

Foro: Cambio Climático

Fundacite – Mérida

5 Marzo 2009

Cambio climático: generalidades y efectos en Venezuela

Ing. MSc María Teresa Martelo – Departamento de Ingeniería Hidrometeorológica, UCV



Fuente: modificado de: www.windows.ucar.edu/earth/

Los planetas son **sistemas** que mantienen un equilibrio entre la materia y la energía que entran, y las que salen. La Tierra es el único planeta que tiene atmósfera, hidrósfera, litósfera, criósfera y una biósfera. La atmósfera de la Tierra, a diferencia de las de los otros planetas, se compone de N_2 y O_2 , con algo de vapor de agua (variable, pero menos de 4 %), y apenas 0,035 % de CO_2 .

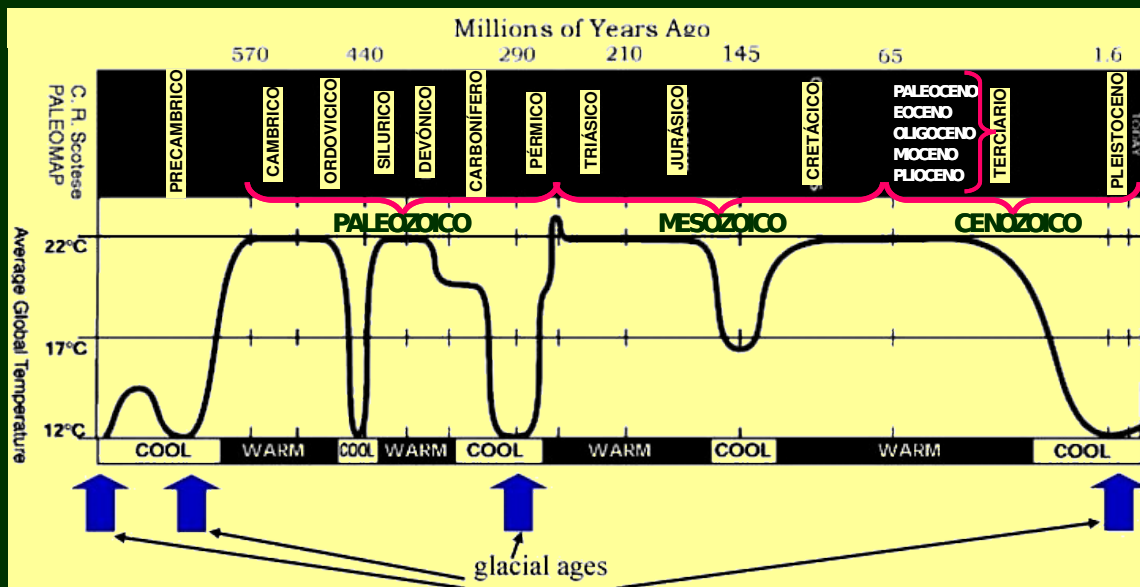
El conjunto de interacciones entre la Atmósfera, la Hidrósfera, la Criósfera, la Litósfera y la Biósfera es el Sistema Climático.

Una de las interacciones del Sistema Climático es el “Efecto Invernadero”, que consiste en la absorción de onda larga (que emiten todos los cuerpos) por algunos gases llamados **GEI**.

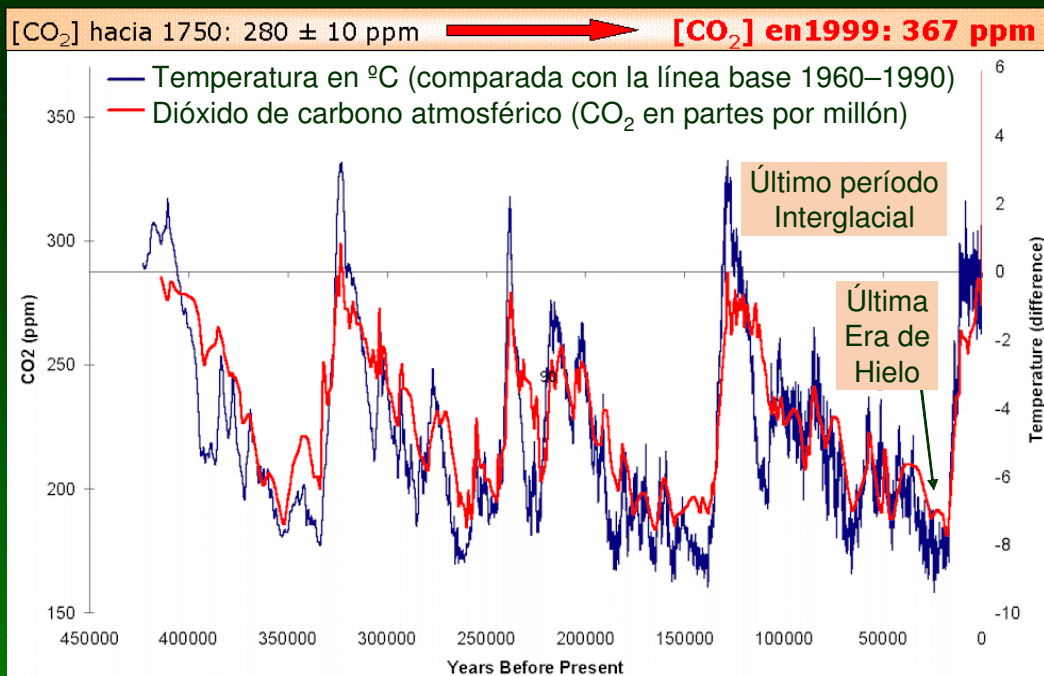


Cambios en el clima de La Tierra

En los últimos 600 MM de años, la temperatura media del planeta varió en unos 10 °C. La variación asociada en el nivel del mar fue de unos 100 a 120 m.



En los últimos 20 MM de años, La Tierra ha estado en una fase fría, y en el último MM de años, presentó un marcado régimen alterno de épocas glaciares e interglaciares cálidos.



Muy pocas veces en los últimos 450.000 años, la concentración de CO₂ superó las 280 ppm. Hoy se acerca a las 375 ppm.

Fuente: Assessing the Physical Science of Climate Change: IPCC Working Group 1 (2007) - From Material Presented by Susan Solomon, co-chair WG I, at the Royal Society London, March, 2007 and Norwegian Academy Of Sciences. Oslo, Norway April 2007

¿Qué es el cambio climático?

Cambio Climático: un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas *que altera la composición de la atmósfera mundial* y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables.

(Fuente: (1999). Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático).

Al aumentar la cantidad de GEI, se “altera la composición de la atmósfera mundial”, quedando más calor atrapado en el sistema Tierra - Atmósfera, lo que a su vez modifica todos los procesos de intercambio de materia, energía y movimiento del Sistema Climático.

GEI que alteran al Sistema Climático y Potenciales de Calentamiento

Además del vapor de agua, son GEI naturales el CO₂, el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O).

Pero desde la revolución industrial (1750), emitimos mucho más de estos gases, que se producen en la **combustión**, el **transporte**, los **rellenos sanitarios**, los **procesos agrícolas**, en los **cambios de uso de la tierra** y la **deforestación** ..., y además, creamos GEI, como los perfluorocarbonos e hidrofluorocarbonos.

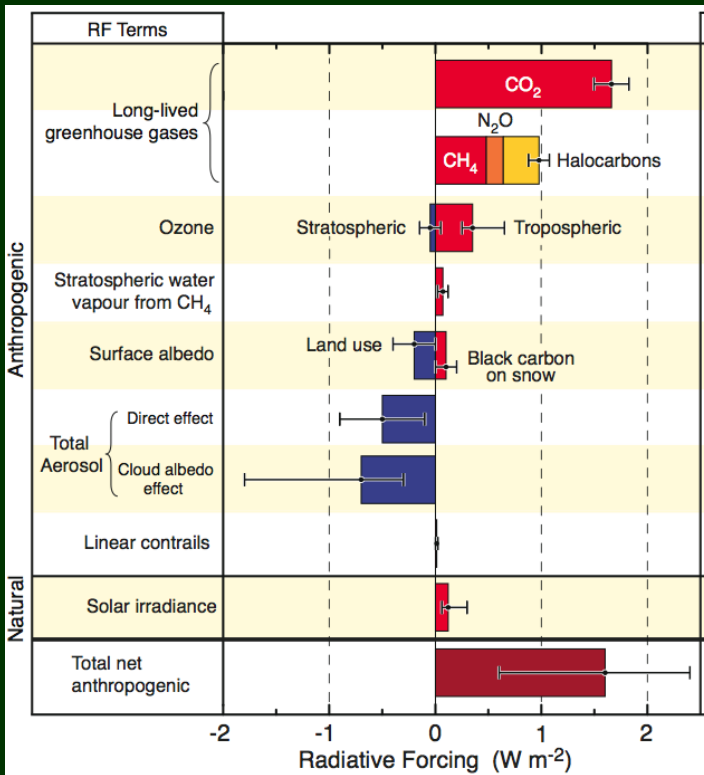
Gas	Atmospheric Lifetime	100-year GWP
Carbon dioxide (CO ₂)	50-200	1
Methane (CH ₄) ^a	12	23
Nitrous oxide (N ₂ O)	114	296
CF ₄ (Perfluorometano)	50000	5700
C ₂ F ₆ (Perfluoroetano)	10000	11900
SF ₆ (Hexafluorido de Sulfuro)	3200	22200



El Forzamiento Radiativo

El forzamiento neto antropogénico se estima en 1,6 (0,6 a 2,4) Wm^{-2} .

