

**¿Qué se necesita para mejorar los  
pronósticos estacionales y las  
proyecciones del cambio climático del  
monzón norteamericano?**

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

**Taller de Vulnerabilidad  
Universidad de Sonora**

**Hermosillo, Sonora, México  
26 de febrero de 2010**

***Los Mochis, Sinaloa, México. Verano de 2004 durante NAME.  
Foto por Peter Rogers***

**La misma información de introducción que  
presenté en la última platica en la  
Universidad de Sonora hace dos años...**

# ¿Quién soy yo?



**Estudí en la Universidad Estatal de Colorado (Colorado State) en el departamento de Ciencia Atmosférica y en la Universidad Estatal de Pennsylvania (Penn State) en el departamento de Meteorología. Me gradué del programa del doctorado de Colorado State en el 2005.**

**Viví en Davis, California, antes de asistir a la universidad y aprendí español en el colegio (a pesar del apellido)**

**Llegué a ser miembro de la facultad en la Universidad en de Arizona en el departamento de las Ciencias Atmosféricas en el 2006.**

**Mis áreas de investigación incluyen: la variabilidad y el cambio del clima, la interacción entre la tierra y la atmósfera, los modelos atmosféricos regionales, y el monzón norteamericano.**

# **Información de la Universidad de Arizona y nuestro departamento**



**Somos una de las tres universidades estatales en Arizona, con más de treinta mil estudiantes. El departamento de Ciencias Atmosféricas se estableció hace más de cincuenta años. Actualmente tenemos diez profesores académicos y casi treinta estudiantes.**

**Uno de los objetivos estratégicos de la universidad es consolidar nuestras relaciones con México en las áreas de investigación y educación. Es necesario para el beneficio de nuestros dos países.**

**Por ejemplo, tenemos programas con CONACYT para apoyar la educación de estudiantes mexicanos en las ciencias. Uno de mis objetivos como miembro de la facultad es conseguir estudiantes de origen hispano para trabajar en proyectos que se relacionen con nuestra región.**

# Tópicos de la presentación

¿Qué es el monzón norteamericano y por qué es importante para México y los Estados Unidos?

¿Podemos confiar en los modelos globales actuales para representar el monzón?

Los factores más importantes que influyen en la variabilidad del monzón en los tiempos de escala del clima.

¿Qué se necesita para mejorar los pronósticos y las proyecciones?

## Conclusiones

***Agradecimientos:*** Drs. Dave Gochis, Jae Kyung-Schemm, Tereza Cavazos y otros miembros del grupo de ciencia de NAME. También a Dra. Francina Dominguez. Brittany Ciancarelli de la UA.

# **¿Qué es el monzón norteamericano? (...en breve)**

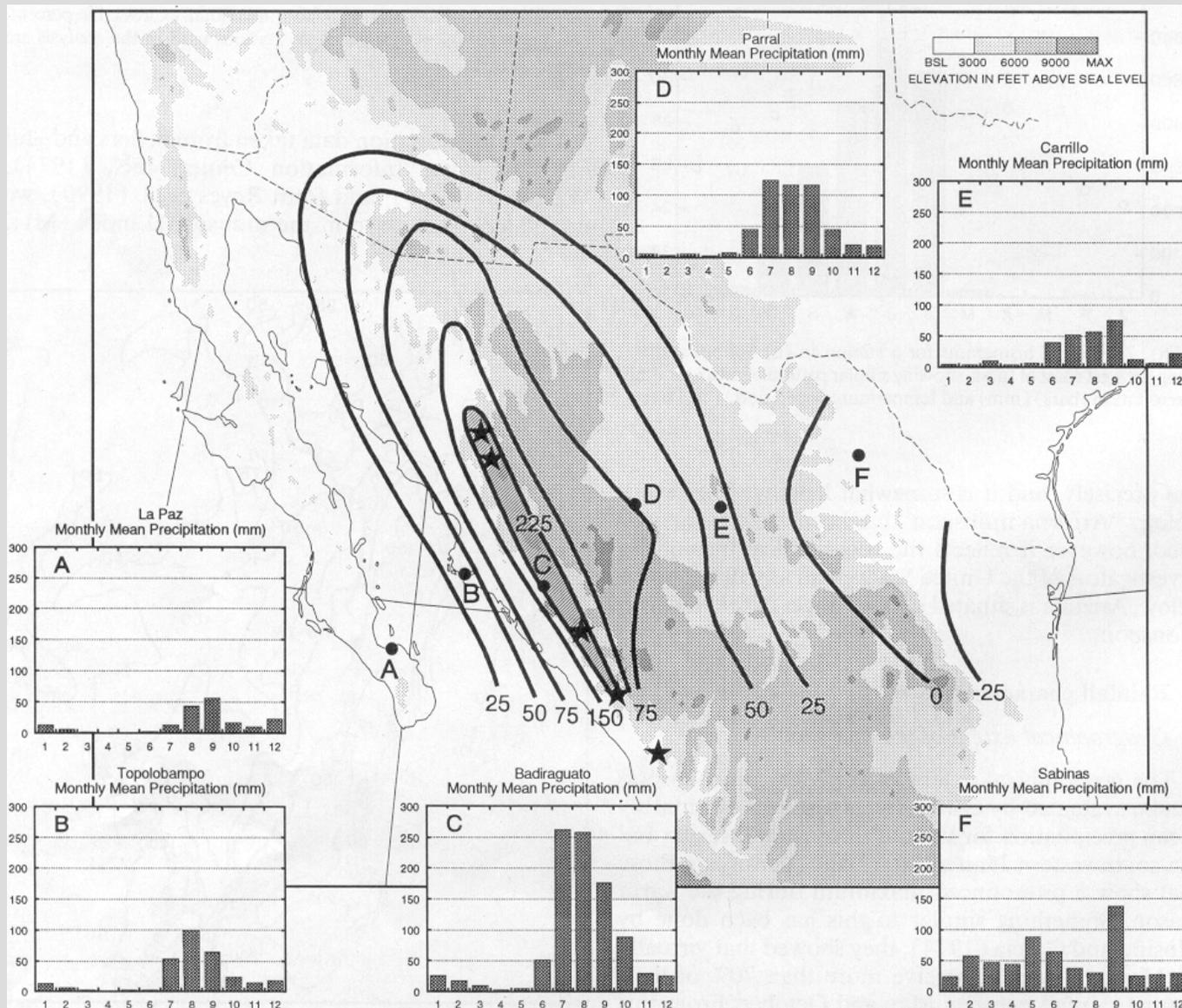
**El período de la precipitación máxima en el noroeste de México y partes del suroeste de los Estados Unidos.**

**Las lluvias comienzan usualmente al fin de junio en México y unas semanas después en julio en los estados de Arizona y Nuevo México. Persisten hasta el fin de agosto o el principio de septiembre.**

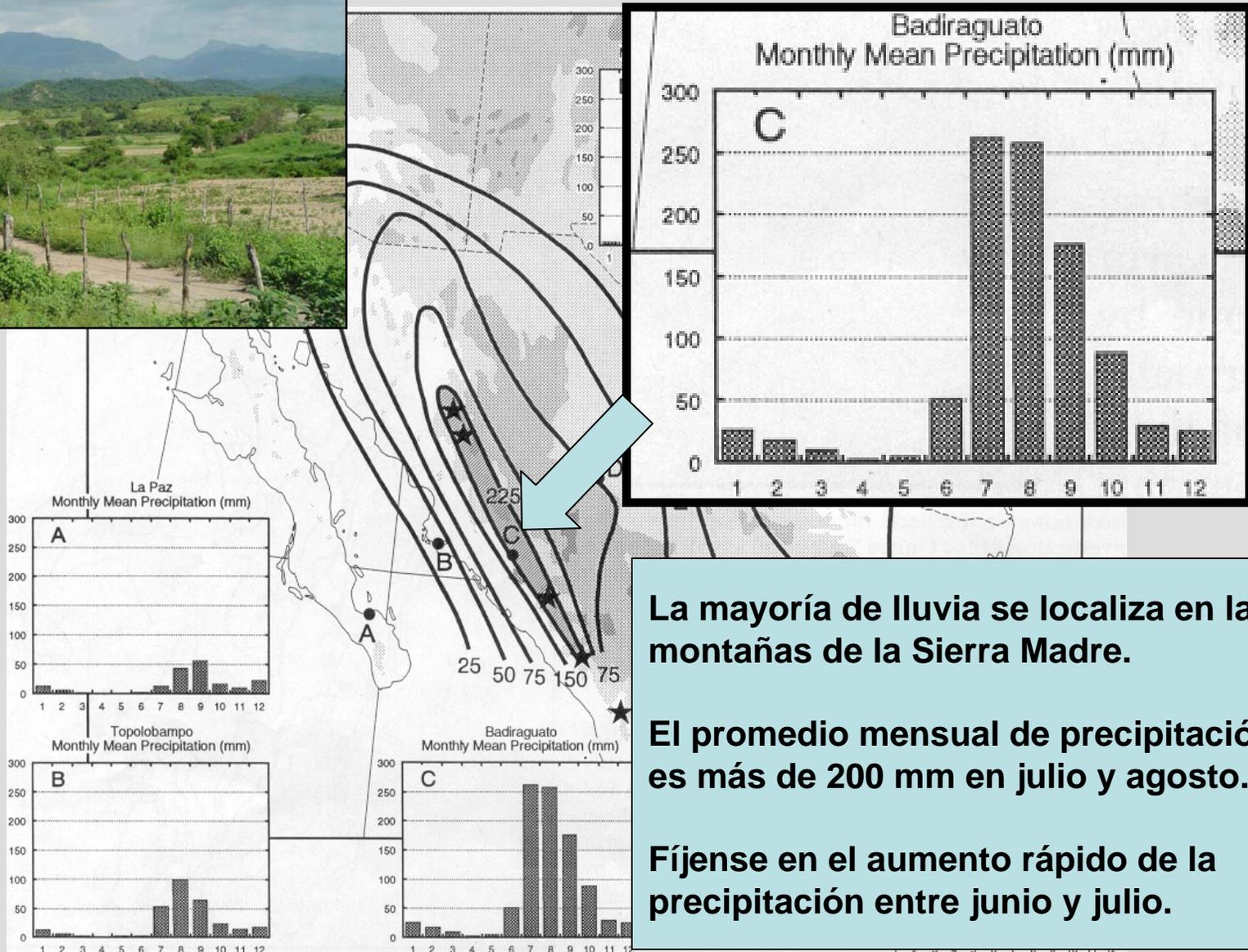
**Las lluvias son de tormentas locales y pueden variar mucho en intensidad y frecuencia durante el verano.**

**La mayoría de la lluvia se localiza en las montañas porque la formación de las tormentas depende de la influencia del terreno.**

