



UNESCO-IHE  
Institute for Water Education



## La GIRH como herramienta para la adaptación a los cambios climáticos

Impactos sobre los  
sectores del uso del agua y  
técnicas de evaluación de  
impactos



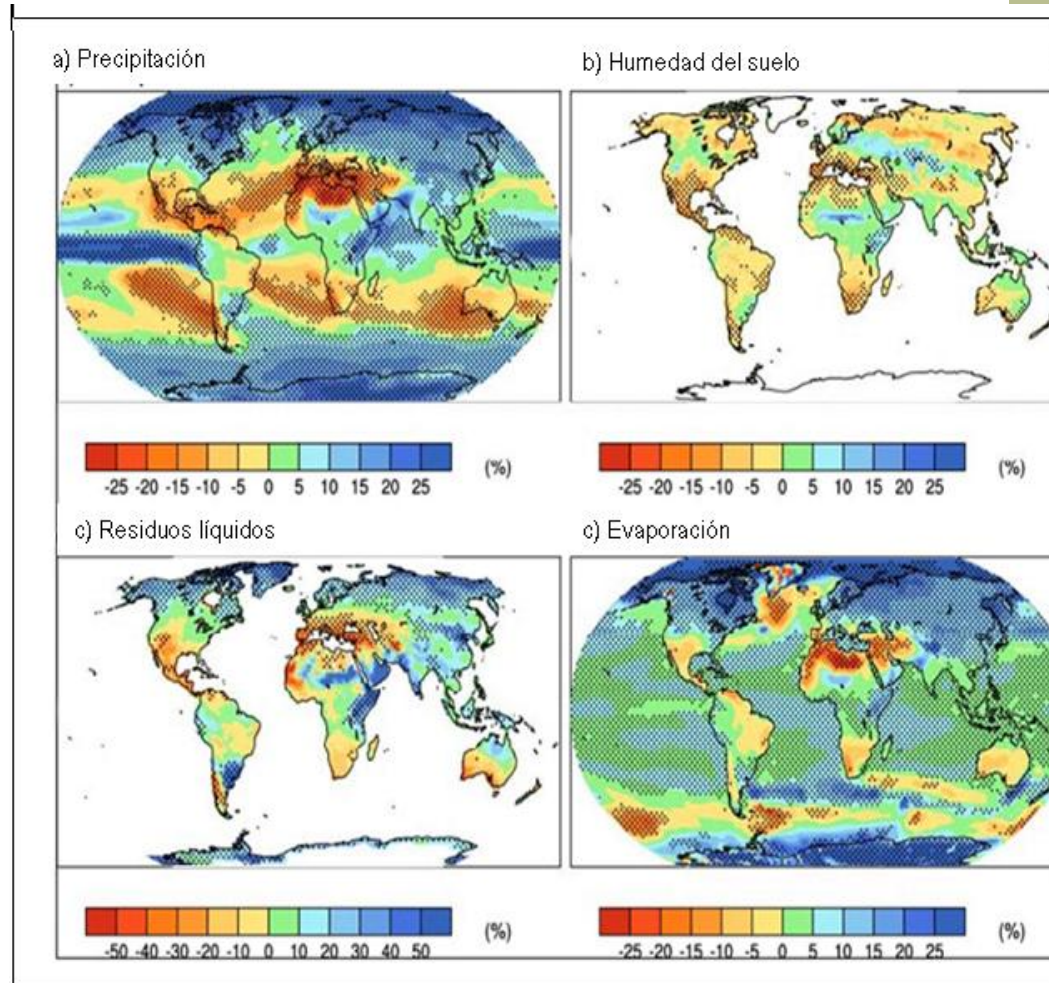
# DESCRIPCIÓN

---

- Impactos de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos
- Cambios climáticos proyectados por región
- Impactos de los cambios climáticos sobre los sectores seleccionados
- Enfoques de la evaluación del impacto de los cambios climáticos, la adaptación y la vulnerabilidad (CCIAV)
- Escenarios de los cambios climáticos
- Recursos hídricos y cambios climáticos
- Modelos de sistemas de los recursos hídricos

# Cambio proyectado en variables hidrometeorológicas

- Basado en 15 Modelos de Circulación General (MCG)
- Escenario A1B del IE-EE
- Cuatro variables:
  - precipitaciones
  - evaporación
  - humedad del suelo
  - residuos líquidos
- Cambios anuales promedio para 2080–2099 relativos a 1980–1999
- Las regiones donde los modelos coinciden en el signo del cambio tienen puntos.