El CO_2 tiene un tiempo medio de vida en la atmósfera de 50 a 200 años, mientras que el de los aerosoles es de días a semanas.



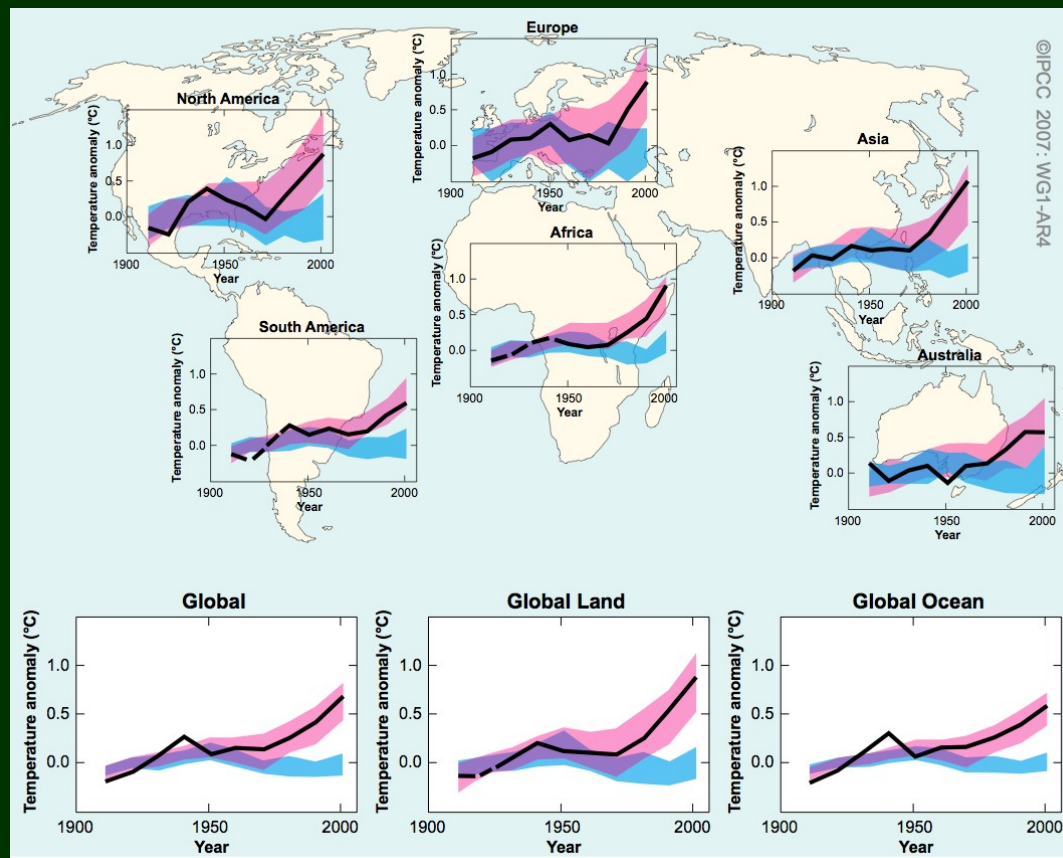
Fuente: Assessing the Physical Science of Climate Change: IPCC Working Group 1 (2007) - From Material Presented by Susan Solomon, co-chair WG I, at the Royal Society London, March, 2007 and Norwegian Academy Of Sciences. Oslo, Norway April 2007

Origen: antrópico

Línea negra: datos medidos

Rango en azul: resultados de modelos sólo con forzamientos naturales

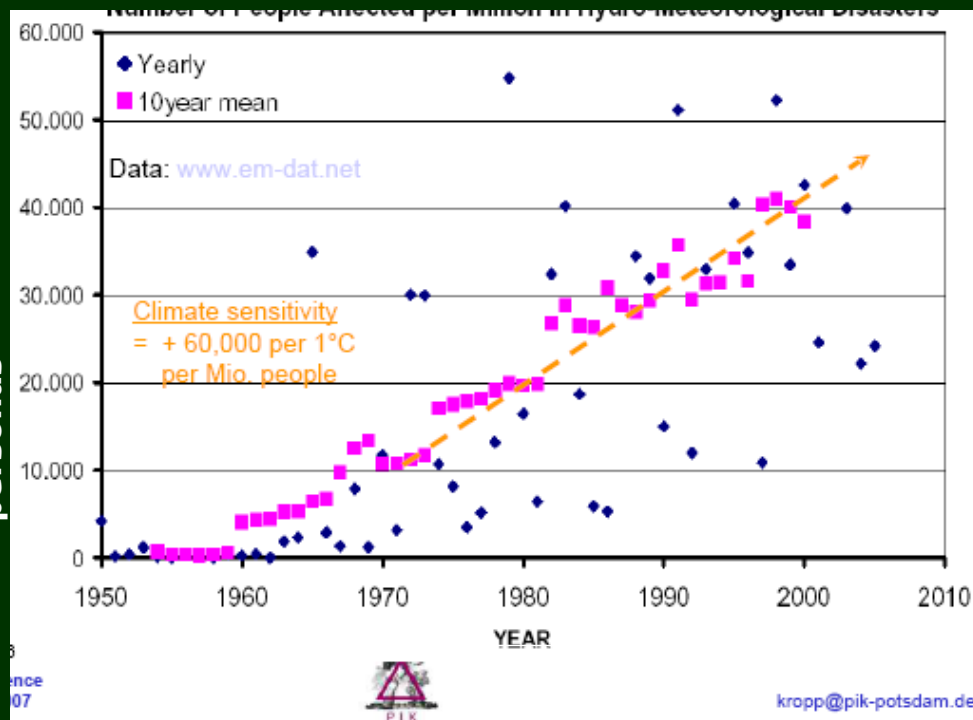
Rango en rosado: resultados de modelos con forzamientos



Aumento de Riesgos por eventos Extremos

Se estima plausible que el número de personas afectadas por desastres climáticos *aumente en 60.000/millón por cada °C* de incremento de la temperatura.

Personas afectadas por Millón de personas



MAYOR IMPACTO PARA LOS SECTORES DE ATENCIÓN HOSPITALARIA Y SALUD, Y PROTECCIÓN CIVIL.

Aumento de Riesgos por eventos No Extremos (1)

Los sistemas ecológicos tienen muchos procesos no lineales que interactúan y los hacen vulnerables a cambios repentinos o a los efectos de umbral →

MAYOR RIESGO PARA LA SEGURIDAD AGROALIMENTARIA.

Por ejemplo, para el arroz y el maíz, temperaturas mayores a 35 °C sólo por más de una hora, producen esterilidad de la espiguilla y pérdida de viabilidad del polen.

Aumento de Riesgos por eventos No Extremos (2)

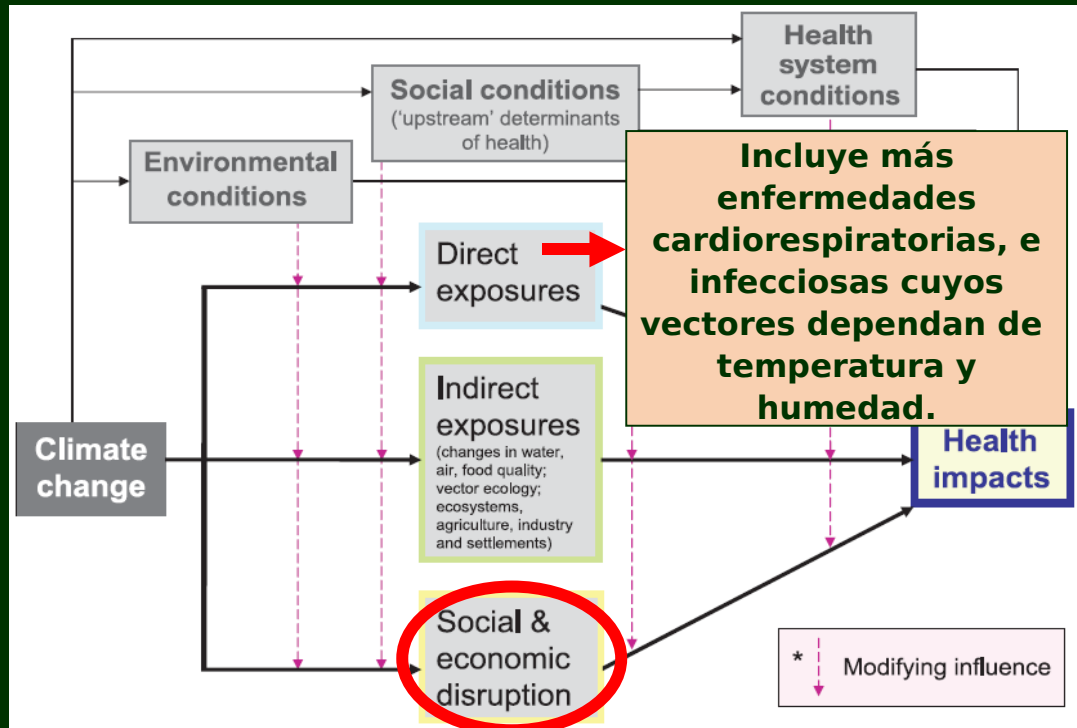
Los humanos y animales domésticos disminuyen su productividad, y su salud se ve afectada, por el estrés térmico.