# Promedio mensual de la precipitación del verano en el noroeste de México



## Las montañas de la Sierra Madre durante el monzón

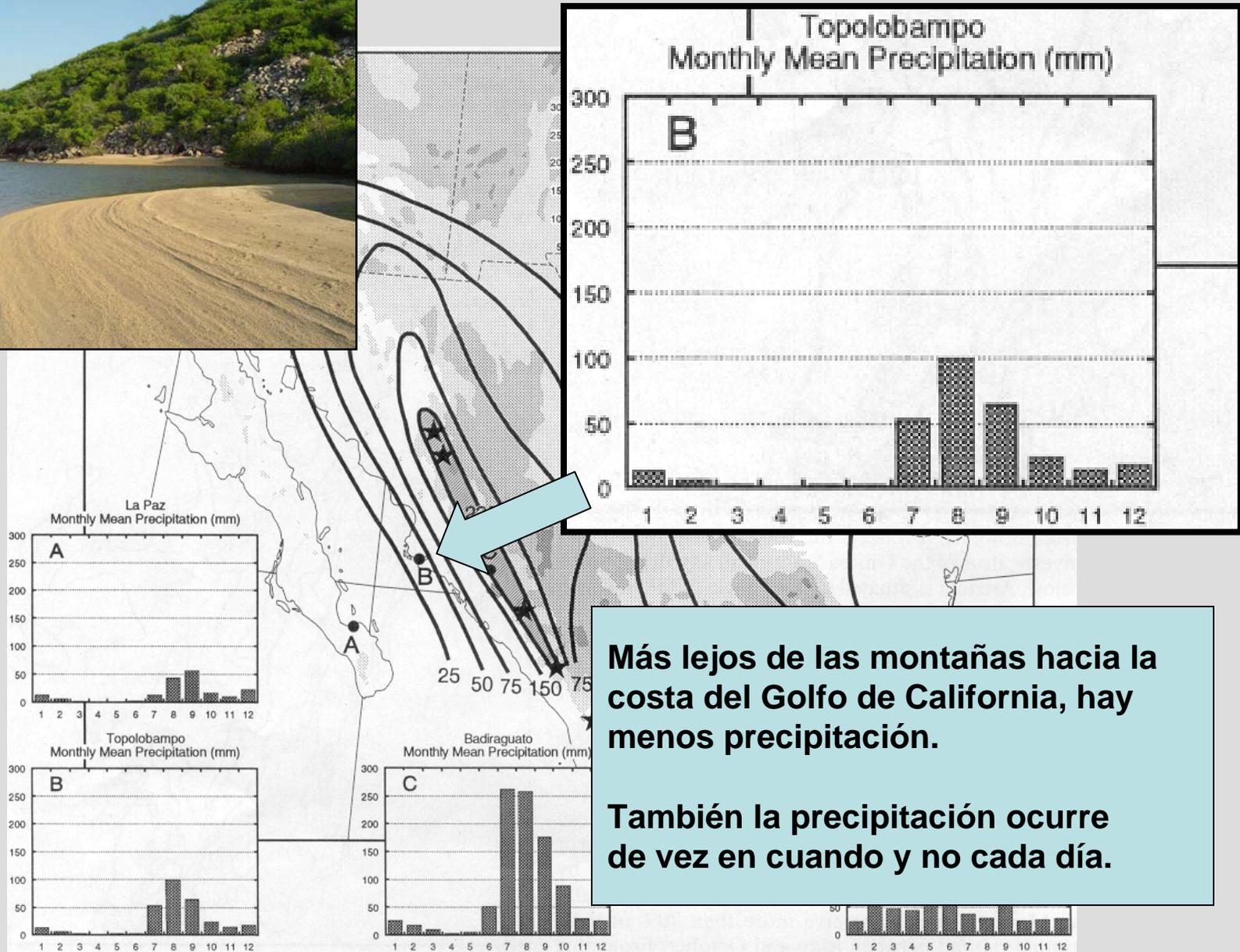


La mayoría de lluvia se localiza en las montañas de la Sierra Madre.

El promedio mensual de precipitación es más de 200 mm en julio y agosto.

Fíjense en el aumento rápido de la precipitación entre junio y julio.

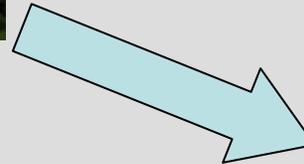
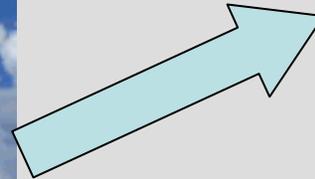
# Cerca de Topolobampo



**Más lejos de las montañas hacia la costa del Golfo de California, hay menos precipitación.**

**También la precipitación ocurre de vez en cuando y no cada día.**

# La importancia del monzón: Por ejemplo en el estado de Sonora, México



Más del sesenta por ciento de la lluvia en la región ocurre durante el verano. Por lo tanto, depende de las lluvias del verano para sus recursos hídricos y agrícolas.



**¿Podemos confiar en los modelos globales actuales para representar el monzón?**

**Lo que nos interesan:**

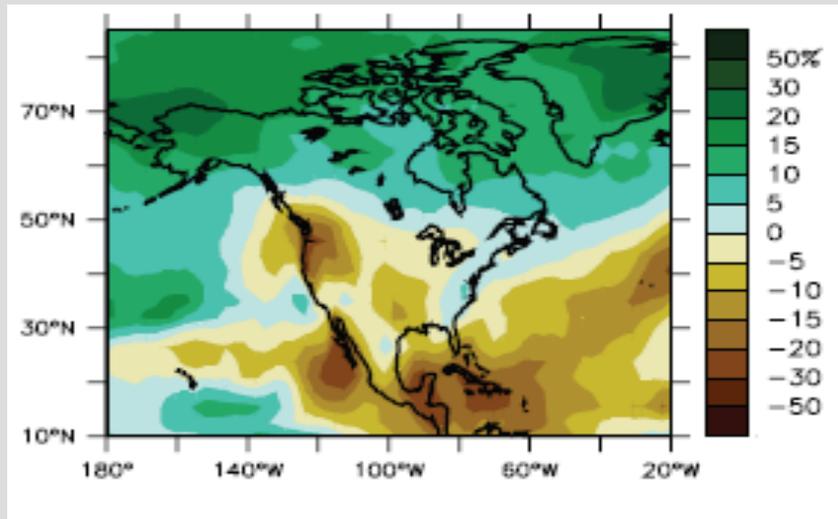
**Pronósticos estacionales (de NOAA)**

**Proyecciones del cambio climático (del IPCC)**

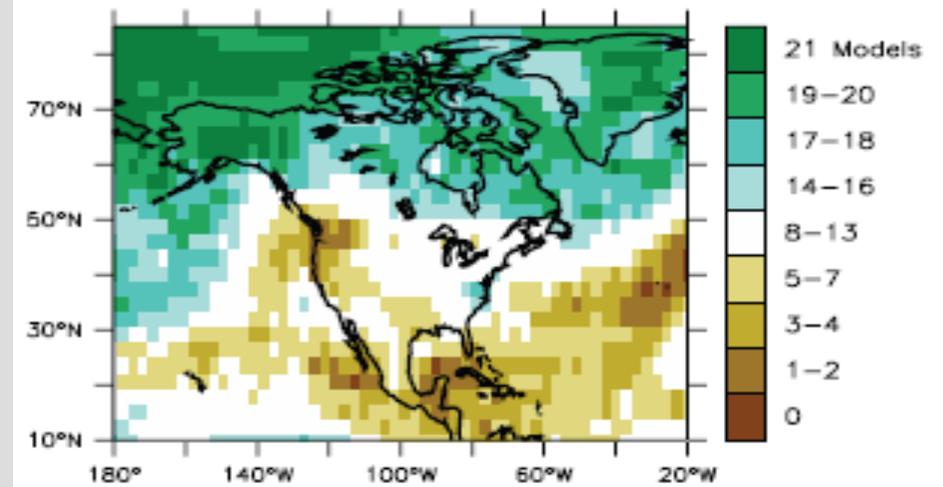
**Un ejemplo breve del IPCC para mostrar el problema básico con todos los modelos globales actuales.**

**Las proyecciones del IPCC sugieren que las regiones subtropicales del mundo serán más secas. Esto incluye el noroeste de México y el suroeste de los EE.UU.**

***El cambio en porcentaje en la precipitación del verano al fin de este siglo por los modelos de IPCC (escenario A1B)***

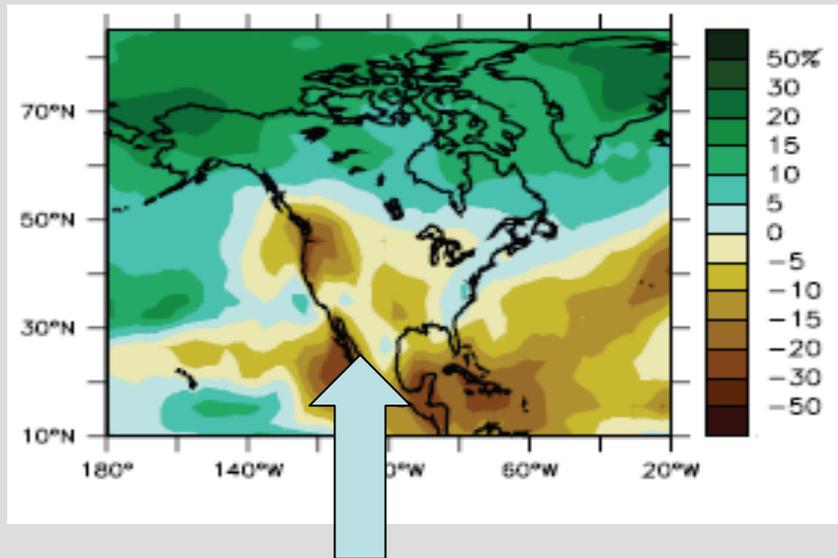


***El nivel de acuerdo entre estos modelos***



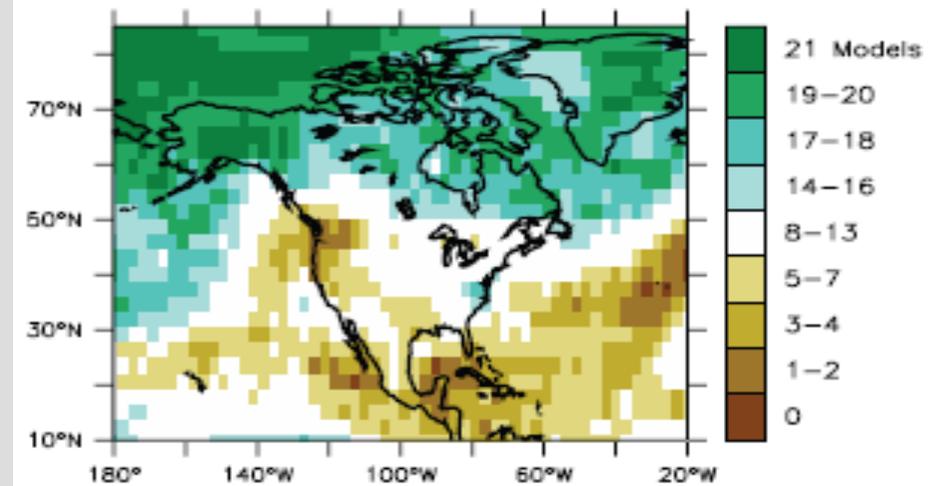
(IPCC)

