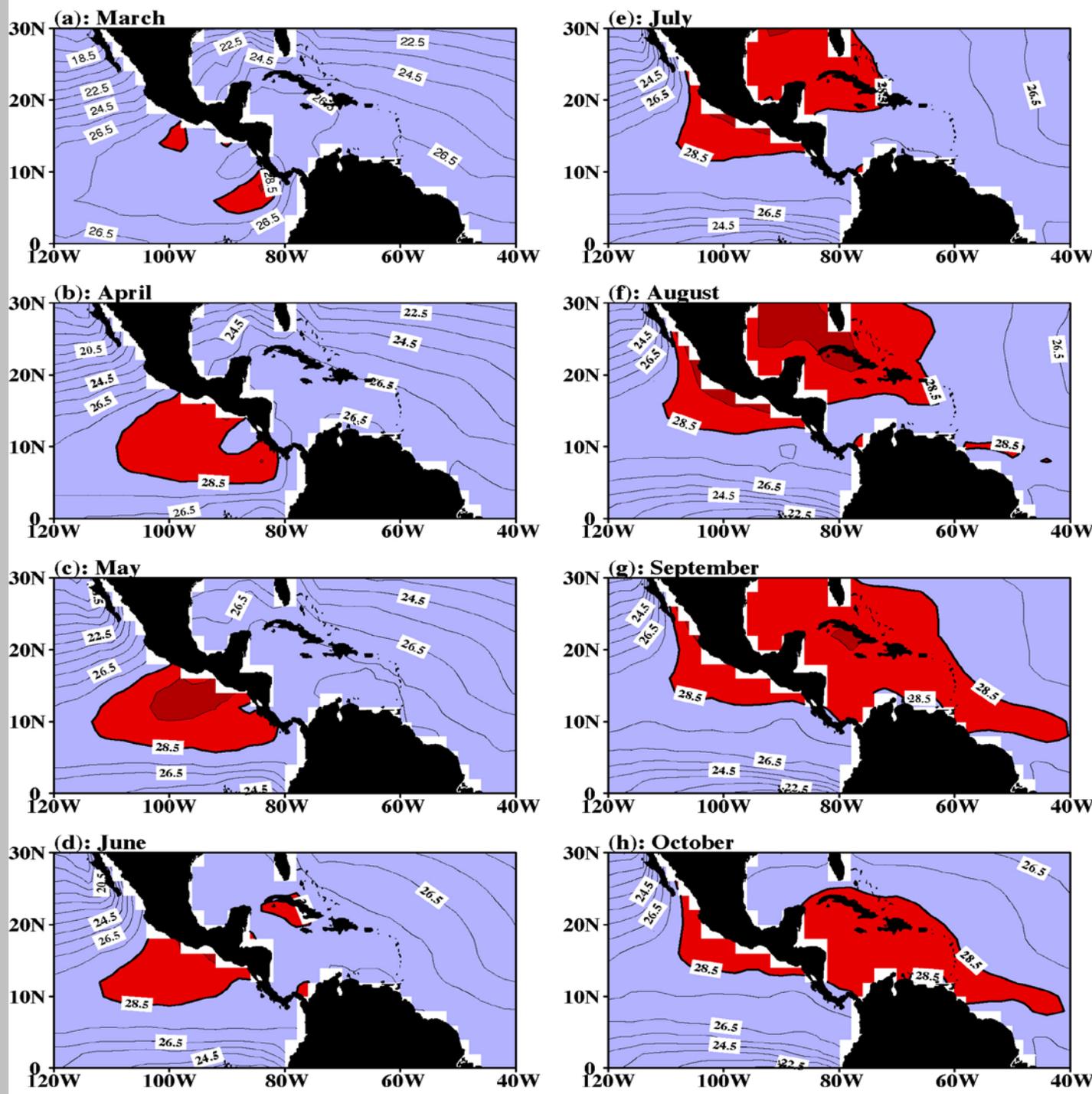
Vecchi and Knutson (2008)

**Tomando en cuenta las incertidumbres en las observaciones, el aumento en la frecuencia de ciclones tropicales no es significativo estadísticamente.**

Los ciclones  
tropicales  
generalmente  
requieren las  
temperaturas  
superficiales del  
mar (TSM)  
más de  
28.5° C.

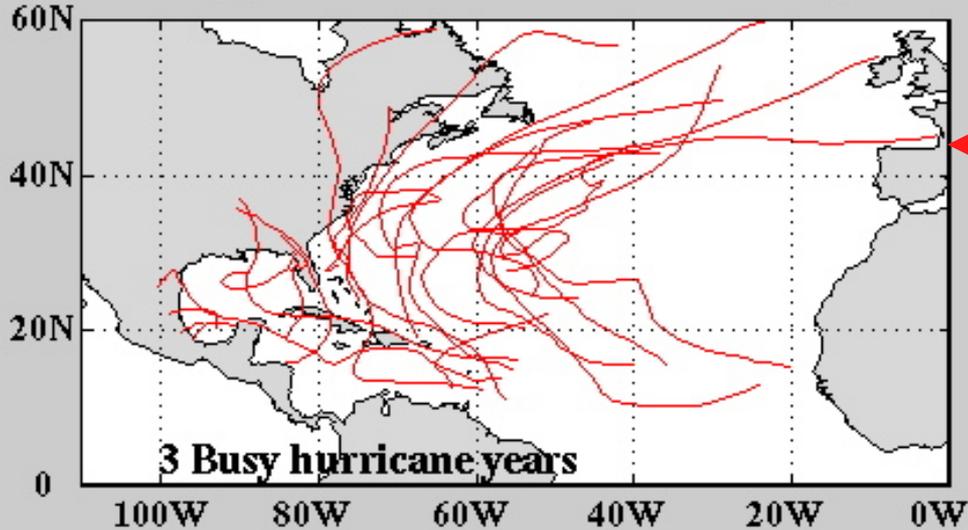
Esta región se  
llama el pozo  
caliente del  
Atlántico

Wang & Enfield  
(2001, *GRL*)



