

CAMBIO CLIMATICO EN CENTROAMERICA

Preparado por: Lic. Max Campos

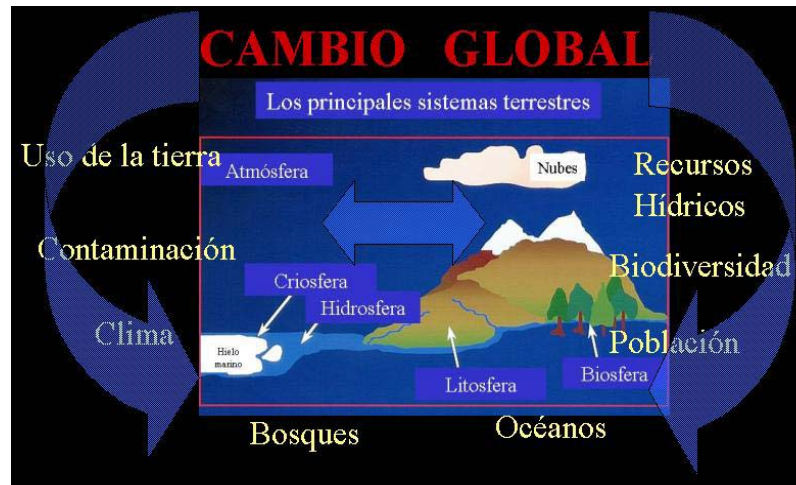
EL CAMBIO CLIMATICO EN CENTROAMÉRICA

Max Campos Ortiz¹

El cambio climático es parte de una problemática aun mayor conocida como **cambio global**, en ella cualquier alteración en alguno de sus componentes básicos produce un efecto en todo el sistema global.

El este ámbito global el clima está determinado por el trabajo que realiza integradamente un sistema que está compuesto por: la atmósfera, el océano, las capas de hielo y la tierra.

Figura 1. Representación esquemática del cambio global.



Los océanos (hidrosfera) afectan el clima mediante el almacenamiento y liberación de calor, lo que hace que algunas regiones del mundo sean más húmedas que otras, o más cálidas. Las capas de hielo (parte de la criosfera) afectan al clima al reflejar la energía del sol, creando un efecto de enfriamiento. Los árboles y las plantas (biosfera) afectan al clima mediante el almacenamiento y liberación de carbono y dióxido de carbono. Las nubes (la atmósfera), afectan al clima de muchas formas, por ejemplo, estas pueden ejercer un efecto de enfriamiento el cual demora la evaporación del agua. Aún pequeñas alteraciones en cualquiera de los principales sistemas terrestres tendrán una repercusión importante en el sistema climático.



El efecto invernadero

La atmósfera de nuestro planeta atrapa calor, tal como lo haría un invernadero hecho para cultivar plantas. La luz del sol ingresa al invernadero (atmósfera) y calienta el suelo, las plantas y el océano.

Figura 2: Representación esquemática del efecto invernadero, (NOAA, EPA, NASA).

Aproximadamente el 30% de la energía solar es reflejada y regresada al espacio. La energía

¹ Secretario Ejecutivo, Comité Regional Recursos Hidráulicos (CRRH) – Sistema de la Integración Centroamericana. Co Autor Principal “Latinoamérica y el Cambio Climático”, Tercer Reporte de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC).

restante es absorbida por unos gases contenidos en la atmósfera en cantidades muy pequeñas y que se conocen, por esta capacidad de absorber energía, como gases de efecto invernadero. También parte de esta energía es absorbida por la superficie terrestre lo cual ayuda a calentar el planeta.

La tierra emite calor de vuelta a la atmósfera, este calor es absorbido por los gases de efecto invernadero tales como el dióxido de carbono y el metano. A pesar de esto, alguna energía es emitida de regreso al espacio, esta acción evita que el planeta se sobrecaliente. El efecto invernadero es un fenómeno natural, lo cual hace que nuestro planeta sea lo suficientemente cálido para permitir la vida tal y como la conocemos actualmente. Sin este efecto invernadero natural del planeta, la temperatura de la tierra sería 33°C más baja que la temperatura promedio actual (temperatura promedio actual 15°C, la temperatura promedio sin efecto invernadero sería de -18°C).