***El cambio por ciento en la precipitación del verano al fin de este siglo por los modelos de IPCC (escenario A1B)***

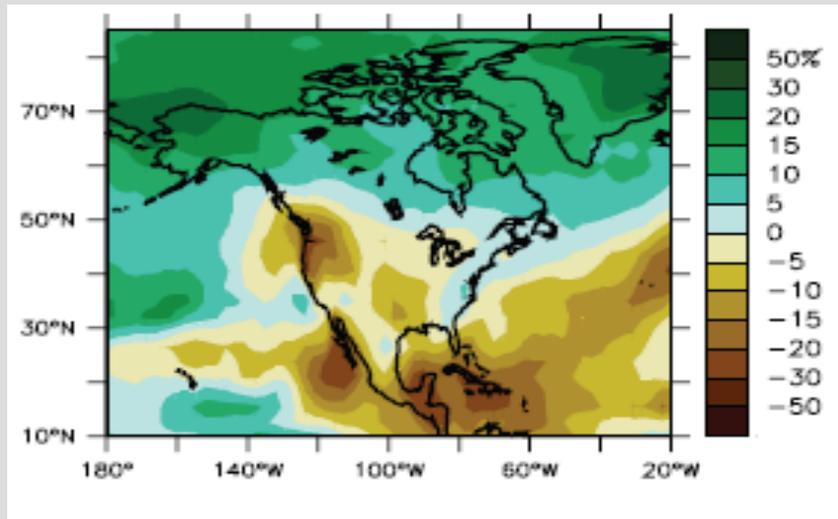


**Los modelos actuales de IPCC indican que la precipitación del verano no cambiará mucho.**

***El nivel de acuerdo entre estos modelos***

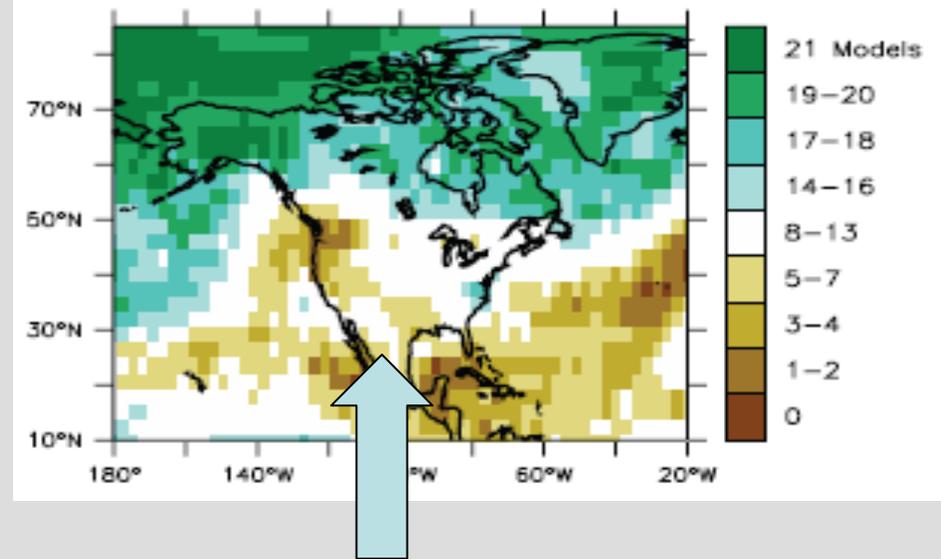


***El cambio por ciento en la precipitación del verano al fin de este siglo por los modelos de IPCC (escenario A1B)***



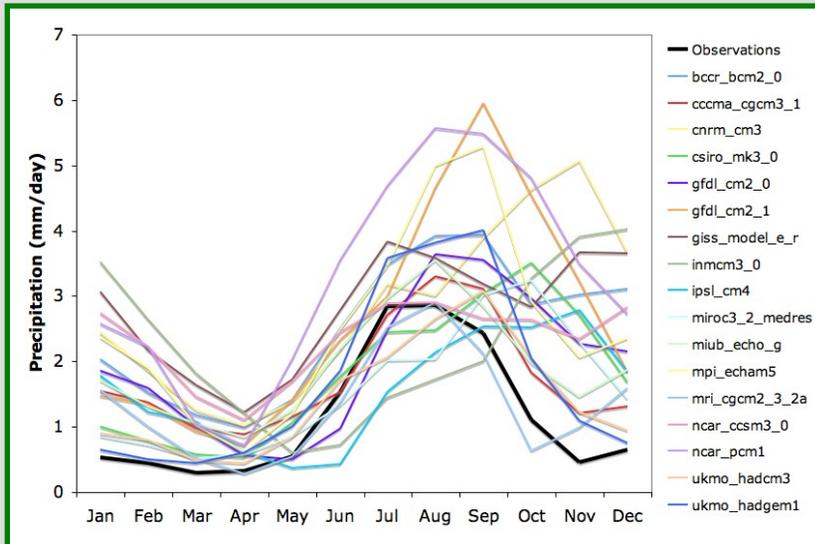
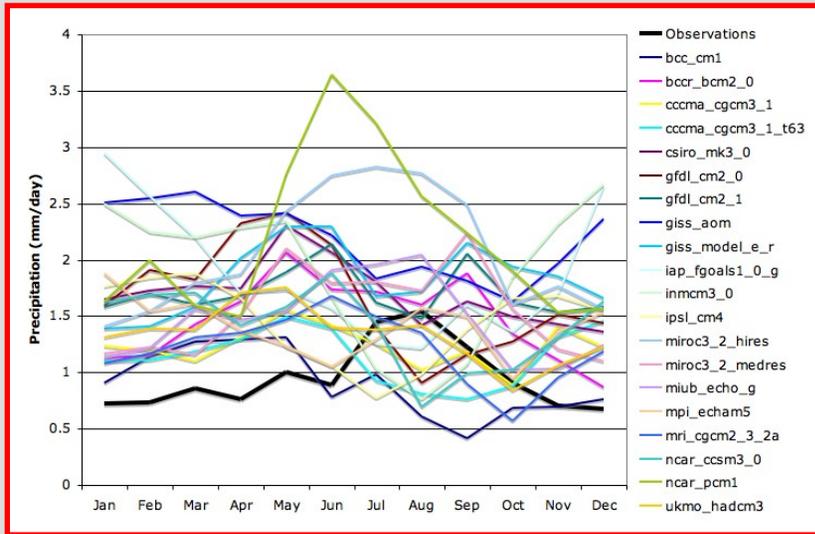
**Los modelos actuales de IPCC indican que la precipitación del verano no cambiará mucho.**

***El nivel de acuerdo entre estos modelos***



**Pero no podemos confiar mucho en esta proyección debido al desacuerdo entre ellos.**

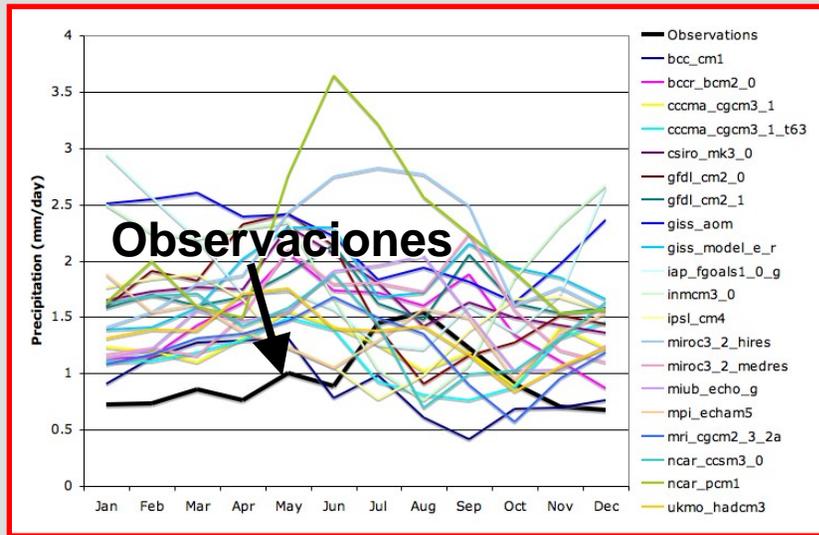
# El promedio de la precipitación mensual de todos los modelos de IPCC durante el siglo pasado



**Promedio de simulaciones históricas (sres\_20c3m) 1970-2000**

(Francina Dominguez)

# El promedio de la precipitación mensual de todos los modelos de IPCC durante el siglo pasado

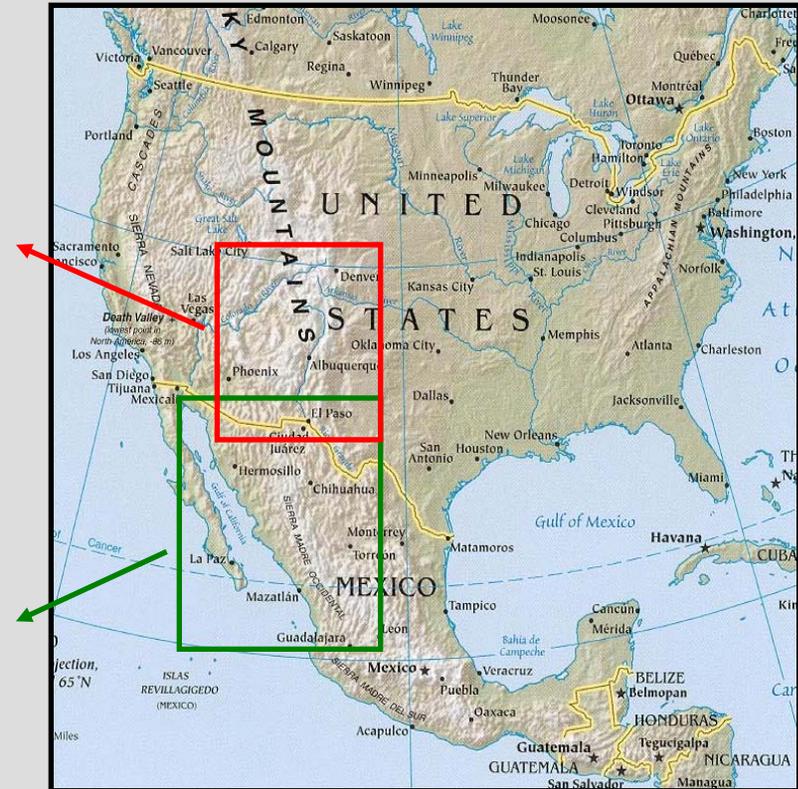


## Suroeste de los EE.UU.

Hay mucho desacuerdo entre los modelos

¡La mayoría no tiene un monzón definido!

Es igual en los pronósticos estacionales de NOAA.



*Promedio de simulaciones históricas (sres\_20c3m) 1970-2000*

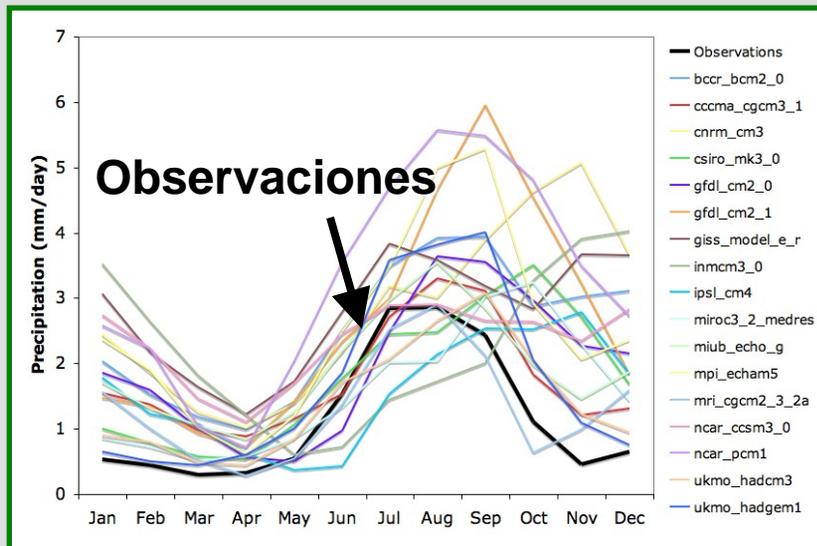
(Francina Dominguez)

# El promedio de la precipitación mensual de todos los modelos de IPCC durante el siglo pasado

## Noroeste de México

Todos los modelos tienen un monzón y representan bien el inicio.

Hay diferencias en el pico de la precipitación con respecto a la cantidad y el punto en tiempo.