# 54 años de huracanes (1950-2003)

23 Busy-year hurricanes for small warm pools



18 años con pozas pequeñas  
3 años fuertes, 23 ciclones

82 Busy-year hurricanes for large warm pools



18 años con pozas grandes  
11 años fuertes, 82 ciclones

# Los factores meteorológicos que se requieren para un huracán intenso

**TSM caliente**

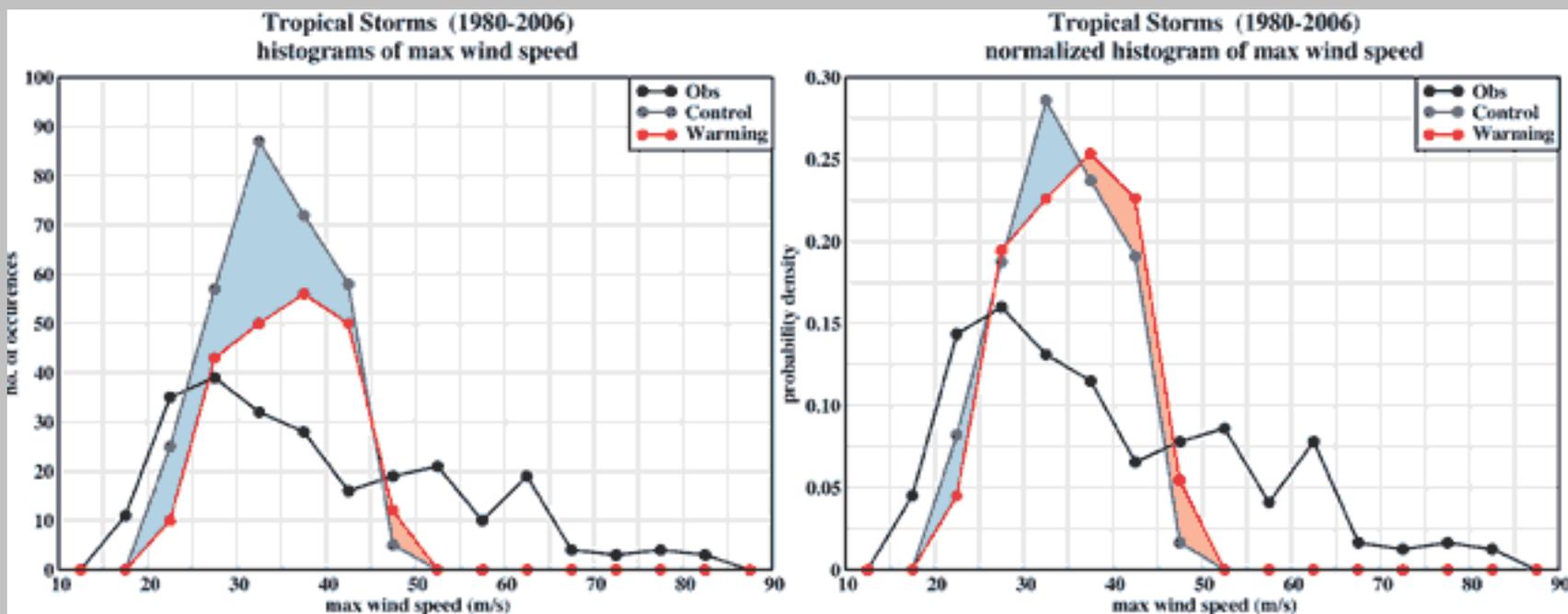
**Vientos débiles a los niveles altos**

**Instabilidad condicional**

**Perturbación en la atmósfera**

*No sabemos bien  
como cambiarán los  
factores atmosféricos  
en el futuro.*

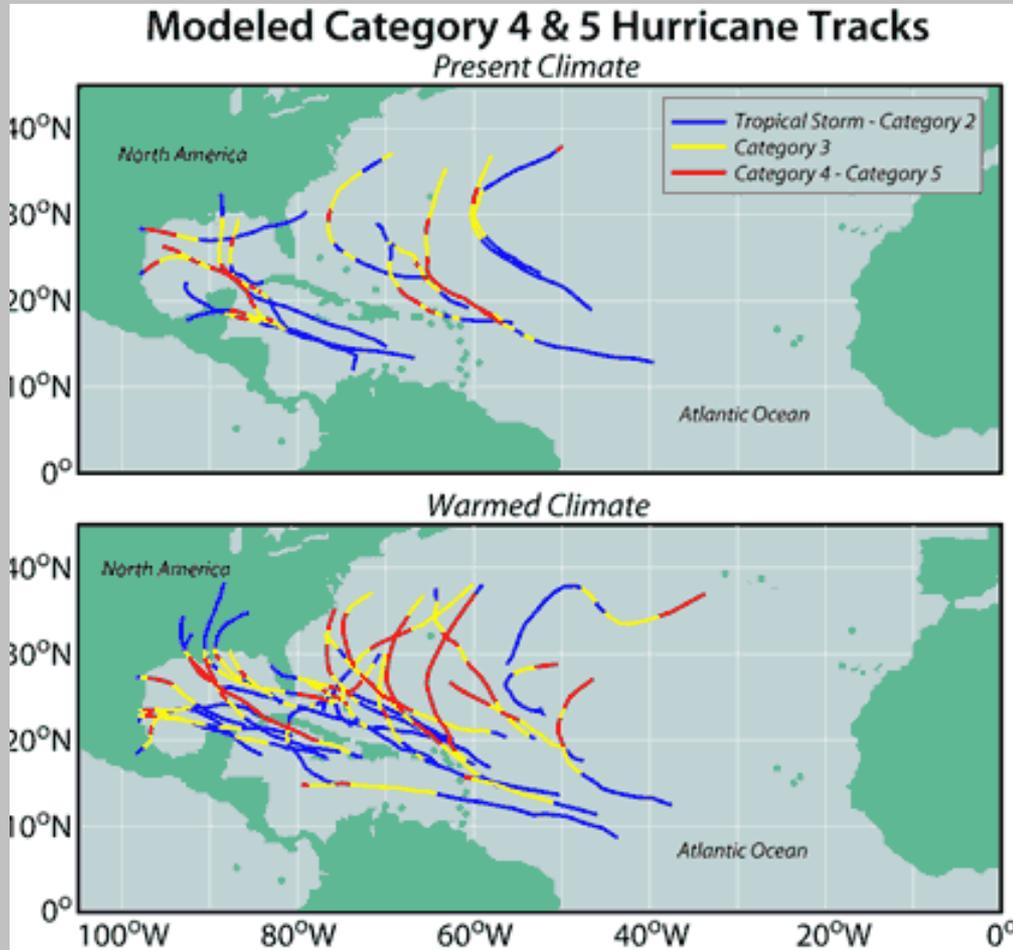
# Los resultados de simulaciones utilizando un modelo atmosférico regional de alta resolución en el Atlántico: periodo histórico (1980-2006) y el futuro (escenario A1B)



Knutson et al. (2008)

El número de tormentas simuladas en el escenario de calentamiento global disminuye, pero las tormentas que ocurren son más intensas con más lluvia y un aumento en los vientos máximos.

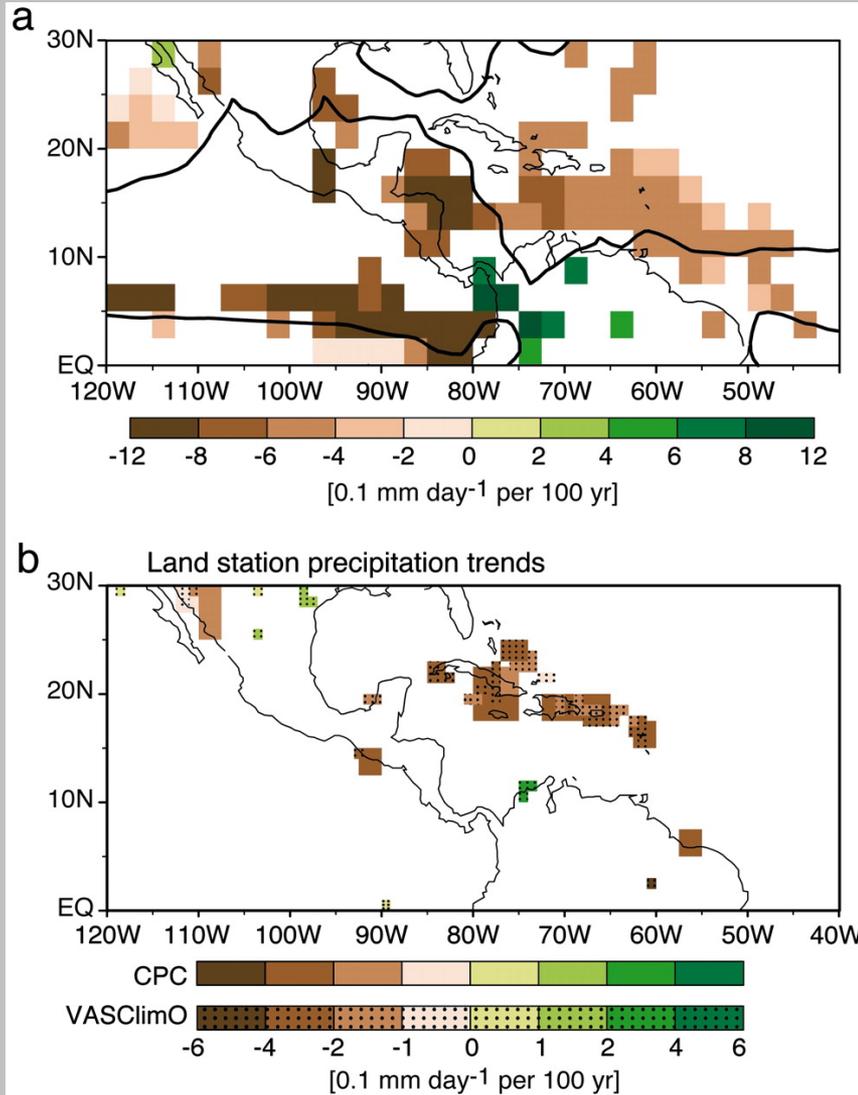
# El cambio en las trayectorias de los huracanes intensos de las simulaciones con modelos regionales