Gases de efecto invernadero:

Algunas fuentes naturales de emisiones de dióxido de carbono son: los árboles y plantas, los cuales han absorbido el dióxido de carbono de la atmósfera; cuando estos mueren el dióxido de carbono retorna nuevamente a la atmósfera. Las plantas en los océanos llevan a cabo una función similar.

La respiración de los animales y de los seres humanos es un proceso mediante el cual se emite **dióxido de carbono** a la atmósfera. La quema de combustibles fósiles como la gasolina, el carbón y el gas, no son formas naturales de producir gases de efecto invernadero, además son un aporte adicional a la cantidad de gases dispuestos por la naturaleza,

Existen sumideros de carbono los cuales absorben y almacenan más carbón del que ellos liberan. Los sumideros de carbono tales como los océanos y los bosques tratan de equilibrar parte de esas emisiones adicionales de carbono. La acelerada deforestación que se está produciendo en el planeta limita las posibilidades de que mucho de ese carbón sea absorbido.

En muchos lugares del mundo, como Alaska, el Polo Sur y las Islas Samoa, se toman mediciones ambientales sobre las concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera. Sin embargo, uno de los mejores lugares para realizar estas mediciones se encuentra ubicado en Mauna Loa, Hawaii.

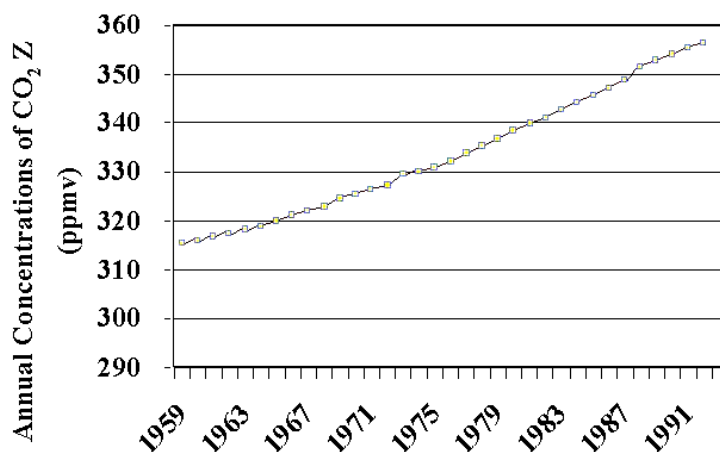


Figura 3. Concentraciones atmosféricas de CO₂ registradas en Mauna Loa, Hawaii, durante el período 1959-1992 (NOAA, EPA, NASA),

Estos datos, figura 3, muestran un aumento del 12.8 % en la concentración media anual de dióxido de carbono, desde 315.83 partes por millón por volumen (ppmv) de aire seco en el año 1959, hasta 356.24 ppmv en 1992. Con el fin de conocer las concentraciones de dióxido de carbono mucho antes de los datos obtenidos directamente en Mauna Loa, los científicos utilizan perfiles de hielo tomados de la antártica donde han quedado atrapadas burbujas de aire, o pequeñas muestras de la atmósfera del pasado.

El Metano es un gas de efecto invernadero, aún más potente que el dióxido de carbono. Una de sus fuentes principales son los botaderos de basura, los cuales sumaron el 65% de las emisiones en 1996, o sea que estas están asociadas a actividades humanas. La ganadería es el segundo emisor más importante de metano.

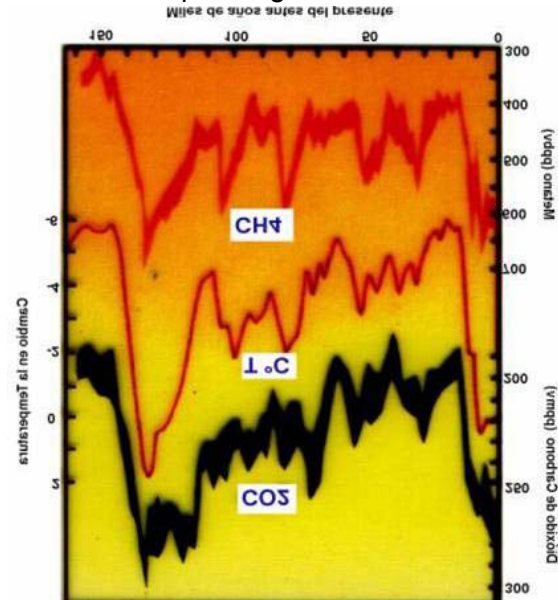
El **cambio climático** es un proceso natural tal y como se ha podido observar durante los períodos glaciares en los cuales el clima era más frío, comparado con los periodos interglaciares donde el clima es más cálido y se produce una contracción de los casquetes polares y glaciares.