**MAYOR RIESGO DIRECTO PARA LA SALUD;
AUMENTA EL RIESGO INDIRECTO PARA LA
SEGURIDAD AGROALIMENTARIA.**

		HUMEDAD RELATIVA %																							
		100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20							
TEMPERATURA	43													56	54	51	49	47							
	42													56	54	52	50	48	46						
	41													56	54	52	50	48	46	44					
	40													57	54	52	51	49	47	44	43				
	39													56	54	53	51	49	47	45	43	41			
	38													57	56	54	52	51	49	47	46	43	42	40	
	37													58	57	55	53	51	50	49	47	45	45	42	40
	36	58	57	56	54	53	51	50	48	47	45	43	42	41	39	37	36								
	35	58	57	56	54	52	51	49	48	47	45	43	42	41	38	37									
	34	58	57	55	53	52	51	49	48	47	45	43	42	41	39	37	36								
	33	55	54	52	51	50	48	47	46	44	43	42	40	38	37	36	34								
	32	52	51	50	49	47	46	45	43	41	40	39	38	37	36	34	33								
	31	50	49	48	46	45	44	43	41	40	39	38	36	35	34	33	31								
30	48	47	46	44	43	42	41	40	38	37	36	35	34	33	31	31									
29	46	45	44	43	42	41	39	38	37	36	34	33	32	31	30										
28	43	42	41	41	39	38	37	36	35	34	33	32	31	29	28										
27	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	28										
26	39	38	37	36	35	34	33	32	31	31	29	28	28	27											
25	37	36	35	34	33	33	32	31	30	29	28	27	27	26											
24	35	34	33	33	32	31	30	29	28	28	27	26	26	25											
23	33	32	32	31	30	29	28	27	27	26	25	24	23												
22	31	29	29	28	28	27	26	26	24	24	23	23													

Los cambios en ecosistemas (menos bienes y servicios ecológicos), en recursos hídricos (suministro menor, y/o más irregular; más problemas de saneamiento) y el aumento del nivel del mar, pueden generar enormes migraciones (ya la ONU creó la categoría de "refugiados ambientales"), e intentos de ocupación de tierras ya ocupadas, lo que puede traer graves conflictos sociales e incremento de guerras locales/regionales.



Impactos del cambio climático en el recurso hídrico

El recurso hídrico se ve afectado en al menos tres aspectos:

Impactos sobre el *recurso* agua (cantidad y calidad)

Impactos sobre la *demanda* y uso del agua

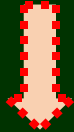
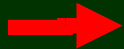
Impactos sobre los *sistemas de gestión* de:

- ✓ agua potable
- ✓ generación de energía
- ✓ control de inundaciones
- ✓ control de contaminación
- ✓ navegación
- ✓ recreación
- ✓ hábitats
- ✓ bienes y servicios ecológicos

Impactos sobre el agua (cantidad y calidad)

Cambios

1. Mayor Temperatura



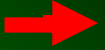
2. Menos Lluvia y mas Evaporación (cambios en la cantidad de agua)



3. Número de días secos y lluviosos; Estacionalidad (cambios en la distribución del agua)



4. Mayor intensidad de Precipitación



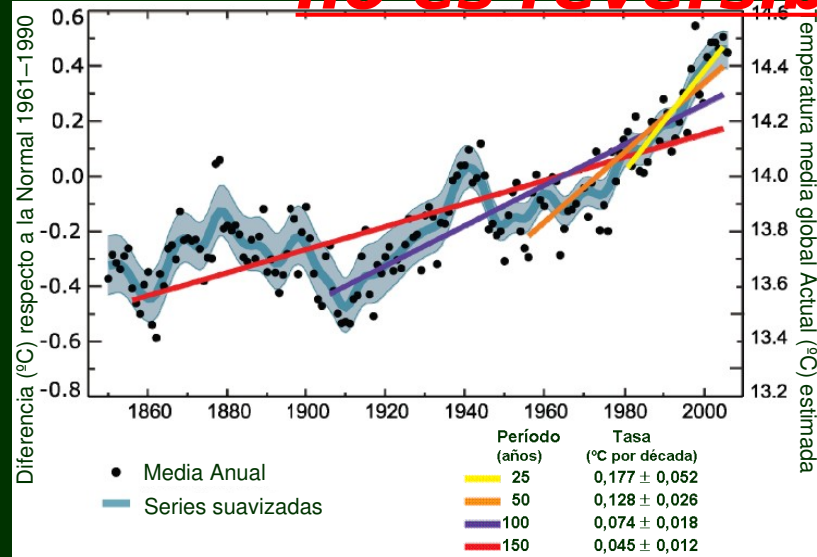
Consecuencias Primarias

- Aumento del gasto energético.
- Menor productividad animal.
- Niveles de Embalses más bajos en época seca
- Menor caudal en ríos.
- Incremento de riesgos de incendios, desertificación y aumento de enfermedades asociadas al agua.
- Aumento de la demanda para riego.
- Menor productividad vegetal
- Cambios en fechas de siembra.
- Problemas para realizar labores agrícolas.
- Problemas en los sistemas de gestión de agua.
- Cambios ecológicos en plagas y enfermedades.
- Mayor riesgo de deslizamientos e inundaciones.
- Mayor erosión

Consecuencias Secundarias

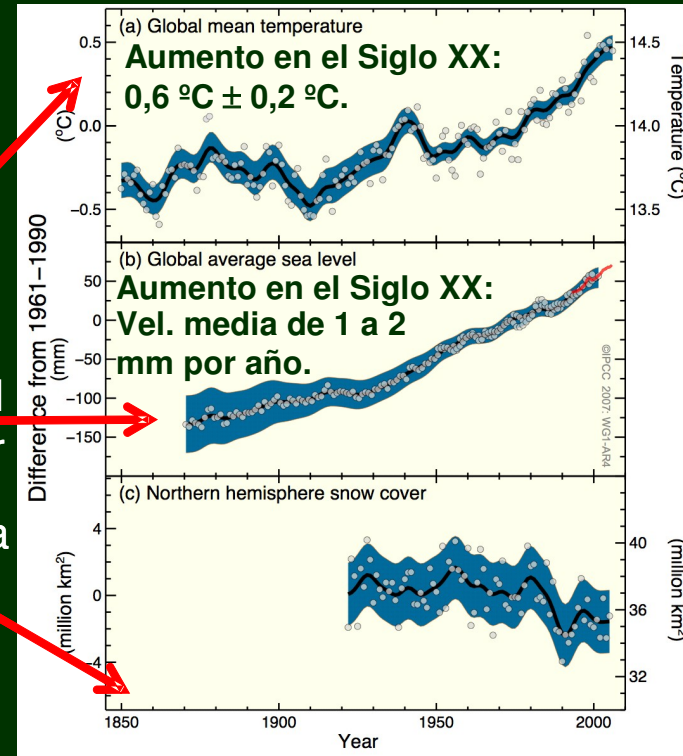
- Mayor irregularidad en el abastecimiento de agua.
- Cambios negativos en la calidad del agua.
- Incremento de los conflictos por uso del agua.
- Incremento de los costos de tratamiento del agua.
- Más fallas en el servicio de agua potable.
- Mayor irregularidad en la generación de energía hidroeléctrica.
- Dificultad creciente para el manejo de cuencas.
- Aumento en la presión sobre las aseguradoras.