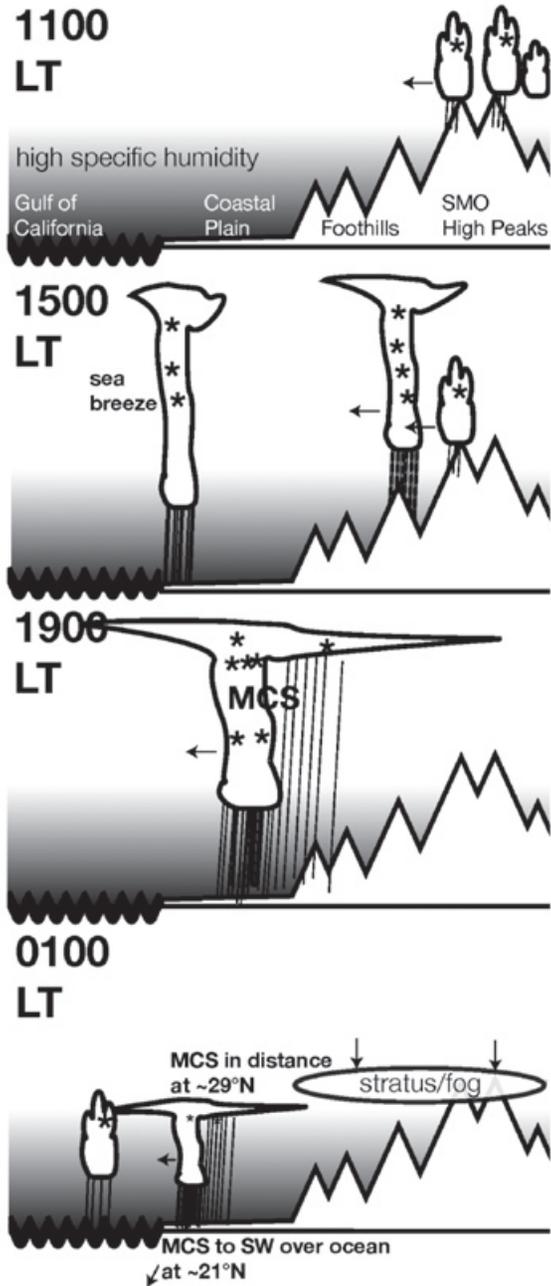


**Promedio de simulaciones históricas  
(sres\_20c3m) 1970-2000**

(Francina Dominguez)

**Para hacer una simulación climática del monzón norteamericano que sea valorable utilizando un modelo atmosférico, es necesario que el modelo represente “bastante bien” los factores que influyen su variabilidad.**

**¡Esto no es tan fácil!**



(Nesbitt et al. 2008)

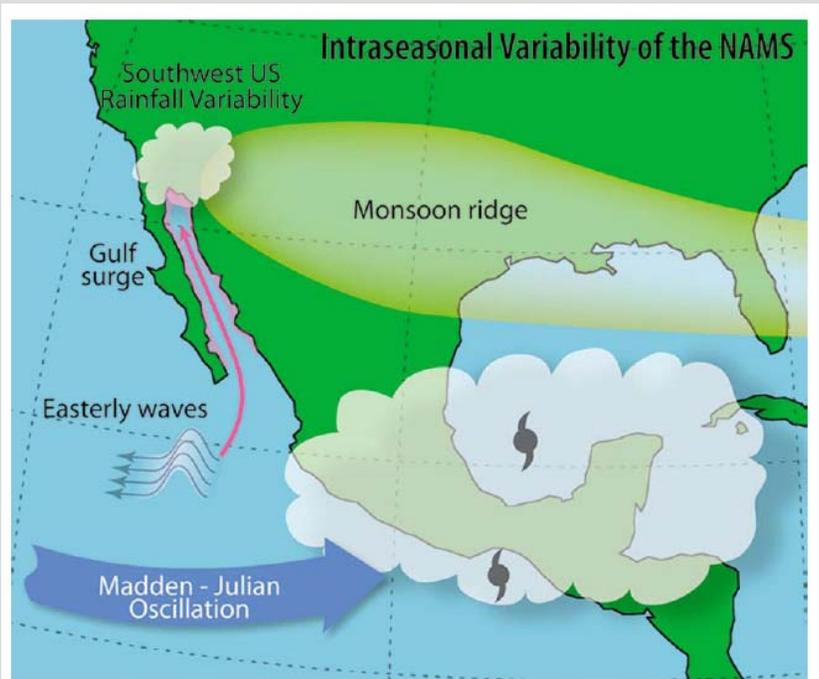
## Ciclo diario de convección ¡Lo más importante!

Las nubes convectivas se forman sobre las montañas durante la mañana.

Por la tarde y la noche las tormentas se propagan al oeste hacia el Golfo de California donde pueden organizarse en complejos convectivos en la mesoescala (MCS) si hay humedad suficiente e inestabilidad.

¡Es probable que se necesite una resolución menor de cinco kilómetros para representar correctamente este proceso en modelos regionales!

# Variabilidad sinóptica del clima dentro del monzón



(Moloney et al. 2008)

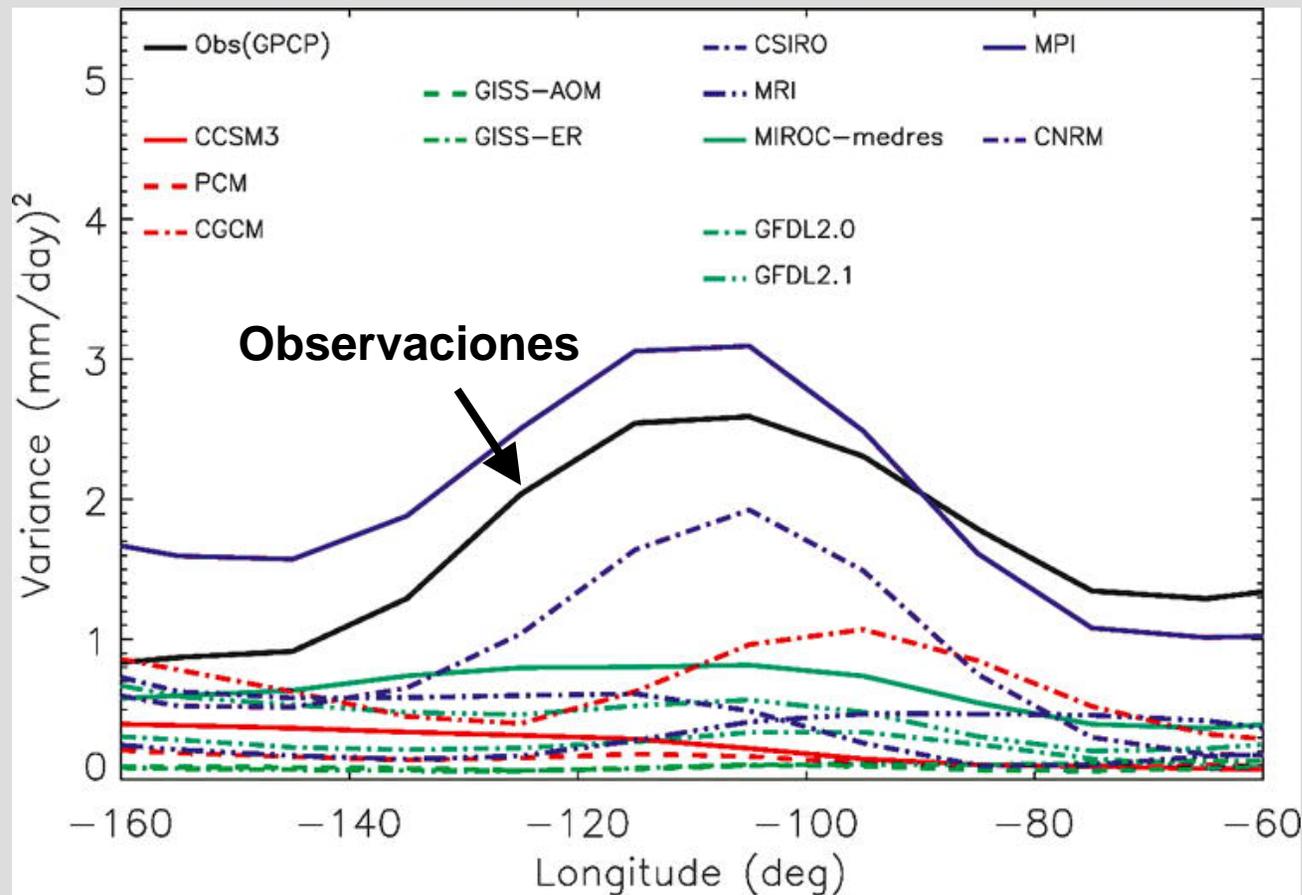
## Se incluye:

- Ondas del este
- Sistemas tropicales
- Corrientes de humedad en los niveles bajos
- Perturbaciones en los niveles altos
- Oscilación Madden Julian

Todos estos factores pueden ayudar a la organización e intensificación de la convección.

# ¿Se pueden representar ondas del este en los modelos de IPCC?

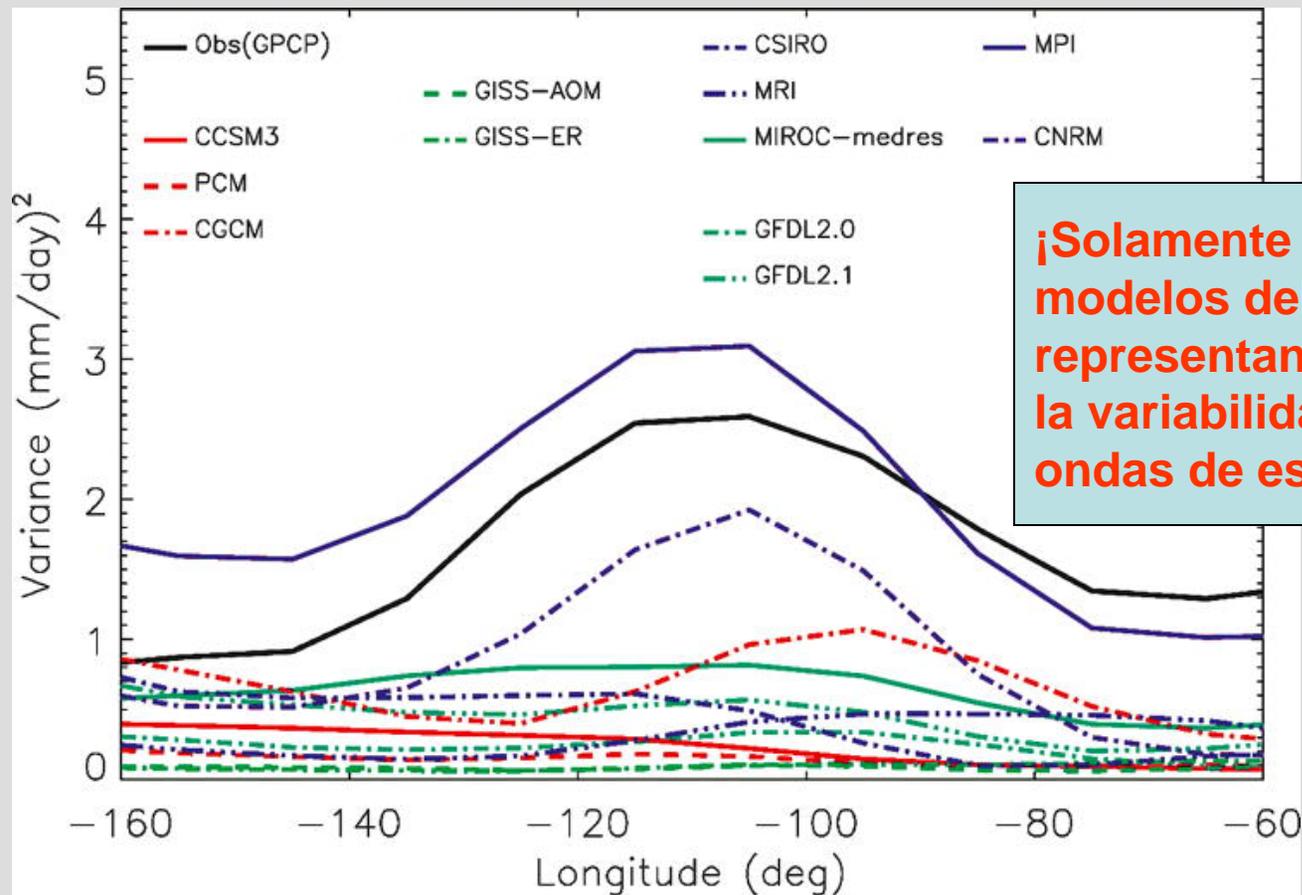
## *Su variabilidad de 10 a 20° N durante el monzón*