Las actividades humanas pueden intensificar el efecto invernadero natural mediante el incremento de la concentración de los gases efecto invernadero en atmósfera. Lo anterior produce un calentamiento del planeta e induce a cambios en el clima actual.

Figura 4: Desviación del promedio de temperatura global (anomalía).

De acuerdo con las observaciones, la temperatura promedio del planeta ha aumentado en aproximadamente 1°C durante el siglo XX (figura 4.). A pesar de que esto no pareciera ser un gran incremento en la temperatura comparado con lo sucedido durante las épocas glaciares donde la temperatura era hasta 4°C menor que la actual,



lo que es alarmante es la tasa de incremento de la temperatura observada. Aunque el ser humano tome medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en este momento el calentamiento global continuaría más rápidamente de lo que se ha experimentado en los últimos 10.000 años.

Se ha podido registrar eventos notables en el **clima del pasado**, por ejemplo: durante el período 30,000 a 15,000 años antes del presente, Norteamérica estaba cubierta por una gruesa capa de hielo de unos cuatro kilómetros de grueso y fue hacia finales de estas edades de hielo, que los grandes

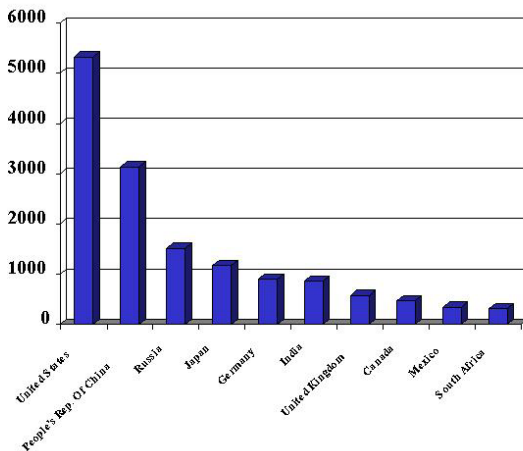
Figura 5: de CO₂ en la atmósfera con la temperatura del planeta

mamíferos comenzaron a desaparecer. Asimismo, una época conocida como la pequeña edad de hielo, afectó a Europa durante varios cientos de años, el periodo más fuerte sucedió entre 1570 y 1730, muchos inviernos causaron hambruna, y sus efectos se sintieron todavía a principios del siglo XIX.

Hay evidencia que los glaciares se han venido derritiendo, por ejemplo, en Norteamérica algunos de los glaciares más importantes como los de Montana son hoy día únicamente una tercera parte de lo que fueron en el año 1850. Observaciones similares se han realizado en la Cordillera de los Andes. El nivel del mar también ha aumentado, no solamente debido a la fusión de los hielos sino también debido a la expansión térmica de los océanos.

La mayoría de los científicos consideran el calentamiento de la atmósfera continuará ya que los compromisos por parte de muchos países para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera son muy escasos.

Hoy día muchas de las actividades humanas, especialmente aquellas en las que se queman los combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón), son la principal contribución de dióxido de carbono hacia atmósfera.



Los seres humanos queman combustibles fósiles en las plantas de energía para producir electricidad, en las fábricas para producir bienes y en las casas para utilizar objetos como la calefacción, aire acondicionado, y la luz artificial. Quemamos combustibles fósiles para transportarnos (automóviles, buses, aviones), además, liberamos dióxido de carbono cuando cortamos y quemamos el bosque.

Figura 6: Emisiones nacionales de dióxido de carbono debido a la utilización de combustibles

fósiles para el año 1996

Escenarios del cambio climático (perspectiva del clima del futuro).

