

MATERIALES DE FORMACIÓN DEL CGE - EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

CAPÍTULO 8 Escenarios de cambio climático



Objetivos y expectativas

- Tras leer esta presentación, junto con el manual correspondiente, el lector debería:
 - a) Estar familiarizado con **términos y conceptos clave**, así como tener una visión general de los escenarios de cambio climático;
 - b) Adquirir conocimientos generales sobre los **enfoques de construcción** de escenarios de cambio climático para la evaluación de impacto
 - c) Estar familiarizado con el concepto de Modelos de Circulación General (GCM) y Modelos Climáticos Regionales (RCM) y sus **ventajas y limitaciones**;
 - d) Tener un conocimiento general de los **métodos, herramientas y fuentes de datos disponibles** que se necesitan para generar escenarios climáticos.
-



Contenidos

- ¿Qué son los escenarios de cambio climático?
- ¿Por qué utilizamos escenarios?
- Perspectiva del cambio climático
- Enfoques de desarrollo de escenarios
- Métodos, herramientas y fuentes de datos
- Direcciones futuras en el desarrollo de escenarios



¿Por qué utilizar escenarios de cambio climático?

- No sabemos exactamente cómo cambiará el clima a nivel regional
 - Los escenarios son combinaciones plausibles de variables, coherentes con lo que sabemos sobre el cambio climático inducido por el hombre
 - Imagíneselos como la predicción de un modelo, dependiente de los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)
 - Las estimaciones de cambio a nivel regional difieren de manera sustancial; por tanto, las estimaciones de los modelos individuales deberían tratarse más bien como un escenario
 - Los escenarios nos ayudan a entender los efectos del cambio climático y a determinar vulnerabilidades esenciales
 - También se pueden usar para evaluar e identificar estrategias de adaptación
-



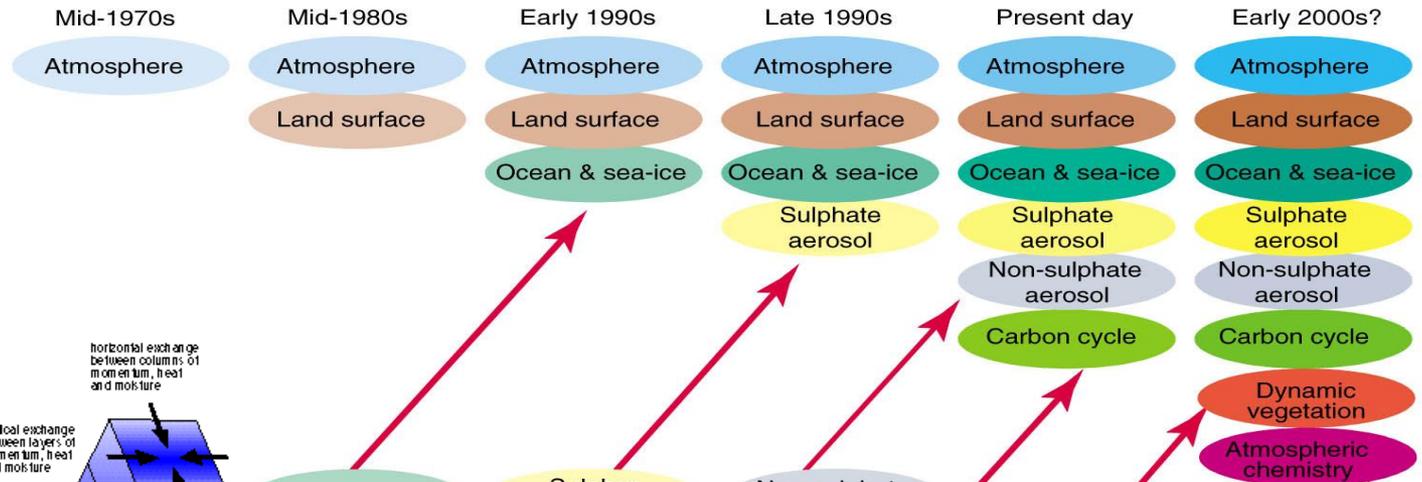
Breve iniciación al cambio climático a nivel regional

- Es probable que aumenten las temperaturas en la mayoría de las tierras:
 - a) Otros factores, como el cambio en el uso de la tierra, también pueden ser importantes
 - b) Temperaturas más cálidas significan aumento de las olas de calor y la evaporación
- Subida global del nivel del mar: de 0,18 a 0,59 m en 2100 sobre la base de los descubrimientos del IPCC 2007:
 - a) Modificado por la subsidencia/elevación a nivel local
- Las precipitaciones cambiarán (aumentan) a nivel mundial:
 - a) Cambios inciertos a nivel local: incertidumbre crítica
 - b) Aumento de la intensidad de las tormentas en algunas regiones.

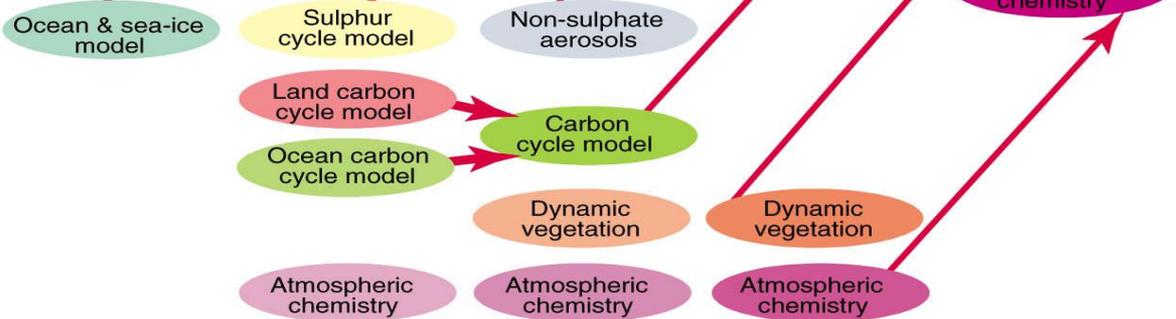
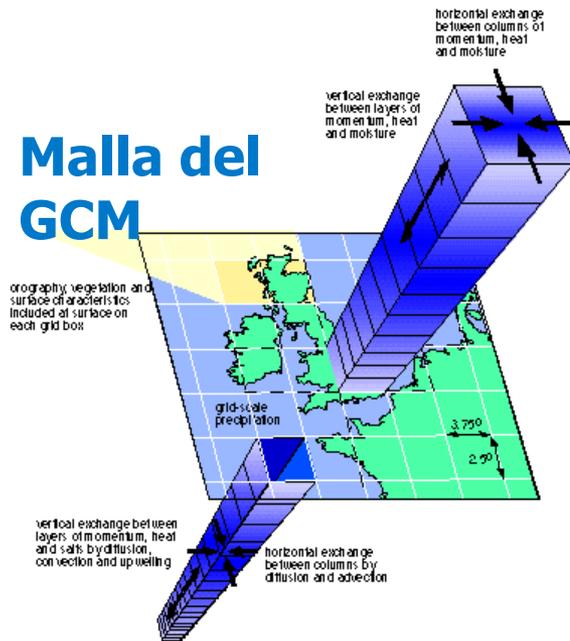


Evolución de los modelos climáticos

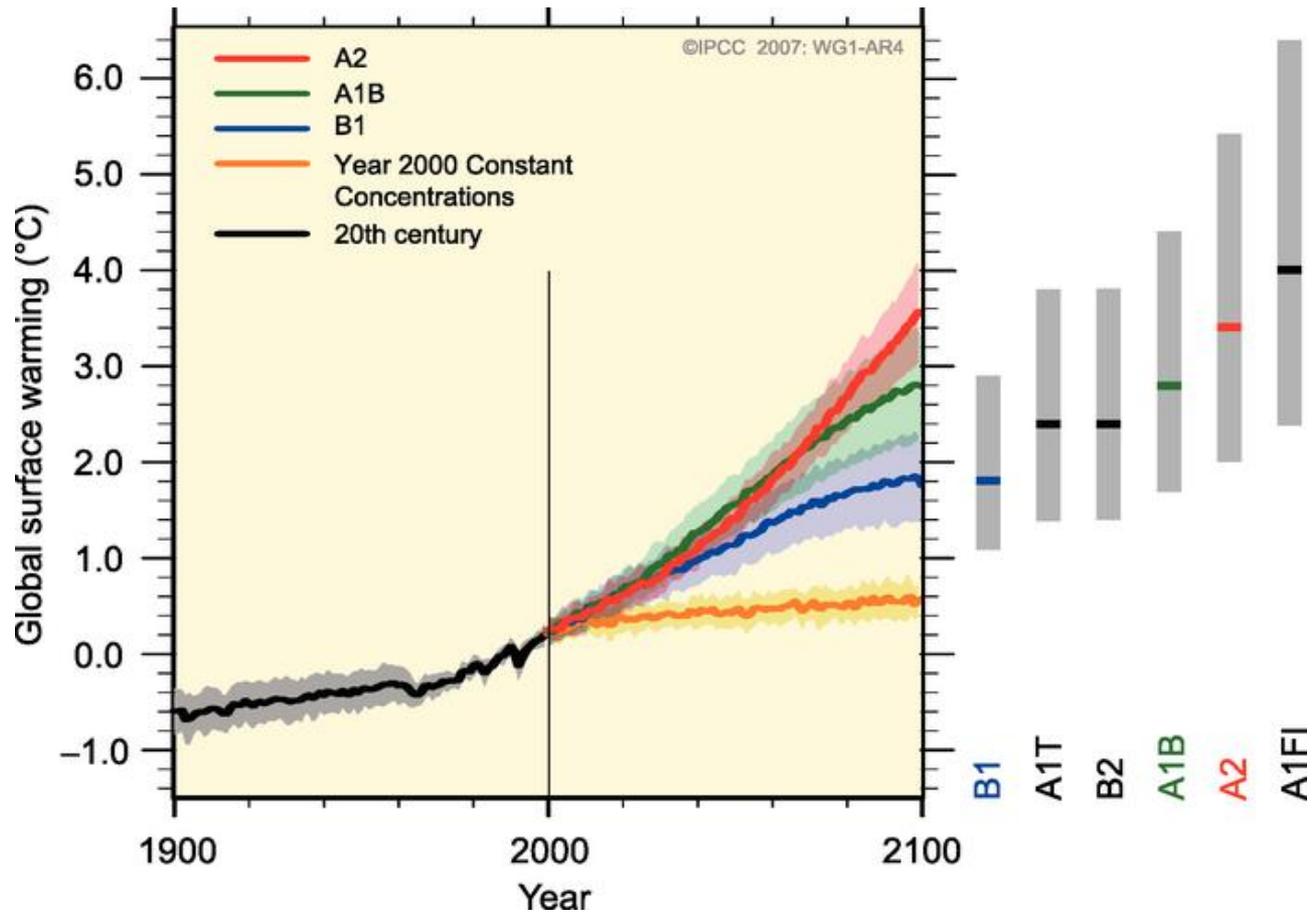
The Development of Climate models, Past, Present and Future



Malla del GCM



Predicción de calentamiento de la superficie mundial

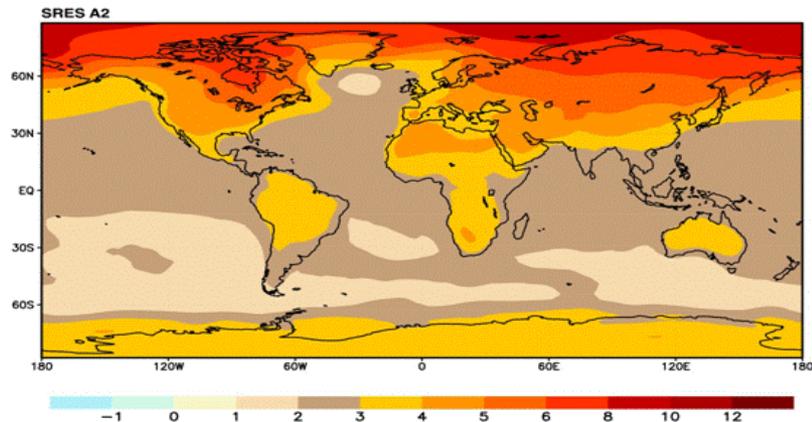


Promedios mundiales de modelos múltiples de calentamiento de la superficie relativos a 1980-1999

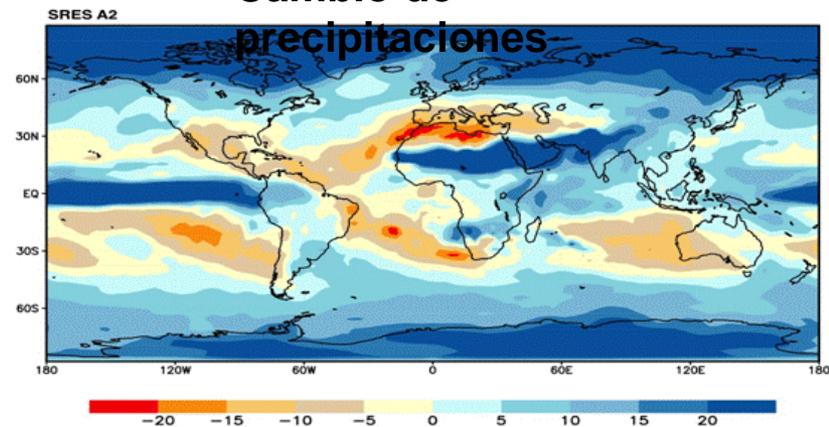
(Fuente: IPCC, 2007 GT I)



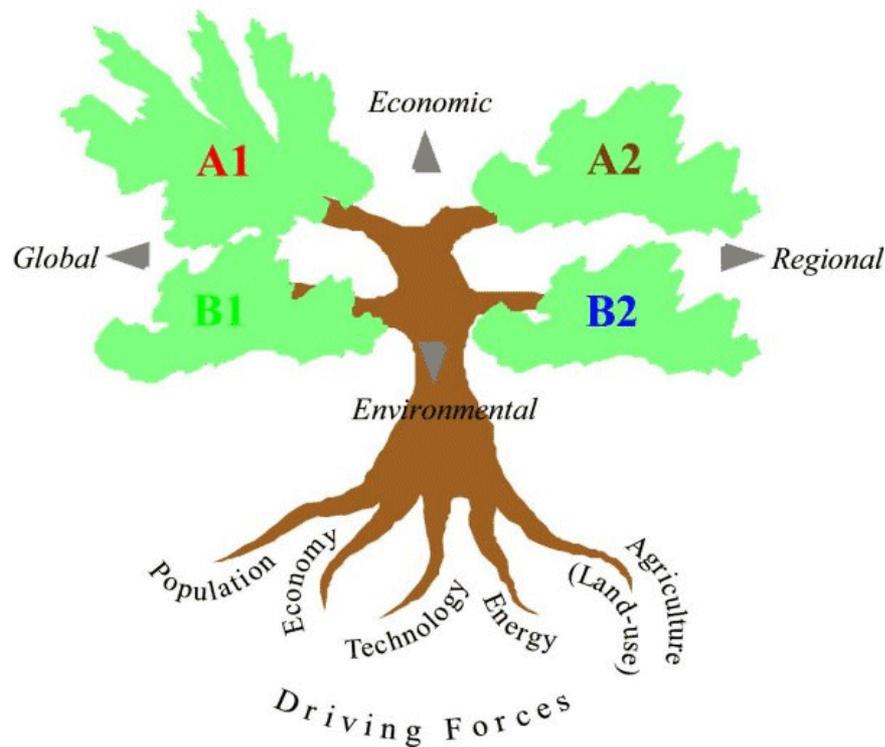
Modelo climático Had CM2 2050 Cambio de temperatura



Cambio de precipitaciones

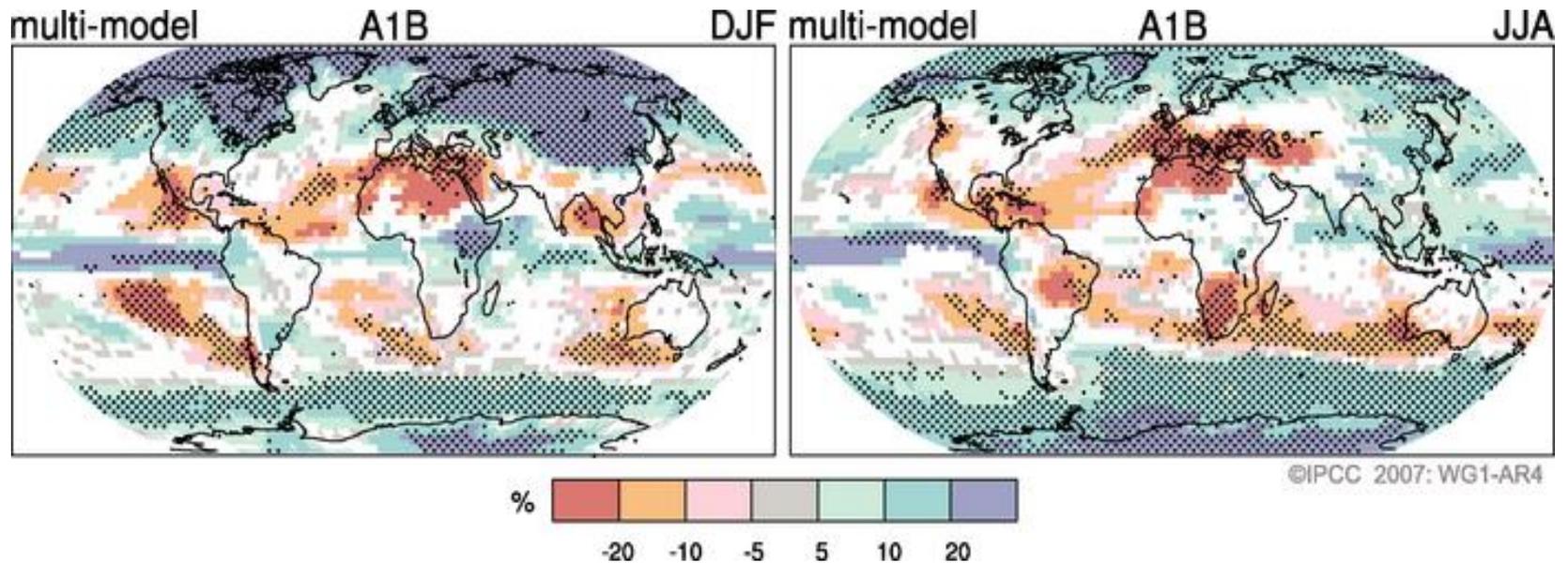


SRES Scenarios



(Fuente: Nakicenovic y Swart, 2000.)

Cambios previstos en los patrones de precipitación



Cambios relativos en las precipitaciones para el período 2090--2099, en relación con 1980-1999 basados en promedios de modelos múltiples para el escenario A1B de SRES

(Fuente: IPCC, 2007 GT I)



¿Qué son los escenarios de cambio climático?