Lin et al. (2009)

# ¿Se pueden representar ondas del este en los modelos de IPCC?

## *Su variabilidad de 10 a 20° N durante el monzón*

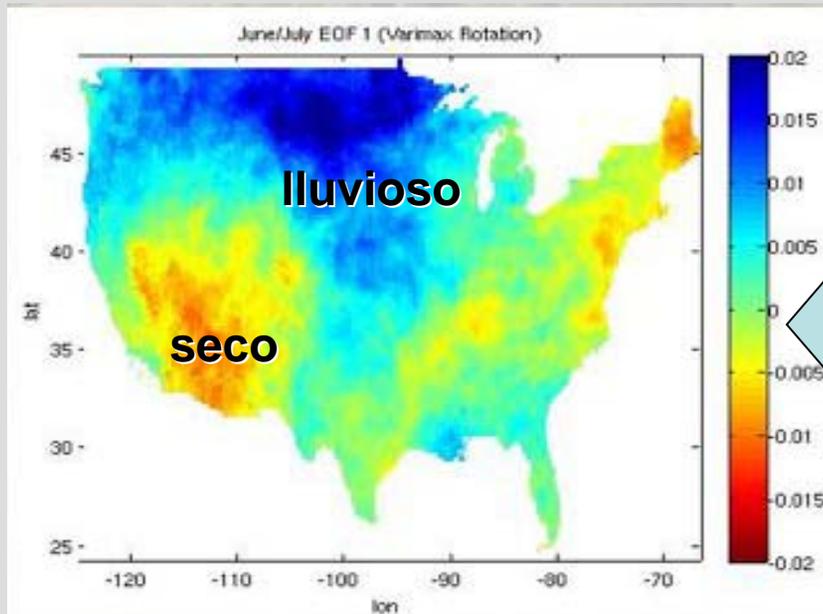


**¡Solamente uno o dos modelos del IPCC representan bien la variabilidad de las ondas de este!**

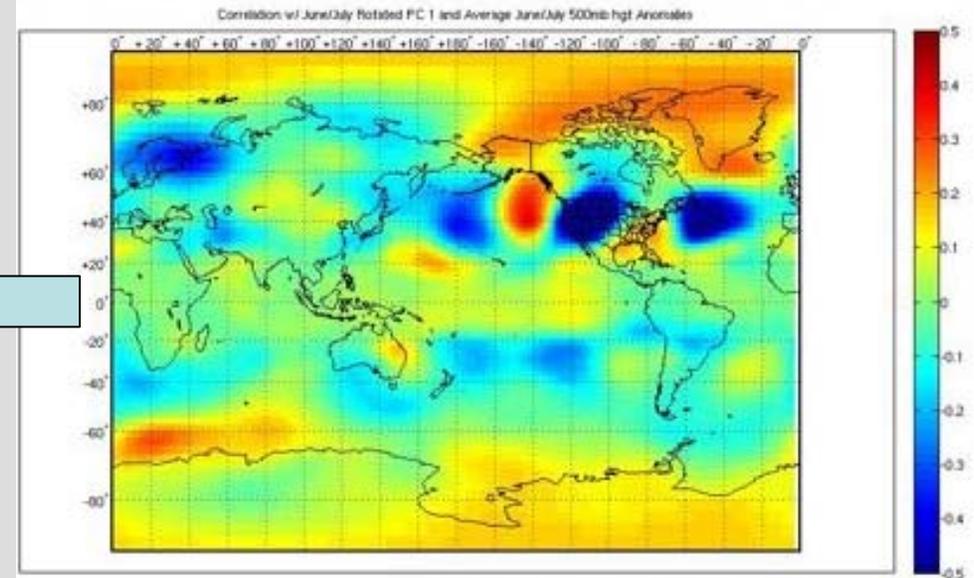
Lin et al. (2009)

# Variabilidad interanual del monzón

**Idea:** Teleconexiones atmosféricas que se originan en el oeste del Pacífico (y tal vez en otras partes) afectan la distribución y cantidad de precipitación, especialmente al inicio del monzón.



***El patrón dominante de anomalías de precipitación al principio del verano.***

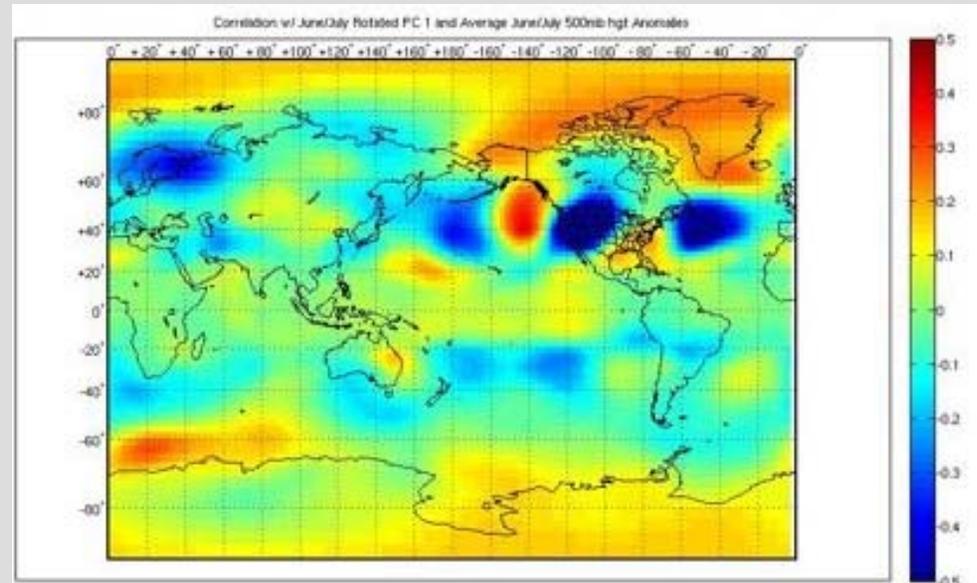


***Su relación a la circulación atmosférica (las anomalías de geopotencial a 500-mb).***

Ciancarelli et al. (2009)

**Es necesario que un modelo represente este patrón de teleconexión en el verano.**

**Si no, no hay ninguna esperanza de hacer un pronóstico estacional que sea valorable.**

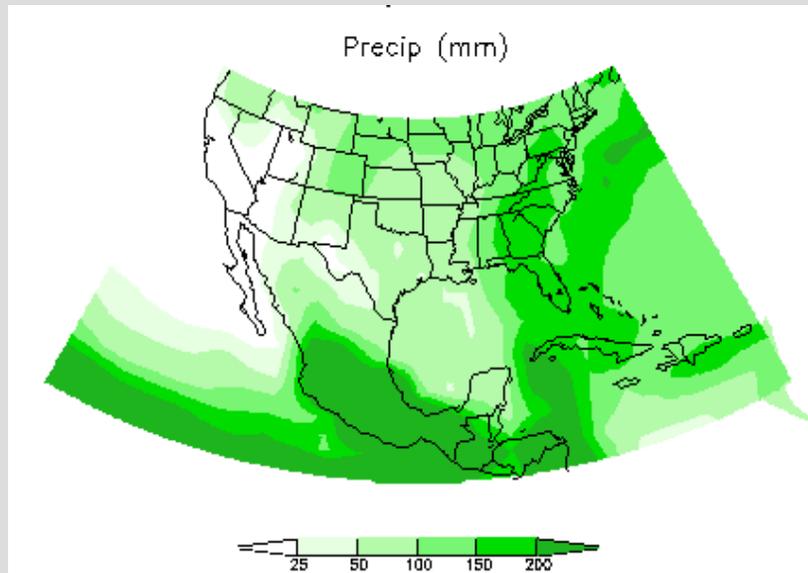


*Su relación a la circulación atmosférica (las anomalías de geopotencial a la 500-mb).*

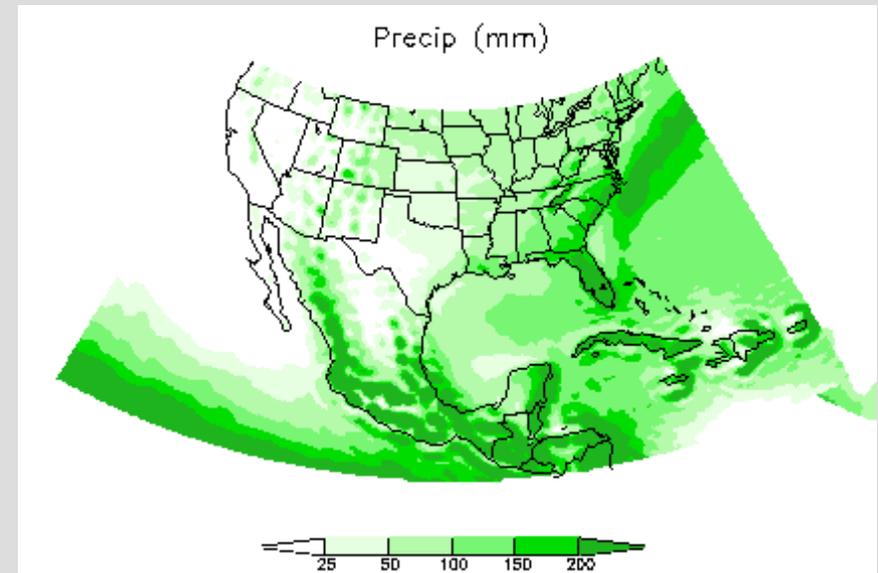
**¿Podemos utilizar modelos atmosféricos de alta resolución para mejorar los pronósticos y las proyecciones?**

**Algunos ejemplos...**

# Pronósticos estacionales de precipitación acumulada durante el verano de 2009 del *National Center for Environmental Prediction* (NCEP)



**Modelo global actual de baja  
resolución (~200 km)**

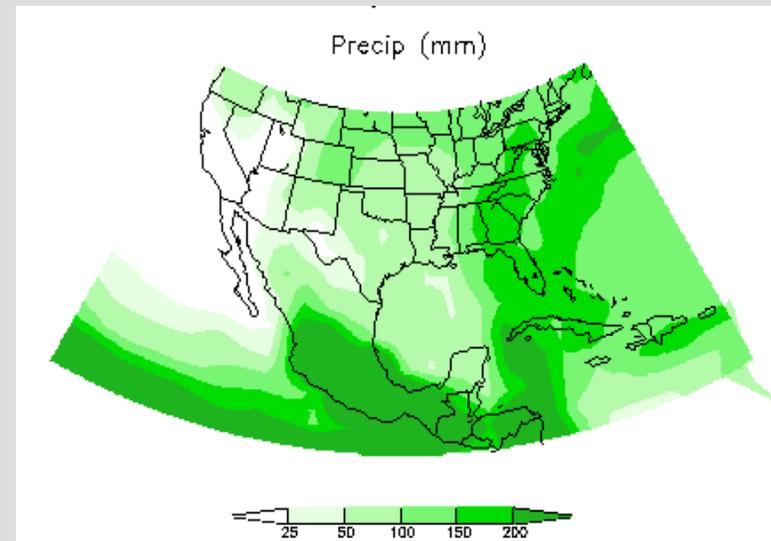


**Modelo global experimental de  
alta resolución (~35 km)**

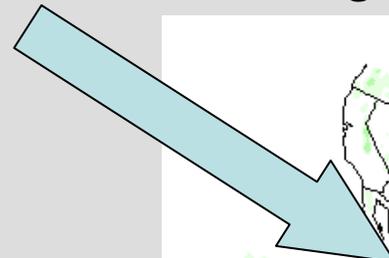
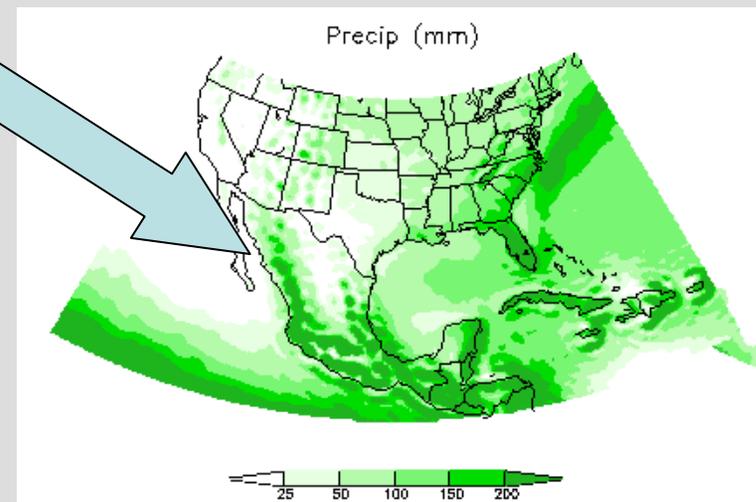
(Jae Schemm, NCEP)