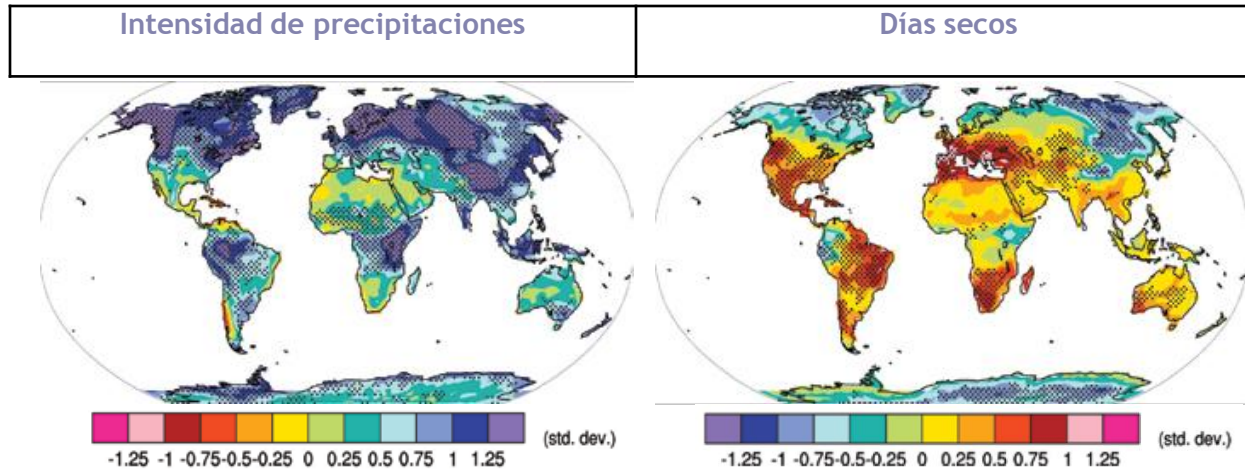


# Inferencias

---

- Escasez de agua incrementada en varias regiones áridas y semiáridas que incluyen
  - Cuenca del Mediterráneo
  - Oeste de los Estados Unidos
  - Sudáfrica
  - Noreste de Brasil.
- Se espera que las precipitaciones aumenten en altas latitudes (p. ej., en el Norte de Europa) y en algunas regiones subtropicales.

# Patrones espaciales de cambios proyectados de intensidad de precipitaciones y días secos



- Basado en 9 MCG
- Escenario A1B del IE-EE
- Cambios en el patrón espacial de
  - la intensidad de precipitaciones
  - los días secos
- Cambios anuales promedio para 2080–2099 relativos a 1980–1999
- Punteado: al menos 5 de 9 modelos coinciden en denotar que el cambio es significativo

# Cambios proyectados por región

---

## *África:*

- Condiciones de escasez de agua en África del Norte y del Sur
- Más precipitaciones en África Oriental y Occidental
- Se espera que los niveles crecientes del mar tengan un impacto en el delta del Nilo

## *Asia:*

- Precipitaciones reducidas en la cuenca Tigris-Eufrates
- Las precipitaciones invernales disminuirán en el subcontinente indio, y se intensificarán las lluvias monzónicas
- Se espera que los caudales mensuales máximos y mínimos del Mekong aumenten y disminuyan, respectivamente
- Se espera que la disminución de los glaciares continúe reduciendo el suministro de agua para grandes poblaciones.

# Cambios proyectados por región -2-

---

## *Australia y Nueva Zelanda:*

- Se espera que disminuyan los residuos líquidos en la cuenca del Darling
- La frecuencia de las sequías aumentará en el este de Australia

## *Europa:*

- Las precipitaciones anuales promedio aumentarán en Europa del Norte y disminuirán más en el sur
- El Mediterráneo y algunas partes de Europa Central y Oriental serán más propensos a las sequías
- Se espera que el riesgo de inundaciones aumente en Europa Oriental y del Norte y en la costa Atlántica.