El Cambio Climático ya comenzó, se está acelerando y no es reversible

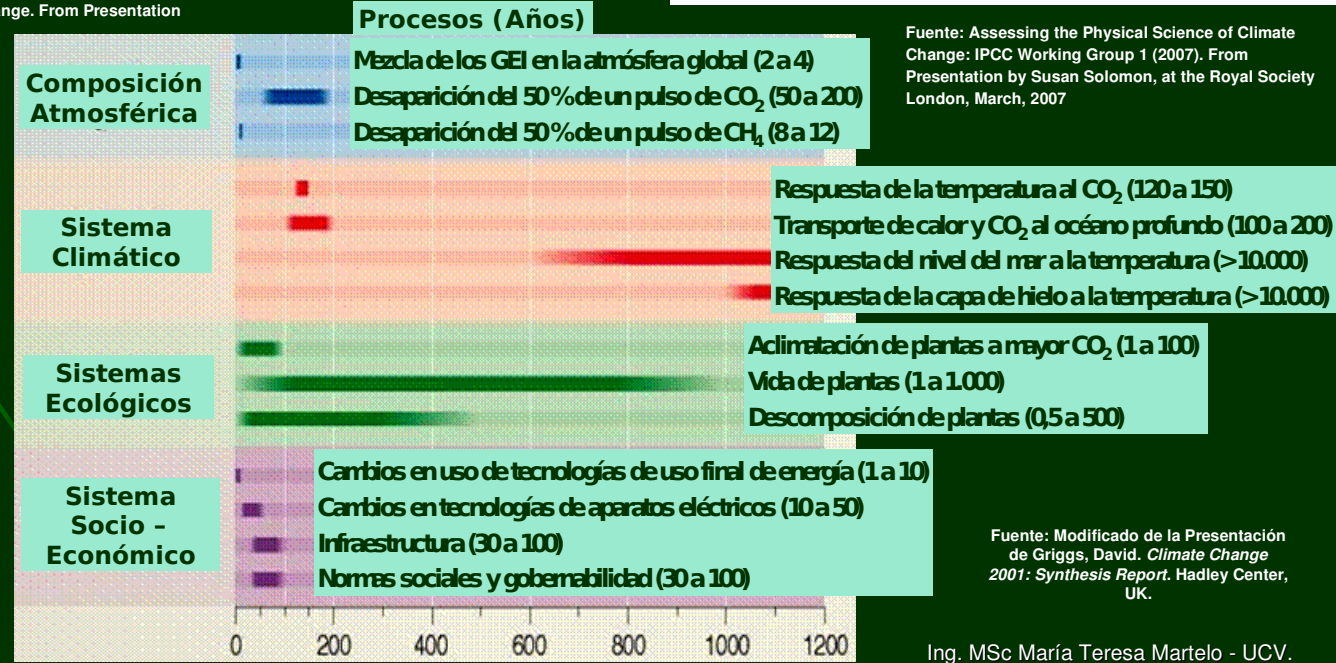


Fuente: Climate Change 2007: Observations and Drivers of Climate Change. From Presentation by Martin Manning, Director of IPCC Working Group I Support Unit

Aumento de la temperatura del aire
 Aumento del nivel del mar
 Reducción de la cobertura de nieve en el HN



Debido a las inercias de los diferentes sistemas, aunque se estabilizaran instantáneamente las concentraciones de GEI, seguirán ejerciendo su efecto de calentamiento.

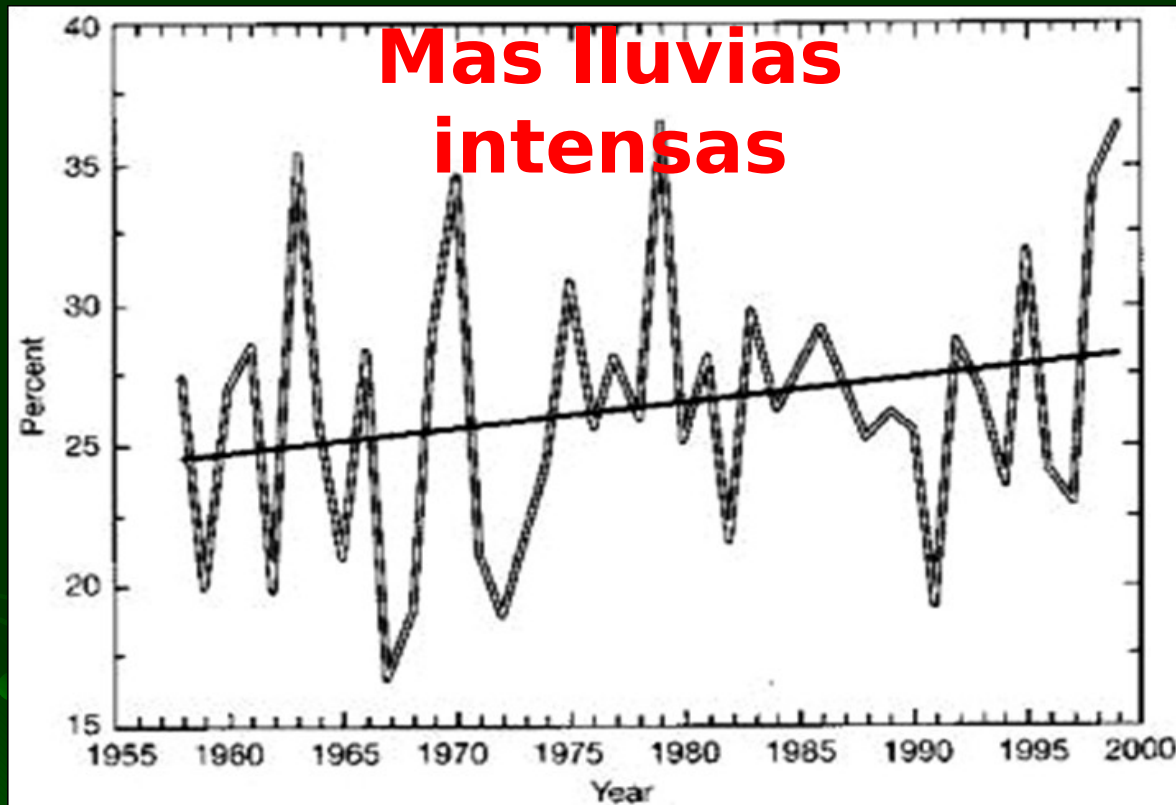


Fuente: Assessing the Physical Science of Climate Change: IPCC Working Group 1 (2007). From Presentation by Susan Solomon, at the Royal Society London, March, 2007

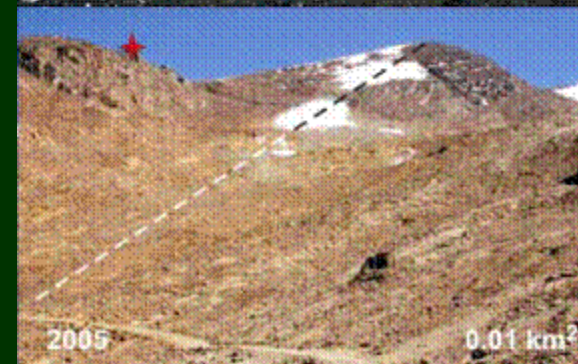
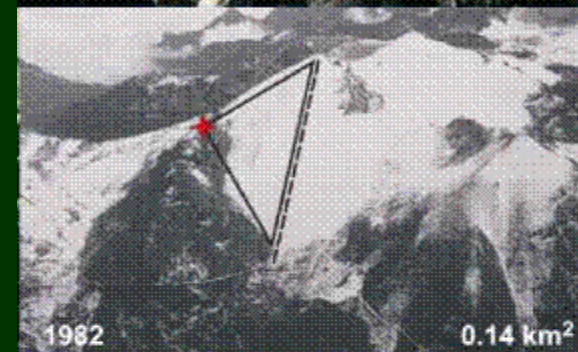
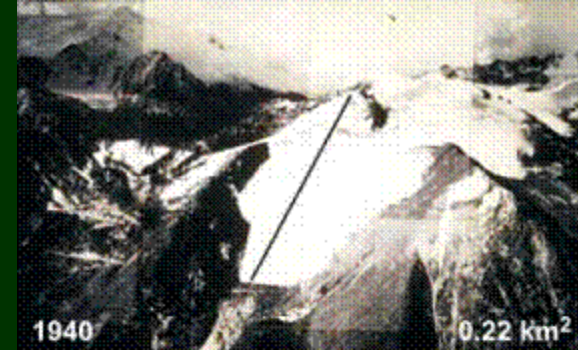
Fuente: Modificado de la Presentación de Griggs, David. *Climate Change 2001: Synthesis Report*. Hadley Center, UK.

Cambios en glaciares tropicales

Glaciar Chacaltaya, Bolivia, de 1940 a 2005



Porcentaje promedio del total anual de lluvia que viene de eventos iguales o mayores al percentil 95 de precipitación diaria en la región del Caribe, período 1958-99.



Impactos generales del cambio climático sobre el recurso hídrico

Un tercio de la población mundial está hoy sujeta a escasez de agua, y será más del doble en los próximos 30 años.

Considerando las incertidumbres, se proyecta que el Cambio Climático:

2. disminuirá la disponibilidad de agua en muchas zonas áridas y semiáridas;
3. modificará la distribución estacional de la precipitación;
4. debido a la aceleración del ciclo hidrológico, aumentará el número de días secos y disminuirá el número de días lluviosos;
5. la precipitación será más intensa.

¿Qué nos depara el futuro? (1)

Cambios en Temperatura y Precipitación

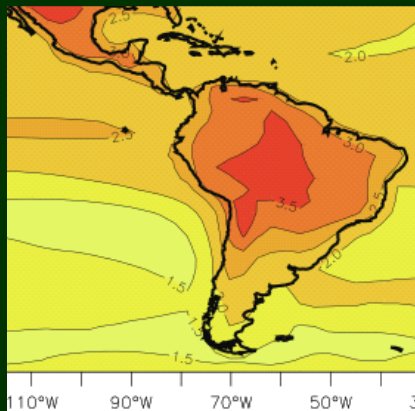
según simulaciones del MMD-A1B.