**Fíjense en el aumento de precipitación en las montañas debido a la mejor representación del ciclo diario de convección.**

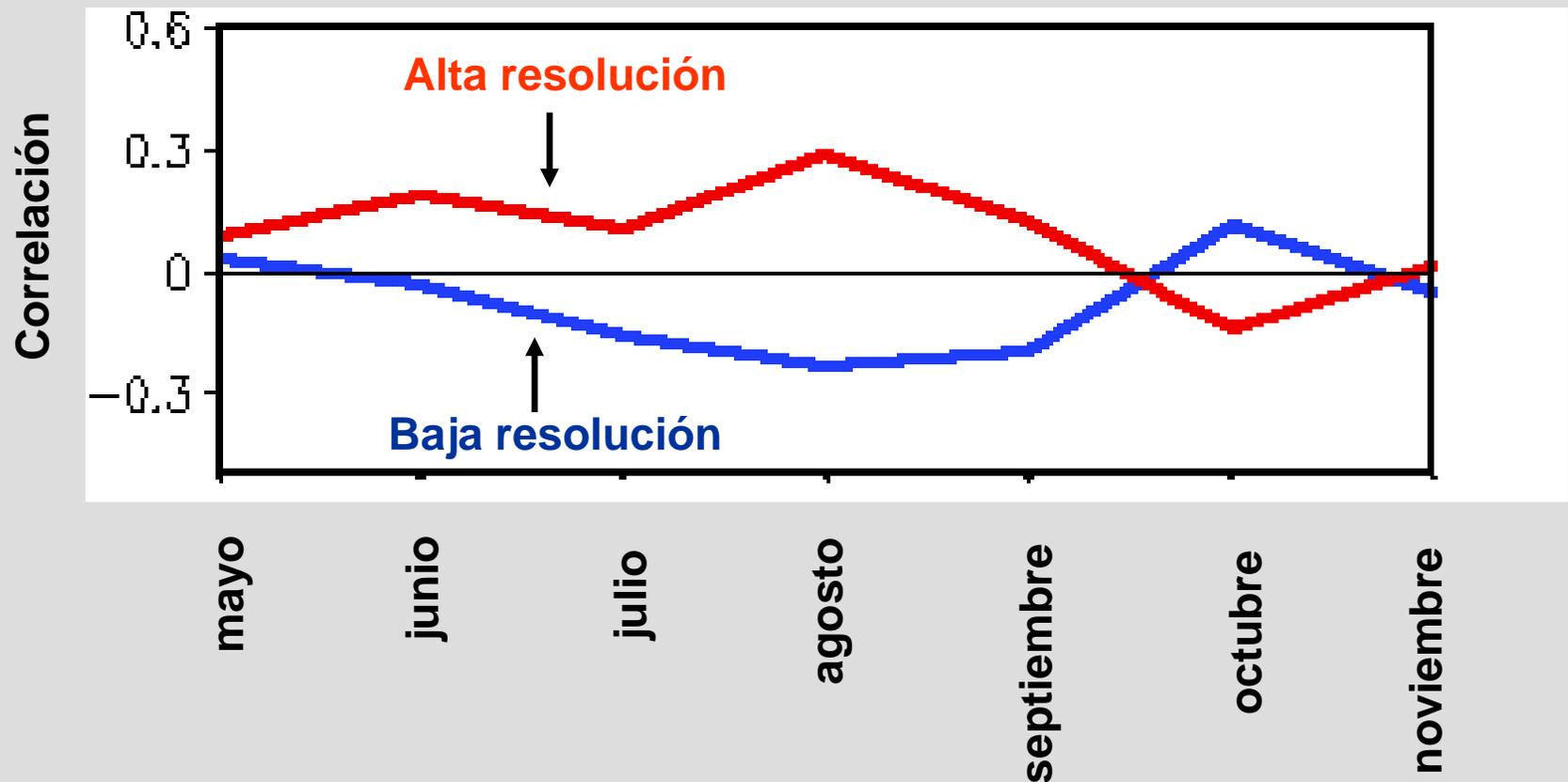
### ***Modelo global de baja resolución***



### ***Modelo global de alta resolución***



# La correlación mensual de precipitación entre los pronósticos estacionales de NCEP y las observaciones en el noroeste de México (1982-2008)

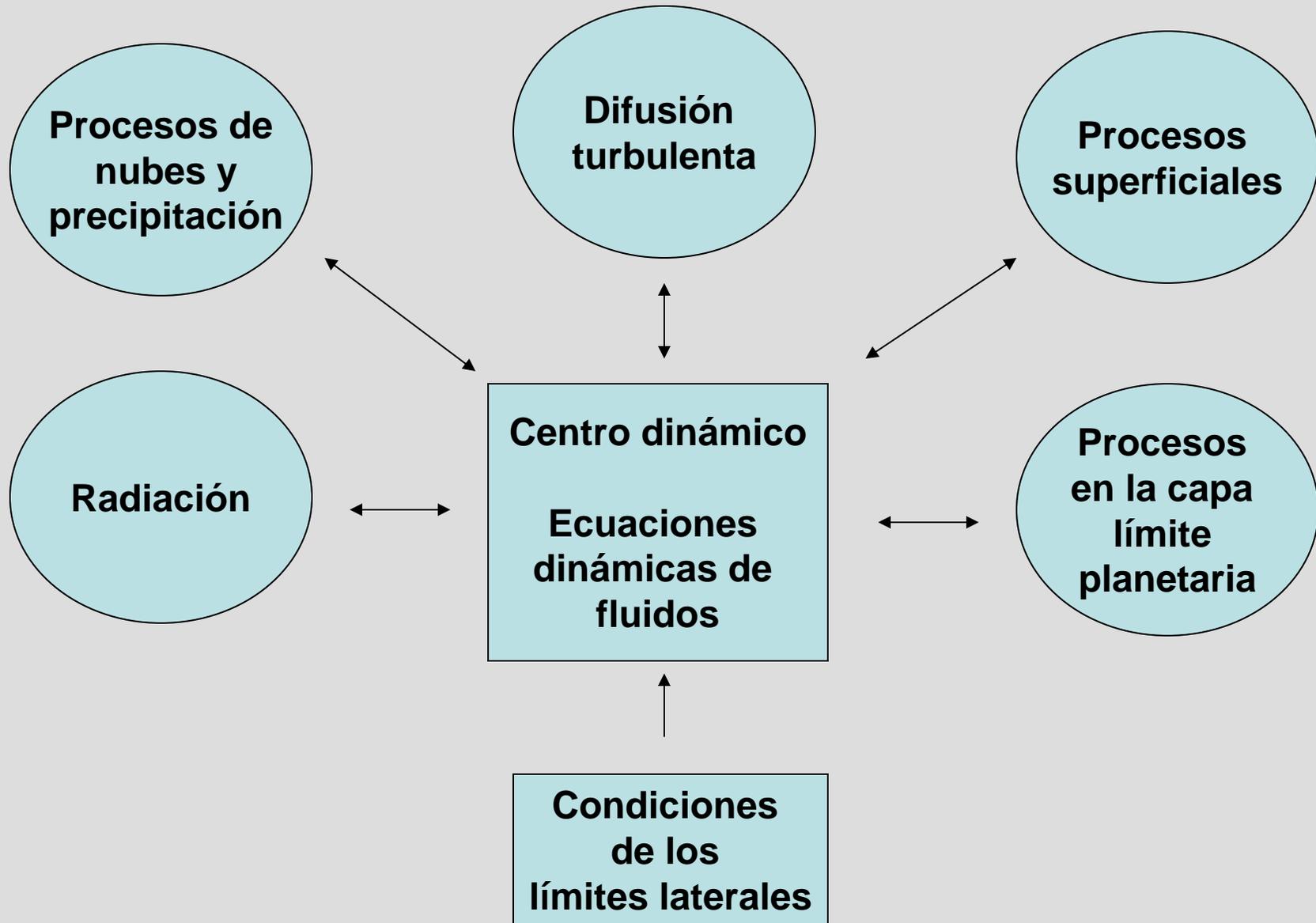


(Jae Schemm y Bhaskar Jha, NCEP)

**Los modelos regionales son diferentes porque requieren datos de modelos globales a sus límites laterales.**

**Estamos utilizando los modelos del NCEP y del IPCC.**

# Componentes del modelo atmosférico regional



# **Se utiliza el modelo WRF para hacer pronósticos históricos durante el verano**

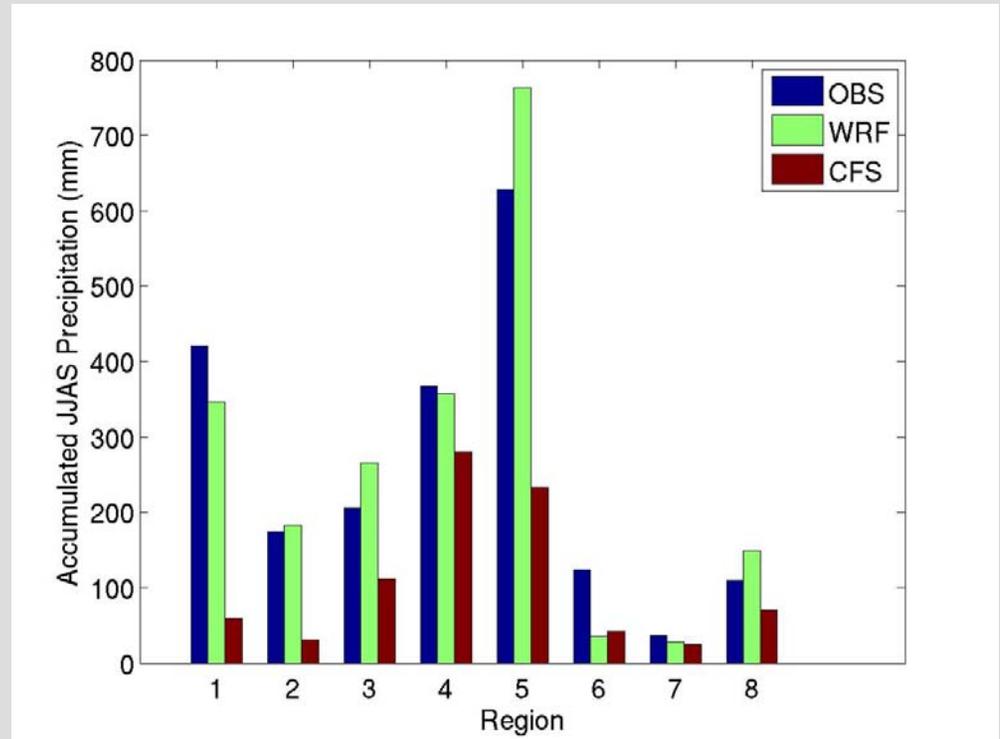
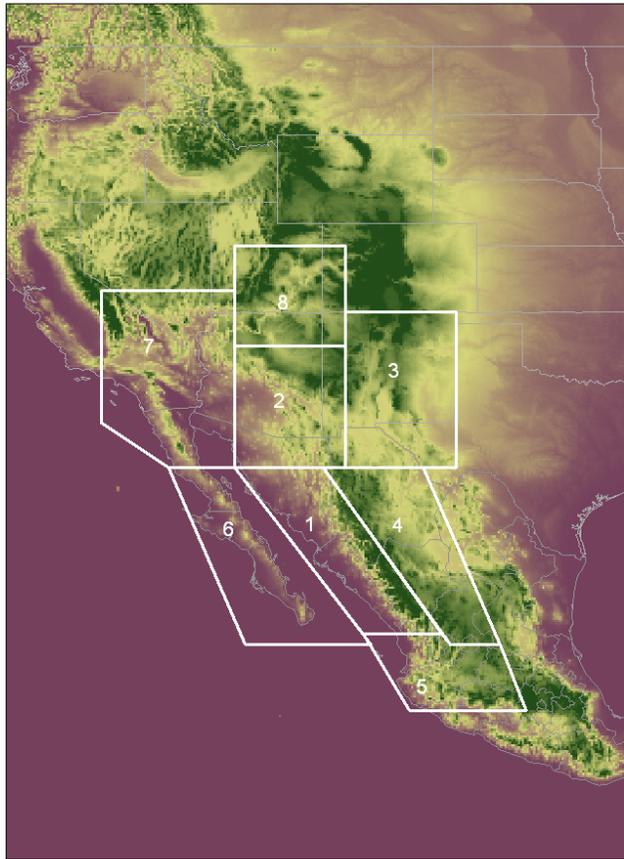
**La configuración del modelo es igual que se utiliza para hacer pronósticos del tiempo en la Universidad de Arizona.**