# Cambios proyectados por región -3-

---

## *Latinoamérica:*

- Se espera que aumente la cantidad de días húmedos en partes del sudeste de Sudamérica y en el centro de Amazonas
- Las estaciones secas extremas serán más frecuentes en América Central
- Se espera que los glaciares continúen con la tendencia de disminución observada.

## *América del Norte:*

- Los cambios climáticos constreñirán los recursos hídricos ya sobreasignados, especialmente en el oeste semiárido de los Estados Unidos
- Los niveles del agua descenderán en los Grandes Lagos
- La recesión de los glaciares continuará.



# Los principales sectores y sistemas de los recursos hídricos se verán afectados por los cambios climáticos

---

- Sistemas y sectores conectados con el desarrollo humano y el medio ambiente:
  - Infraestructura urbana: suministro de agua y saneamiento, drenaje urbano y sólidos
  - Desastres naturales relacionados con el agua: inundaciones, sequías, derrumbes y avalanchas
  - Desarrollo rural: agricultura, seguridad de los alimentos, medios de vida y medio ambiente
  - Energía: demanda y producción (energía hidráulica)
  - Transporte: navegación
  - Salud: Humanos y animales
  - Medio ambiente: sostenibilidad del sistema en pantanos, calidad del agua, quema de bosques, etc.

# Impactos de los CC en la producción de alimentos

<b>Biofísicos</b>	<b>Socioeconómicos</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>•Efectos fisiológicos en los cultivos, pastos, bosques, ganado (cantidad, calidad)</li><li>•Cambios en la tierra, el suelo, los recursos hídricos (cantidad, calidad)</li><li>•Desafíos frente al aumento de malezas y pestes</li><li>•Cambios en la distribución espacial y temporal de los impactos</li><li>•Aumento del nivel del mar, cambios en la salinidad y acidez de los océanos</li><li>•Aumento de la temperatura del mar que hace que los peces habiten en diferentes ámbitos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>•Disminución del rendimiento y la producción</li><li>•PBI marginal reducido de la agricultura</li><li>•Fluctuaciones en los precios del mercado mundial</li><li>•Cambios en la distribución geográfica de los regímenes comerciales</li><li>•Mayor cantidad de personas en riesgo de inseguridad alimentaria y hambre</li><li>•Emigración y malestar social.</li></ul>

# Agricultura

---

- Impactos positivos posibles debido a mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> y la duración de la época de cultivo
- Muy dependientes del agua (cantidad y tiempo):
  - Agricultura de secano: precipitaciones
  - Agricultura de riego: suministro de agua
- Ejemplos:
  - Derretimiento prematuro de la nieve > escasez de agua en verano
  - Aguas residuales tratadas insuficientemente usadas para el riego > enfermedades provenientes del agua
  - Muchas precipitaciones: daño directo a los cultivos, erosión del suelo
  - Pocas precipitaciones: daño directo a los cultivos
- Fuertes diferencias regionales y locales: aquellos con menos capacidades para luchar (pequeños productores en zonas marginales) serán los más afectados.

# Industria pesquera

---

- Más presión en las poblaciones de peces:
  - Mayores temperaturas > menos oxígeno disponible
  - Mayor demanda de oxígeno
  - Calidad del agua deteriorada
  - Caudales reducidos
- Otros impactos humanos probablemente mayores:
  - Sobrepesca
  - Mitigación de inundaciones
  - Extracciones de agua
- Lago Tanganica: productividad primaria reducida debido a la menor profundidad de la termoclina.

# Impactos de los CC sobre el suministro de agua

---

- Mayor reducción del agua para consumo e higiene
- Menor eficiencia de los sistemas de alcantarillado > más microorganismos en el suministro de agua natural
- Mayor concentración de contaminantes (menor dilución)
- Más desbordamientos en los sistemas de alcantarillado con mayores precipitaciones > propagación de enfermedades provenientes del agua
- Mayor salinidad en los recursos hídricos.