- Los escenarios de cambio climático son herramientas para:
 - a) Ayudar a visualizar cómo pueden cambiar los climas regionales con el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI)
 - b) Entender y evaluar cómo se pueden ver afectados los sistemas sensibles por el cambio climático inducido por el hombre, con la esperanza de servir de información relevante para la política sobre los cambios previstos y de orientación para la adopción de las medidas oportunas de mitigación y adaptación
- Es esencial tener en cuenta que los escenarios de cambio climático no son una predicción ni pronóstico del cambio climático futuro.
- El uso de escenarios regionales de cambio climático en una evaluación de V&A significa:
 - a) Que deben proporcionar información sobre las variables climáticas requeridas para la V&A en una escala temporal y espacial, necesaria para el análisis, lo cual requiere datos espaciales diarios o de partes del día



¿Qué escenarios son razonables?

- Los escenarios deberían ser:
 - a) Coherentes con nuestros conocimientos de los efectos antropogénicos sobre el clima
 - b) Internamente coherentes:
 - p.ej. Nubes, temperatura, precipitación
- Los escenarios son una herramienta de comunicación de lo que se sabe y lo que no se sabe sobre el cambio climático:
 - a) Deberían reflejar un intervalo plausible de variables clave



Enfoque de desarrollo de escenarios de cambio climático

1. Evaluar y determinar las necesidades de desarrollo de escenarios de cambio climático
2. Especificar el clima de partida
3. Desarrollar escenarios de cambio climático:
 - Escenarios arbitrarios, escenarios análogos, GCM, modelos climáticos regionales (RCM), técnicas de reducción a escala, etc.
 - Existen una serie de guías de apoyo al proceso de desarrollo de escenarios, disponibles a través del PNUD/FMAM:

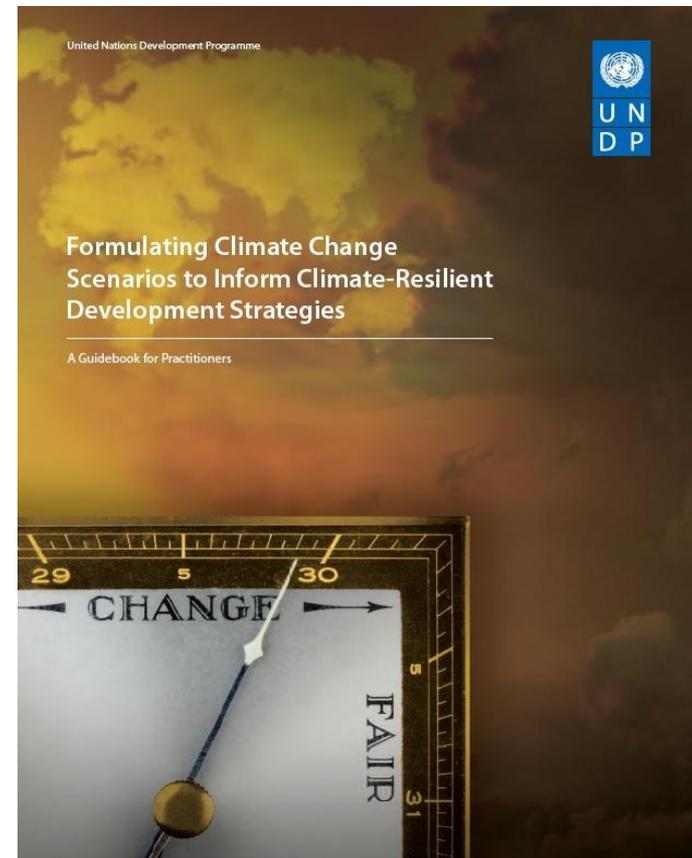
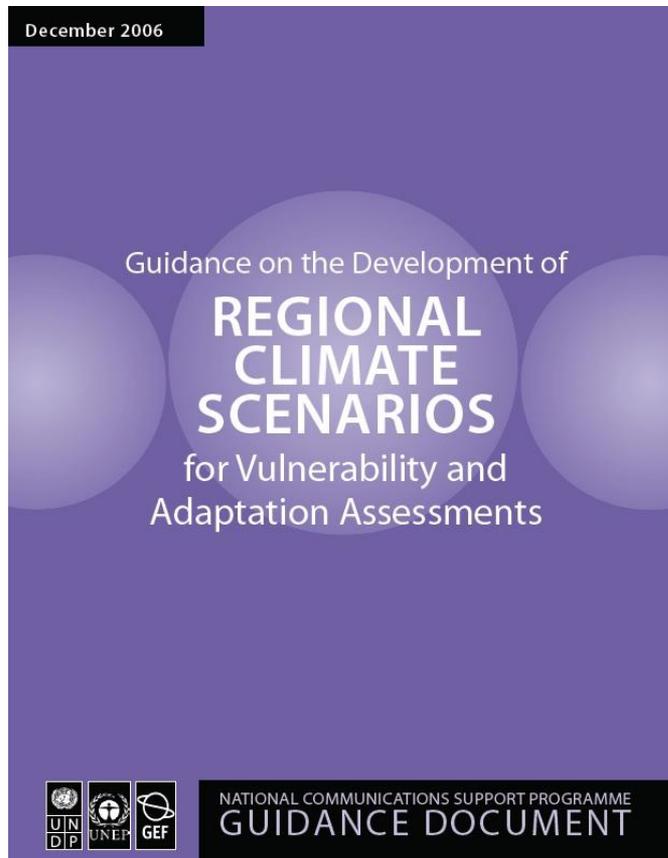
Lu (2007) http://www.undp.org/environment/docs/lecrds/applying_climate_information.pdf

Puma & Gold (2011)

<http://content.undp.org/go/cms-service/download/publication/?version=live&id=3259633>



Enfoque de desarrollo de escenarios de cambio climático



Una serie de guías para ayudar en el proceso de desarrollo de escenarios disponibles a través del PNUD/FMAM



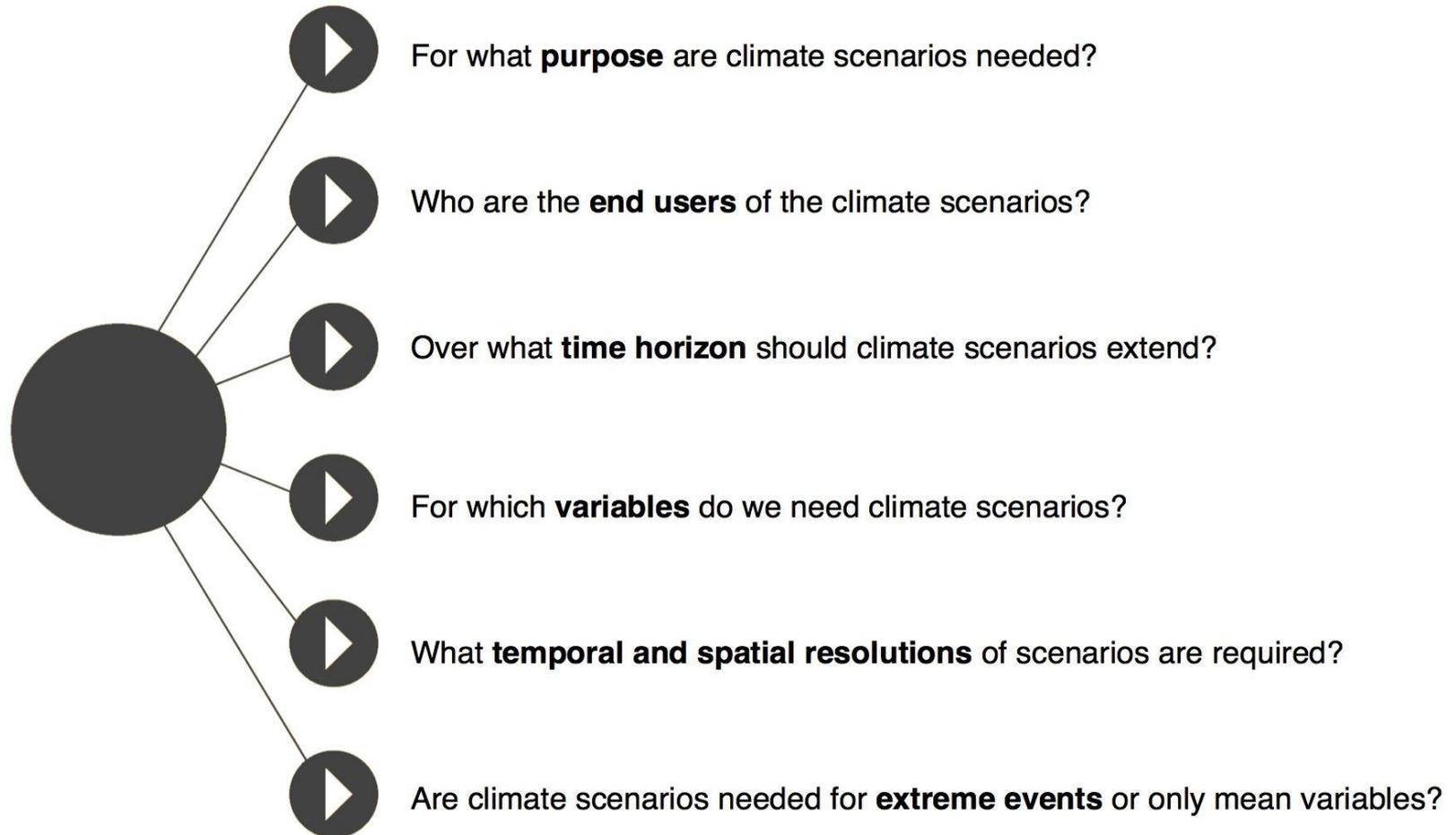
Evaluación y determinación de necesidades de desarrollo de escenarios climáticos

- *La elección del método apropiado para el desarrollo de escenarios climáticos solo se puede realizar tras una evaluación meticulosa de los enfoques disponibles en contraste con las necesidades (aplicación) y limitaciones (financieras, computacionales, de mano de obra, científicas, etc.) a las que se enfrentan los gestores del proyecto y sus equipos*
- *antes de embarcarse en una "expedición" para encontrar datos, modelos y herramientas, es muy recomendable dedicar tiempo a definir claramente el alcance de la información del escenario climático necesaria en el marco de la comunicación nacional.*

Lu, 2006



Evaluación y determinación de necesidades de desarrollo de escenarios climáticos



(Fuente: Puma y Gold, 2011 adaptado de Lu, 2006)



Identificación de necesidades del usuario que utiliza el Marco del PNUD)

- El Marco proporciona lo siguiente:
 - a) Ayuda a los responsables de la toma de decisiones a identificar sus limitaciones (financieras, computacionales, de mano de obra, científicas, etc.) y a comprender sus interrelaciones, con el fin de enfocar mejor el desarrollo de escenarios climáticos, en particular con respecto a la asignación de recursos.
 - b) Aconseja a los gestores de proyecto que trabajen junto con un equipo de científicos y técnicos expertos para manejar las incertidumbres, seleccionar métodos adecuados de escenario y construir un abanico de escenarios posibles
 - c) Una plataforma que fomenta el diálogo claro y frecuente entre los miembros del equipo:
 - a) Los expertos científicos responsables del desarrollo del escenario no son totalmente conscientes de las necesidades de los gestores y de los aspectos no científicos de los proyectos.



Especificación del clima de partida

- El clima de partida es importante para identificar las características esenciales del actual régimen climático.
- Los datos del clima de partida ayudan a identificar las características esenciales del actual régimen climático (como la estacionalidad, las tendencias y la variabilidad, los fenómenos climáticos extremos y del tiempo local)
- Hay varias preguntas que se deben responder para definir el clima de partida:
 - a) ¿Qué datos se necesitan sobre escenarios climáticos?
Variabilidad a escala
 - b) ¿Qué período de partida se debe seleccionar? OMM, 30 años
 - c) ¿Qué fuentes de datos están disponibles?



Identificación de las fuentes de datos esenciales

- El clima de partida es importante para identificar las características esenciales del actual régimen climático
- Entre las fuentes esenciales de datos disponibles para definir el clima de partida se incluyen:
 - a) Archivos de las agencias meteorológicas nacionales
 - b) Generadores climáticos
 - c) Resultados de los modelos climáticos
 - d) Datos de reanálisis
 - e) Resultados de las simulaciones de control de los GCM.



Algunas fuentes de datos climáticos

- Centro de Distribución de Datos del IPCC <http://www.ipcc-data.org/>
- Instituto Internacional de Investigación sobre Predicción Meteorológica (IRI)
<http://iridl.ldeo.columbia.edu/docfind/databrief/cat-atmos.html>
- Centro Tyndall para la Investigación sobre Cambio Climático
<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/tmc.htm>
- Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA)
<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html>
- Programa para el Diagnóstico e Intercomparación de Modelos Climáticos <http://www-pcmdi.llnl.gov>



Centro de Distribución de Datos del IPCC

- El Centro de Distribución de Datos del IPCC es probablemente la mejor página de acceso público a los datos de modelos climáticos
- Datos del clima observado entre 1901 y 1990
 - a) Incorporados en una malla de $0,5 \times 0,5^\circ$
 - b) Promedios de 10 y 30 años

(Fuente: <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>
<http://sedac.ciesin.columbia.edu/ddc/>)



- Datos de GCM de:
 - a) CCC (Canadá)
 - b) CSIRO (Australia)
 - c) ECHAM5 (Alemania)
 - d) GFDL-R30 (EE.UU.)
 - e) HadCM3 (Reino Unido)
 - f) NIES (Japón)
 - g) IPSL (Francia)
- Se pueden obtener resultados reales (no a escala) de GCM



- Contiene datos del promedio mensual de los GCM sobre:
 - a) Temperatura media (°C)
 - b) Temperatura máxima (°C)
 - c) Temperatura mínima (°C)
 - d) Precipitaciones (mm/día)
 - e) Presión de vapor (hPa)
 - f) Nubosidad (%)
 - g) Velocidad del viento (m/s)
 - h) Humedad del suelo.



Registro observacional

- Oficinas meteorológicas nacionales
- CMORPH (precip., satélite)
- Unidad de Investigación sobre el Clima (CRU) de la Universidad de East Anglia
- Reanálisis (ERA INT, NCEP)
- GPCC (datos calibrados)
- ISCCP (nubosidad, satélite)
- TRMM (precip., satélite)
- GPCP (precip., satélite y calibrados)



Desarrollo de escenarios de cambio climático

- Los escenarios de cambio climático deben estar en la escala necesaria para el análisis:
 - a) Espacial:
 - p. ej. hasta el nivel de cuencas o granjas
 - b) Temporal:
 - Mensual
 - Diario
 - En partes del día.



Opciones de desarrollo de escenarios de cambio climático

- Climas pasados: análogos
- Análogos espaciales
- Cambios arbitrarios; de incremento
- Modelos climáticos.



Climas pasados

- Opciones:
 - a) Registro instrumental
 - b) Reconstrucciones paleoclimáticas.
 - Registro instrumental:
 - a) Pros:
 - Puede proporcionar datos diarios
 - Incluye fenómenos extremos pasados
 - b) Contras:
 - En el clima pasado el abanico de cambio es limitado
 - Pueden ser datos limitados.
-

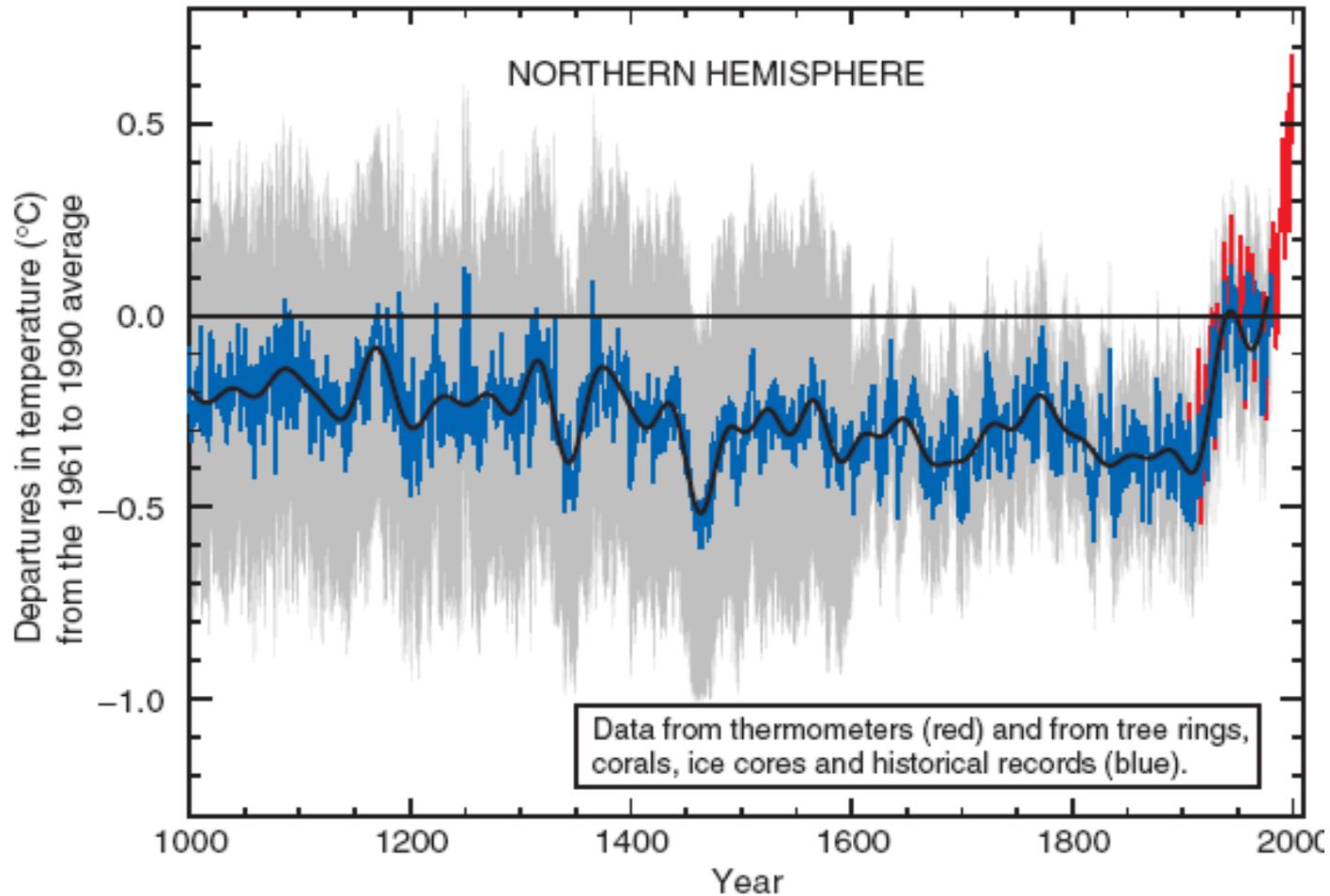


Climas pasados (continuación)

- Reconstrucciones paleoclimáticas:
 - a) A partir de los anillos de los árboles, perforaciones, testigos de hielo, etc.
 - b) Pueden proporcionar el clima anual, a veces estacional
 - c) Pueden remontarse cientos de años
- Pro:
 - a) Selección más amplia de climas
- Contras:
 - a) Datos incompletos
 - b) Incertidumbres sobre los datos.