**Los pronósticos globales de NCEP comienzan a principio de abril, mayo, y junio de cada año durante el periodo 1982 a 2000. Las simulaciones con WRF comienzan a principio de mayo o junio y terminan en agosto.**

**También utilizamos las observaciones (de forma de un reanális) global como condición a los límites laterales de WRF durante el mismo periodo de pronósticos. Con estas simulaciones podemos determinar como funciona el modelo con información “perfecta.”**

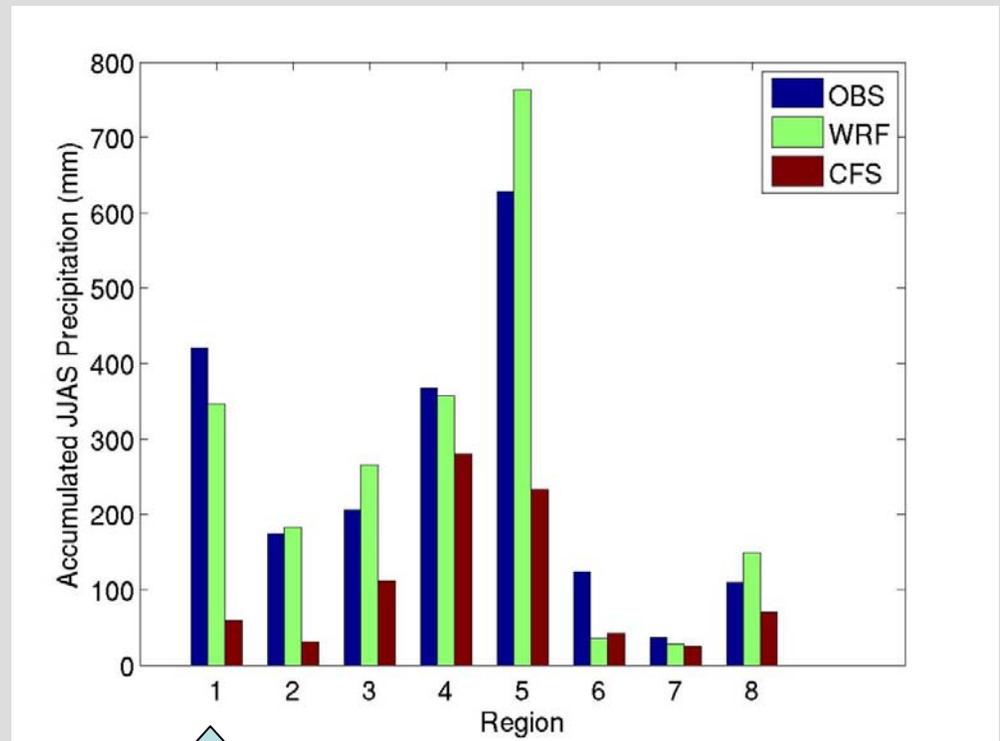
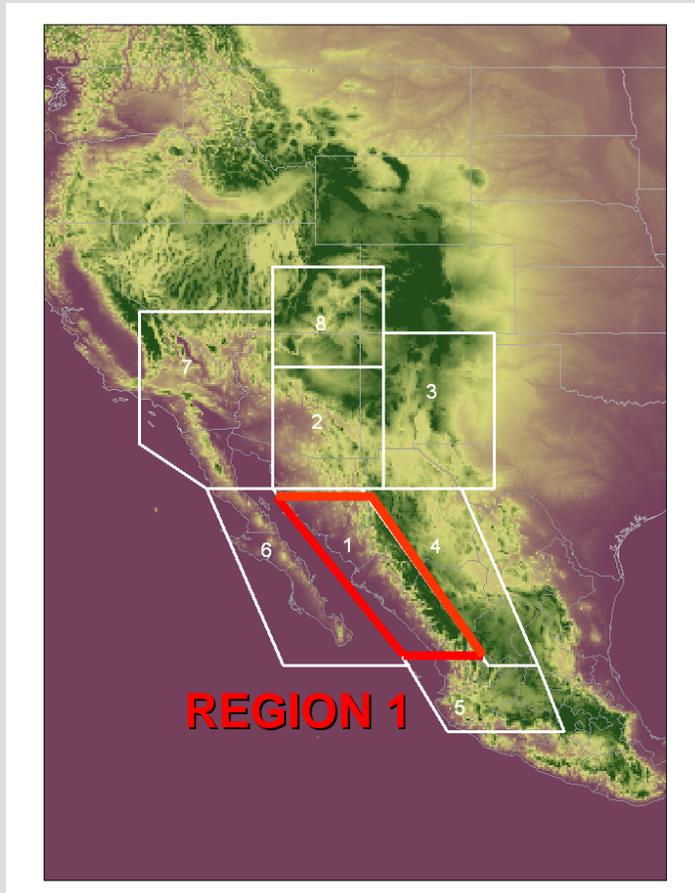
**La malla para estas simulaciones extiende a través del los EE.UU. y México con una resolución de 32 km.**

# La precipitación durante el verano simulada por WRF y CFS en comparación a las observaciones



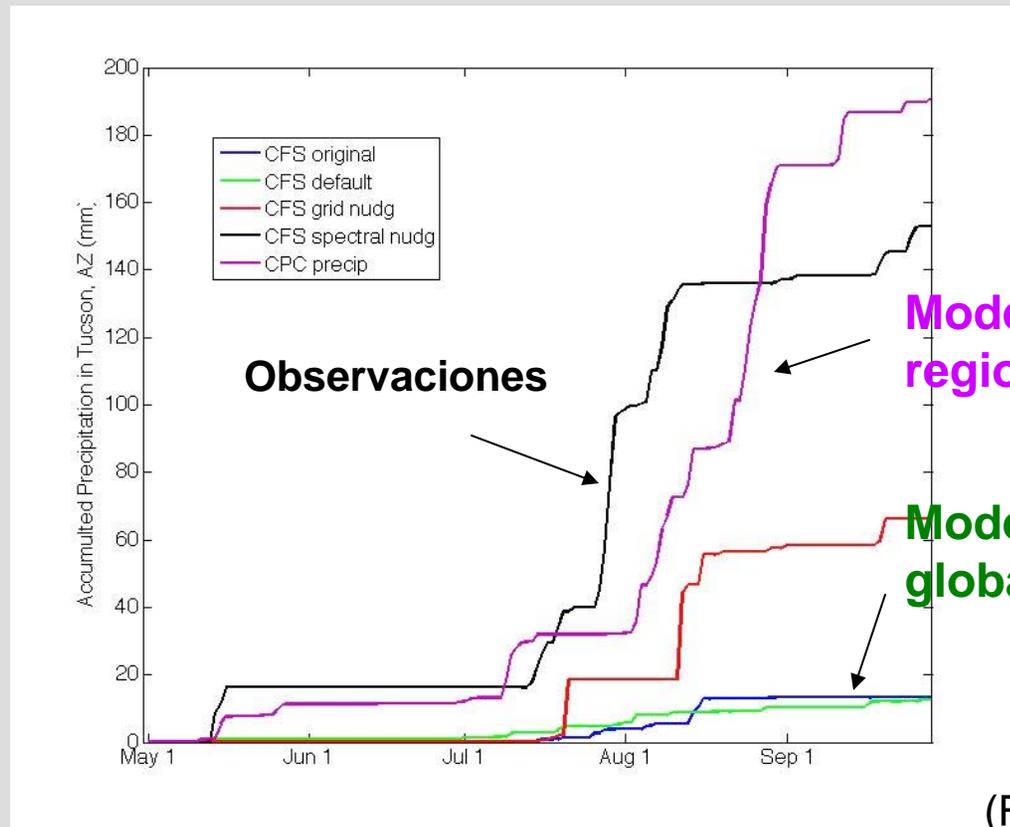
**Una representación más correcta del ciclo diario de convección explica el mejoramiento dramático en la precipitación simulada por WRF.**

# La precipitación durante el verano simulada por WRF y CFS en comparación a las observaciones



Sonora

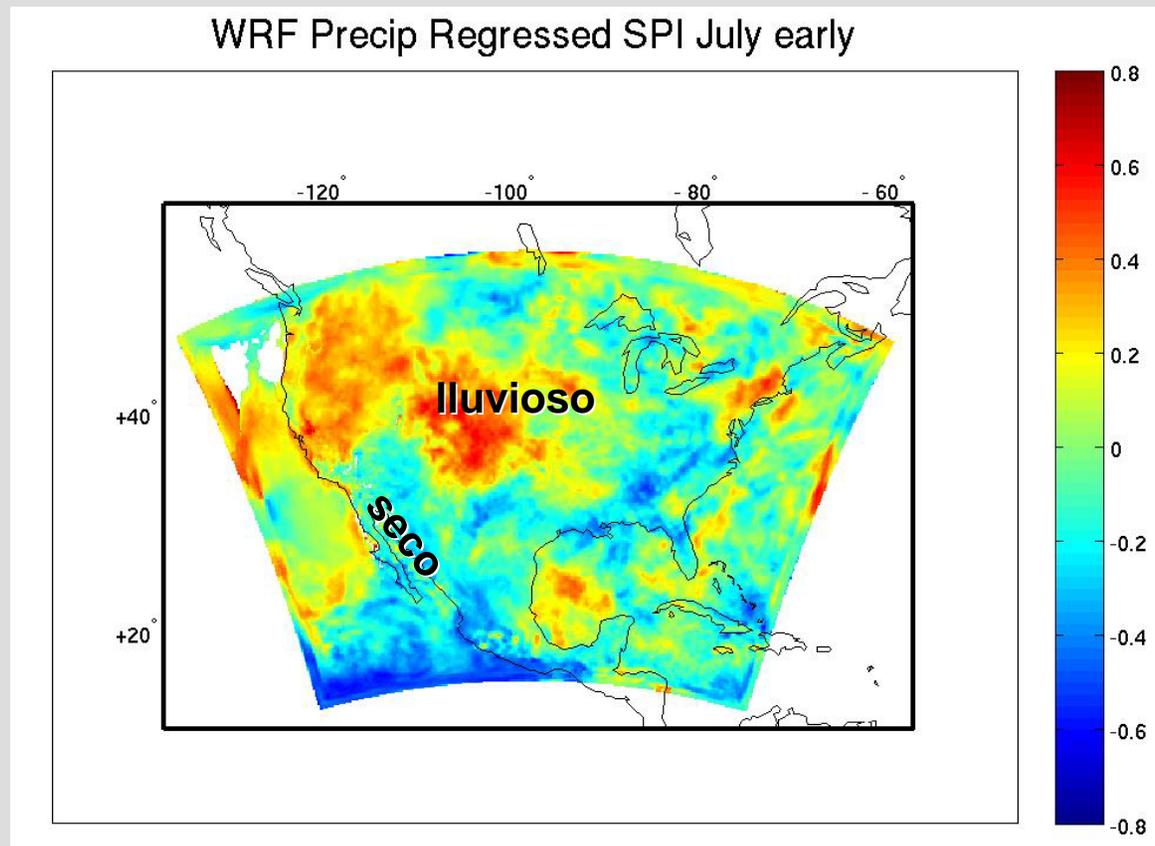
# La evolución de precipitación durante el verano en Tucson, Arizona. Ejemplo del año 1993.