**Futuro: Más ciclones tropicales intensos en el Atlántico con trayectorias en el Caribe.**

Bender et al. (2010)

# Hay una tendencia observada de menos precipitación en el Caribe durante los meses de JJA



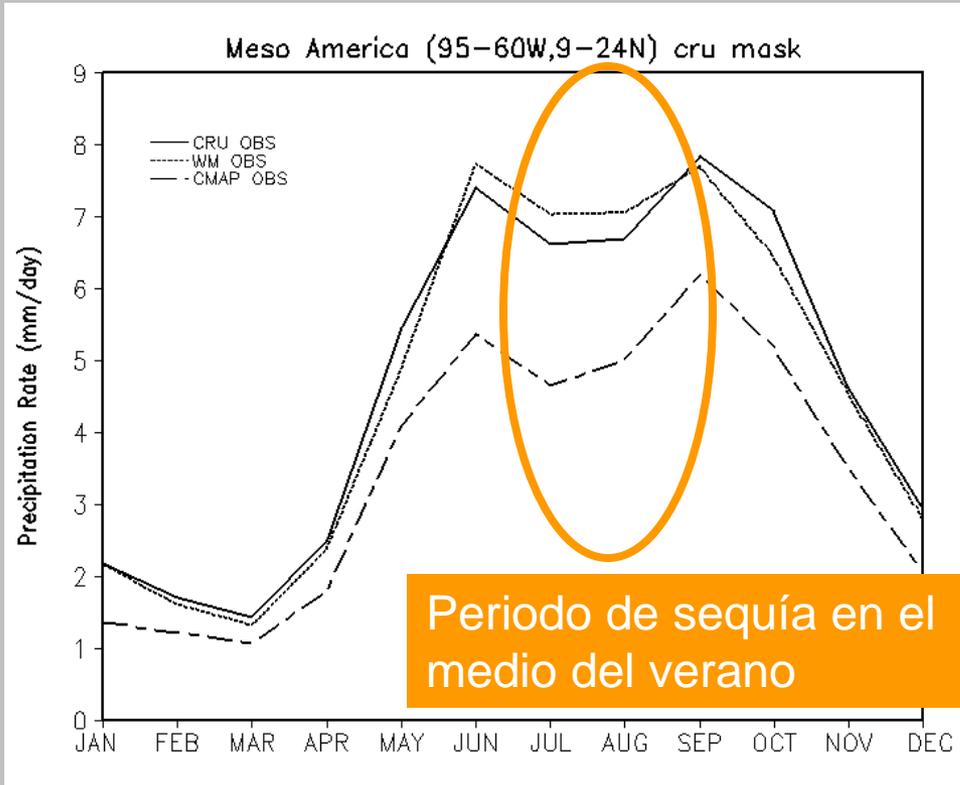
Precipitación de CMAP (1979 a 2003)  
(se base en los datos de los satélites)

Centro de Predicción del Clima (EE.UU.)  
El análisis de observaciones pluviométricas  
(1951 a 2000)

Neelin et al. (2006)

*Cortesía de S. Raucher*

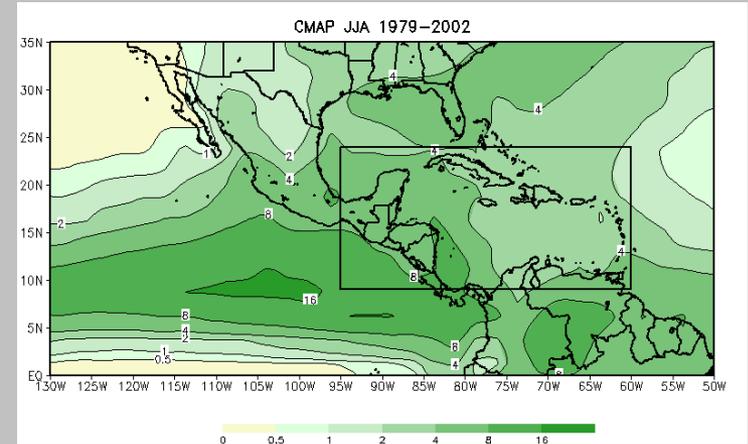
# Precipitación observada del siglo pasado (mm/día)