Climas pasados: Reconstrucción de las temperaturas del hemisferio N.



(Fuente: Mann et al., 1998)



Análogos espaciales

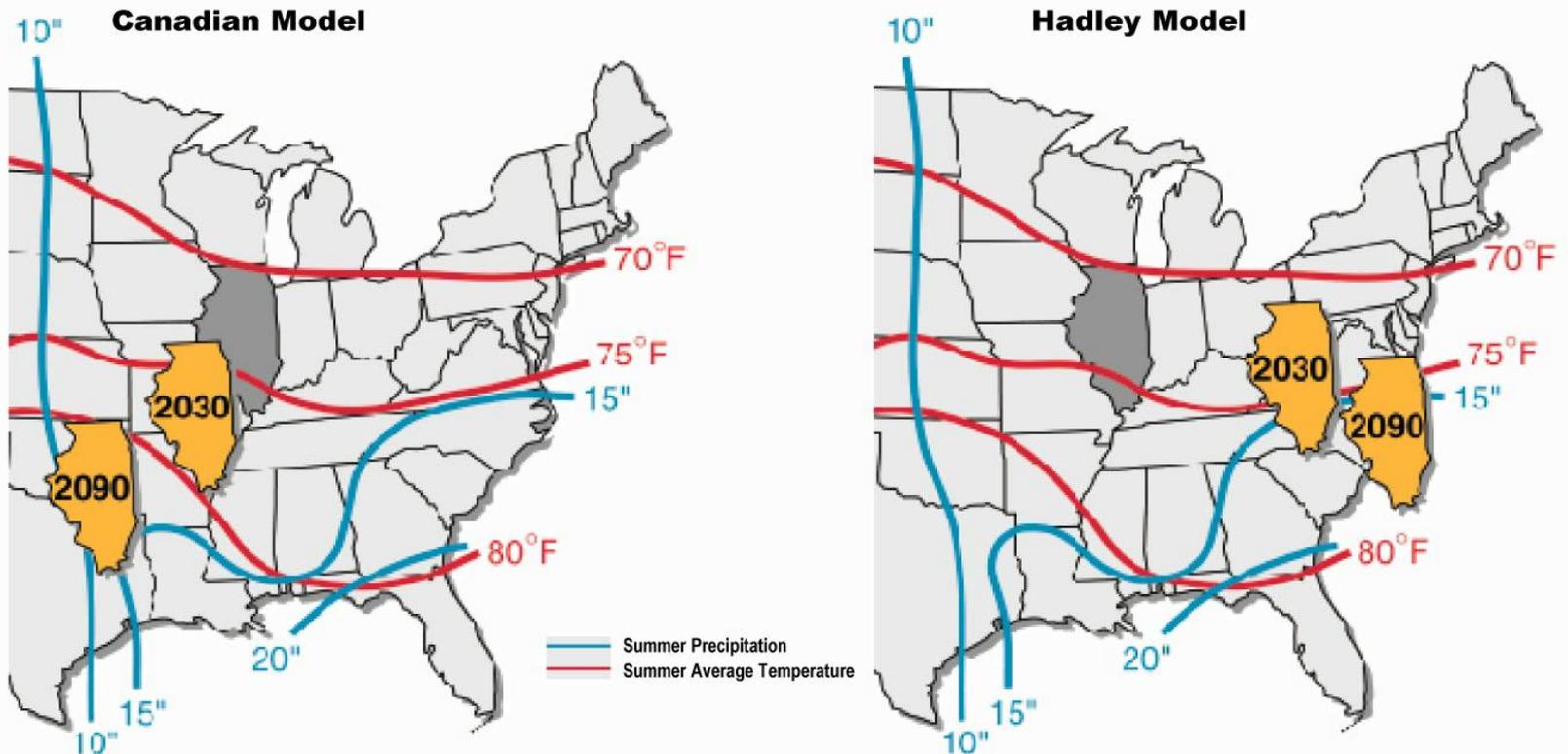


Illustration of how the summer climate of Illinois would shift under the Canadian and Hadley model scenarios. Under the Canadian scenario, the summer climate of Illinois would become more like the current climate of southern Missouri in 2030 and more like Oklahoma's current climate in 2090. The primary difference in the resulting climates of the two models relates to the amount of summer rainfall.

Fuente: NAST, 2000.



- Pro:
 - a) Herramienta de comunicación: quizá más fácil de entender
- Contra:
 - a) Para elegir la región espacial análoga se debe usar el resultado de un modelo
 - b) No capta los cambios en la variabilidad.



Escenarios arbitrarios/ de incremento

- Supone cambios uniformes anuales o estacionales en una región, por ejemplo:
 - a) $+2^{\circ}$ C o $+4^{\circ}$ C de temperatura
 - b) $\pm 10\%$ o 20% de cambio en las precipitaciones
- También puede formular hipótesis sobre los cambios en la variabilidad y los extremos.



- Pros:
 - a) Fáciles de usar
 - b) Pueden simular una amplia serie de condiciones
- Contras:
 - a) Supone un cambio uniforme durante el año o en toda la región y puede que no capte detalles espaciales o estacionales importantes
 - b) Las combinaciones de cambios en el clima para diferentes variables pueden ser físicamente inverosímiles.



Modelos climáticos

- Los modelos son representaciones matemáticas del sistema climático.
- Un modelo que incorpora los principios de la **física, la química y la biología en un modelo matemático de clima**, p. ej. GCM o RCM (modelo de área limitada).
- Un modelo así tiene que responder qué ocurre con la temperatura, las precipitaciones, la humedad, la velocidad y la dirección del viento, las nubes, el hielo y otras variables en todo el mundo a lo largo del tiempo
- Se pueden ejecutar con diferentes forzamientos, como concentraciones más altas de GEI.
- Los modelos son la única manera de captar las complejidades del aumento de las concentraciones de GEI.



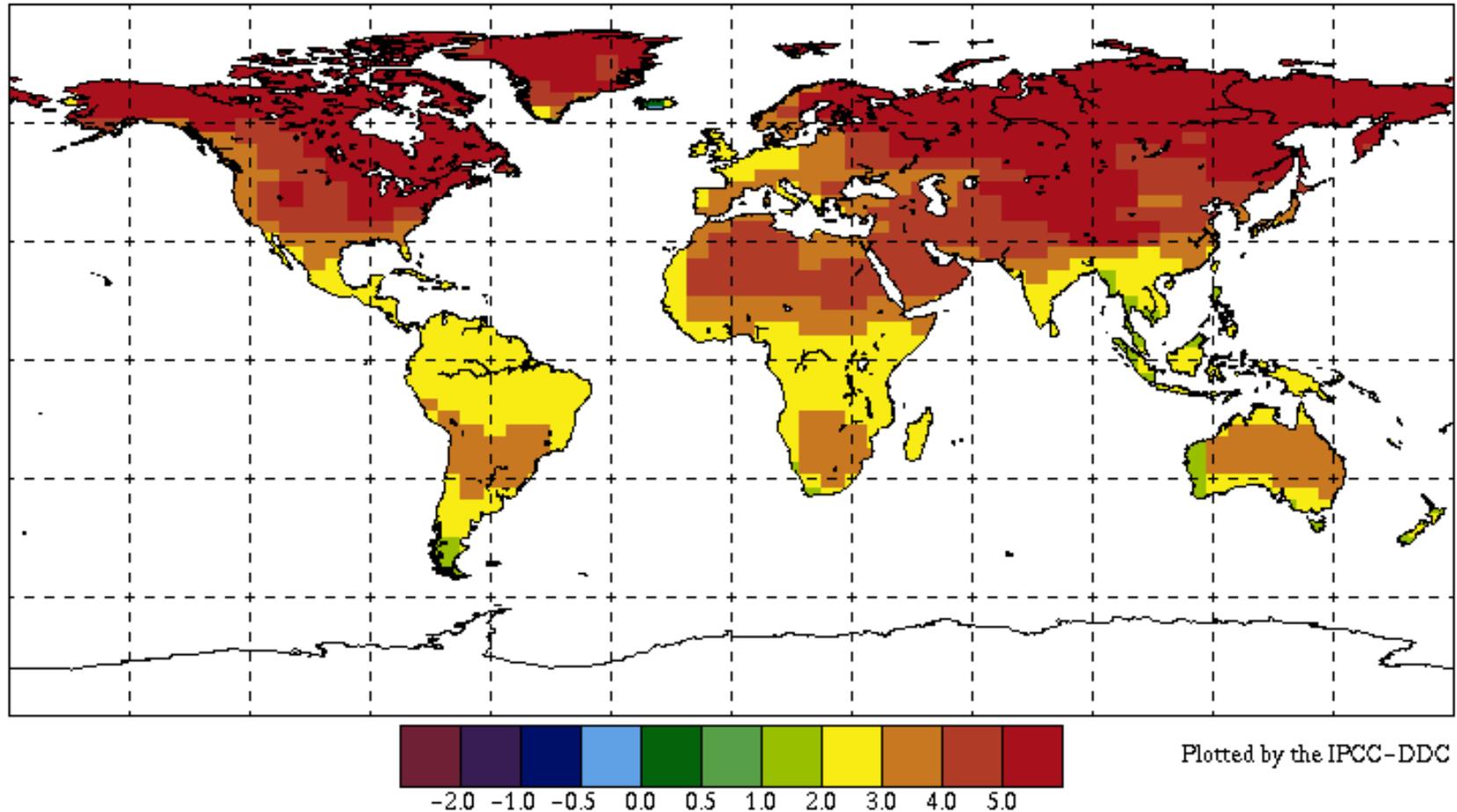
Modelos de circulación general

- Pros
 - a) Pueden representar todas las variables de la información espacial sobre las condiciones climáticas futuras
 - b) Pueden mantener una coherencia interna
- Contras
 - a) Resolución espacial relativamente baja
 - b) Pueden no representar con precisión los parámetros climáticos



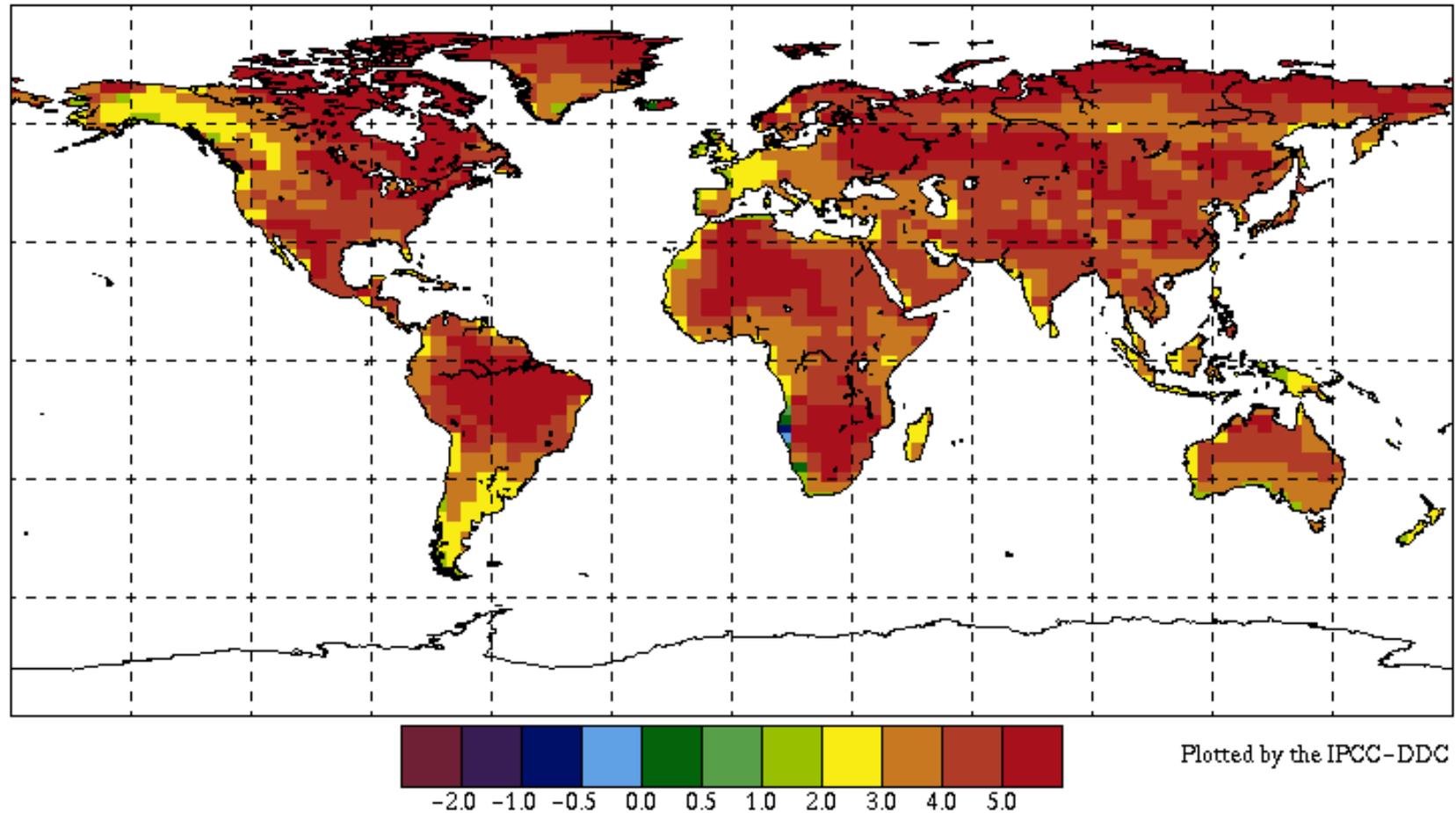
Ejemplo de datos del DDC - Temperatura

CSIRO/A1a January to December Mean Temperature (degrees C) 2080s relative to 1961-90



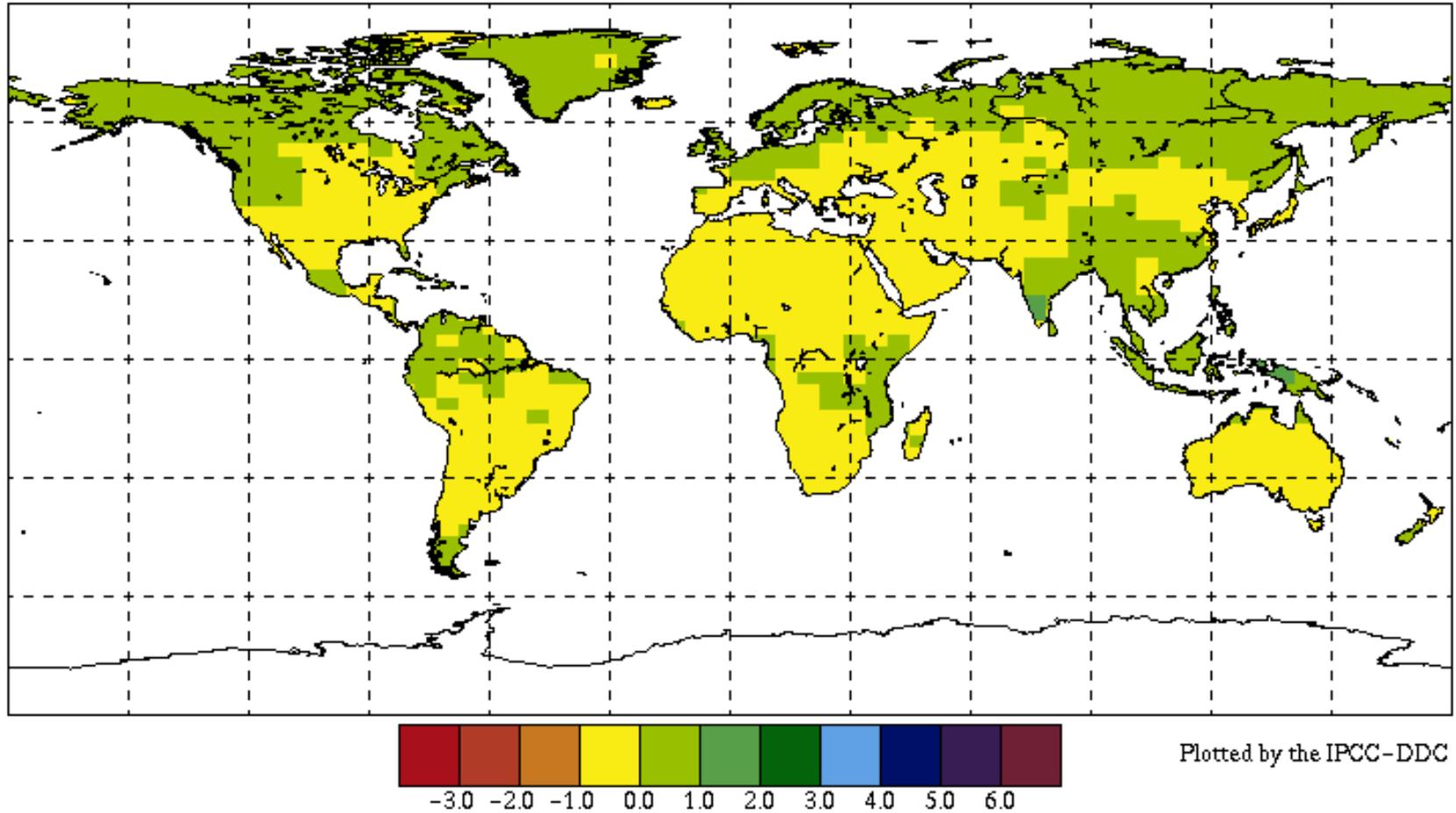
Ejemplo de resultados de GCM

HadCM3/A2b April to April Mean Temperature (degrees C) 2080s relative to 1961-90



Ejemplo de datos - Precipitaciones

CSIRO/A1a January to December Precipitation (mm/day) 2080s relative to 1961-90



Programa para el Diagnóstico e Intercomparación de Modelos Climáticos (PCMDI) Tiene resultados de GCM

Data Availability Summary (as of 30 March 2005)

shaded area indicates that at least some but not necessarily all fields are available for data type indicated