(Francina Dominguez, UA)

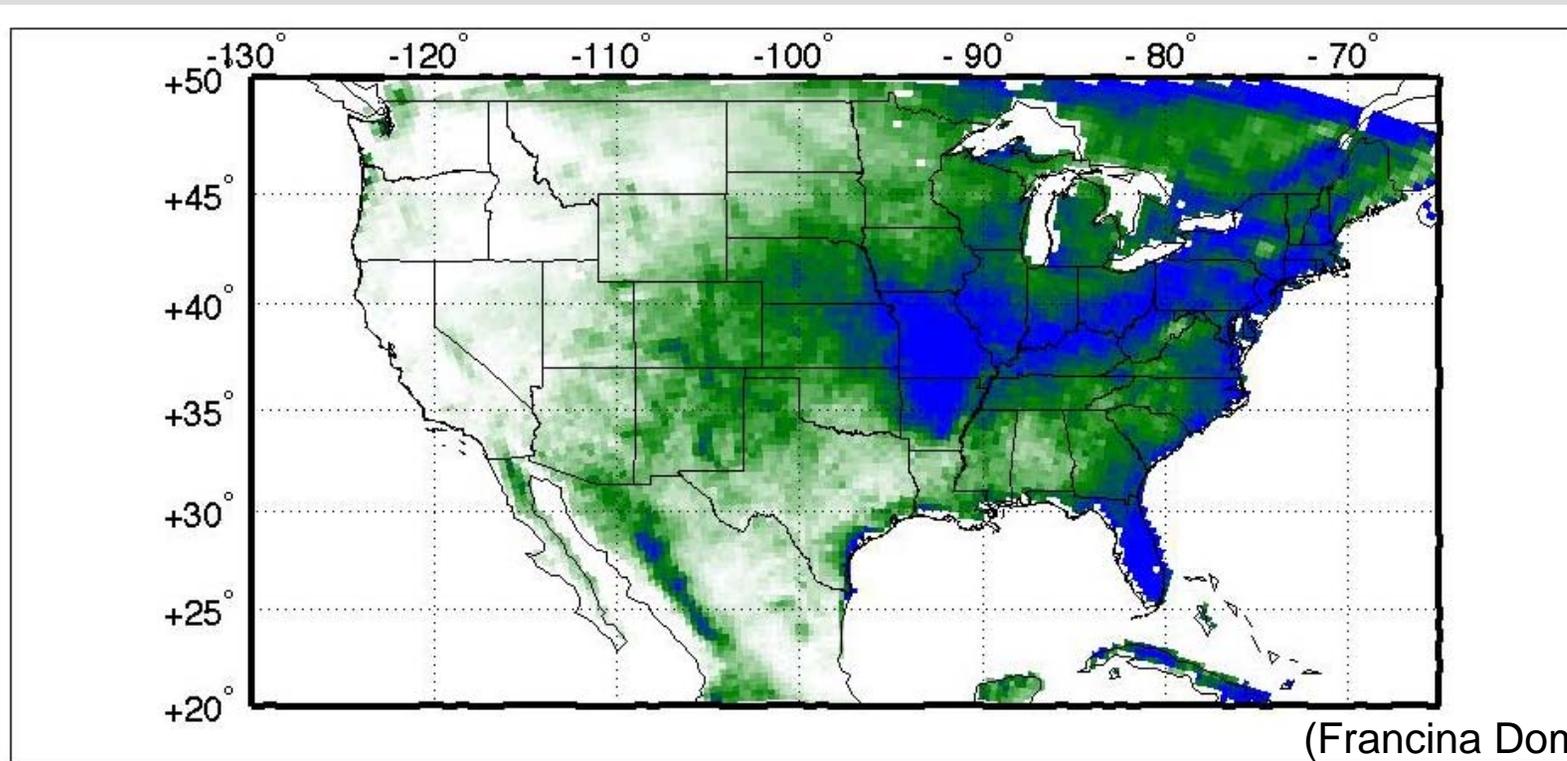
***Ejemplo de la precipitación acumulada del verano simulada por WRF, el modelo global de NCEP, y las observaciones del año 1993.***

# Las anomalías (diferencias con respecto al promedio) de precipitación normalizada en los pronósticos estacionales de WRF asociadas con TSM en el Pacífico



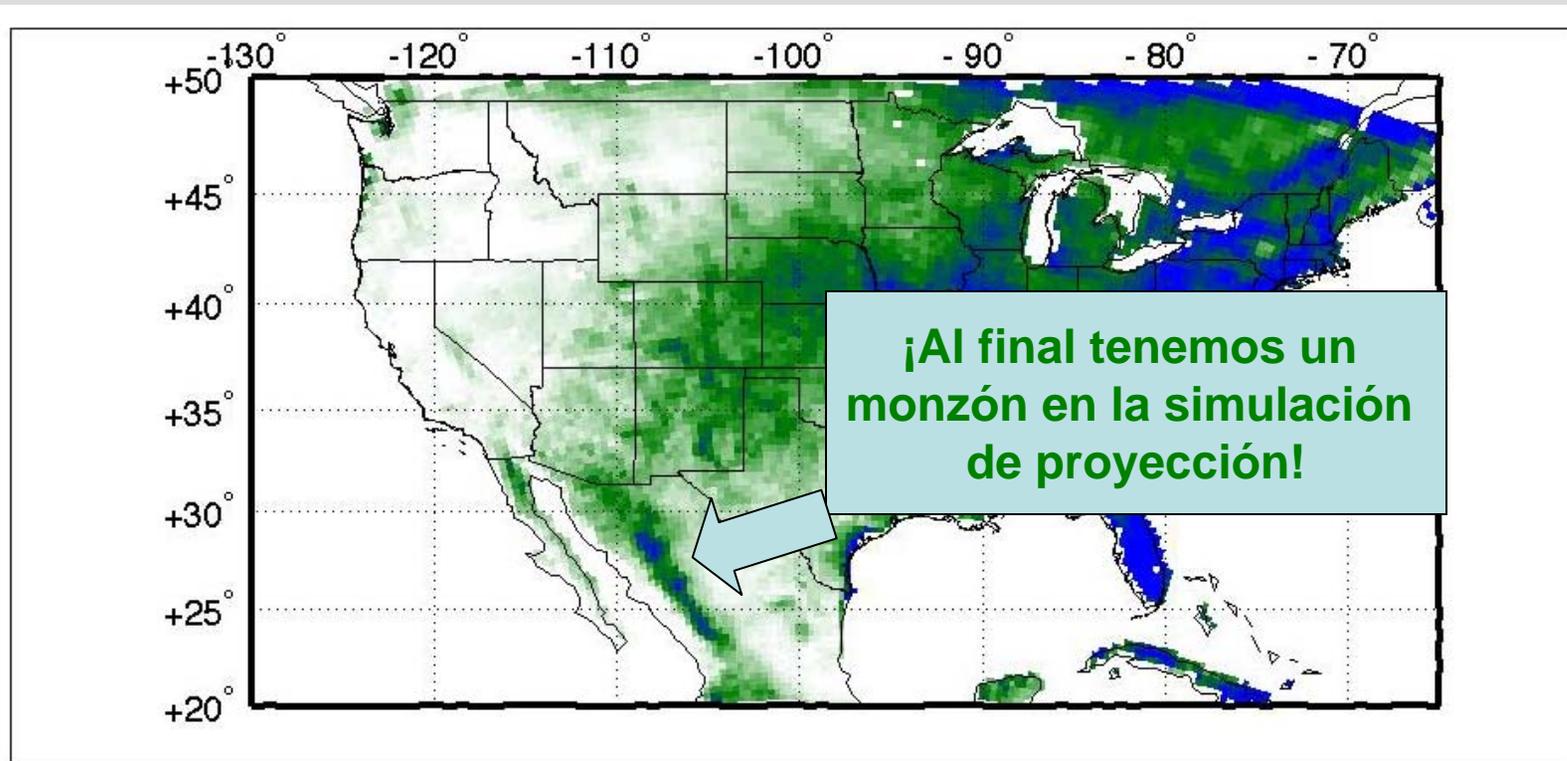
Correlación

# También utilizamos el WRF para hacer proyecciones del cambio climático



***Ejemplo de la precipitación simulada por WRF en julio del año 2010. Esta simulación se utiliza el modelo HadCM3 como sus condiciones límites laterales.***

# También utilizamos el WRF para hacer proyecciones del cambio climático



*Ejemplo de la precipitación simulada por WRF en julio del año 2010. Esta simulación se utiliza el modelo HadCM3 como sus condiciones límites laterales.*

**Anticipamos que todas nuestras simulaciones climáticas con WRF serán completadas y analizadas dentro de uno o dos años.**

**Está claro que hay una gran necesidad de este tipo de información para tomar decisiones respecto a los recursos en México y los EE.UU.**

# Conclusiones

Aunque el monzón afecta una región lo suficientemente grande como para ser capturada por los modelos globales, la precipitación es de tormentas que ocurre en la escala local.

Los modelos globales actuales no representan bien los procesos que influyen la precipitación durante el verano. Estos incluyen el ciclo diurno de convección, variabilidad dentro del monzón, y la variabilidad interanual.

Por eso, no debemos confiar en los productos actuales que dependen de modelos globales de baja resolución para representar el monzón norteamericano. Es muy probable que esta conclusión sea la misma para otras regiones durante el verano (e.g. el monzón del America del Sur).

Modelos (globales o regionales) de alta resolución mejoran la representación del monzón de tal manera que sus resultados se pueden utilizar para tomar decisiones. Estos productos estarán disponibles dentro de pocos años.

# Taller de los Impactos del Monzón

**IPGH aprobó esta propuesta de la Comité Geofísica para un taller en 2009. Esta propuesta tienen investigadores de México y los EE.UU. (Drs. Jimmy Adegoke y Tereza Cavazos). También les estoy ayudando a ellos en sus esfuerzos.**

**Solamente \$7000 fue aprobado y estos recursos no son suficientes para los gastos del taller. Ya buscamos fondos adicionales de fuentes estadounidenses.**

**Se pidió una extensión del taller hasta 2010. Algunos lugares para conducirlo incluyen:**

- En la Ciudad de México o Costa Rica como un taller apartado (abril hasta mayo?)**
- En Brasil durante la reunión del AGU más tarde**

**¿¿Le interesa apoyar este taller a un miembro de la Comité Geofísica??**