Cambios en los valores medios anuales, y trimestrales de DEF y JJA, entre 1980 a 1999 y 2080 a 2099, promediados sobre 21 modelos.

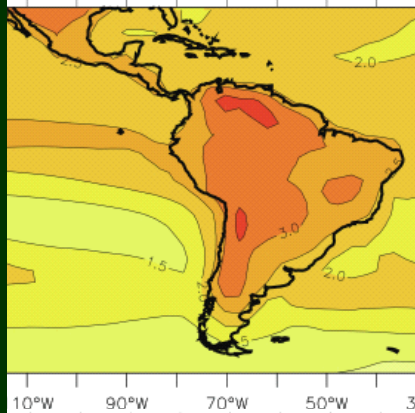
Capítulo 11: Proyecciones Climáticas Regionales

Para la mayor parte del país, un clima futuro más seco y más caliente

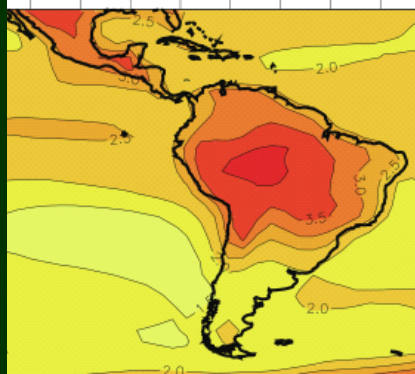
Anual



DEF



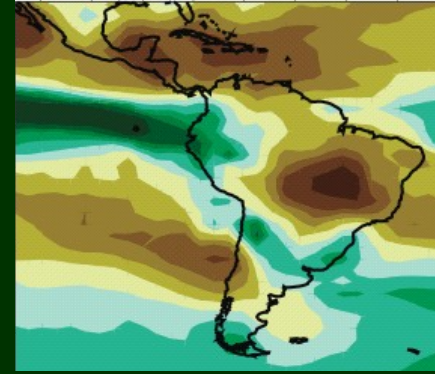
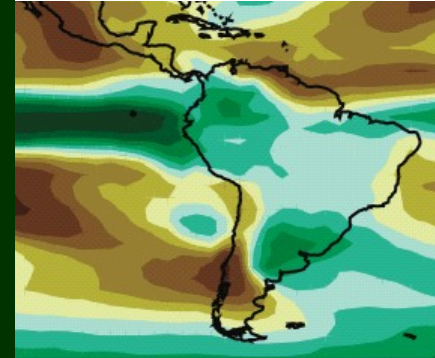
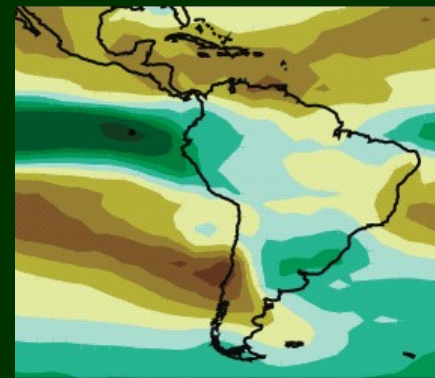
JJA



Respuesta de la Temperatura (°C)

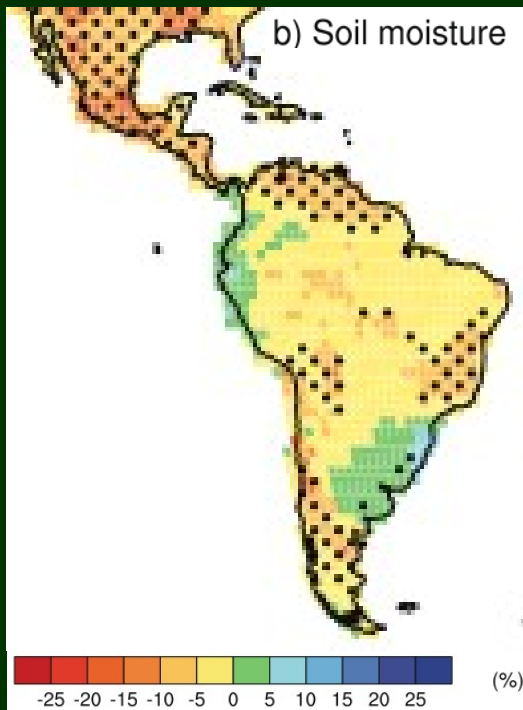


Respuesta de la Precipitación (%)



¿Qué nos depara el futuro?

b) Soil moisture

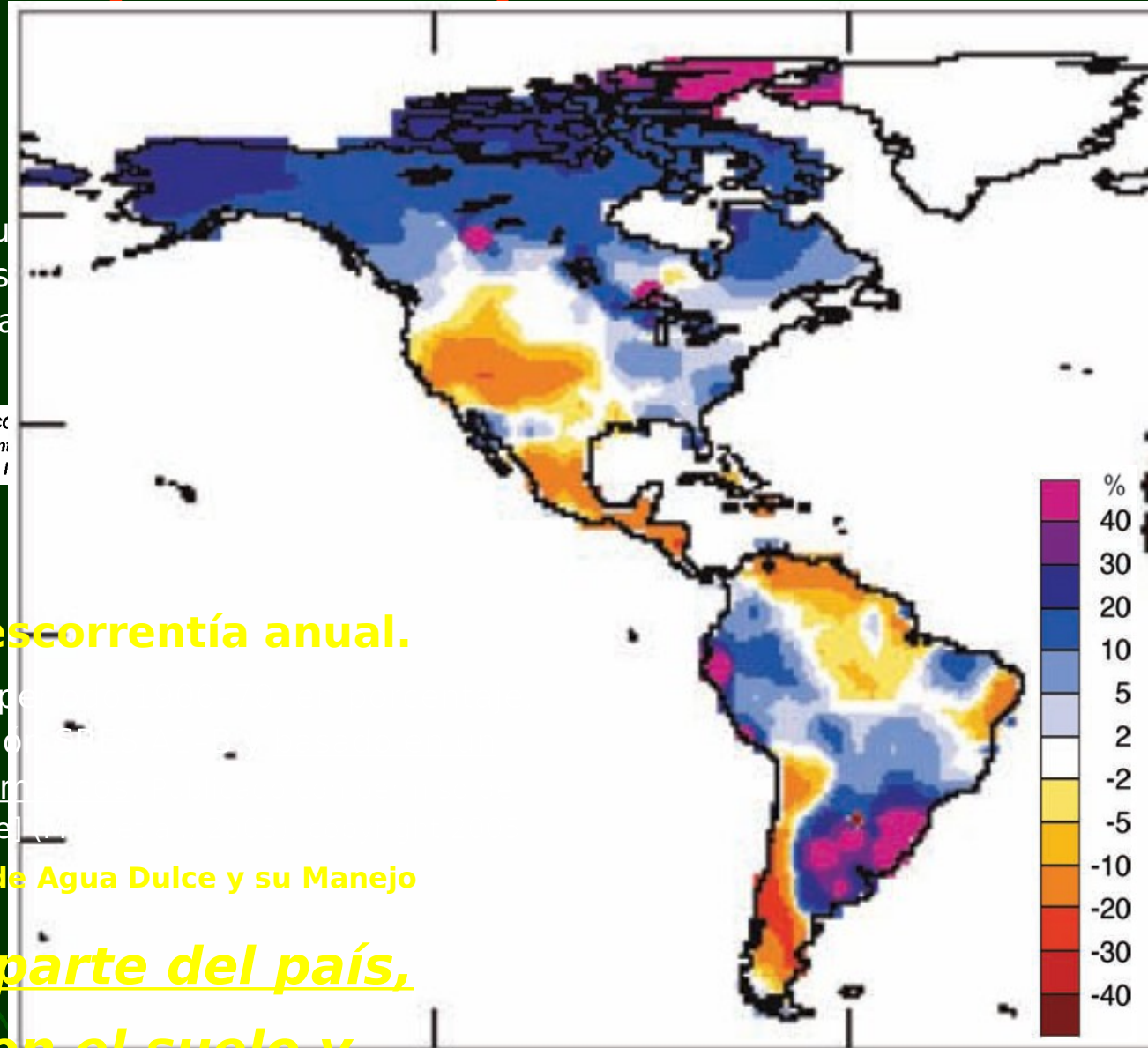


Cambio en la escorrentía anual.

Período 2041-60 relativo al período 1971-2000
bajo el escenario de emisiones A1B
conjunto de 12 modelos climáticos
Macmillan Publishers Ltd. [Nature] (2007)

Capítulo 3: Recursos de Agua Dulce y su Manejo

Para la mayor parte del país,
menos agua en el suelo y
menor caudal en ríos.



IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.*

El cambio climático en Venezuela ya comenzó

Proyecto coordinado por el MINAMB a través de la Dirección General de Cuencas Hidrográficas (DGCH), financiado por el Global Environmental Fund (GEF) y manejado por el PNUD (MANR-PNUD VEN/00/G31).

Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela



Indicador

Algunos cambios observados en el Siglo XX

Temperatura Máxima Media

→ Decremento de $-0,18\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 10 años (Período 1930-98, 69 años)

Temperatura Mínima Media

→ Incremento de $+0,37\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 10 años (Período 1930-98, 69 años)

Precipitación (total anual)

→ Decremento en casi todo el país entre -3% y -20% (Período 1911-1998, datos "gridded", Período 1950 - 1998, 49 años de datos nacionales en 85 estaciones)

Precipitación (distribución anual)

→ Decremento en la época lluviosa y un ligero incremento en la época seca en algunas zonas del país

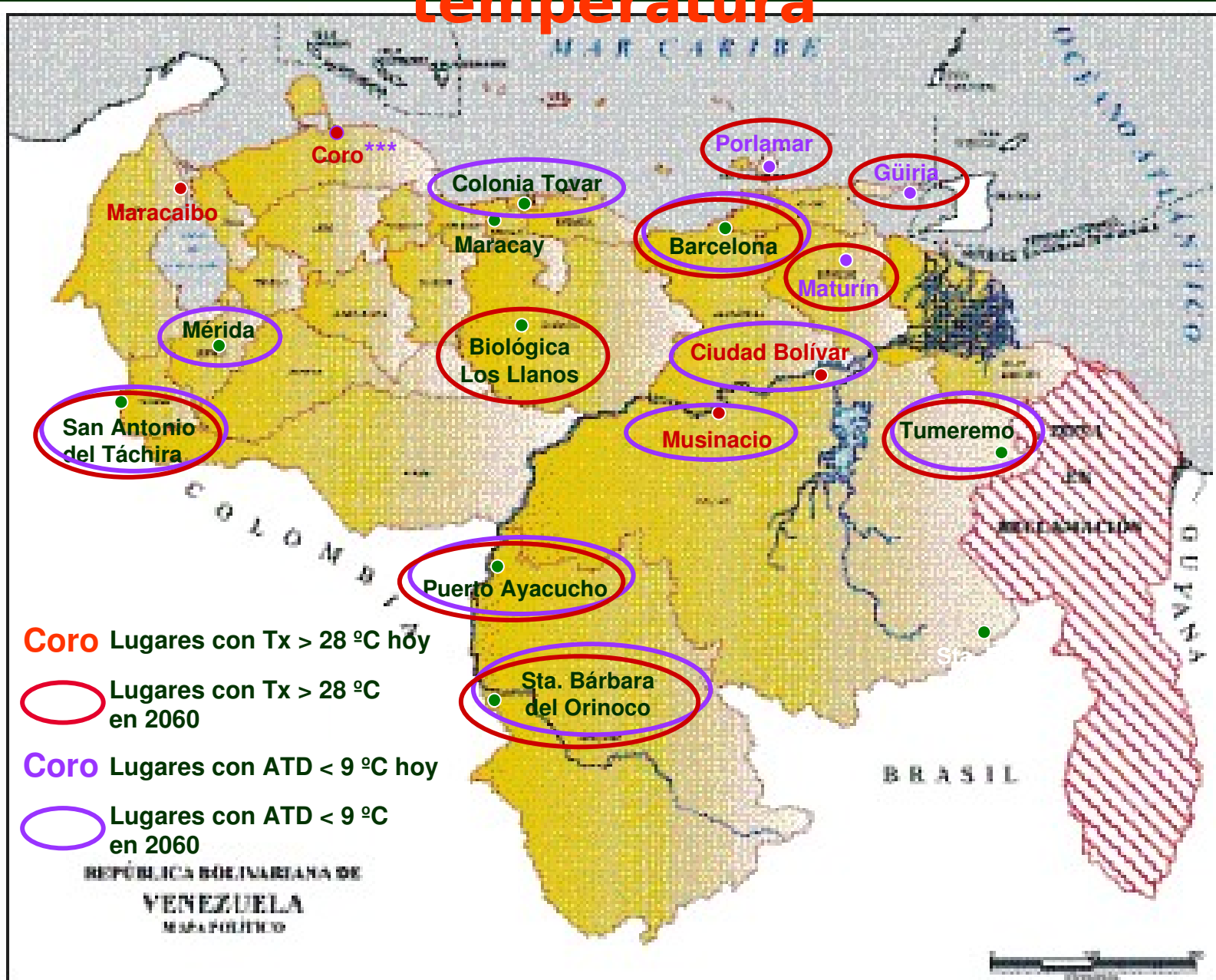
Precipitación (extremos)

→ Un incremento en la época lluviosa y un decremento en la época seca en algunas zonas del país (e) - de todos los resultados, es el que estadísticamente es menos confiable

Se estima que el clima futuro más plausible para Venezuela es uno más seco y caliente que el actual, aunque localmente podría aumentar la precipitación.

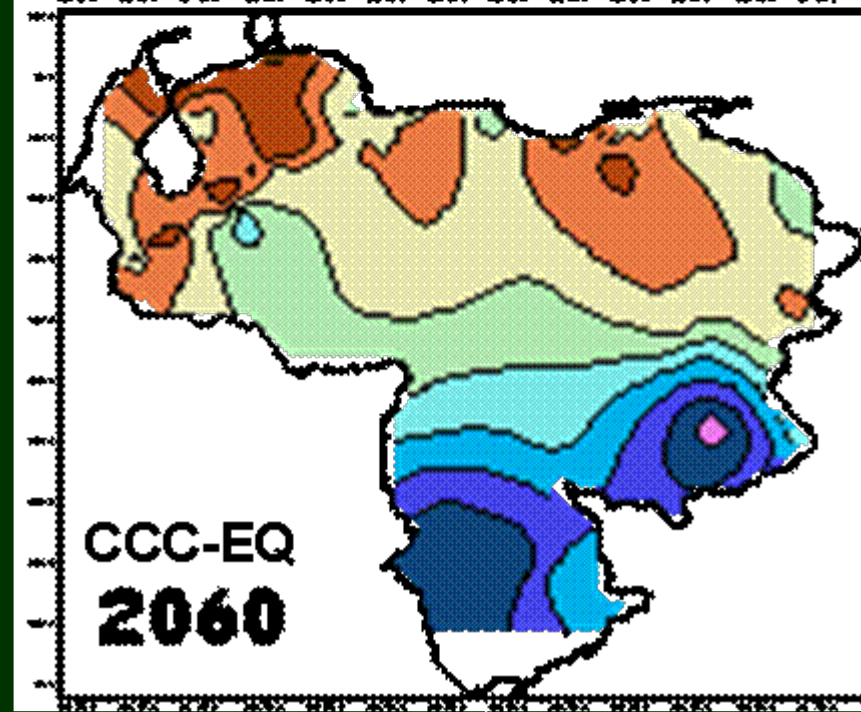
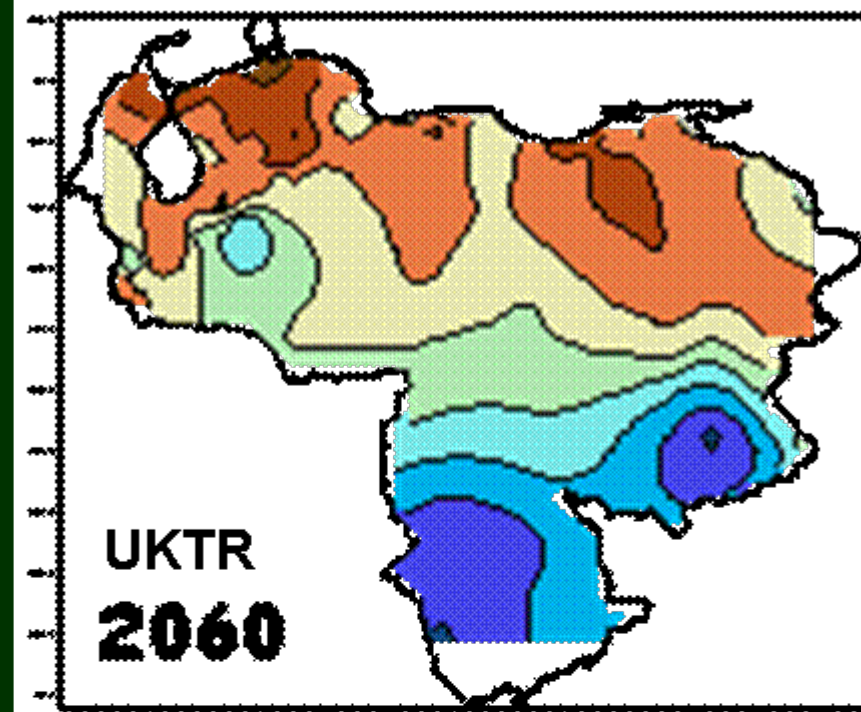
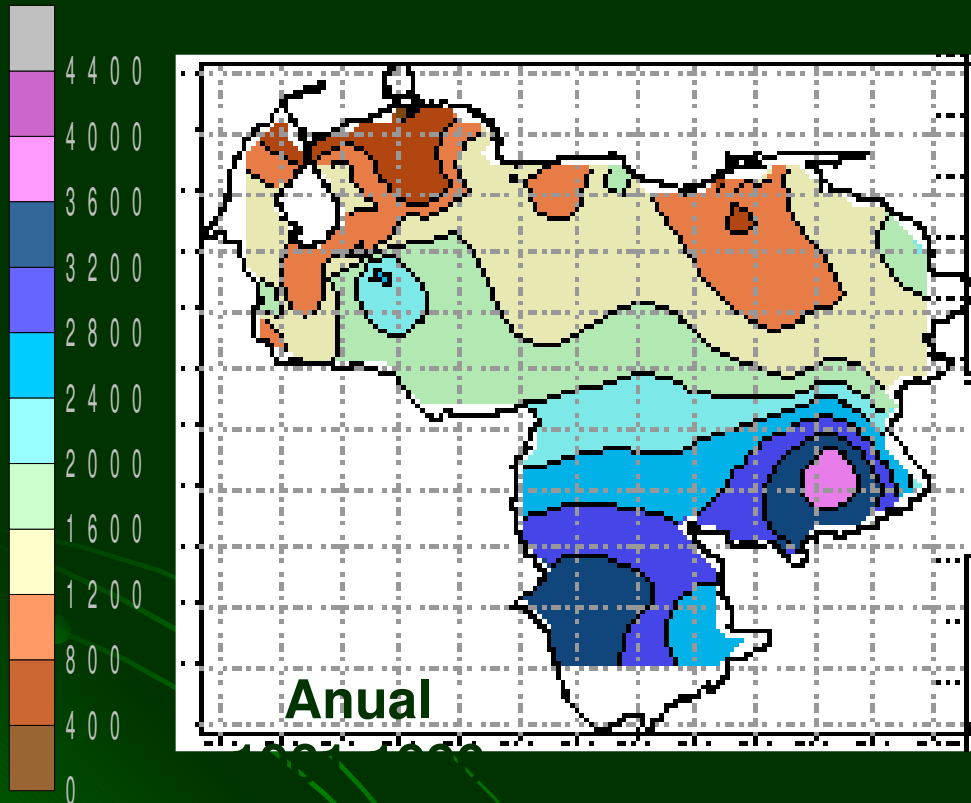
Cambios plausibles para la temperatura