# Impactos de los CC sobre la salud

Procesos de mediación	Resultado en la salud
<i>Efectos directos</i>	
El cambio en la frecuencia o intensidad de eventos climáticos extremos (p. ej., tormentas, huracanes, ciclones)	Muertes, lesiones, trastornos psicológicos; daño a la infraestructura de la salud pública
<i>Efectos indirectos</i>	
Cambio en la ecología local de los agentes infecciosos del agua y los alimentos	Cambio en la incidencia de diarrea y otras enfermedades infecciosas
Cambio en la productividad de los alimentos a través de cambios en el clima y en pestes y enfermedades asociadas	Malnutrición y hambre
Aumento del nivel del mar con desplazamiento de la población y daño a la infraestructura	Mayor riesgo de enfermedades infecciosas y trastornos psicológicos
Desarticulación social, económica y demográfica por efectos en la economía, la infraestructura y el suministro de recursos.	Amplio rango de consecuencias en la salud pública: salud mental y deterioro nutricional, enfermedades infecciosas, contienda civil.

# Impactos de los CC sobre el sector de la energía

---

- Aumento de la temperatura que ocasiona una mayor demanda de energía y menor disponibilidad de agua de enfriamiento
- Sistema de energía muy dependiente de la energía hidráulica, por ejemplo, de la disponibilidad de agua
- Los períodos de bajo caudal pueden crear conflictos con otros usuarios.

# Impactos de los CC sobre el transporte

---

- Vínculos del agua con el transporte
  - Uso de sistemas de drenaje para la navegación
  - Interfaz de drenaje con el diseño de redes de infraestructura de transporte
- Consecuencias del cambio climático
  - La reducción en la cantidad del caudal o su distribución en el año resultará en niveles reducidos de los ríos
    - ✓ Las grandes embarcaciones no pueden usarse, por lo tanto, se requieren más embarcaciones para las mismas cargas, lo que aumenta el coste, el uso de energía y las emisiones
  - El aumento en la intensidad de las precipitaciones puede dañar gravemente la infraestructura de transporte debido a la exposición a mayores inundaciones que para lo que fue diseñada.