	Picntrl	PDcntrl	20C3M	Commit	SRESA2	SRESA1B	SRESB1	1%to2x	1%to4x	Slab cntl	2xCO2	AMIP
BCC-CM1, China												
BCCR-BCM2.0, Norway												
CCSM3, USA	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
CGCM3.1(T47), Canada	█		█	█				█	█		█	
CNRM-CM3, France	█		█	█	█	█	█	█	█			█
CSIRO-Mk3.0, Australia	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
ECHAM5/MPI-OM, Germany	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
FGOALS-g1.0, China	█		█	█	█	█	█	█	█			
GFDL-CM2.0, USA	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
GFDL-CM2.1, USA	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
GISS-AOM, USA	█		█	█	█	█	█	█	█			
GISS-EH, USA	█		█	█	█	█	█	█	█			
GISS-ER, USA	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
INM-CM3.0, Russia	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
IPSL-CM4, France	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
MIROC3.2(hires), Japan	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
MIROC3.2(medres), Japan	█		█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
MRI-CGCM2.3.2, Japan	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
PCM, USA	█		█	█	█	█	█	█	█			█
UKMO-HadCM3, UK	█	█	█	█	█	█	█	█	█			█
UKMO-HadGEM1, UK	█		█	█	█	█	█	█	█			█

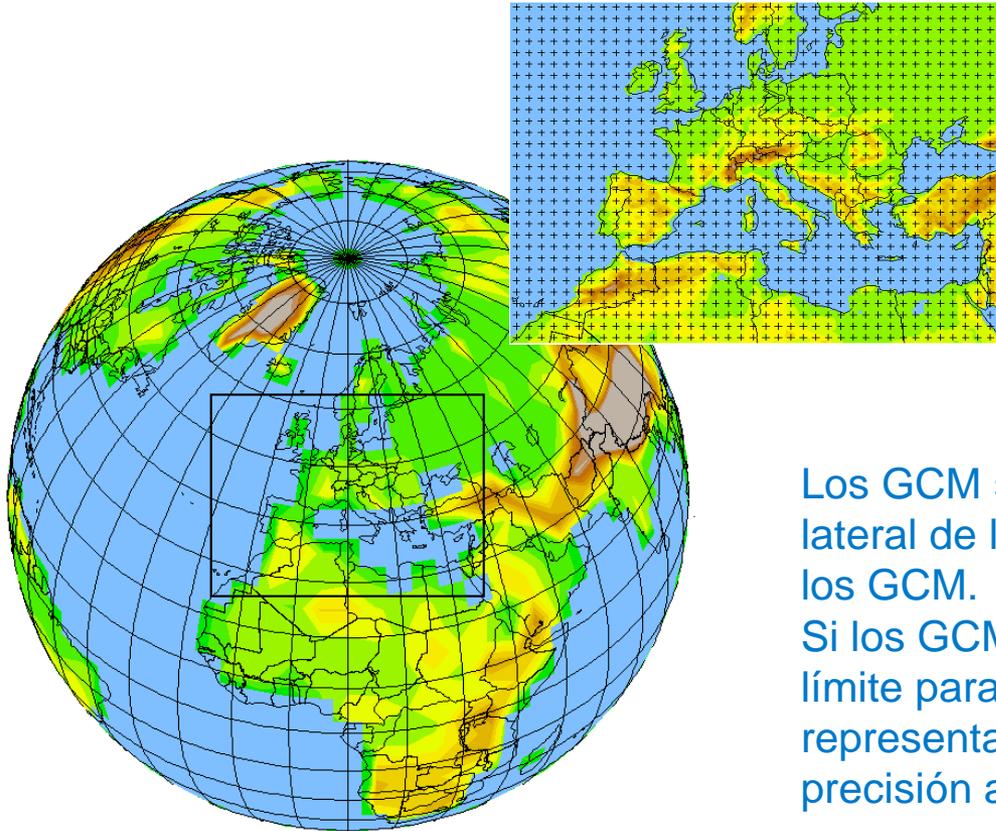


Reducción a escala de los GCM

- La reducción a escala es una manera de obtener un resultado de mayor resolución espacial sobre la base de GCM
- Las opciones incluyen:
 - a) Combinar el resultado mensual de baja resolución del GCM con observaciones de alta resolución
 - b) Usar reducción a escala estadística:
 - Más fácil de aplicar
 - Presupone relaciones fijas a través de las escalas espaciales
 - c) Usar modelos climáticos regionales (RCM):
 - Alta resolución
 - Captan mayor complejidad
 - Aplicaciones limitadas
 - Muy exigentes desde el punto de vista computacional.



Reducción a escala dinámica... De GCM a RCM



Los GCM son condiciones de límite lateral de los RCM o RCM insertados en los GCM.

Si los GCM actúan como condiciones de límite para un RCM, ¿es posible representar el clima regional con la precisión adecuada?

Combinar el resultado mensual de un GCM con observaciones

- Un enfoque que se ha utilizado en muchos estudios.
- Normalmente, se añade el cambio mensual medio (baja resolución) de un GCM al clima "de partida" actual observado (alta resolución):
 - a) Deben utilizarse, en lo posible, promedios de 30 años, p. ej. 1961-1990 o 1971-2000:
 - Asegurarse de que la línea de partida del GCM (es decir, el período desde el que se miden los cambios) es coherente con la elección de la línea de partida observacional.
- Este método puede proporcionar datos diarios a la resolución de las estaciones de observación meteorológica
- Presupone cambios uniformes dentro de un punto de la malla de un GCM y durante un mes:
 - a) Sin variabilidad espacial o diaria/semanal.



Cuántos puntos de la malla del GCM deben utilizarse?

- Lo ideal sería utilizar el punto de la malla que incluye la zona que se quiere examinar; sin embargo:
 - a) Puede haber ruido del modelo a la escala de un punto suelto
 - b) Hay muchos científicos que no creen que los resultados de los puntos sueltos sean fiables.
 - Hewitson (2003) recomienda utilizar 9 puntos de la malla: el punto que se quiere examinar más los 8 puntos que lo rodean.
 - Necesidad de tener en cuenta la superficie total cubierta por todos los puntos. ¿Incluye topografía o climas que no sean similares al de la zona que se está estudiando?
 - No utilizar una localización aislada: es mejor hacer el análisis con grupos de estaciones; conjunto de índices regionales a pequeña escala.
 - Averiguar si el resultado no es un caso excepcional o está influido por el pequeño tamaño o la muestra de datos
 - O es físicamente plausible y significativo, es decir, ¿se pueden elaborar predicciones razonables o aplicaciones en tiempo real?
-



Reducción a escala estadística

- La reducción a escala estadística es un procedimiento matemático que relaciona los cambios en la escala espacial amplia que utilizan los GCM con una escala mucho más fina:
 - a) Por ejemplo, se puede crear una relación estadística entre variables simuladas por los GCM como el aire, la temperatura de la superficie marina, y la precipitación a escala del GCM (predictores) y la temperatura y la precipitación en una ubicación concreta (predictandos).
- Existe una relación estadística directa con los índices de temperatura de la superficie marina (SST) (u otros índices predictores establecidos físicamente)
- La reducción a escala de **resultado de un modelo numérico** es ampliamente utilizada en la reducción a escala del cambio climático desde la hipótesis de "pronóstico perfecto" de los campos diarios del GCM.



Principios de reducción a escala

- La reducción a escala es el proceso de establecer el vínculo entre el estado de alguna variable que representa un espacio grande ("gran escala") y el estado de alguna variable que representa un espacio mucho menor ("pequeña escala") (Benestad, 2002)
- Hay dos enfoques principales en la reducción a escala: dinámico y empírico-estadístico
 - a) La reducción a escala dinámica** hace uso de modelos de un área limitada (RCM) con resolución espacial progresivamente mayor que el modelo climático global (GCM).
 - b) La reducción a escala estadística** es una extracción de información sobre las relaciones estadísticas entre el clima a gran escala y el clima local.



Métodos de reducción a escala

- No utilizar una única ubicación.
- Averiguar si el resultado es un caso excepcional o está influido por el pequeño tamaño o la muestra de datos
- O es físicamente plausible y significativo, es decir, ¿se pueden elaborar predicciones razonables o aplicaciones en tiempo real?
- Es mejor hacer el análisis con:
 - a) Un grupo de estaciones
 - b) Un conjunto de índices regionales a pequeña escala
 - c) O series temporales de una malla a alta resolución.



Reducción a escala estadística (continuación)

- Es muy apropiada para:
 - a) Escalas más reducidas que un punto de malla (islas pequeñas, procesos puntuales, etc.)
 - b) Entornos complejos/heterogéneos
 - c) Fenómenos extremos
 - d) Predictandos exóticos
 - e) Cambios/conjuntos transitorios No es apropiada para regiones con pocos datos
 - f) Cuando las relaciones entre predictores y predictandos pueden cambiar
- La reducción a escala estadística es mucho más fácil de aplicar que los modelos climáticos regionales.
- En los estudios sobre cambio climático, una cuestión importante es qué implicaciones tiene el calentamiento global para el clima local. El clima local se puede ver como el resultado de la combinación de la geografía local (fisiografía) y el clima a gran escala (circulación)

clima local, $y = f(X, I, G)$

donde X = Clima regional;

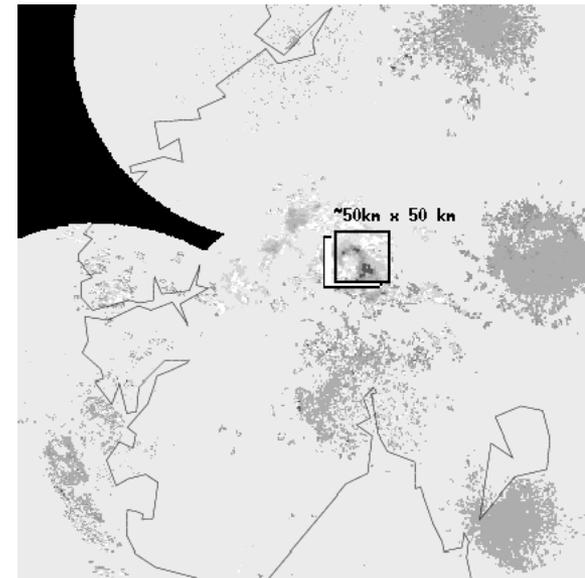
I = geografía local; G = Clima global



Reducción a escala estadística (continuación)

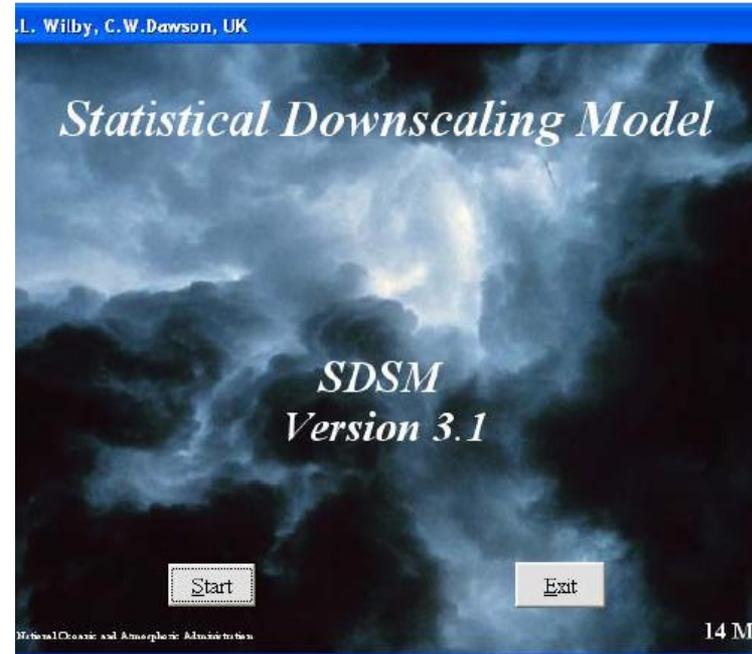
- La reducción a escala estadística presupone que la relación entre los predictores y los predictandos sigue siendo la misma, pero
- Esas relaciones pueden cambiar.
- En esos casos, puede resultar más apropiado utilizar modelos climáticos regionales
- En la reducción a escala empírico-estadística (ESD) se deben cumplir cuatro condiciones necesarias:
 - a) Fuerte relación
 - b) Representación mediante modelo
 - c) Descripción del cambio
 - d) Estacionaridad.

Estructura espacial de la precipitación según la reflexión de radar y tamaño normal de un punto de malla de un RCM, que muestra las variaciones espaciales a menor escala que la resolución espacial del modelo.



Modelo de reducción a escala estadística (SDSM)

- En la actualidad, esto solo es viable sobre la base de los resultados de algunos GCM.



User Manual

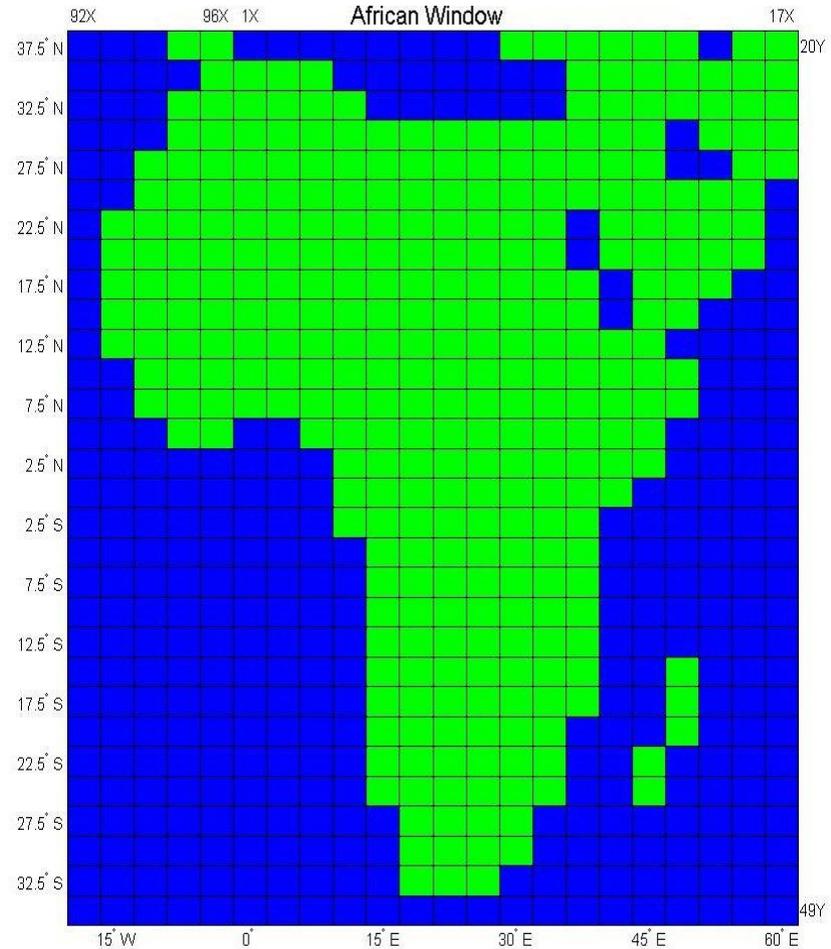
Robert L. Wilby¹ and Christian W. Dawson²

August 2004



Datos globales para usar en la reducción a escala con SDSM

- Sitio web canadiense con datos globales:
 - a) Ir a escenarios, y luego a SDSM
 - b) Obtener el resultado para una malla concreta.



Modelos climáticos regionales (RCM)

- Se trata de modelos de alta resolución que están "anidados" en los GCM:
 - a) La resolución normal de la malla es de 50 km:
 - Algunos tienen más resolución
 - b) Los RCM se ejecutan con la condiciones de límite de los GCM
- Proporcionan resultados de resolución mucho más alta que los GCM
 - a) Por tanto, mucha mayor sensibilidad a los factores de menor escala, como montañas, lagos...
 - b) Buenos para investigar la variabilidad climática de un orden más alto

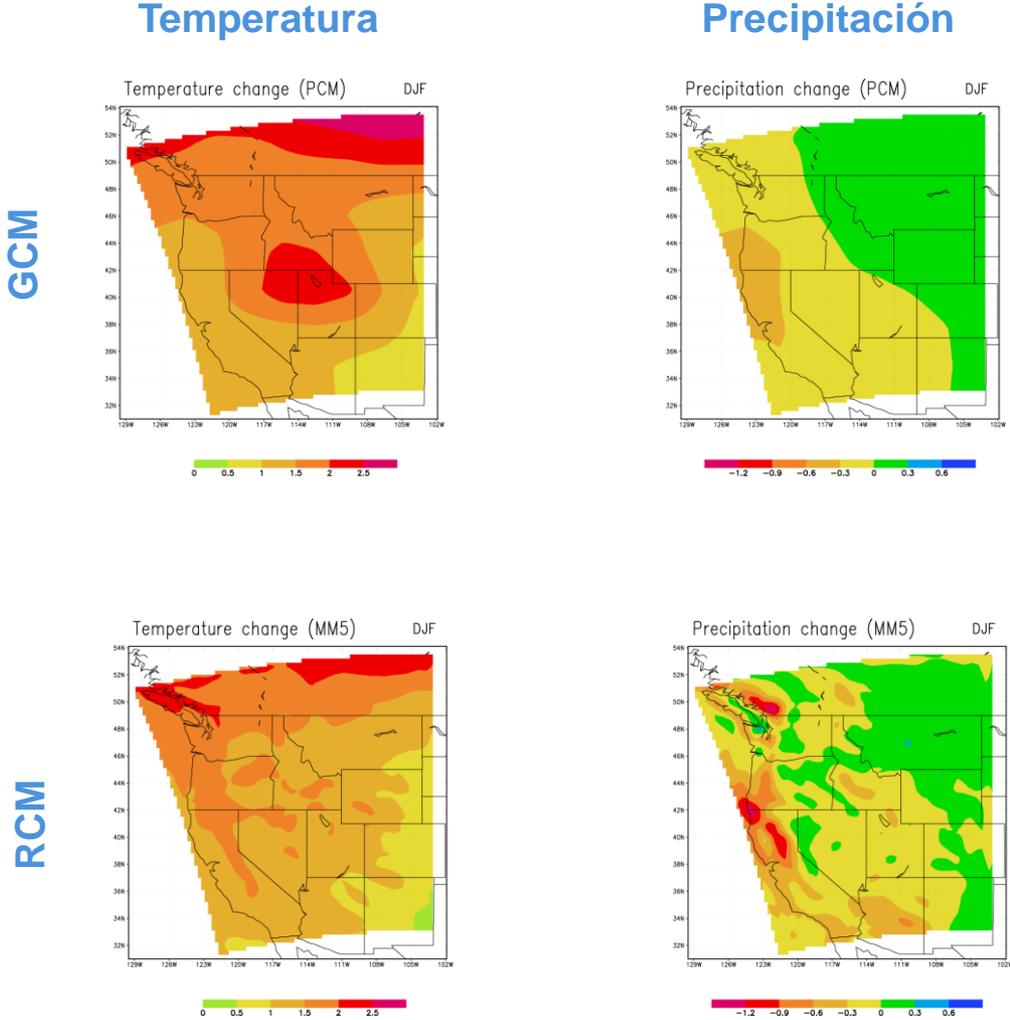


Limitaciones de los RCM

- Pueden corregir algunos, pero no todos los errores de los GCM
- Normalmente se aplican a un GCM o solo a unos pocos GCM
- En muchas aplicaciones, solo se ejecutan para una década simulada, p. ej. la de 2040
- Todavía hace falta parametrizar muchos procesos
- Puede hacer falta mayor reducción a escala para algunas aplicaciones
- Necesita diagnóstico basado en la meteorología y las características climáticas conocidas
- Evaluación del RCM limitada por la disponibilidad de los datos (observaciones).