Para mediados de siglo se esperan valores de 1°C a 3°C mayores que los actuales.



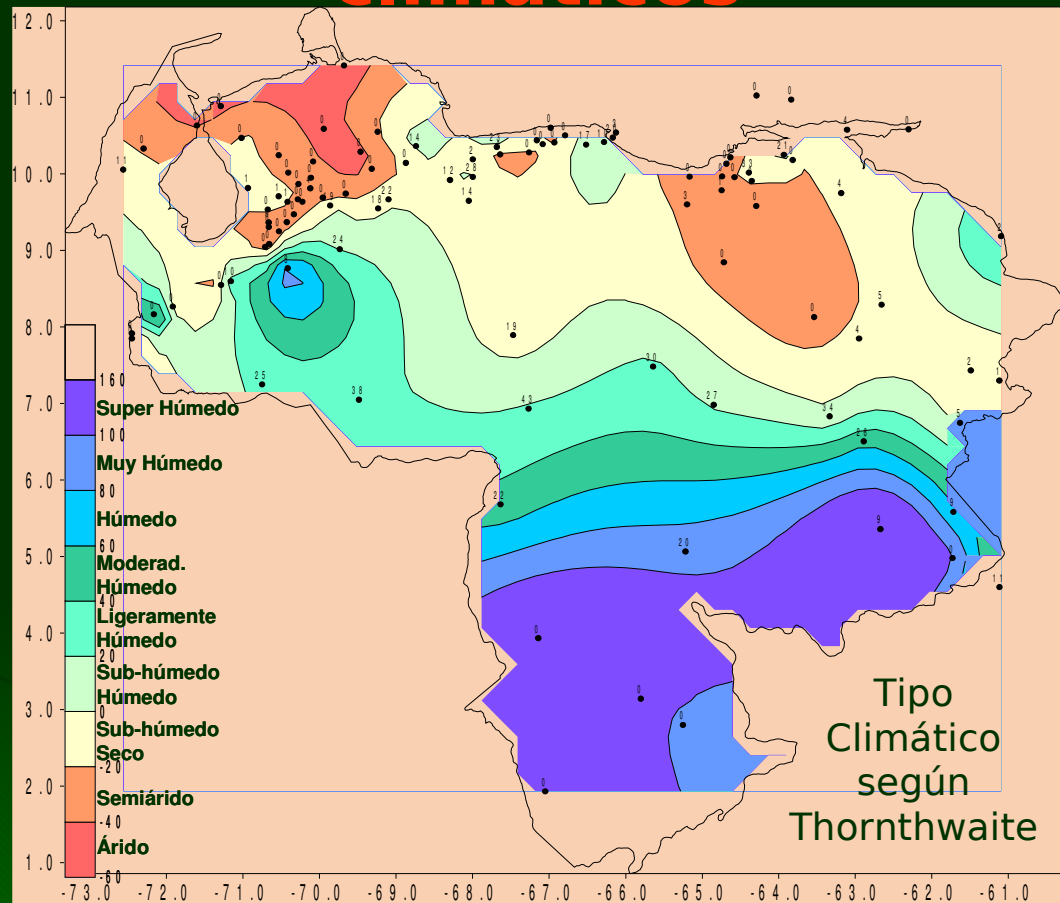
Cambios plausibles en el total anual de lluvia

Leyenda (mm)

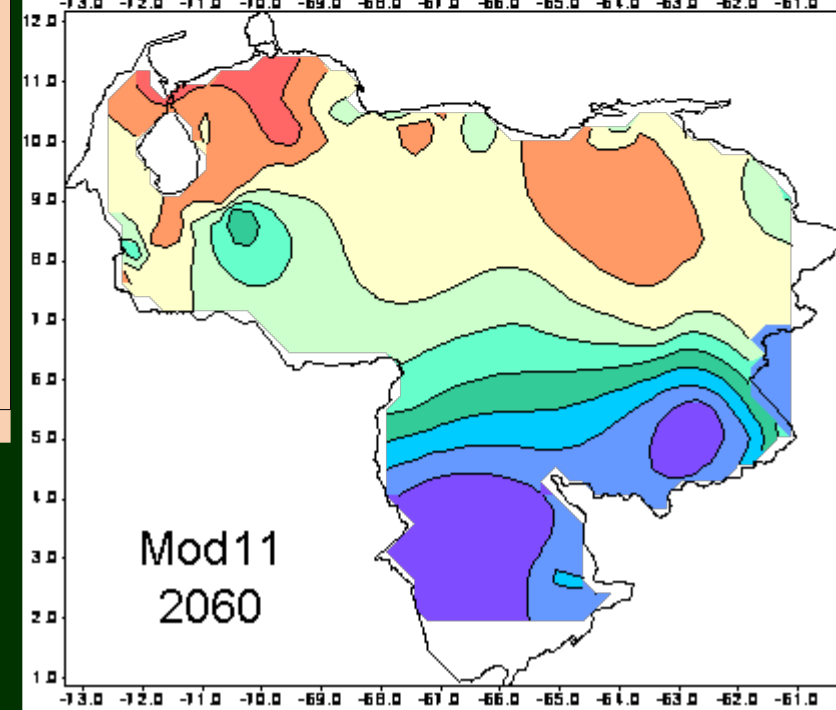
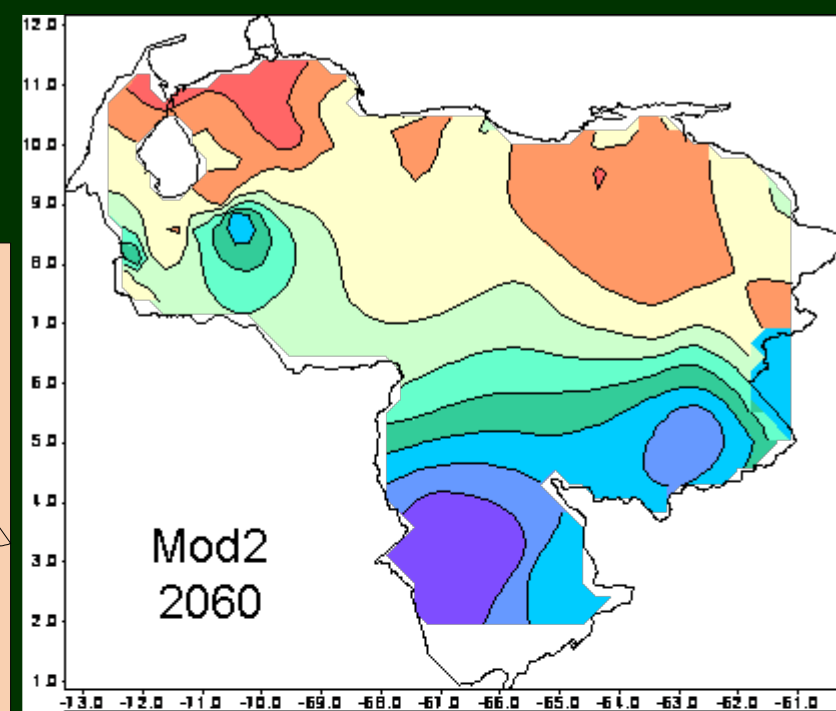


Para mediados de siglo se obtienen valores del total anual de lluvia entre 5% y 25% menores que los actuales.