---

# La GIRH como herramienta para la adaptación a los cambios climáticos

TÉCNICAS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS

# Enfoques de la evaluación de CCIAV (Marcos)

---

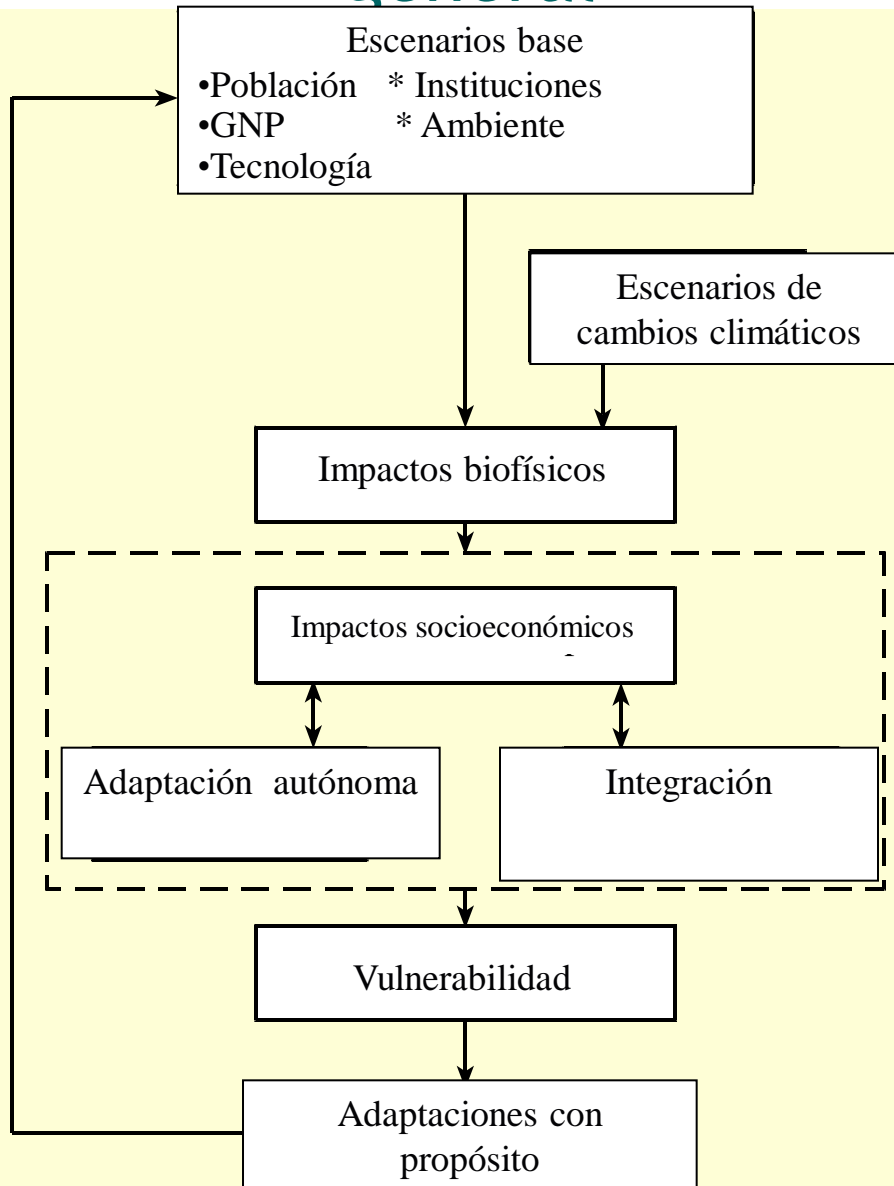
- Evaluación de los impactos
- Evaluación de la adaptación
- Evaluación de la vulnerabilidad
- Evaluación integrada
- Gestión de los riesgos.

CCIAV: Impacto de los Cambios Climáticos, Adaptación y Vulnerabilidad

# Características de los enfoques de evaluación de CCIAV\*

	Enfoque			
	Impacto	Vulnerabilidad	Adaptación	Integrado
<b>Objetivos científicos</b>	Impactos y riesgos con el clima futuro	Procesos que afectan la vulnerabilidad a los cambios climáticos	Procesos que afectan a la adaptación y capacidad adaptativa	Interacciones y retroalimentación entre múltiples factores e impactos
<b>Objetivos prácticos</b>	Acciones para reducir riesgos	Acciones para reducir vulnerabilidad	Acciones para mejorar la adaptación	Opciones y costes de política global
<b>Métodos de investigación</b>	Enfoque estándar de CCIAV Métodos de respuesta factor-presión-estado-impacto-respuesta (DPSIR) Evaluación de riesgos guiado por amenazas	Indicadores y perfiles de vulnerabilidad Riesgos climáticos presentes y pasados Análisis de medios de vida Métodos basados en agentes Métodos narrativos Percepción de riesgos incluyendo umbrales críticos Desarrollo/Sostenibilidad de rendimiento de políticas Relación de capacidad adaptativa con desarrollo sostenible		Modelo de evaluación integrado Interacciones entre sectores Integración de clima con otros factores Discusiones de partes interesadas Vinculación de modelos según tipos y escalas Evaluación combinada de enfoques/métodos
<b>Dominios espaciales</b>	Arriba-abajo Global → Local	Abajo-arriba Local → Regional (enfoques macroeconómicos son de arriba-abajo)		Vinculación de escalas Generalmente global/regional Frecuentemente según cuadrícula
<b>Tipos de escenarios</b>	Escenarios exploratorios de clima y otros factores (ej. IE-EE) Escenarios normativos (ej. estabilización)	Condiciones socioeconómicas Escenarios o métodos inversos	Adaptación de base inicial Análogos de adaptación de historia, otras ubicaciones, otras actividades	Escenarios exploratorios: exógenos y usualmente endógenos (incluyendo retroalimentación) Vías normativas
<b>Motivación</b>	Investigación	Investigación/Partes de interés	Partes de interés/Investigación	Investigación/Partes de interés

# Enfoque de evaluación de impactos general



# El marco de evaluación de siete pasos del IPCC

---

1. Definir el problema
2. Seleccionar el método
3. Probar método/sensibilidad
4. Seleccionar los escenarios
5. Evaluar los impactos  
biofísicos/socioeconómicos
6. Evaluar los ajustes autónomos
7. Evaluar las estrategias de adaptación.