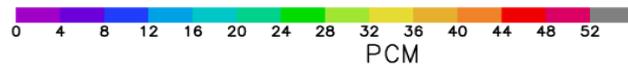
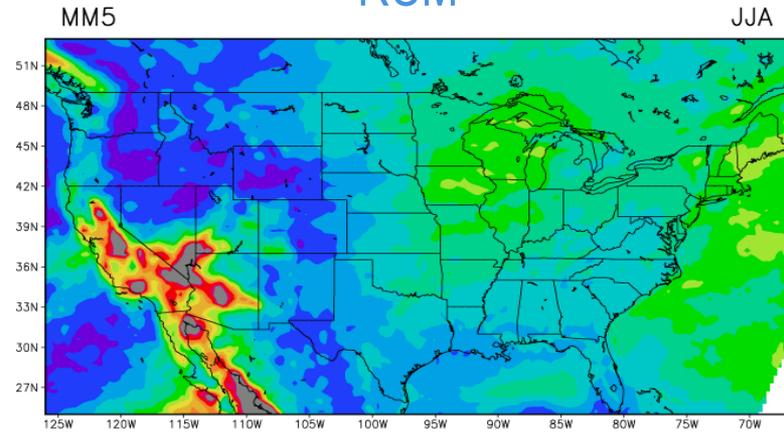
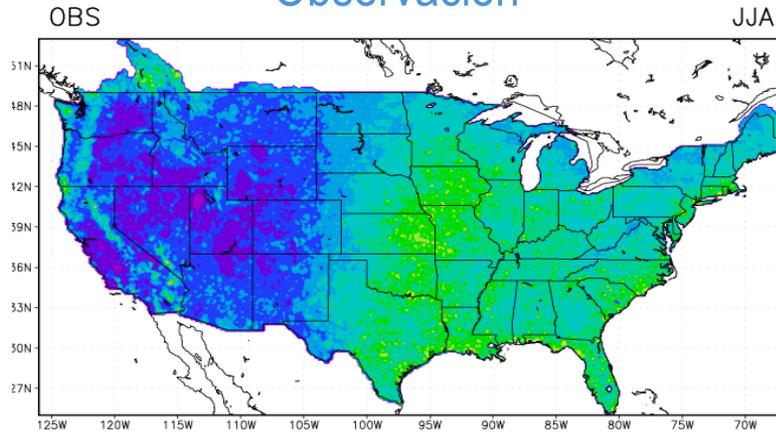
Resolución de GCM frente a RCM



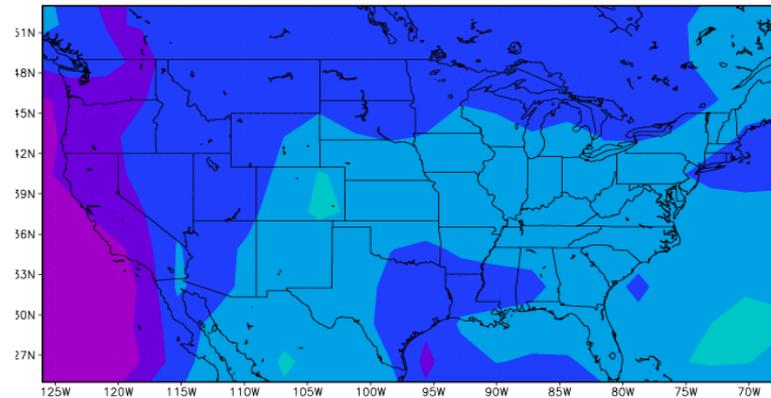
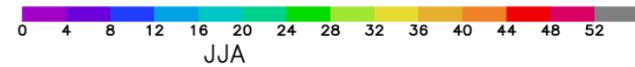
Precipitación extrema (JunJulAgo)

Observación

RCM



GCM



Extremos

- Intensidad de las tormentas sensible a la resolución del modelo
- Una resolución más alta mejora la intensidad de la precipitación
- Una resolución más alta mejora la intensidad de la ubicación.



A estas alturas debe de estar confuso...

- Hay tantas opciones.. ¿qué hacer?
- En primer lugar, recordemos lo básico:
 - a) Los escenarios son fundamentalmente herramientas educativas para ayudar:
 - A ver los intervalos de cambio climático posible
 - A proporcionar herramientas para entender mejor las sensibilidades de los sistemas afectados.
- Por tanto, necesitamos seleccionar escenarios que nos permitan cumplir esos objetivos.



Métodos y herramientas seleccionados

- MAGICC/SCENGEN
- PRECIS
- SDSM (Modelo de reducción a escala estadística)
- ASD (Reducción a escala estadística automatizada)
- ClimateWizard
- Clim.pact (R package)
- <http://www.cru.uea.ac.uk/projects/ensembles/ScenariosPortal/Downscaling2.htm>
- Climate Explorer
- SimCLIM



Herramientas para evaluar los resultados del modelo regional

- Es útil comparar primero los resultados de una serie de GCM que se pueden usar para generar un RCM
- Los resultados normalizados de GCM permiten comparar los cambios regionales relativos
- Pueden analizar el grado en el que coinciden los modelos en cuanto a cambio de dirección y magnitud relativa:
 - a) Una medida de la incertidumbre del GCM.



Herramientas para evaluar los resultados del modelo regional (continuación)

- La coincidencia entre GCM no necesariamente significa que todos sean correctos - pueden estar repitiendo todo los mismos errores.
- Aún así, los GCM son la herramienta primaria para estimar el conjunto de futuras posibilidades.



Normalización de los resultados del GCM

- Expresa el cambio regional en relación con el aumento de 1°C de la temperatura media global (GMT):
 - a) Es una manera de evitar los resultados dominantes de los modelos de alta sensibilidad
 - b) Nos permite comparar el resultado del GCM sobre la base del cambio regional relativo.
- Cambio de temperatura normalizado =
$$\Delta T_{RGCM} / \Delta T_{GMTGCM}$$
- Cambio de precipitación normalizado =
$$\Delta P_{RGCM} / \Delta T_{GMTGCM}$$



Escalado de patrones

- Es una técnica para estimar el cambio en el clima regional utilizando patrones normalizados de cambio y cambios en la GMT.
- Cambio de temperatura de acuerdo con el patrón a escala:
 - a) $\Delta T_{R\Delta GMT} = (\Delta T_{RGCM} / \Delta T_{GMTGCM}) \times \Delta GMT$
- Precipitación de acuerdo con el patrón a escala:
 - a) $\Delta P_{R\Delta GMT} = (\Delta P_{RGCM} / \Delta T_{GMTGCM}) \times \Delta GMT$



Herramientas para estudiar los resultados del GCM

- Informe finlandés: “Future climate . . .”
- MAGICC/SCENGEN

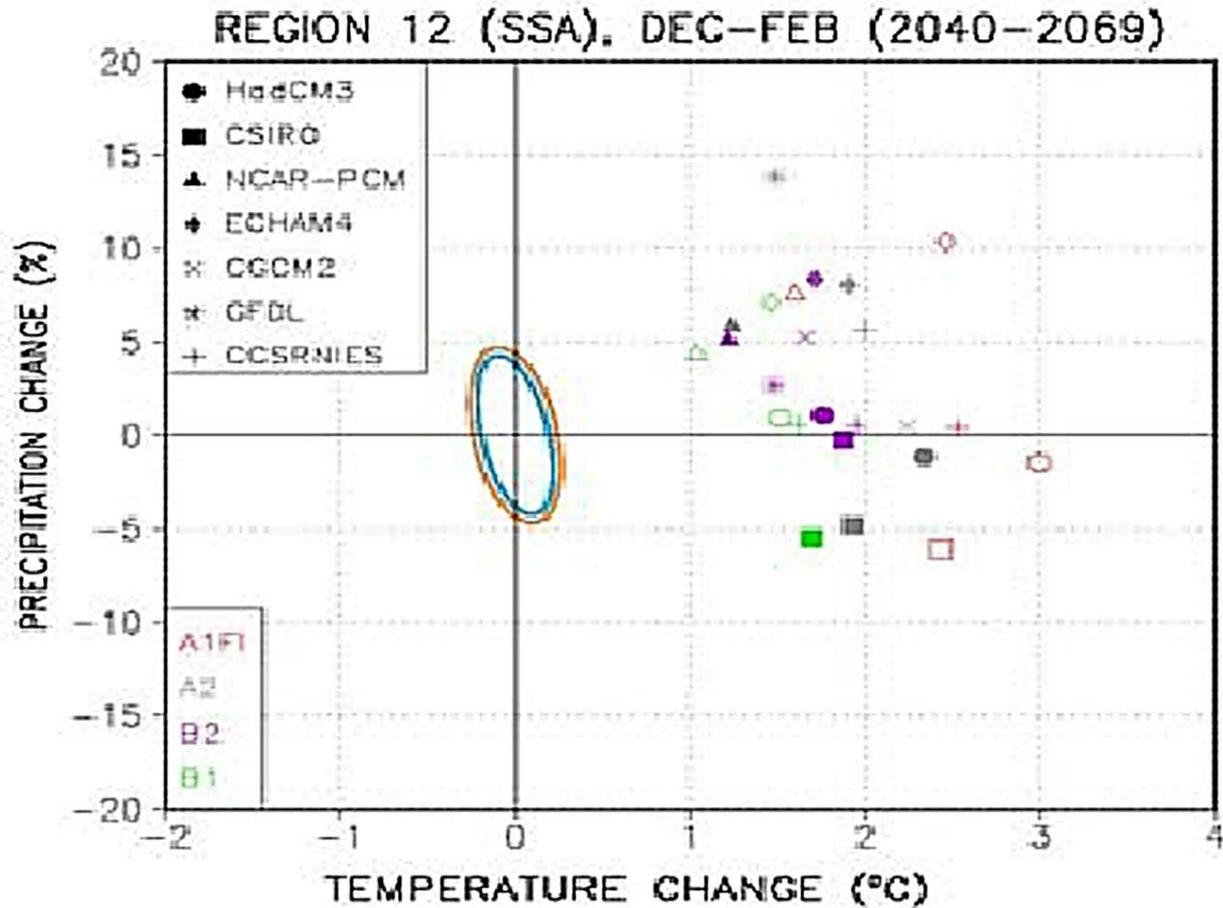


Publicación finlandesa

- Muestra el resultado regional en cuanto a temperatura y precipitación para una serie de modelos:
 - a) En tres períodos de tiempo del siglo XXI
 - b) Utiliza algo de escalado
- Útil para consultar y ver el grado de coincidencia y discrepancia de los modelos
- MAGICC/SCENGEN y COSMIC proporcionan más flexibilidad a los usuarios.



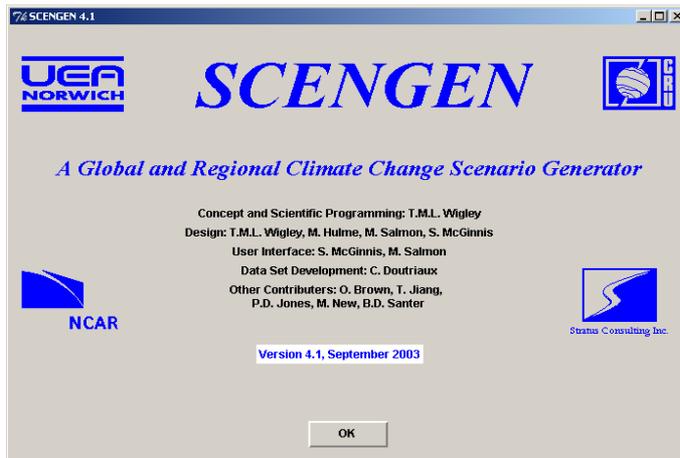
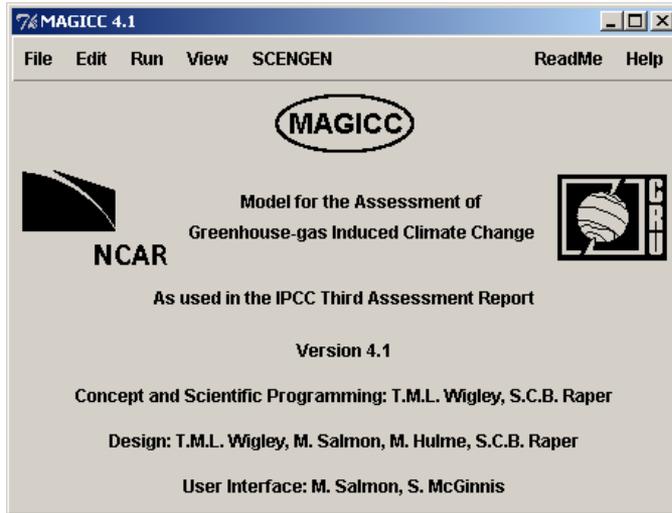
Ejemplo finlandés sobre el medio ambiente



Fuente: Ruosteenoja et al., 2003, pág. 55.



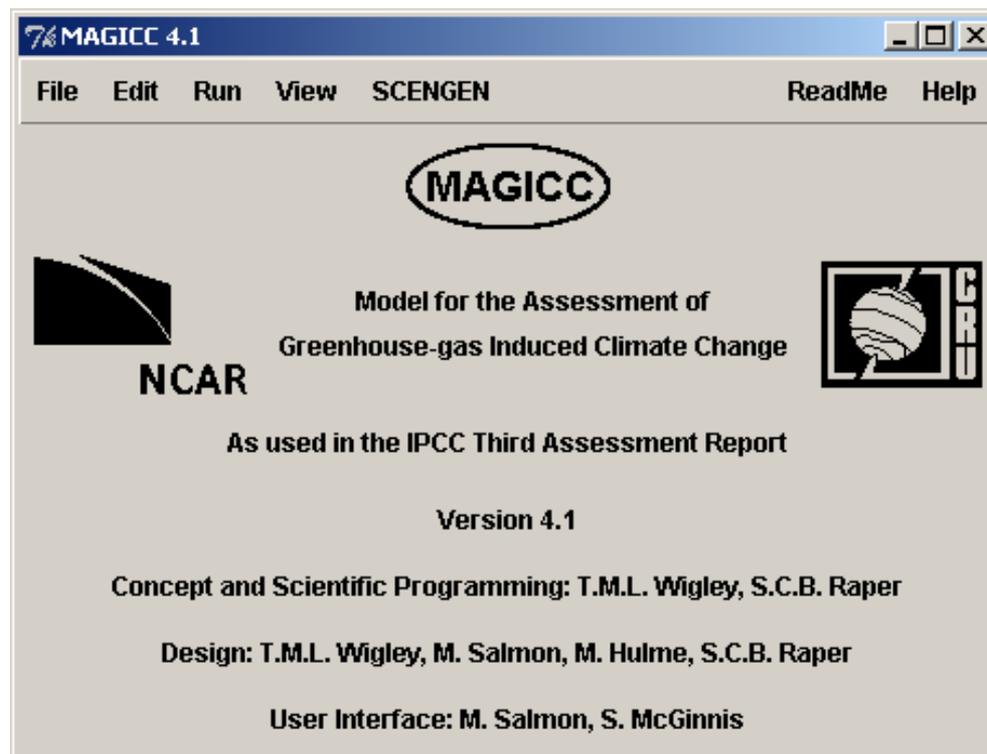
MAGICC/SCENGEN



- MAGICC es un modelo simple de T global y aumento del nivel del mar (SLR)
- Utilizado en el TAR del IPCC
- SCENGEN utiliza escalado de patrones para 17 GCM
- Rendimiento:
 - a) Cambios modelo por modelo
 - b) Cambio medio
 - c) Desviación estándar entre modelos
 - d) Cambio de variabilidad interanual
 - e) [Fuente actual: www.grod.ucar.edu/cas/wigley/magicc/](http://www.grod.ucar.edu/cas/wigley/magicc/) y futuro en una malla de 5 x 5°