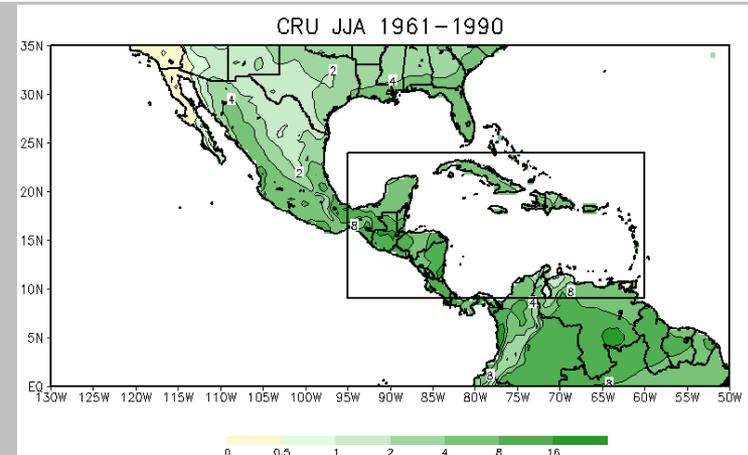
Month

— CRU OBS. DE ESTACIONES  
 ..... WM OBS. DE ESTACIONES  
 - - - CMAP OBS. DE SATELITES

## OBS - Satélites JJA 1979 a 2002

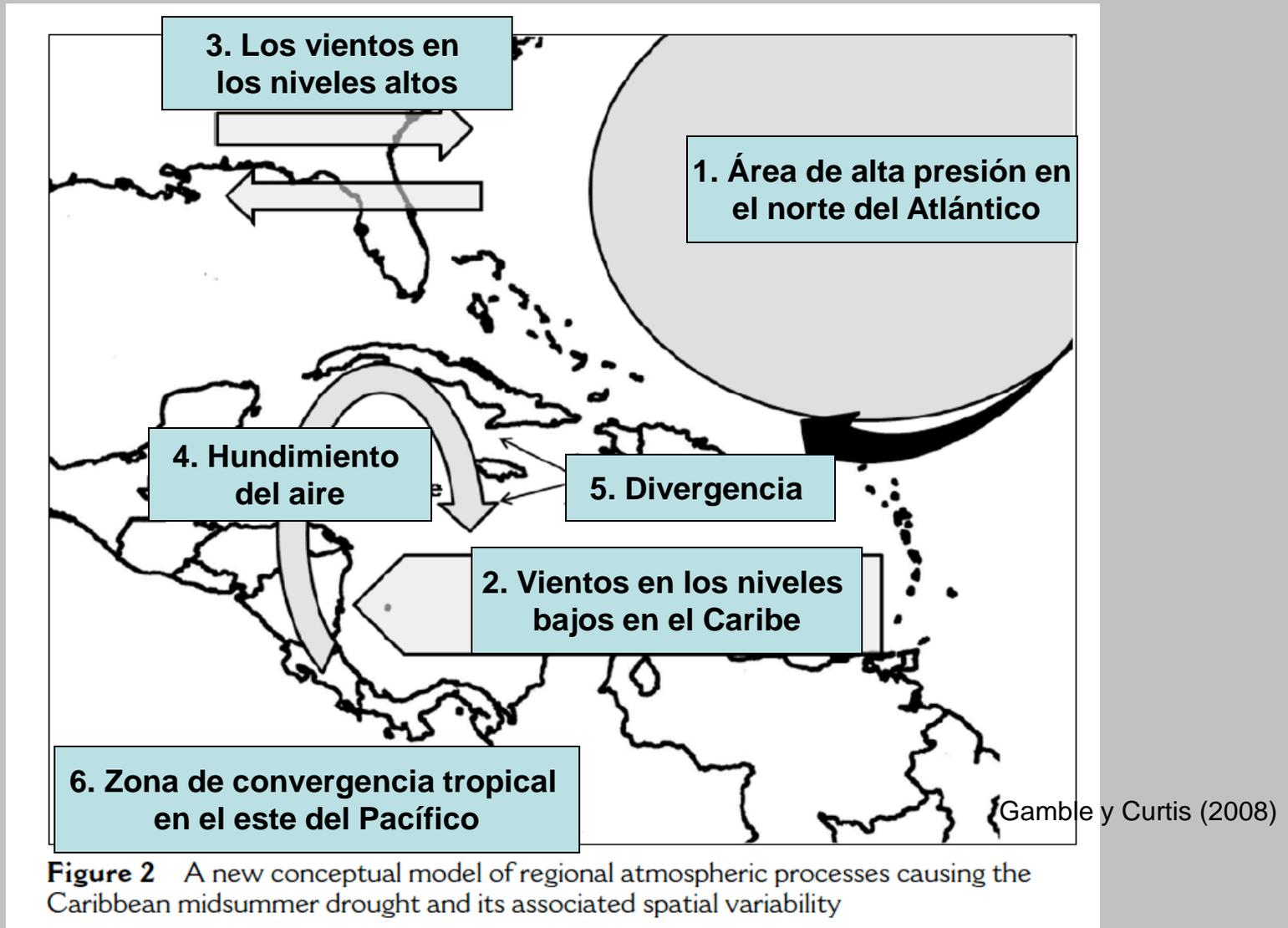


## OBS - Pluviométricas JJA 1961 a 1990

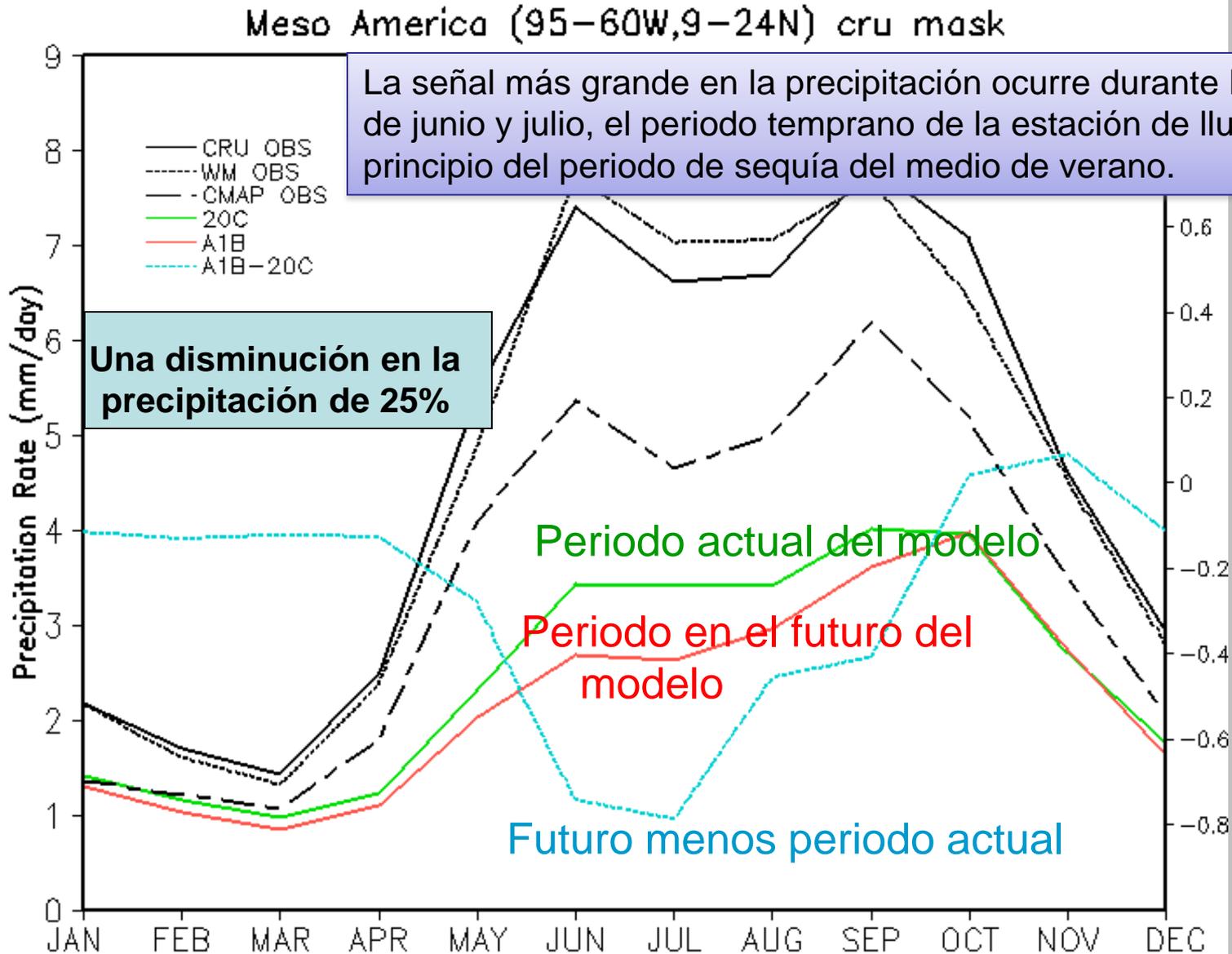


Cortesía de S. Raucher

# Procesos y factores importantes del clima en la región del Centroamérica y el Caribe

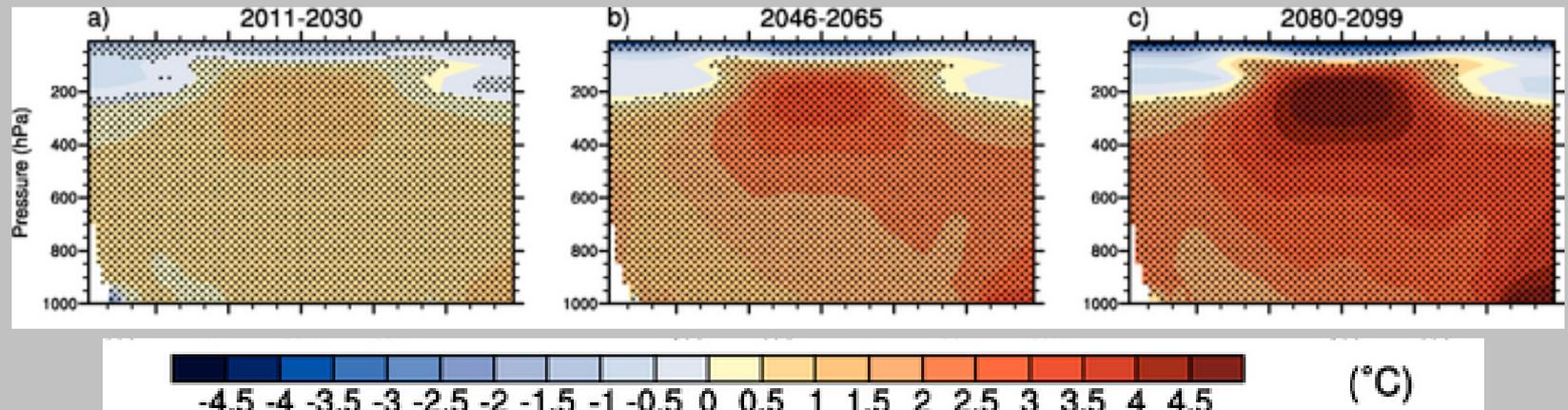


# El cambio de precipitación en el ciclo anual



# Los cambios en la circulación general de la atmósfera y sus efectos en el Caribe según las simulaciones del IPCC

- *Un área más fuerte de alta presión en los subtrópicos y vientos más fuertes en el Caribe a los niveles bajos:* una expansión e intensificación de los áreas de alta presión hacia los polos que corresponde a la expansión de la circulación Hadley.