# Tres tipos de escenarios de los cambios climáticos

---

- Escenarios basados en productos de los MCG
- Escenarios sintéticos
- Escenarios análogos.

# Modelos de Circulación General (MCG)

---

- Aplicaciones informáticas diseñadas para simular el sistema climático de la tierra con el propósito de proyectar los potenciales escenarios climáticos.
- Varían en complejidad desde modelos de balance de energía simples hasta Modelos de Circulación General (MCG) en 3D
- Lo más moderno en modelos climáticos está representado por el MCG Atmósfera-Océano (MCGAO).

# Tipos de operaciones de MCG

---

- Equilibrio:
  - Se asume que los climas actuales y futuros se encuentran en estado de equilibrio
  - Las simulaciones se realizan teniendo en cuenta la duplicación o cuadruplicación de las concentraciones de GEI
  - Bajo costo de computación, pero poco realista.
- Transitorio:
  - El clima futuro se simula teniendo en cuenta un aumento estable en el CO<sub>2</sub>
  - Costoso para operar y requiere un período de calentamiento para evitar el menosprecio de la etapa anterior después de la presente.



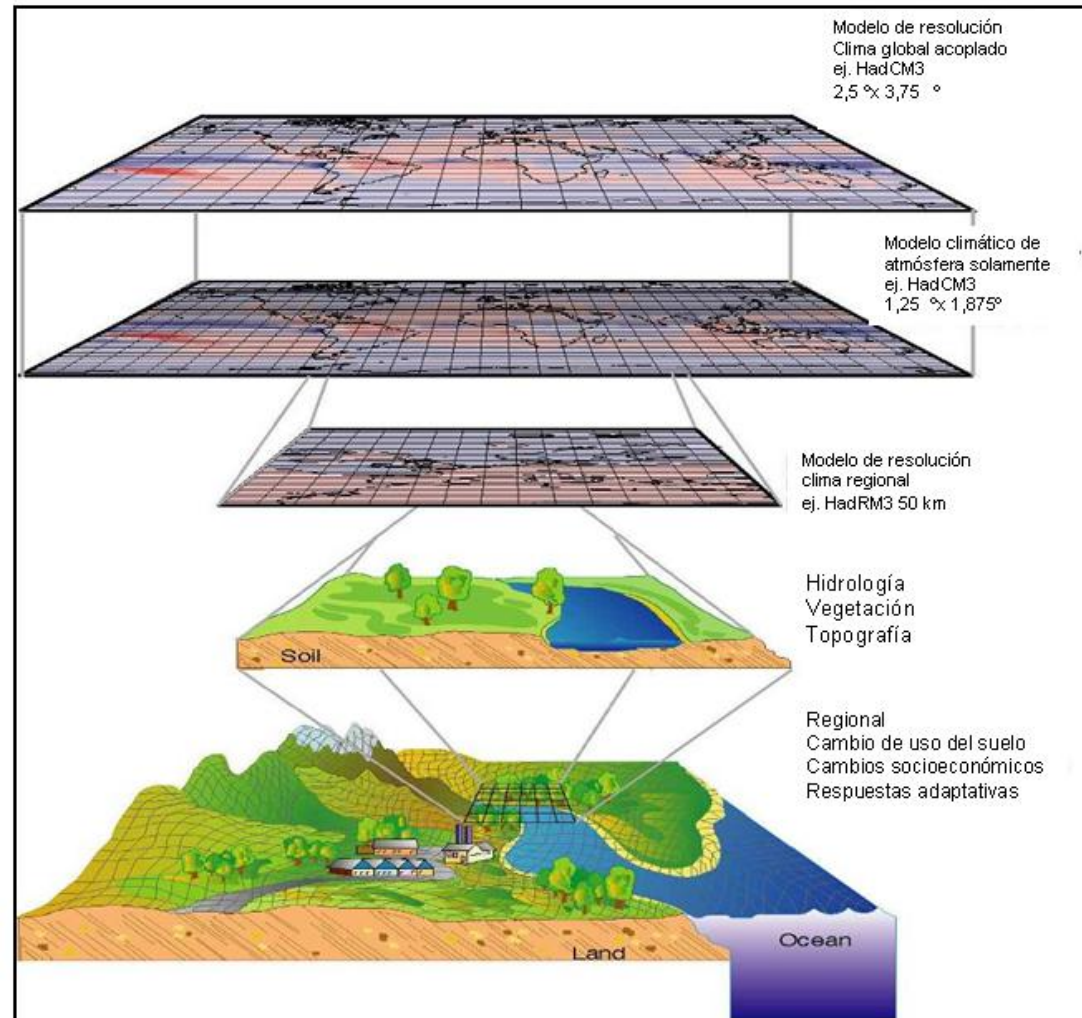
# Ventajas/desventajas de usar MCG para generar escenarios climáticos