Los científicos también usan modelos climáticos (simulaciones del clima realizadas por computadora) para estudiar los potenciales efectos, que sobre el clima tendría, un aumento del dióxido de carbono en la atmósfera u otros gases de efecto invernadero.

Basados en esos modelos climáticos el Panel de Expertos de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (IPCC) ha estimado que dada la tendencia actual de emisiones de gases efecto invernadero a la atmósfera, la temperatura media del planeta podría alcanzar hasta 4 o 5 °C más que la temperatura actual. Estas estimaciones sobre las condiciones futuras del clima se conocen como escenarios climáticos,

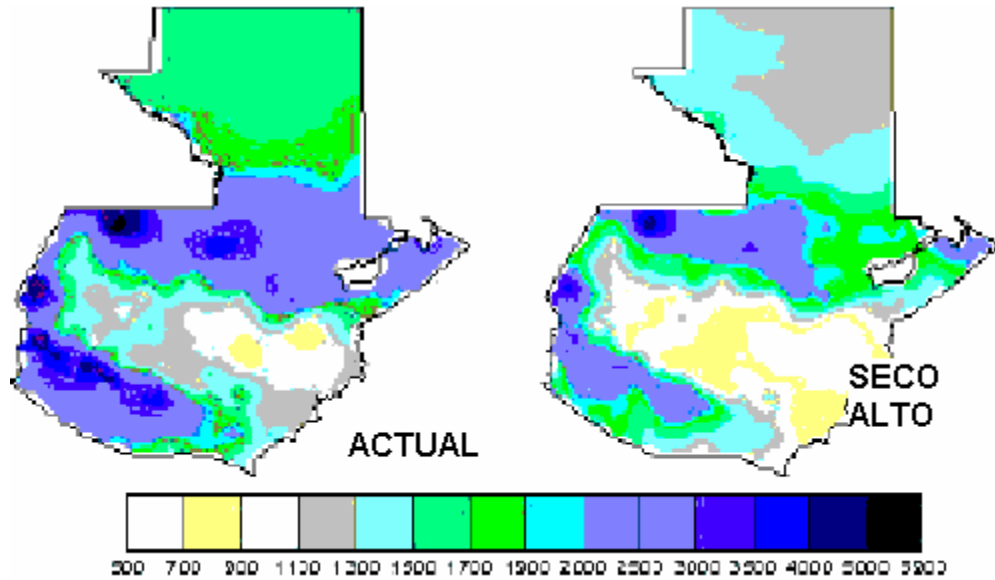


Figura 7. Potenciales cambios en la precipitación para el año 2050 en Guatemala bajo un escenario seco-alto. (Min. Amb. y Rec. Nat, Guatemala, 2001).

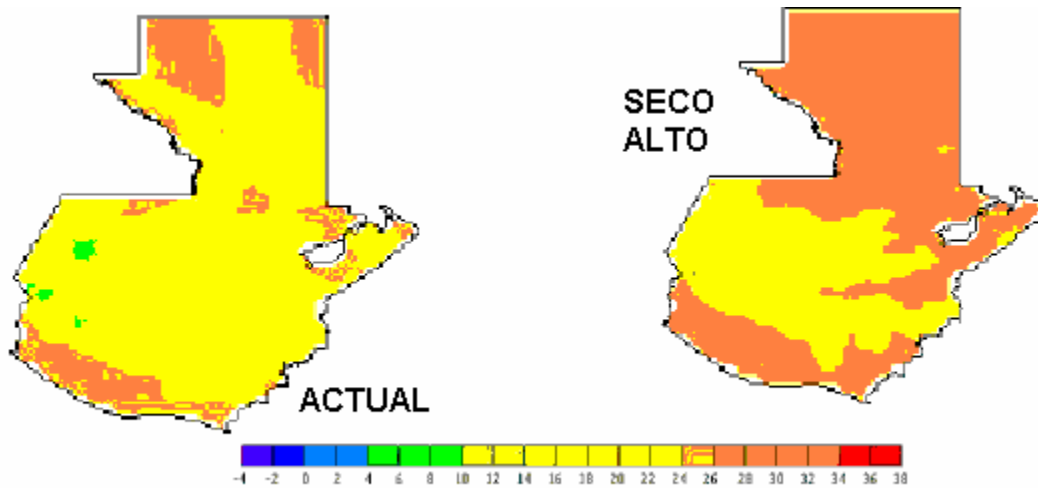


Figura 8: Potenciales cambios en la temperatura para el año 2050 en Guatemala bajo un escenario seco-alto. (Min. Amb. y Rec. Nat, Guatemala, 2001).