- *Un clima más seco y un cambio en la posición de la zona de convergencia en los trópicos hacia el sur:* Harán cambios en la convección tropical en el mundo más caliente con más estabilidad en la atmósfera de los trópicos.



El cambio en las temperaturas promedio en la atmósfera con respecto a la latitud en las simulaciones del IPCC (A1B). Las temperaturas promedio se calcularon con respecto al periodo 1980 a 1999.

# Patrones regionales de TSM también son importantes para aumentar el secado del clima en el Caribe

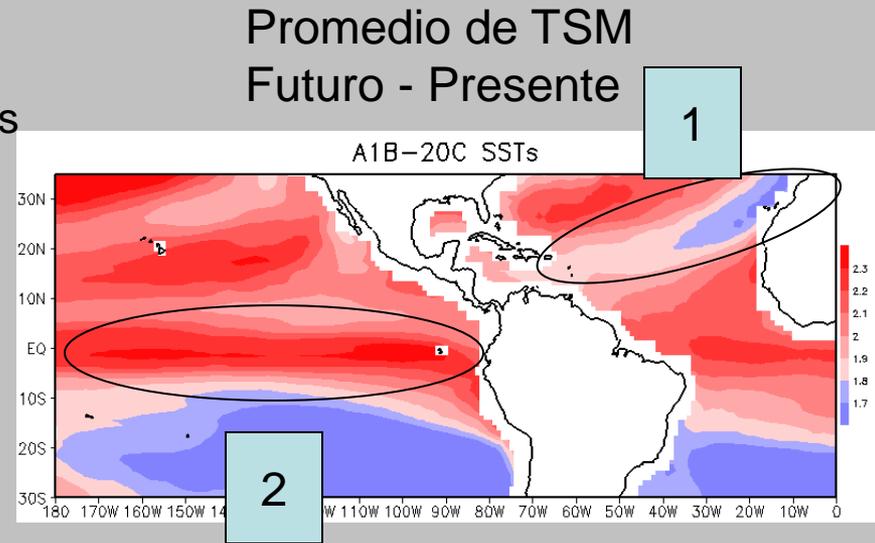
## 1) El mínimo en el calentamiento de TSM en el Atlántico del norte.

(Vecchi and Soden, 2007, Leloup and Clement, 2008)

Contribuye a la estabilidad de la atmósfera, un área de alta presión más intensa, y vientos más fuertes en los niveles bajos en el Caribe.

## 2) Más frecuencia de El Niño en el Pacífico: (e.g., Held and Vecchi 2007a,b)

Contribuye a la posición de la zona de convergencia en los trópicos hacia el sur y vientos más intensos a los niveles altos en el Caribe.