---

- Ventajas:
  - Produce estimaciones globalmente consistentes de una mayor cantidad de variables climáticas clave (p. ej., temperatura, precipitaciones, presión, viento, humedad, radiación solar) para cambios proyectados en los GEI basados en un enfoque científicamente creíble
  
- Desventajas:
  - Simulaciones del clima regional actual a menudo inexactas
  - Escala geográfica y temporal no suficientemente precisa para muchas evaluaciones de impactos
  - Puede no representar el rango completo de cambios climáticos potenciales en una región.

# Redimensiones dinámicas

Las redimensiones dinámicas se realizan al jerarquizar un modelo climático de escala precisa en un modelo de escala gruesa



# Escenarios sintéticos

---

- Basados en cambios incrementales combinados en variables meteorológicas como (temperatura, precipitaciones)
- Pueden basarse en registros sintéticos creados a partir de la combinación de los datos de línea de base con los cambios en la temperatura, por ejemplo +2°C, y los cambios en las precipitaciones, p. ej. 10%
- Se supone que los cambios en las variables meteorológicas son uniformes anualmente; pocos estudios introdujeron la variabilidad temporal y espacial en escenarios sintéticos.

# Ventajas/desventajas de los escenarios sintéticos

---

## ■ Ventajas:

- Económicos, fáciles de aplicar y comprensibles por los políticos y grupos de interés
- Representan un amplio espectro de cambios climáticos potenciales
- Identifican la sensibilidad de los sectores dados a los cambios en variables meteorológicas específicas.

## ■ Desventajas

- Se supone que el cambio uniforme de las variables meteorológicas en grandes áreas puede producir escenarios que no sean físicamente posibles.
- Pueden no ser consistentes con las estimaciones de los cambios en el clima global promedio
- Las variables meteorológicas sintéticas pueden no ser internamente consistentes entre sí, p. ej., el aumento de precipitaciones estaría asociado con el aumento de nubes y humedad.

# Escenarios análogos

---

- Los escenarios análogos temporales se basan en la utilización de climas cálidos anteriores como escenarios para el clima futuro
- Los escenarios análogos espaciales se basan en el uso de climas contemporáneos de otras ubicaciones como escenarios de clima futuro en áreas de estudio.