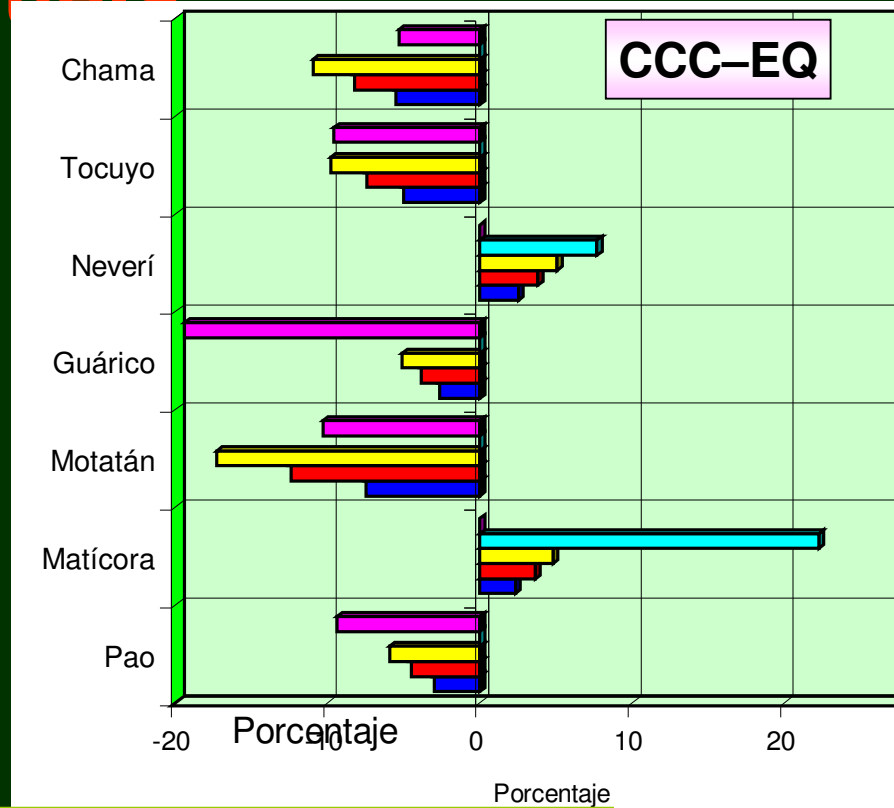
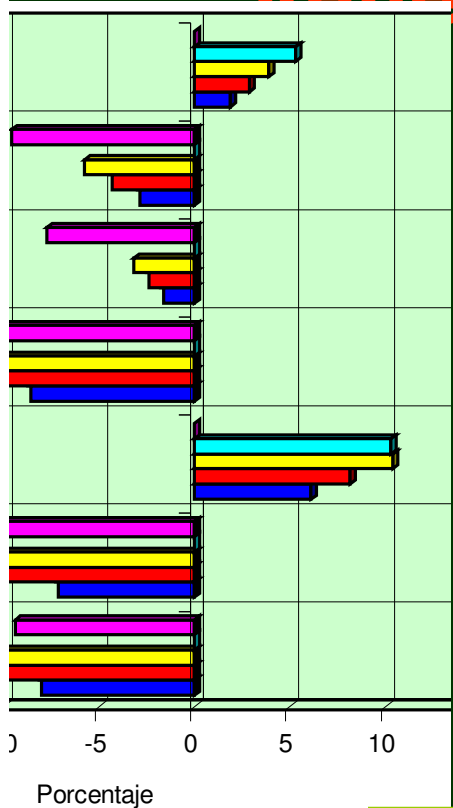
Cambio en la superficie bajo diferentes tipos climáticos



La superficie bajo climas secos se incrementará del 39 % actual a aproximadamente 47 %.



Modelos plausibles en la escorrentía anual en siete cuencas de Venezuela



■ Lím Inf

■ 2020 ■ 2040 ■ 2060 ■ Lím Sup ■ Lím Inf

■ 2020 ■ 2040 ■ 2060 ■ Lím Sup ■ Lím Inf

■ 2020 ■ 2040 ■ 2060 ■ Lím Sup ■ Lím Inf

Los modelos coinciden en las cuencas llaneras: los ríos Tocuyo, Guárico y Pao disminuirán su caudal. Para las cuencas de montaña hay máxima incertidumbre: los ríos Chama, Neverí, Motatán y Matícora dan resultados invertidos en los modelos.

Algunas consecuencias del cambio climático en Venezuela

- El área bajo riesgo climático de desertificación se expandiría del 39% del territorio actual a un 47% hacia el 2060.
- En el sector agrícola, el café (Táchira), la caña de azúcar (Yaracuy) y las musáceas (Zulia) pasarían a ser cultivos marginalmente aptos, y la producción de pollos y cerdos disminuirá.
- La capacidad de recuperación estacional de los embalses disminuirá, aumentando los conflictos de uso del agua. Es probable que los cambios en caudal alteren negativamente la calidad del agua.
- Los sistemas de agua potable y saneamiento son muy vulnerables actualmente, y la menor disponibilidad de agua en el futuro incrementará los problemas de prestación de estos servicios.
- Podría incrementarse el número de casos de enfermedades gastrointestinales, así como las dengue y malaria.

Vulnerabilidad y Adaptación al cambio climático

En cambio climático, la *vulnerabilidad* se define como el efecto residual sobre un sistema, que no puede ser evitado, una vez que se han tomado las medidas de adaptación. Esta visión difiere de la de manejo de riesgos:

$$\text{Riesgo} = \text{amenaza} \times \text{vulnerabilidad}$$

donde vulnerabilidad es el grado de exposición a la amenaza.

Se utiliza un concepto diferente de vulnerabilidad para garantizar el *Principio de Equidad*: para la misma amenaza, los países y ciudadanos pobres son más vulnerables, porque su capacidad de adaptación es mucho menor. Las medidas de adaptación son la única forma de reducir la vulnerabilidad; cuántas más y mejores medidas de adaptación se tomen, menores serán los efectos residuales que no se pueden evitar.

La adaptación ya no es una opción, sino una necesidad, dado que los impactos debidos al cambio climático ya están sucediendo.

Sectores que requieren análisis de Vulnerabilidad y Adaptación

La Adaptación implica también la adecuación de las infraestructuras, que deben ser diseñadas para las nuevas condiciones climáticas.

RECURSOS HÍDRICOS

- Abastecimiento de Agua
- Saneamiento ambiental
- Competencia por Agua

AGRICULTURA

- Rendimiento de Cultivos
- Riego
- Erosión

BOSQUES

- Composición y distribución de Bosques
- Productividad y Salud Forestal

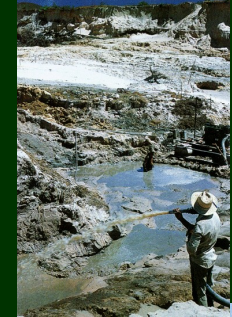
COSTAS

- Erosión de playas
- Inundación costera

SALUD

Enfermedades Metaxénicas (dengue, malaria); Infecciosas y Gastrointestinales; Respiratorias (calidad del aire)

Eventos extremos



Características de las medidas de Adaptación

- Las medidas de adaptación deben tomarse a nivel local, regional y nacional, por entes públicos, privados y ciudadanos en general.
- Las medidas de adaptación son necesariamente sectoriales; las acciones que tomará un agricultor para minimizar sus pérdidas debidas a los cambios en la lluvia y la temperatura, no serán las mismas que tomará un médico, quien por los mismos cambios se verá afectado de otra manera, por ejemplo teniendo muchos más pacientes con malaria y dengue, o como un ingeniero civil, quien debe recalcular todas sus curvas I-D-F para poder diseñar obras civiles adaptadas a las mayores intensidades de la precipitación.
- Para el éxito de las medidas de adaptación, es necesario un esfuerzo sostenido de información y educación de todos los actores sociales, ya que se requiere un profundo cambio en:
 - los patrones de uso de los recursos naturales;
 - los patrones de consumo de bienes y servicios.
- 4. La capacidad de adaptación depende, entre otras, de la capacidad institucional, la filosofía de la gestión de la riqueza, la escala temporal de la planificación, el marco jurídico y organizacional, la tecnología y la movilidad de la población.

Gracias ...