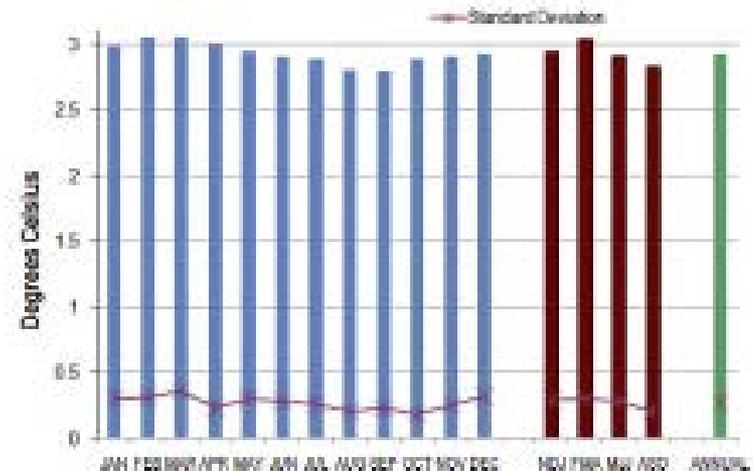


# Los cambios simulados por un modelo regional (PRECIS) en el Caribe utilizando el escenario de emisión A2 del IPCC

## *Precipitación*



## *Temperatura*



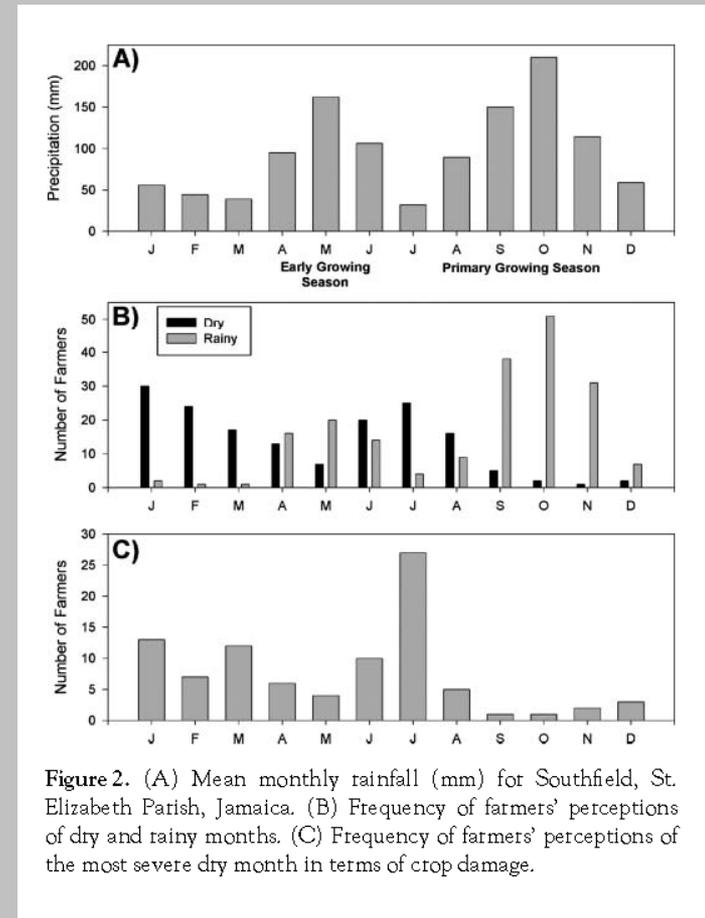
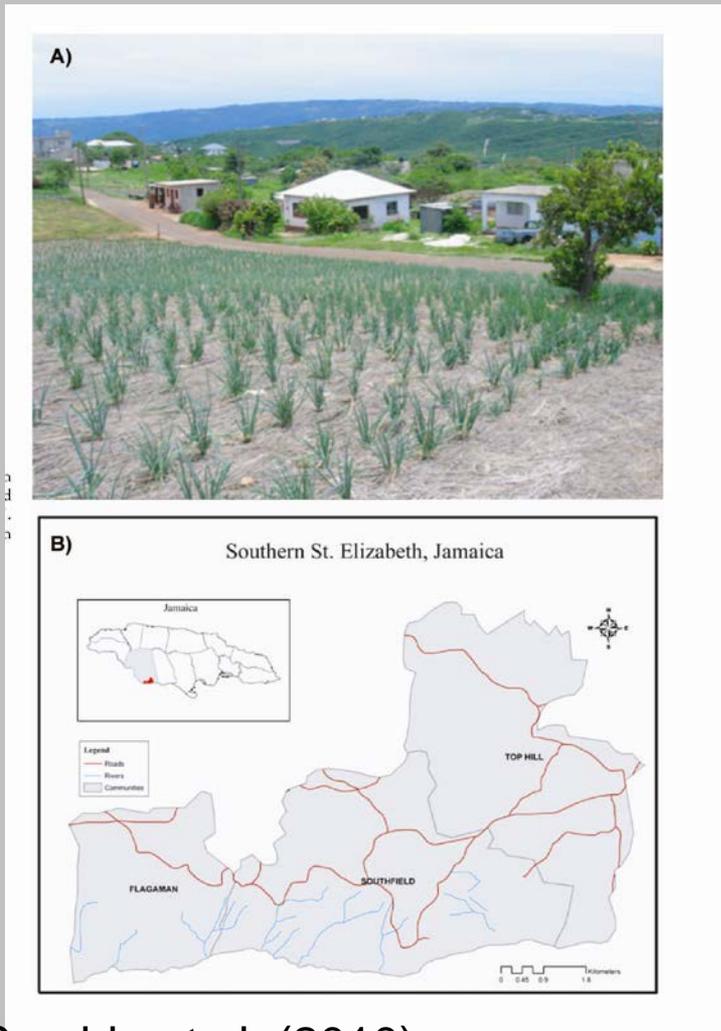
Campbell et al. 2010

**El máximo del secado se centra el verano. Más mojado al norte durante el invierno.**

**Un aumento en la temperatura de 3°C por todo el año**

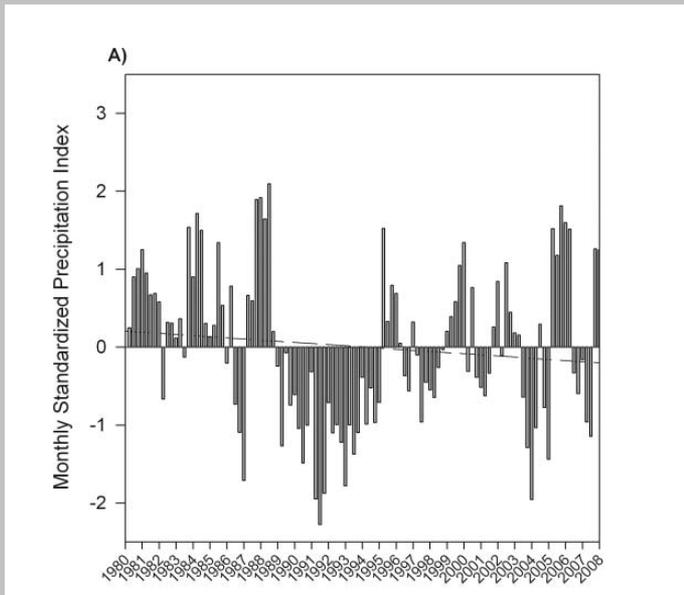
**Los resultados son muy parecidos a los modelos globales que vimos antes.**

# ¿Ya estamos enfrentando al fenómeno del cambio climático en las regiones agrícolas del Caribe? Un ejemplo de Jamaica



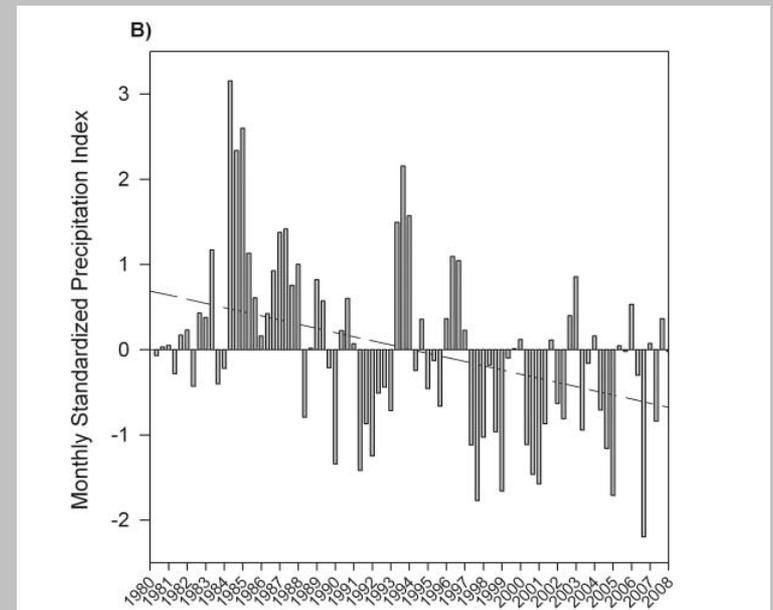
# El cambio en la precipitación durante las estaciones de crecimiento de los cultivos Condado de St. Elizabeth, Jamaica (1980 a 2007)

*Estación principal de crecimiento  
(agosto a noviembre)*



Una disminución  
pequeña

*Estación temprano de crecimiento  
(abril a julio)*



Una disminución estadística  
significativa. Se afectan los  
cultivos que crecen rápido y, por  
eso, el sueldo de los agricultores

# Las observaciones de las agricultores en Jamaica ya confirman las proyecciones de los modelos

Percepciones de las agricultores en el condado de St. Elizabeth, Jamaica de Gamble et al. (2010). Mi traducción del texto en inglés:

*“Las percepciones de un aumento en la sequía tal vez reflejan los cambios relativos en las estaciones de crecimiento (de los cultivos): temprano (abril a junio) y principal (agosto a noviembre). Específicamente, muchos agricultores comentaron que la sequía está ocurriendo con más frecuencia durante la parte temprana de la estación de crecimiento en comparación a la estación principal. Particularmente, los agricultores dicen que la estación seca antes de la estación temprana de crecimiento se pone más larga y el periodo seco del medio del verano comienza más temprano. Por lo tanto, la estación temprana de crecimiento ahora se reduce a solo el mes de mayo.”*





**Mocho Community Greenhouse  
Training Centre**

*Empowering Community Development through Improved  
Land Restoration Practices and the Introduction of  
Improved Agricultural Technologies*