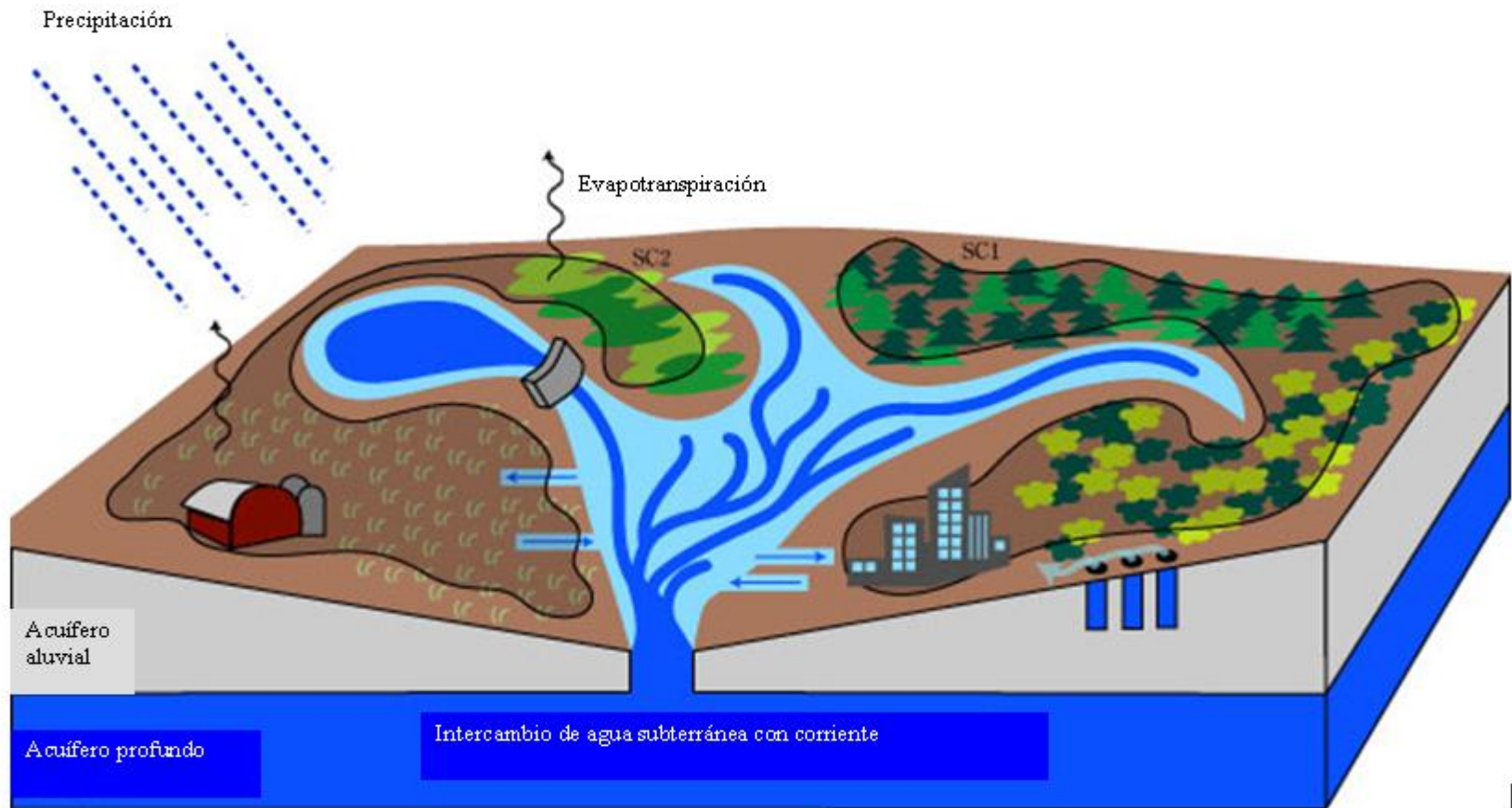
El IPCC ha hecho recomendaciones contra el uso de los escenarios análogos, puesto que los análogos temporales del calentamiento global no fueron causados por las emisiones antropogénicas de los gases de efecto invernadero y no existe ningún fundamento válido de que los análogos espaciales sean probablemente similares a aquellos en el futuro.

# Recursos hídricos y cambios climáticos

---

- La evaluación del impacto de los cambios climáticos sobre los recursos hídricos y la identificación de las estrategias de adaptación requiere la consideración de sus aspectos biofísicos y socioeconómicos.
- La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) brinda una plataforma ideal para realizar estas tareas.

# El sistema de recursos hídricos incorpora componentes naturales y producidos por el hombre



# Modelos de sistemas de los recursos hídricos

---

- Dos tipos generales: modelos de optimización y simulación
- Los modelos de simulación son adecuados para estudios de evaluación de los impactos climáticos basados en escenarios.