Usar MAGICC/SCENGEN



MAGICC: Selección de escenarios

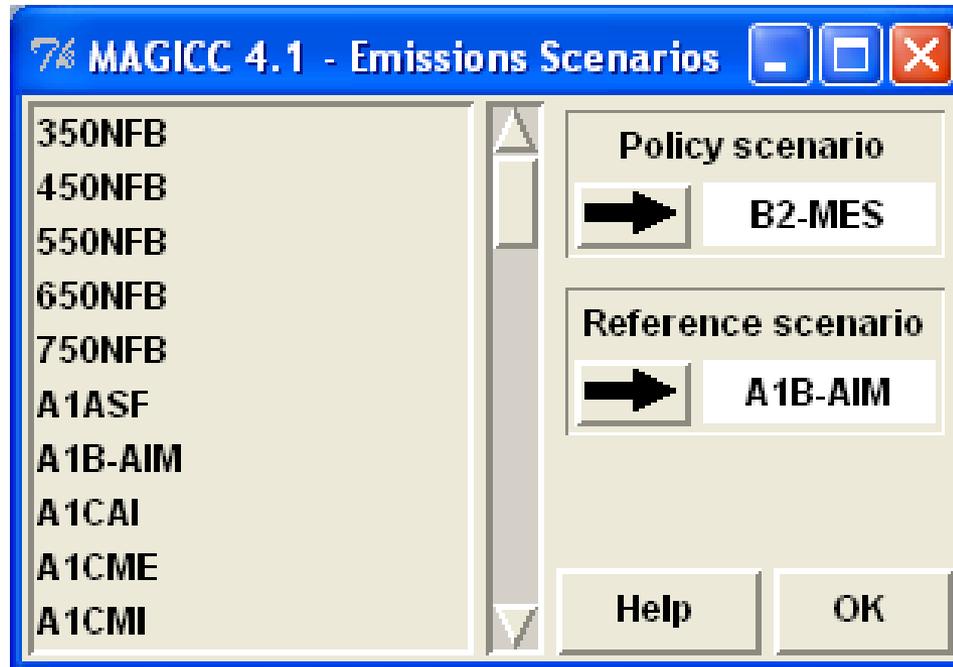
Emissions Scenarios

Model Parameters

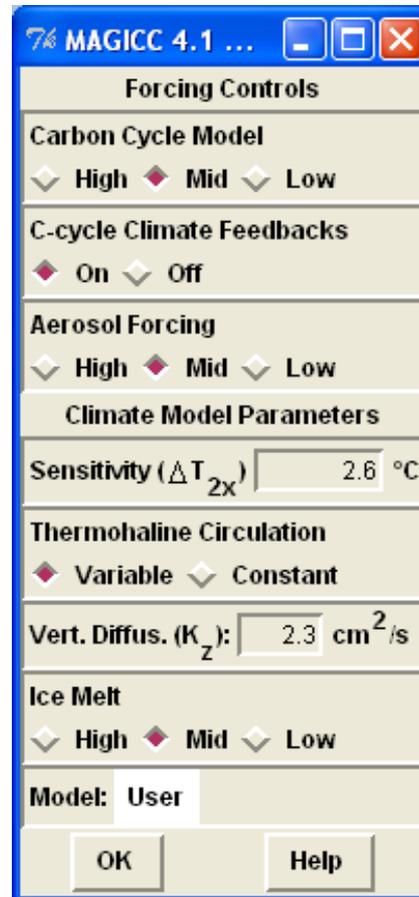
Output Years



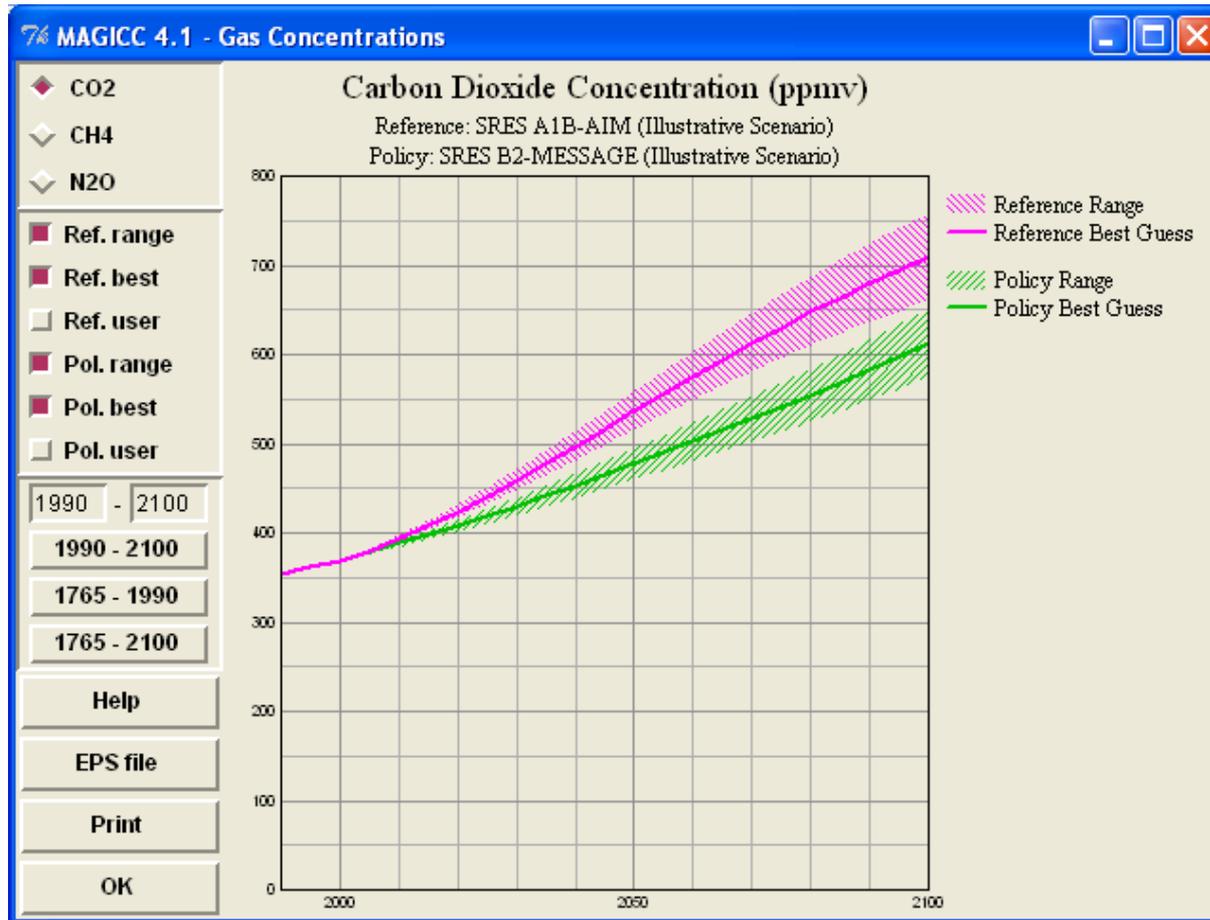
MAGICC: Selección de escenarios (continuación)



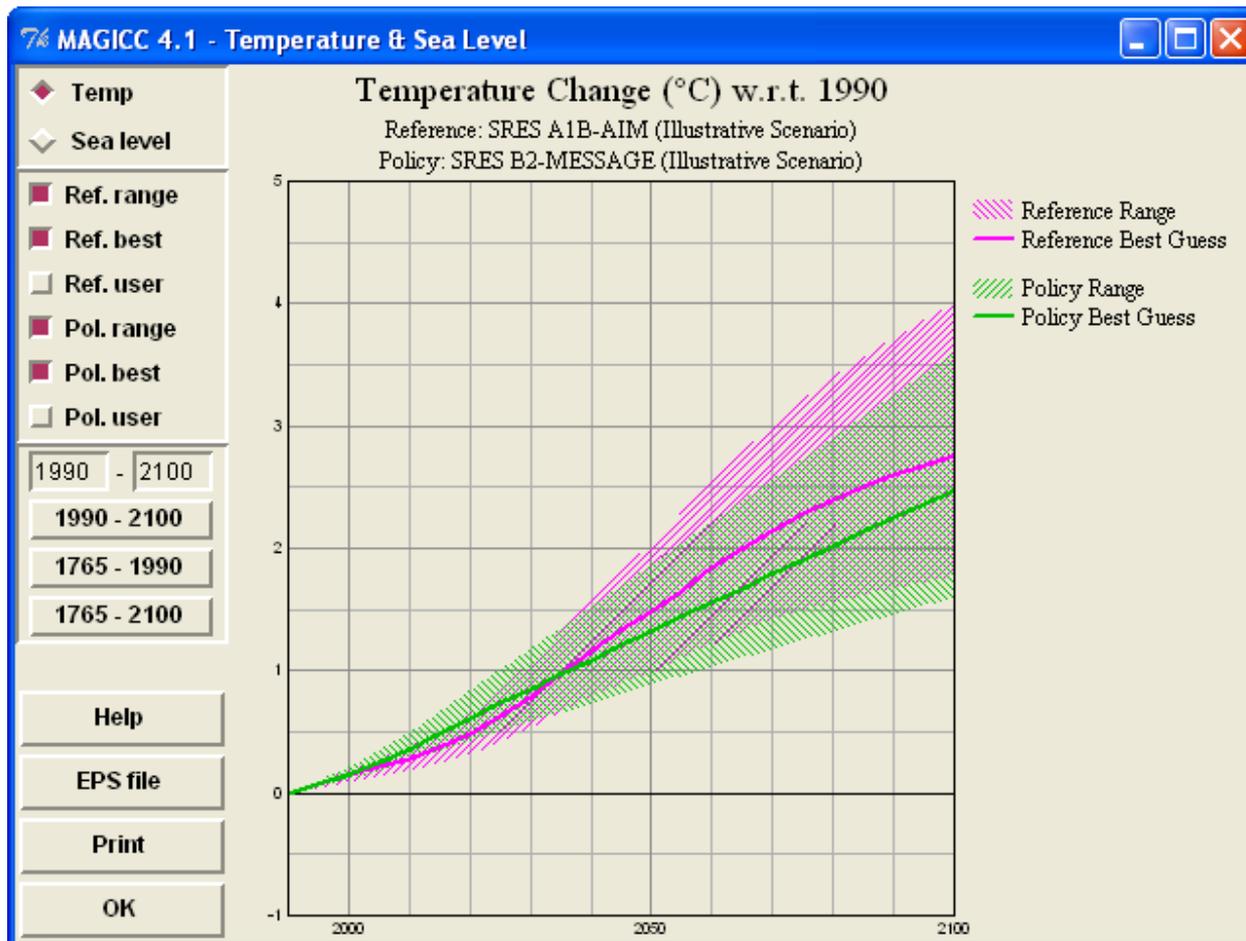
MAGICC: Selección de forzamientos



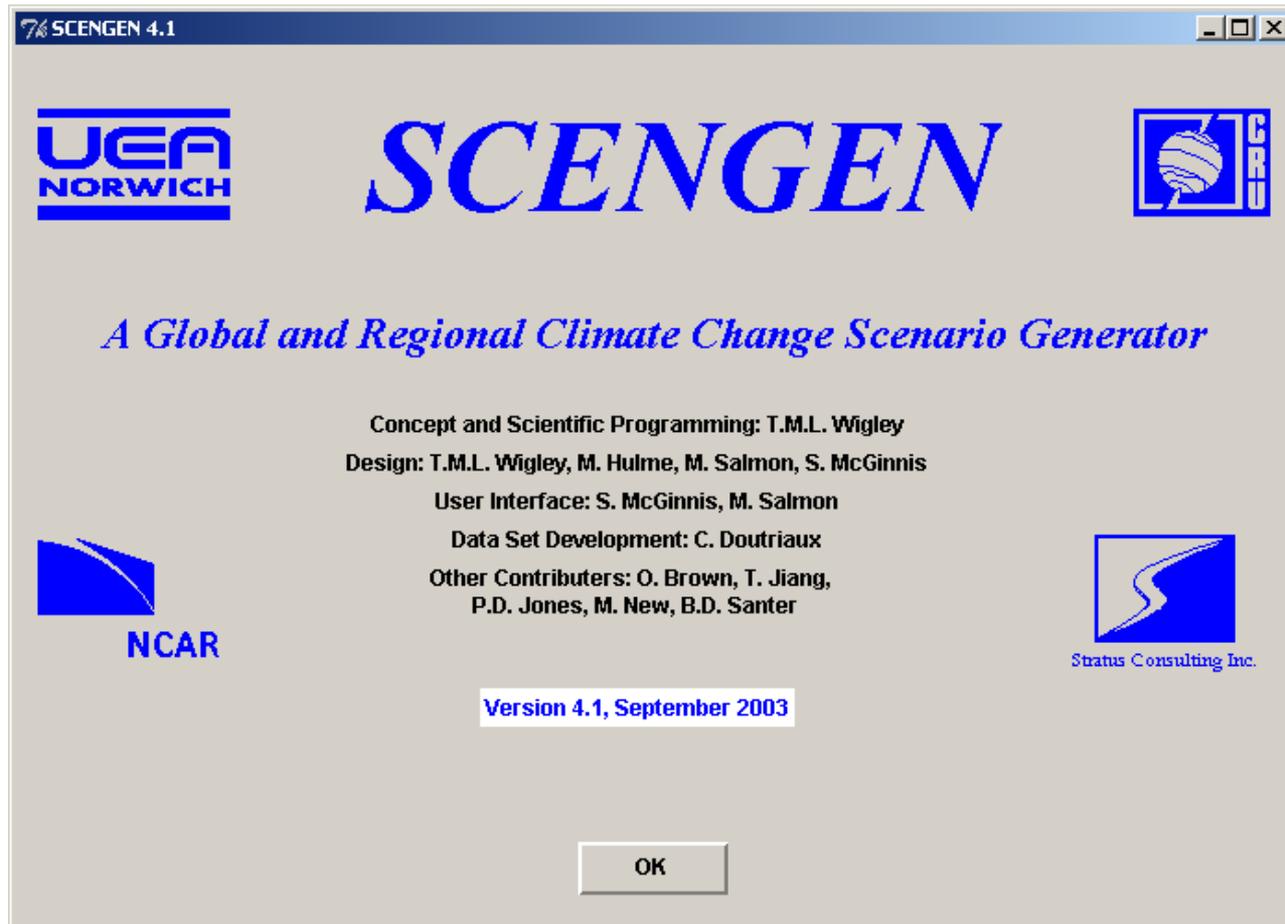
MAGICC: Mostrar los resultados



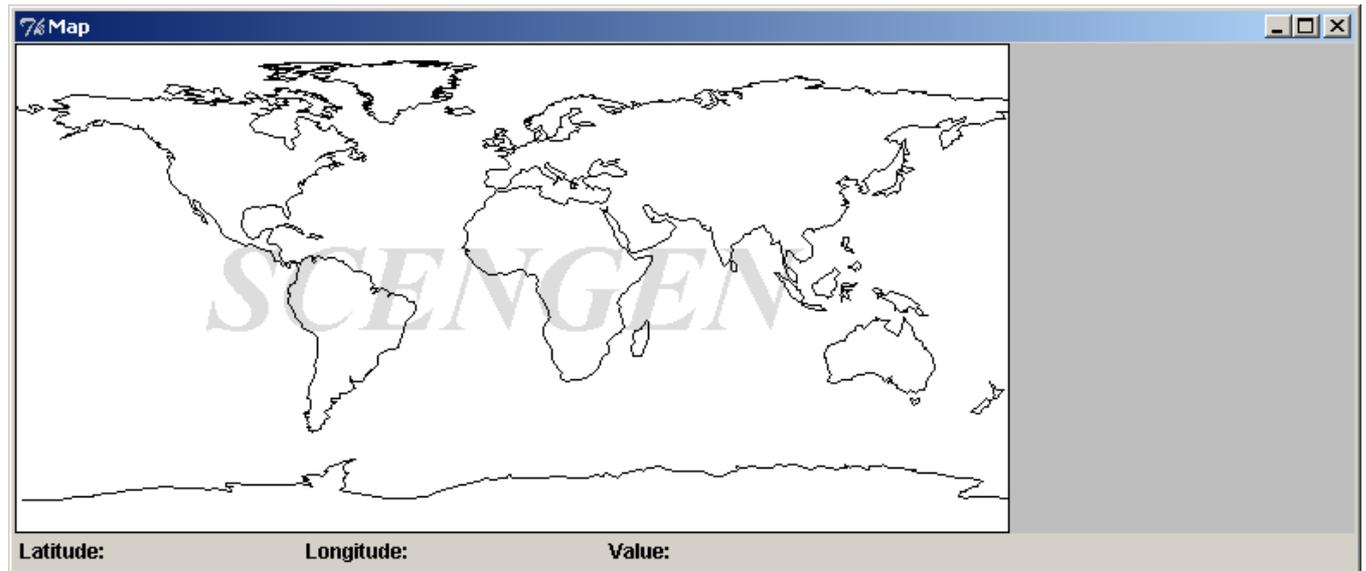
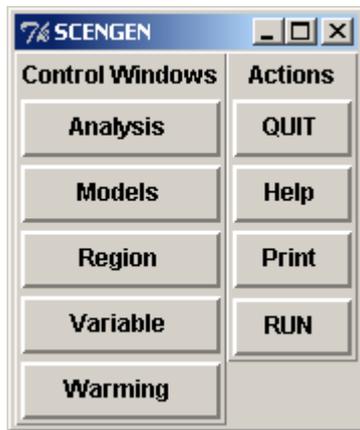
MAGICC: Mostrar los resultados (continuación)



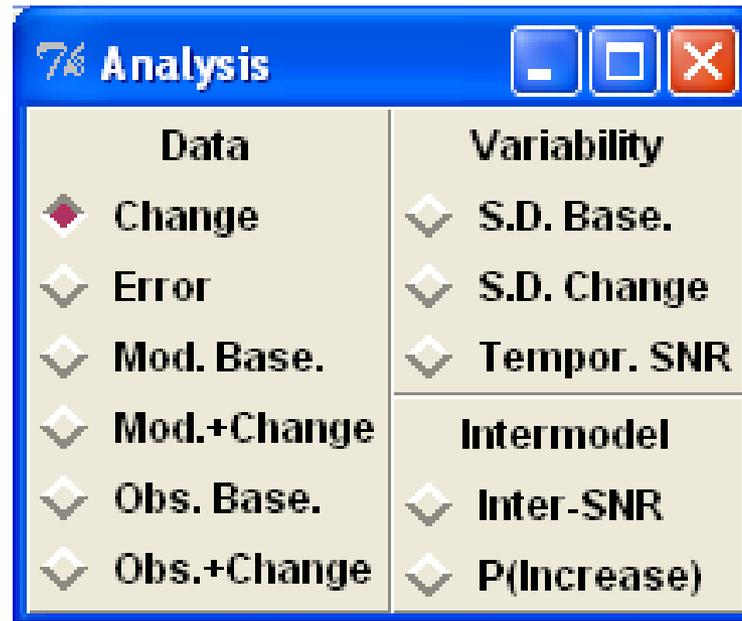
Ejecutar SCENGEN



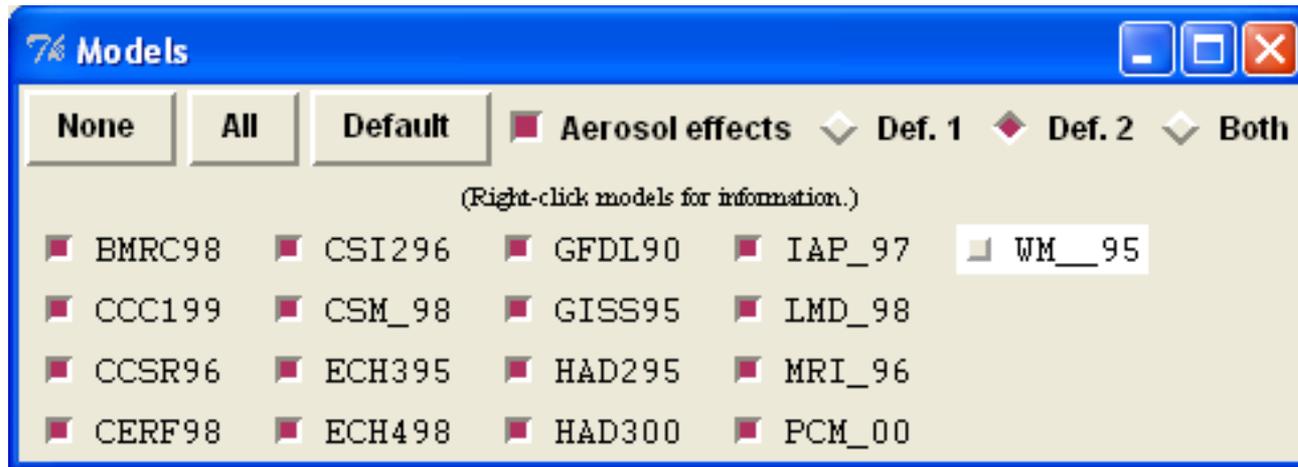
Ejecutar SCENGEN (continuación)