A partnership between the Mocho Community Council, the United States Agency for International  
Development (USAID), ALCOA Foundation, Jamaica, Food for the Poor and HEART Trust NTA

 **USAID**  
FOOD FOR THE POOR

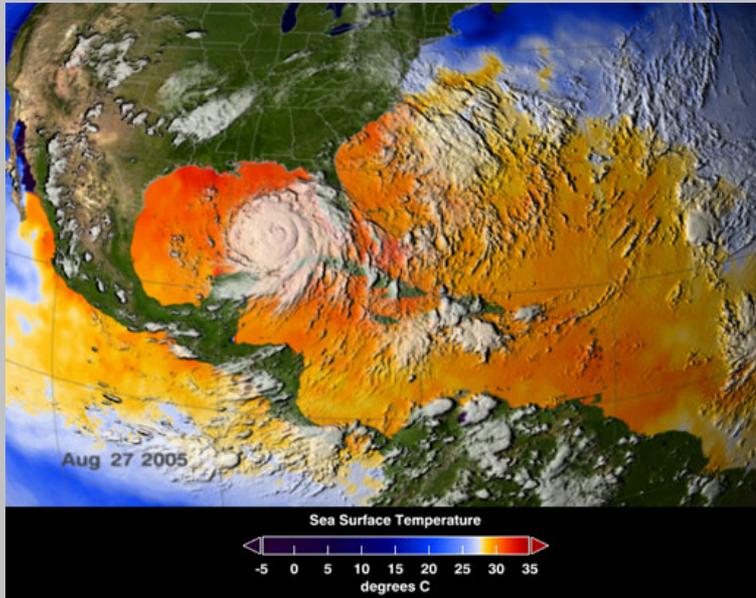
 **ALCOA**  
FOUNDATION

 **Jamalco**





# The Continuously Operation Caribbean Observational Network: COCONet



Meghan Miller<sup>(1)</sup>, Eric Calais<sup>(2)</sup>, Mike Jackson<sup>(1)</sup>, GuoquanWang<sup>(3)</sup>, John Braun<sup>(4)</sup>

(1) UNAVCO

(2) Purdue University

(3) University of Puerto Rico at Mayaguez

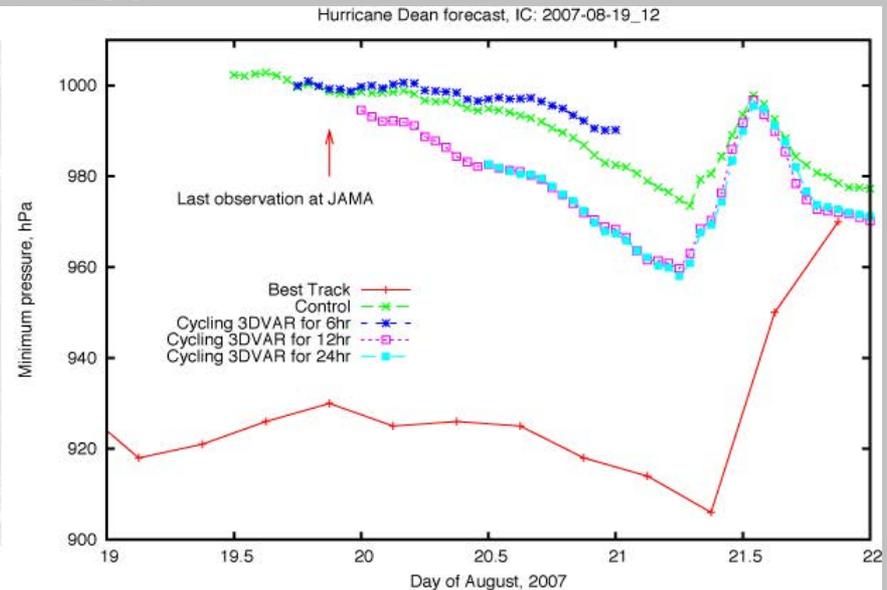
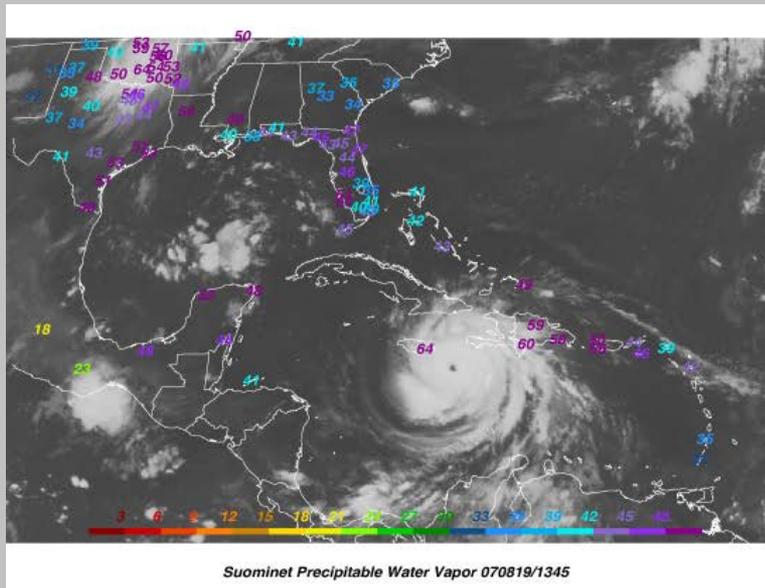
(4) COSMIC/UCAR

# Estaciones propuestas de GPS en COCONet



# Las medidas de humedad atmosférica de los instrumentos de GPS puede mejorar los pronósticos de intensidad de los huracanes.