Este aumento en la temperatura promedio y reducción en la lluvia, particularmente sobre la vertiente Pacífico de Centroamérica, se observa también en otros estudios presentados en las comunicaciones nacionales de Costa Rica, Nicaragua y Honduras.

Un escenario climático es “una **estimación** internamente consistente de cambios en el clima futuro, el cual es construido a partir de métodos que se basan en sólidos principios científicos, y que pueden ser usados para proporcionar un entendimiento de la respuesta de los sistemas ambientales y sociales al cambio climático futuro (Viner y Hulme, 1996)”.

En el caso específico de Centroamérica, estos escenarios han sido desarrollados para los siete países del Istmo y sus resultados se han presentado en las “Comunicaciones Nacionales a la Secretaría del Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático”. La mayoría de esos estudios han utilizado escenarios de emisiones de gases de efecto los cuales se sustentan en suposiciones globales sobre cambios en la población, en el bienestar económico, en el uso de combustibles fósiles y además, considerando algunos aspectos ambientales. Tres de los escenarios más usados se resumen en la tabla 1.

Tabla 1.: *Resumen de las principales suposiciones consideradas en los escenarios de emisiones para este estudio (IPCC, 1992).*

Escenario	Población al Año 2100	Crecimiento Económico	Fuente de Energía	Otros
IS92-a	11.3 billones (WB, 91) ⁽¹⁾	1990-2025: 2.9% 1990-2100: 2.3%	- 12.000 EJ petróleo convencional. - 13.000 EJ gas natural - costo de energía solar disminuye a US\$ 0.075/kWh - 191 EJ/año de bio combustibles disponible a \$70/barril (1barril=6GJ)	- Controles sobre emisiones de SO _x , NO _x , y NMVOC aprobados legalmente e internacionalmente acordados. - Esfuerzos para reducir las emisiones de SO _x , NO _x , y CO en países en vías de desarrollo para mediados del siglo 21.
IS92-c	6.4. billones UN-medio-bajo ⁽²⁾	1990-2025: 2.0% 1990-2100: 1.2%	- 8.000 EJ petróleo convencional. - 7.300 EJ gas natural - costo de la energía nuclear decrece anualmente en 0.4%.	Igual que en IS92-a.
IS92-d	6.4. billones UN-medio-bajo ⁽²⁾	1990-2025: 2.7% 1990-2100: 2.0%	- 8.000 EJ petróleo convencional. - 7.300 EJ gas natural - costo de energía solar \$0.065/kWh. - 272 EJ/año de bio combustibles disponible a \$50/barril (1barril=6GJ)	-Control de emisiones se extiende mundialmente para CO, NO _x , NMVOC y SO _x . -Se detiene la deforestación. -Captura de emisiones de la explotación del Carbón y de la producción y uso de gas.

(1): Banco Mundial, 1991

(2): Naciones Unidas (UN, 1990; UN Population Division, 1992, citado por IPCC, 1992).

Uno de los aspectos más relevantes que se pueden observar en la mayoría de estos escenarios de cambio climático es la importante reducción que sucede en la precipitación a lo largo de la vertiente del Pacífico de Centroamérica. Por ejemplo, en Guatemala, bajo las consideraciones de un escenario seco-alto (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2001) la precipitación se reduce significativamente (figura 7). Un caso similar se puede observar con la temperatura promedio anual, la cual presenta un aumento importante.

Utilizando el modelo MAGICC² (Viner y Hulme, 1997) para establecer los escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero y el modelo SCENGEN³ (Viner y Hulme, 1997) para incorporar la sensibilidad climática y los diferentes modelos de circulación general de la atmósfera, los resultados para los tres países anteriores se presentan para una grilla de 5 x 5 grados latitud y longitud, ver figura 9.