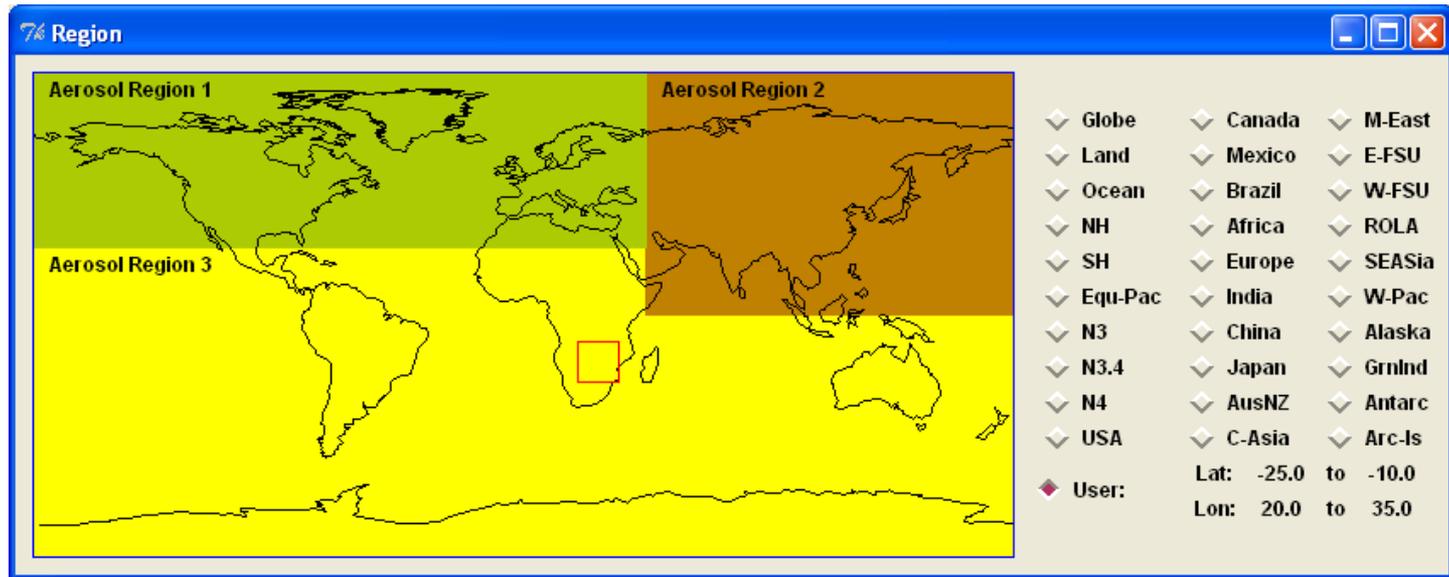
SCENGEN: Análisis



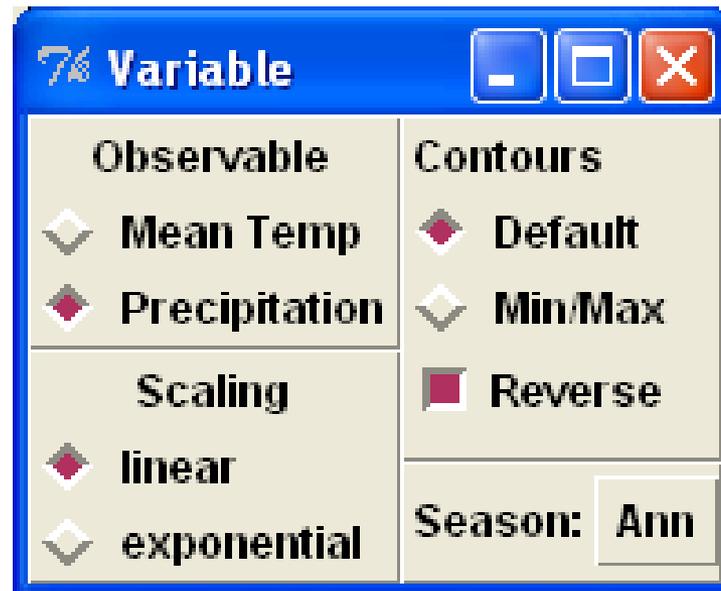
SCENGEN: Selección del modelo



SCENGEN: Superficie de análisis



SCENGEN: Selección de la variable



SCENGEN: Escenario

7% Warming

Global-mean $\Delta T = 1.33 \text{ deg C}$

Scenario Year
2050

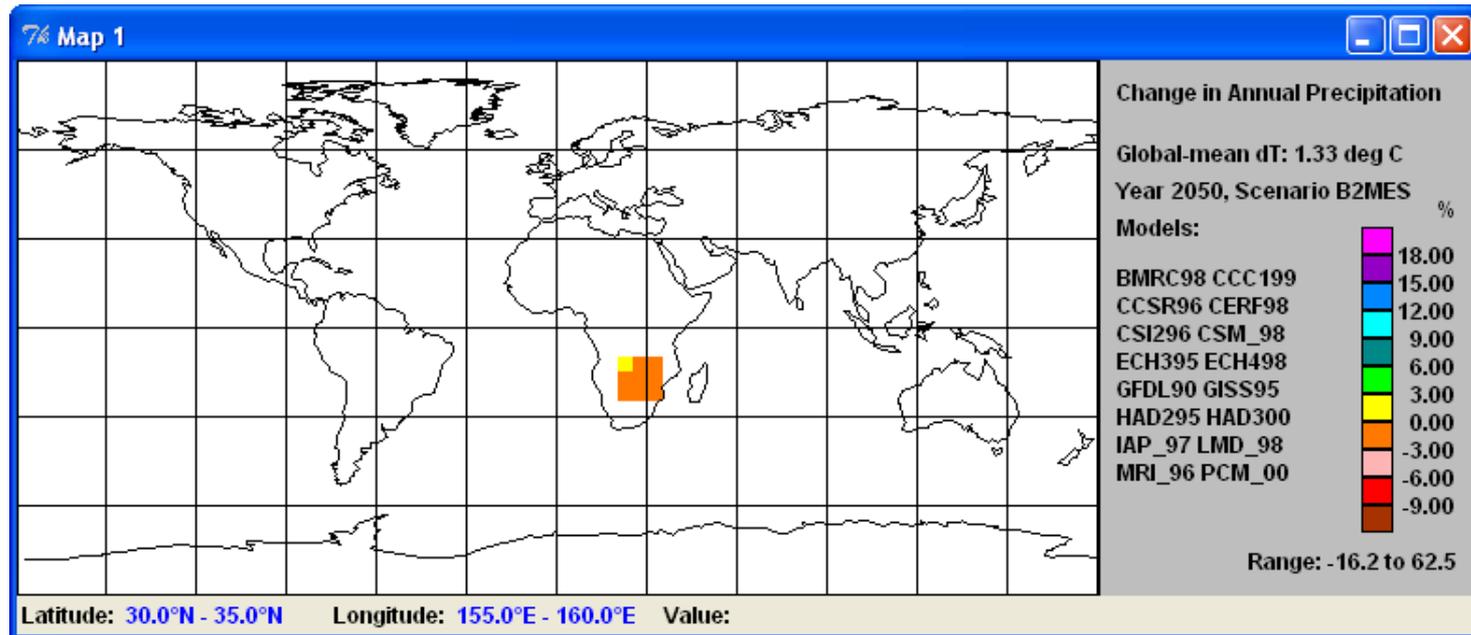


2000 2050 2100

Scenario	MAGICC Setup
<input type="checkbox"/> A1BAIM (Ref.)	<input checked="" type="checkbox"/> Default
<input checked="" type="checkbox"/> B2MES (Pol.)	<input type="checkbox"/> User



SCENGEN: Resultados del mapa



SCENGEN: Resultados cuantitativos

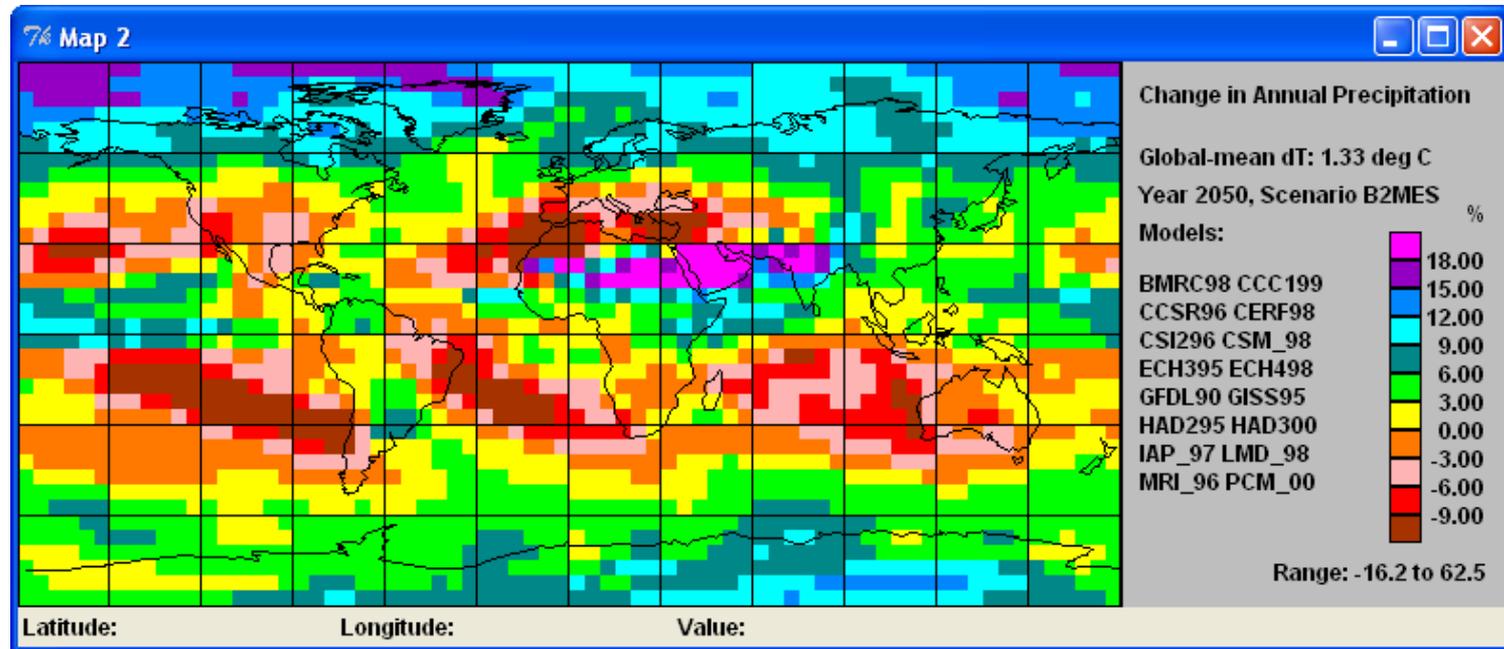
INTER-MOD S.D. : AREA AVERAGE = 5.186 % (FOR NORMALIZED GHG DATA)
INTER-MOD SNR : AREA AVERAGE = -.067 (FOR NORMALIZED GHG DATA)
PROB OF INCREASE : AREA AVERAGE = .473 (FOR NORMALIZED GHG DATA)
GHG ONLY : AREA AVERAGE = -.411 % (FOR SCALED DATA)
AEROSOL ONLY : AREA AVERAGE = -.277 % (FOR SCALED DATA)
GHG AND AEROSOL : AREA AVERAGE = -.687 % (FOR SCALED DATA)

*** SCALED AREA AVERAGE RESULTS FOR INDIVIDUAL MODELS ***
(AEROSOLS INCLUDED)

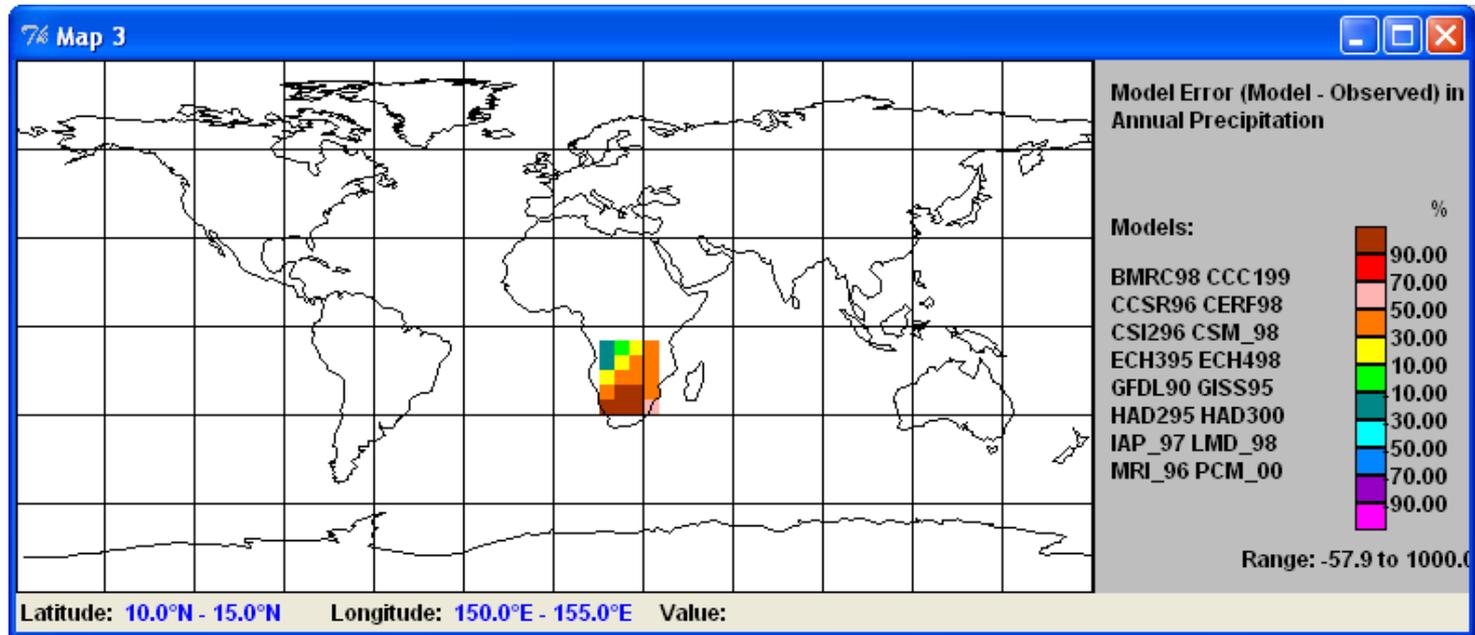
MODEL = BMRC2 : AREA AVE = 2.404 (%)
MODEL = CCC1D2 : AREA AVE = -5.384 (%)
MODEL = CCSRD2 : AREA AVE = 6.250 (%)
MODEL = CERFD2 : AREA AVE = -2.094 (%)
MODEL = CSI2D2 : AREA AVE = 6.058 (%)
MODEL = CSM_D2 : AREA AVE = 1.245 (%)
MODEL = ECH3D2 : AREA AVE = .151 (%)
MODEL = ECH4D2 : AREA AVE = -1.133 (%)
MODEL = GFDLD2 : AREA AVE = 1.298 (%)
MODEL = GISSD2 : AREA AVE = -3.874 (%)
MODEL = HAD2D2 : AREA AVE = -5.442 (%)
MODEL = HAD3D2 : AREA AVE = -.459 (%)
MODEL = IAP_D2 : AREA AVE = -.088 (%)
MODEL = LMD_D2 : AREA AVE = -6.548 (%)
MODEL = MRI_D2 : AREA AVE = .065 (%)
MODEL = PCM_D2 : AREA AVE = -3.451 (%)
MODEL = MODBAR : AREA AVE = -.687 (%)



SCENGEN: Análisis global



SCENGEN: Análisis de errores



SCENGEN Análisis de errores (continuación)

UNWEIGHTED STATISTICS

MODEL	CORREL	RMSE	MEAN DIFF	NUM PTS
	mm/day	mm/day		
BMRCTR	.632	1.312	1.026	20
CCC1TR	.572	1.160	-.207	20
CCSRTR	.587	.989	.322	20
CERFTR	.634	1.421	-1.167	20
CSI2TR	.553	1.112	-.306	20
CSM_TR	.801	1.044	-.785	20
ECH3TR	.174	1.501	-.649	20
ECH4TR	.767	1.121	-.881	20
GFDLTR	.719	.954	-.553	20
GISSTR	.688	.799	.123	20
HAD2TR	.920	.743	-.598	20
HAD3TR	.923	.974	-.883	20
IAP_TR	.599	1.408	-.734	20
LMD_TR	.432	2.977	-2.103	20
MRI_TR	.216	2.895	-2.026	20
PCM_TR	.740	1.372	-1.041	20
MODBAR	.813	.879	-.654	20



PRECIS (*Providing Regional Climates for Impacts Studies, modelos de climas regionales para estudios del impacto*)

- Desarrollado por el Hadley Centre de la Oficina Meteorológica del Reino Unido
- Diseñado para ejecutar en un PC con Linux
- Proporciona predicciones del clima regional de alta resolución, de todas las variables climáticas esenciales, con promedios horarios, diarios, mensuales y anuales
- Requisitos computacionales considerables
- Un experimento de PRECIS puede tardar varios meses en ejecutarse en un PC estándar.



Requisitos mínimos de hardware para PRECIS

- **PC** con el sistema operativo **Linux**
- Memoria: 512MB mínimo; 1GB+recomendado
- Mínimo 60GB de espacio en disco + almacenamiento sin conexión para el archivo de datos
- Velocidad de simulación proporcional a la velocidad de la UCP

¿Cómo va de rápido?

integración de 30 años, puntos de malla de 100x100

- NEC (procesadores de supercomputadoras): 5 días (1 nodo con 8 procesadores)
 - PC (Intel Pentium 4, procesador de 3,2GHz): 2,5 meses (1 procesador)
-



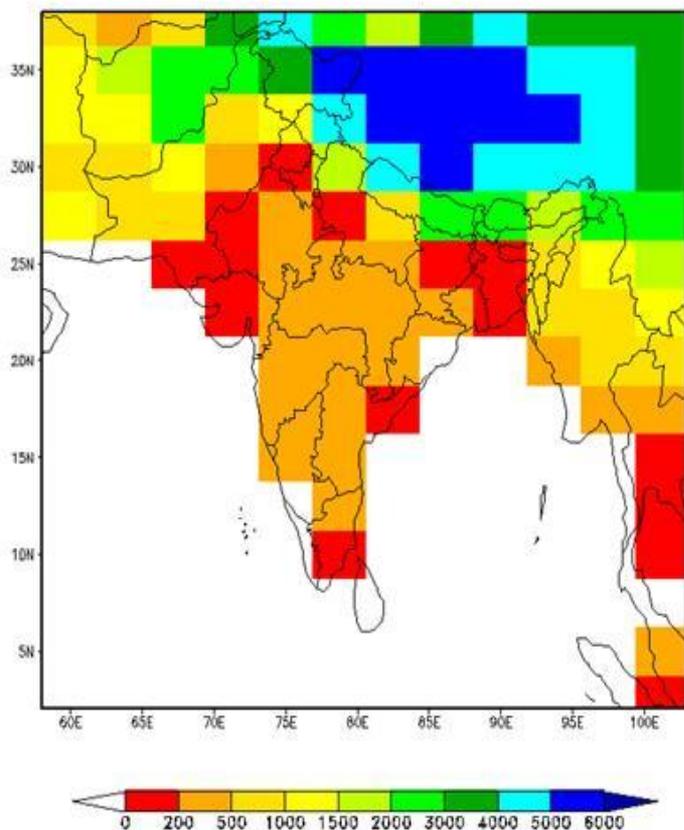
PRECIS: Resultados

- Los RCM pueden proporcionar:
 - a) Escenarios climáticos para cualquier región
 - b) Estimación de la incertidumbre debida a diferentes emisiones
 - c) Estimación de la incertidumbre debida a diferentes GCM
 - d) Estimación de la incertidumbre debida a la variabilidad climática.
- Datos disponibles de los RCM:
 - a) Globales sobre la atmósfera y la superficie terrestre
 - b) Cantidades medias a escala de los puntos de malla
 - c) Resolución de tiempo máxima: una hora.