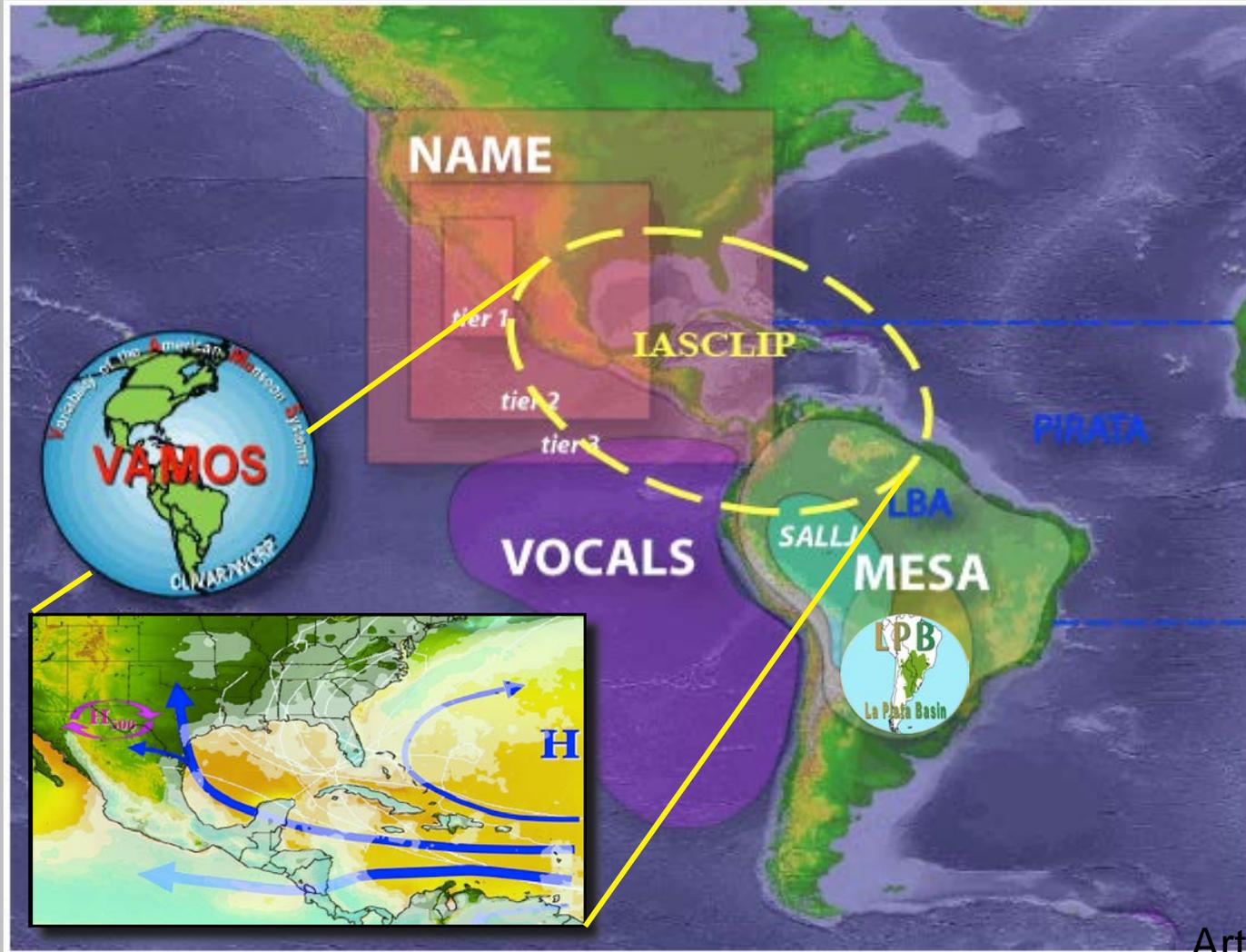
Dean - 2007



La asimilación de los datos de la humedad atmosférica de GPS en un modelo regional de alta resolución causa el desarrollo de un huracán más intensa en el pronóstico.

# IASCLIP = Intra Americas Study of Climate Processes

## CLIVAR-VAMOS Monsoon Program (FY09 - FY14)



Art Douglas

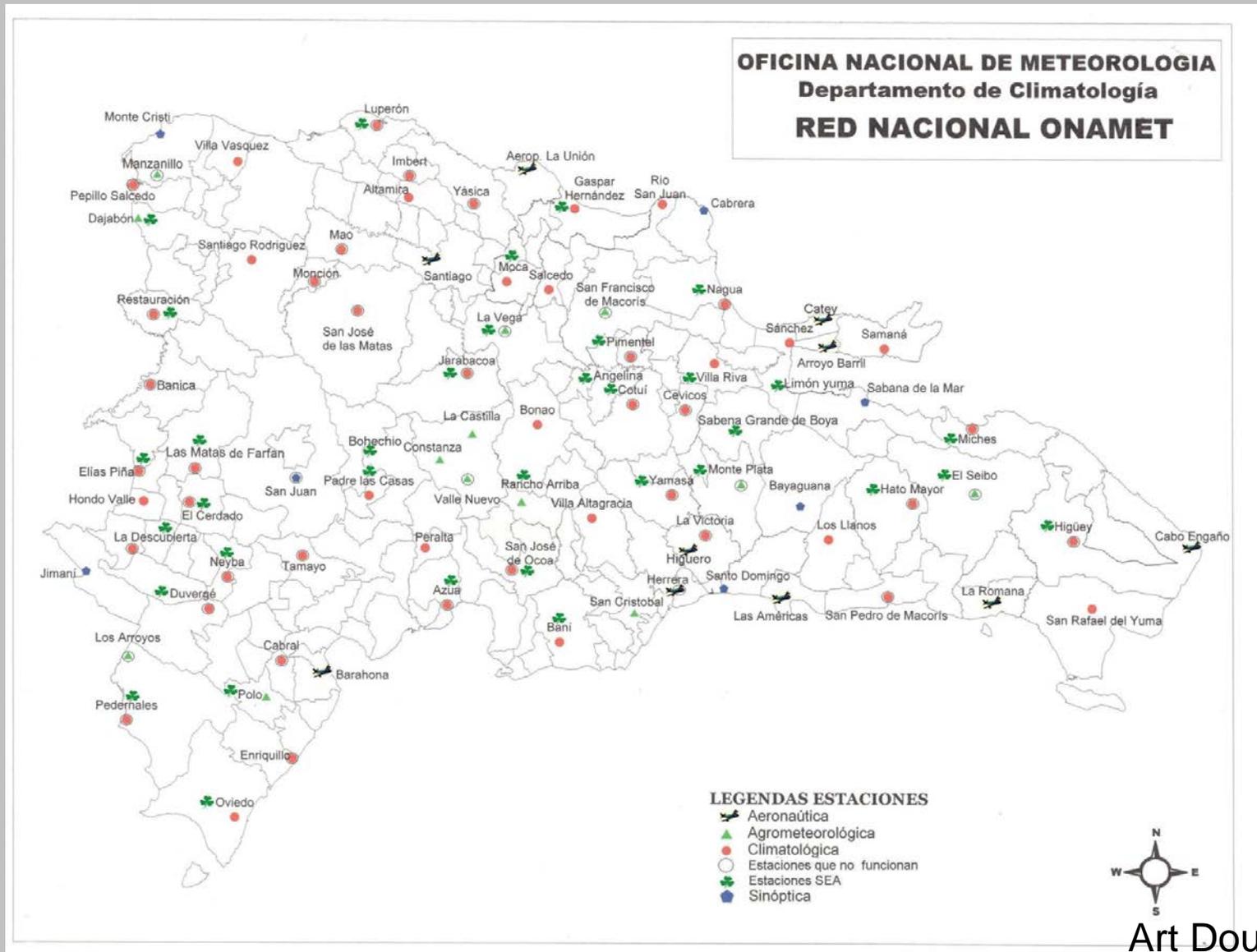
# ¿Qué es IASCLIP?

Un programa integrado de investigaciones de la atmósfera y el oceano que se enfoca en los impactos del tiempo y del clima en la región del pozo de agua caliente (Caribe y Pacífico del este). IASCLIP busca la participación de los gobiernos regionales y investigadores.

## Objetivos

- El aumento de la red de las observaciones en el Caribe.
- El mejoramiento de la capacidad de modelación para hacer pronósticos del tiempo.
- El mejoramiento de la comprensión física del clima del Caribe.
- La respuesta social al clima

# La red propuesta en la Republica Dominicana para la medición de la precipitación y la detección de la sequía



# Resumen y Conclusiones

**La conclusión del IPCC es que el cambio climático es una realidad y está ocurriendo. Los sectores más vulnerables de la sociedad en el Caribe ya sienten sus efectos negativos, por ejemplo los agricultores en Jamaica.**

**Las proyecciones específicas para el Caribe incluyen:**

**Un aumento en el nivel del mar**

**Condiciones más secas, especialmente durante el verano**

**Menos huracanes, pero serán más intensas**

**Podemos explicar estos impactos por un área de alta presión más intensa en el Atlántico, cambios del TSM en el Caribe, y un aumento en la intensidad de los vientos a niveles bajos en el Caribe. El uso de un modelo atmosférico regional no cambia mucho estas proyecciones.**

**Necesitamos enfrentar el cambio climático por el mejoramiento de las mediciones ambientales y la adaptación de la infraestructura y las políticas socioeconómicas.**