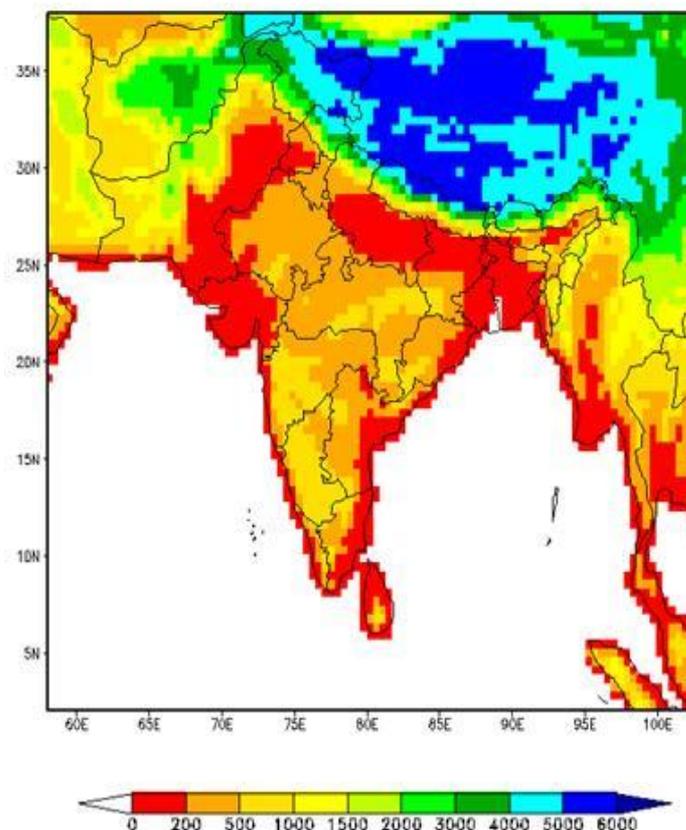


PRECIS: Resultados

GCM



RCM: PRECIS



PRECIS: Soporte

- Escenarios climáticos detallados utilizando la metodología UKCIP02 para las principales regiones de los países en desarrollo
 - Simulación detallada del clima reciente (últimos 50 años) para muchas regiones de países en desarrollo
 - Creación de capacidad básica y transferencia de tecnología que permite actividades de mitigación y adaptación a través de:
 - a) El soporte técnico y científico para la aplicación de PRECIS al desarrollo de escenarios y la investigación climática
 - b) Asesoramiento dedicado utilizando escenarios en la evaluación de impactos, desarrollando colaboraciones y propuestas de investigación.
-



PRECIS: Aplicaciones seleccionadas

- Iniciativa PRECIS-Caribe
- Vulnerabilidad y adaptación en Cuba
- IIT India
- Universidad de Ciudad del Cabo, Sudáfrica
- Uganda
- Estudio del impacto del cambio climático en China
- Impactos, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en América Latina
- Evaluación del cambio climático en Esmeraldas, Ecuador
- Segunda Comunicación Nacional de Georgia
- Evaluación del cambio climático en Sorsogón, Filipinas



SimCLIM: ¿Qué es SimCLIM?

- SimCLIM es un producto de la investigación de los Estudios de Impactos del Cambio Climático en Nueva Zelanda (CLIMPACTS)
- Un modelo de ordenador integrado para la evaluación del impacto del cambio climático
- Sistema de información geográfica (GIS) personalizado incorporado para admitir el análisis espacial a varios niveles
- Basado en las orientaciones del IPCC y actualizable con la última información de las investigaciones científicas.

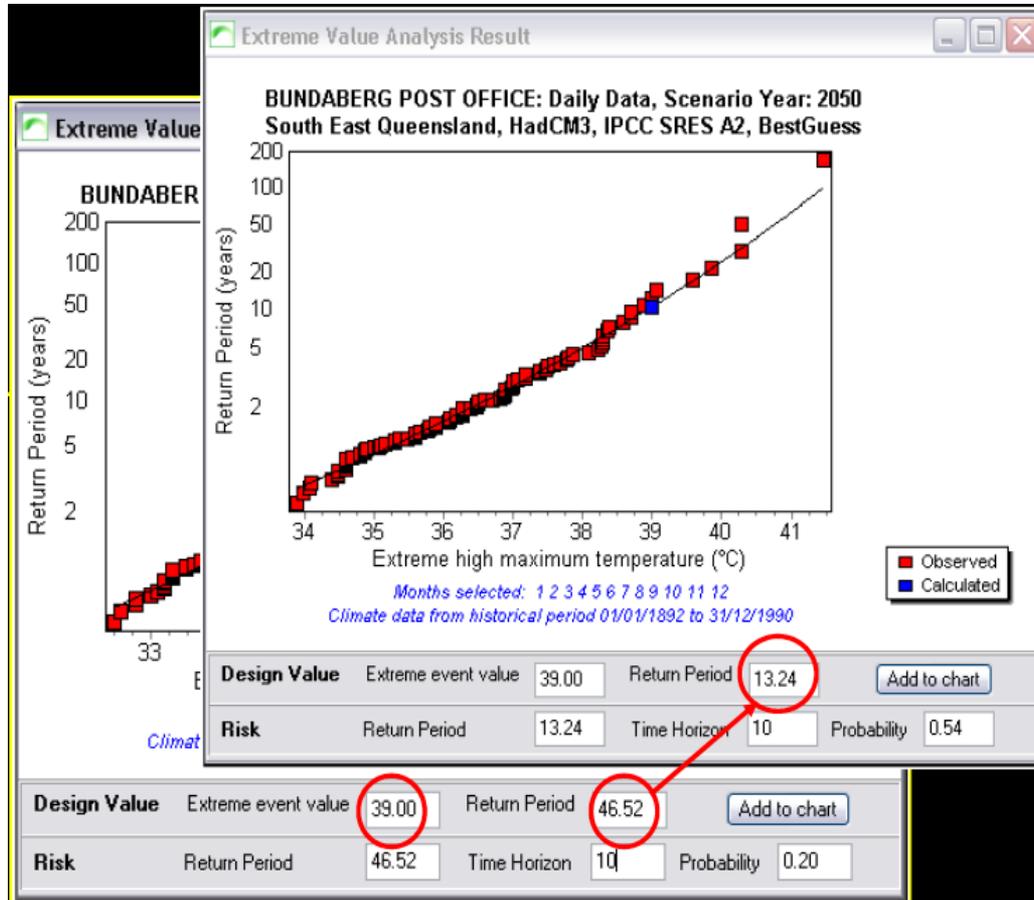


SimCLIM: Aplicaciones

- Describir el clima de partida
- Examinar la variabilidad y los extremos del clima actual
- Evaluar los riesgos (actuales y futuros)
- Investigar la adaptación (actual y futura)
- Crear escenarios de cambio climático
- Realizar análisis de sensibilidad
- Examinar impactos sectoriales
- Examinar incertidumbres
- Facilitar análisis de impactos integrados.

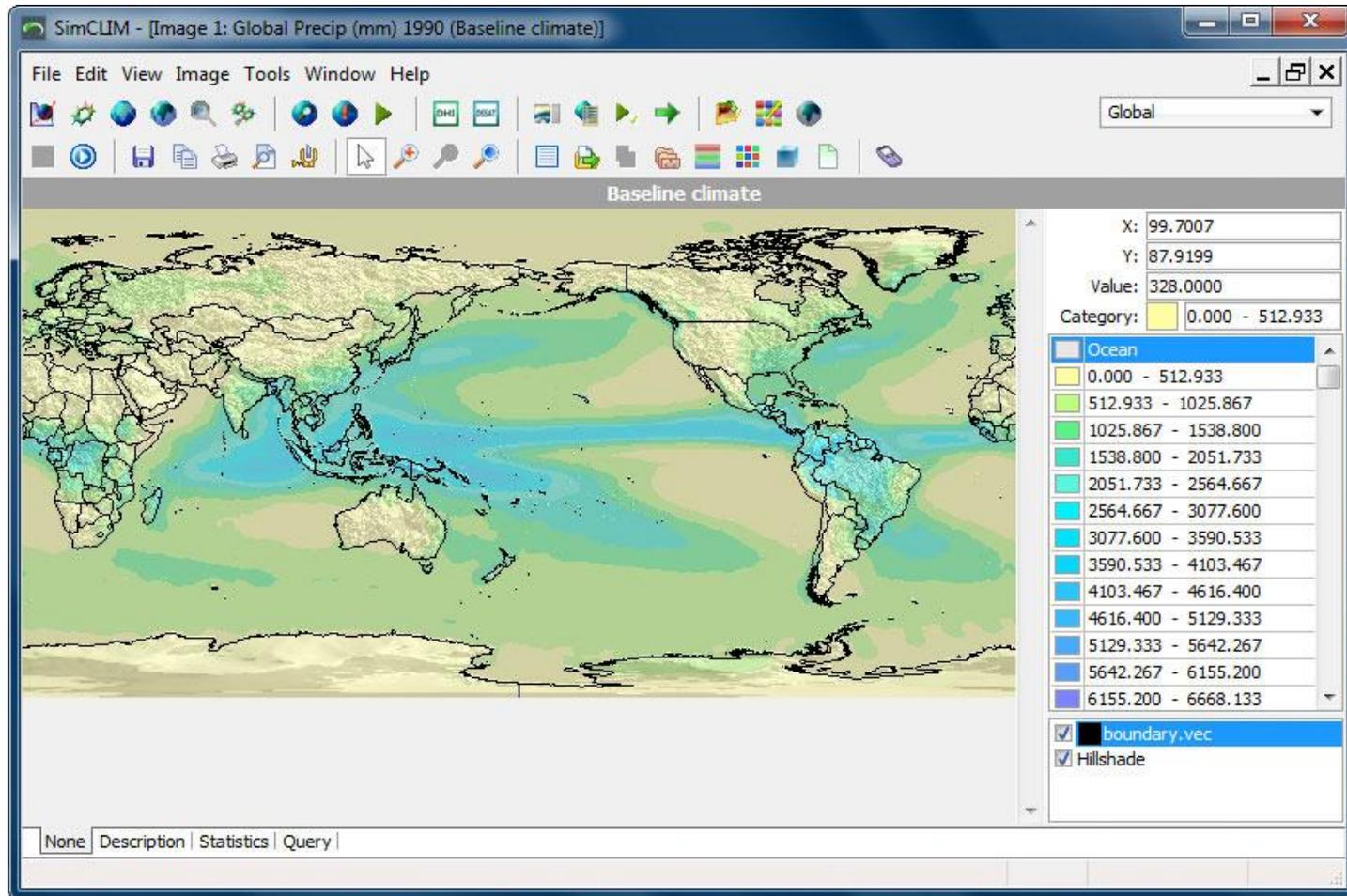


SimClim: Analizador de fenómenos extremos



Uso del Analizador de fenómenos extremos de SimCLIM y datos de series temporales diarias para calcular el cambio en la temperaturas extremas. Este ejemplo muestra un período de retorno actual de 46,52 años para un fenómeno de 39°C. Con el escenario SRES A2, en 2050 el período de retorno para esa misma temperatura es de 13,24 años, lo que ejemplifica que los extremos se harán más frecuentes con el cambio climático en este lugar concreto.

SimCLIM: Interfaz de usuario



SimCLIM: Dónde se ha utilizado

- Bahamas
- Barbados
- China
- Islas Cook
- Fiyi
- Indonesia
- Maldivas
- Islas Marshall
- Mongolia
- Nauru
- Perú
- Filipinas
- Samoa
- Islas Salomón
- Tonga
- Trinidad y Tobago
- Tuvalu
- Vanuatu
- Vietnam



- Desarrollado por The Nature Conservancy, la Universidad de Washington y la Universidad del sur de Mississippi
- Herramienta útil de exploración que proporciona una instantánea de la temperatura y la precipitación a nivel nacional, así como predicciones para los escenarios SRES hasta 2050 y 2080. GCM reducido a escala de 50km de malla <http://climatewizard.org/>



The Nature Conservancy  Protecting nature. Preserving life.™

ClimateWizard

UNIVERSITY OF WASHINGTON
THE UNIVERSITY OF SOUTHERN MISSISSIPPI

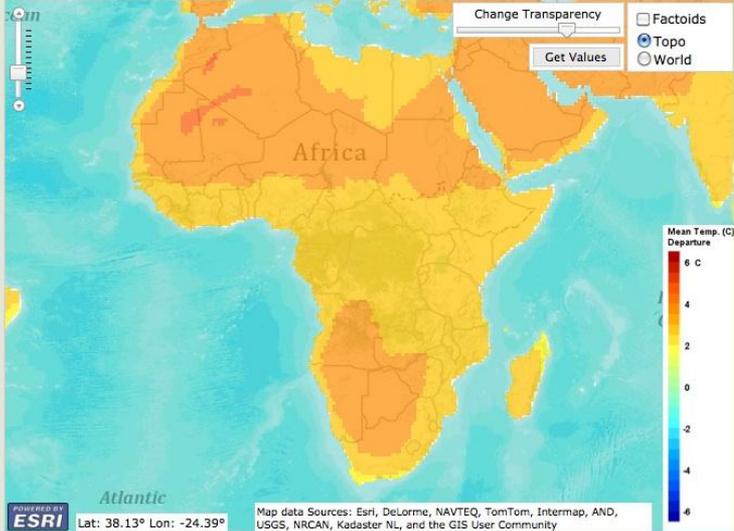
[About Us](#) [FAQ's](#) [Contact Us](#)

Analysis Area	Time Period	Map Options	Measurement	Resources
<input type="radio"/> United States <input checked="" type="radio"/> Global Kenya	<input type="radio"/> Past 50 Years <input type="radio"/> Mid Century (2050s) <input checked="" type="radio"/> End Century (2080s)	<input type="radio"/> Map of Average <input checked="" type="radio"/> Map of Change Compare & Animate Models	<input checked="" type="radio"/> Average Temperature <input type="radio"/> Precipitation Annual	Case Studies Documentation Developer Data and Map Image Download ClimateWizard Custom Analysis Printer Friendly Version

Future Climate Model
IPCC Fourth Assessment
Emission Scenario: High A2
General Circulation Model: Ensemble Average

Change in Annual Temperature by the 2080s

Model: Ensemble Average, SRES emission scenario: A2



50%: This map shows the temperature change projected by the middle model. That is, **half of the models project a greater amount of change, and half of the models project less change** as compared to the 1961-1990 baseline average.

POWERED BY  Atlantic
Lat: 38.13° Lon: -24.39°
Map data Sources: Esri, DeLorme, NAVTEQ, TomTom, Intermap, AND, USGS, NRCAN, Kadaster NL, and the GIS User Community

Data Source: Base climate projections downloaded by [Maurer, et al. \(2007\)](#) Santa Clara University. For more information see [About Us](#).



Cómo seleccionar escenarios

- Use uno o varios de los métodos y herramientas para evaluar el abanico de cambios de temperatura o precipitación.
- Los modelos se pueden seleccionar en función de:
 - a) Su perfección para simular el clima actual
 - SCENGEN tiene una rutina
 - b) Su perfección para representar una amplia gama de condiciones.



Cómo seleccionar escenarios (continuación)

- Utilizar resultados del datos reales o escalados de GCM
- Puede incluir otras fuentes para los escenarios, p. ej. arbitrarios, análogos.



Seleccionar los GCM

- Algunos factores a tener en cuenta a la hora de seleccionar los GCM
 - a) Edad del modelo ejecutado:
 - Los más recientes tienden a ser mejores, pero hay excepciones
 - b) Resolución del modelo:
 - Una mayor resolución tiende a ser mejor
 - c) Precisión del modelo para simular el clima actual:
 - MAGIC/SCENGEN tiene una rutina.



¿Qué utilizar en qué circunstancias?

- No hay nada malo en utilizar combinaciones de fuentes diferentes para crear escenarios, p. ej. modelos y escenarios arbitrarios
- Los modelos climáticos tienden a ser mejores para los análisis a un plazo más largo, es decir, de varias décadas (más allá de 2050)
- Los análogos climáticos tienden a ser mejores para el plazo más cercano, entre varias décadas (2010-2030).



Escenarios para fenómenos extremos

- Difíciles de obtener de ninguna de esas fuentes.
- Opciones:
 - a) Usar largos registros históricos o paleoclimáticos
 - b) Aumentar gradualmente los extremos históricos:
 - Intentar ser coherente con los GCM transitorios
 - c) Estos métodos son útiles principalmente para los estudios de sensibilidad.



Últimas observaciones

- Recuerde que los escenarios por sí solos no constituyen predicciones del cambio climático regional en el futuro.
- Si se usan adecuadamente, pueden ayudarnos a comprender y representar:
 - a) Lo que conocemos sobre cómo pueden cambiar los climas regionales
 - b) Las incertidumbres sobre el cambio climático regional
 - c) Las posibles consecuencias.



- Si se evalúa la vulnerabilidad, los escenarios deben reflejar un abanico amplio, pero realista, de cambio climático:
 - a) Tiene un propósito educativo
- Si se examina la adaptación, es importante reflejar un abanico de cambio climático amplio
- Si el intervalo de incertidumbre es demasiado estrecho, podría conducir a decisiones mal informadas.

Clima e IPCC (actividades recientes y próximas)

- El IPCC (2012) ha publicado también un Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático.
- En este momento está en marcha el proceso del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC.
- El AR5 constará de tres informes de grupos de trabajo y un informe de síntesis que se completará en 2013/2014



Ejercicio de escenarios de cambio climático

- Objetivo:
 - a) Explorar diferentes métodos y herramientas para los escenarios de cambio climático
 - b) Método:
 1. Defina su región de interés
 2. Escoja el parámetro climático
 3. Escoja la herramienta o herramientas, o los resultados de los modelos
 4. Evalúe las anomalías para las condiciones del clima actual
 5. Tenga en cuenta los escenarios de emisiones o las vías de concentración
 6. Desarrolle escenarios del clima futuro, predicciones para diferentes horizontes temporales (2030, 2050 y 2100)
 7. Examine las cuestiones de:
 - 1) Los GCM, los RCM o los métodos estadísticos
 - 2) Estacionaridad
 - 3) Resolución (mayor o menor)
 - 4) Tendencias y variabilidad.
 - c) ¿Cómo abordar las principales carencias (datos, herramientas...) con respecto a los medios disponibles y el trabajo a realizar cuando se estudian los escenarios de cambio climático?
-