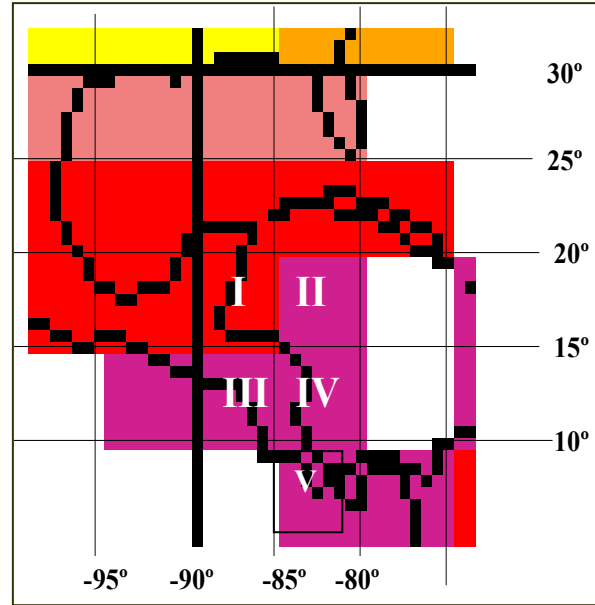


Figura 9: Cuadrantes de información de 5 x 5, latitud-longitud del modelo SCENGEN con resultados de los escenarios climáticos.

En la tabla 2 se presentan los resultados resumidos para dos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), considerados como, optimista y pesimista respectivamente. Las estimaciones se realizan para los horizontes de tiempo: 2030, 2050 y 2100.

Tabla 2: Cambios en la precipitación y la temperatura para dos escenarios, pesimista y optimista, para cuatro cuadrantes de información en Centroamérica y horizontes de tiempo 2030, 2050 y 2100.

Escenario climático	Pesimista										Optimista										Horizonte de tiempo
	Precipitación (%)					Temperatura (C)					Precipitación (%)					Temperatura (C)					
Elemento climático																					Año
Cuadrante de información	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V	
Costa Rica			-12.1	-11.8	-3.8			1.2	1.2	1.1			-10.0	-9.8	-3.1			1.0	0.9	0.9	2030
			-18.5	-18.1	-5.8			1.9	1.7	1.8			-13.7	-13.4	-4.3			1.4	1.2	1.3	2050
			-33.9	-33.1	-10.5			3.4	3.0	3.2			-18.2	-17.8	-5.7			1.8	1.6	1.7	2100
Nicaragua			-14.5	-14.1				1.5	1.3				-12.4	-12.1				1.3	1.1		2030
			-21.0	-20.5				2.1	1.9				-16.2	-15.8				1.6	1.5		2050
			-36.6	-35.7				3.7	3.3				-21.0	-20.5				2.1	1.9		2100
Honduras	-11.8	-11.2	-14.5	-14.1		1.3	1.0	1.5	1.3		-10.1	-9.6	-12.4	-12.1		1.1	0.9	1.3	1.1		2030
	-17.1	-16.3	-21.0	-20.5		1.9	1.5	2.1	1.9		-13.2	-12.6	-16.2	-15.8		1.5	1.2	1.6	1.5		2050
	-29.8	-28.4	-36.6	-35.7		3.3	2.7	3.7	3.3		-17.1	-16.3	-21.0	-20.5		1.9	1.5	2.1	1.9		2100

Las variaciones en la temperatura y lluvia para cada uno de los escenarios de emisiones y para cada horizonte de tiempo, pueden operarse con la climatología actual (baseline), por ejemplo, en la figura 10 se presenta la distribución espacial de la lluvia promedio y la estimada para el año 2100 en Costa Rica bajo un escenario pesimista. Se puede observar que este aumento es muy significativo particularmente para el noroeste del país, el cual es afectado recurrentemente por sequías, algunas de ellas debido al efecto del fenómeno de El Niño (cuadrante III).

² El MAGICC es un modelo que permite estimar la temperatura y el nivel medio del mar como consecuencia de una cierta cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG²) y de aerosoles sulfurados.

³ Este modelo permite explorar los resultados de diferentes experimentos de modelos simples y globales, combinados con climatologías globales y regionales, para construir un rango de futuros escenarios de cambio climático.

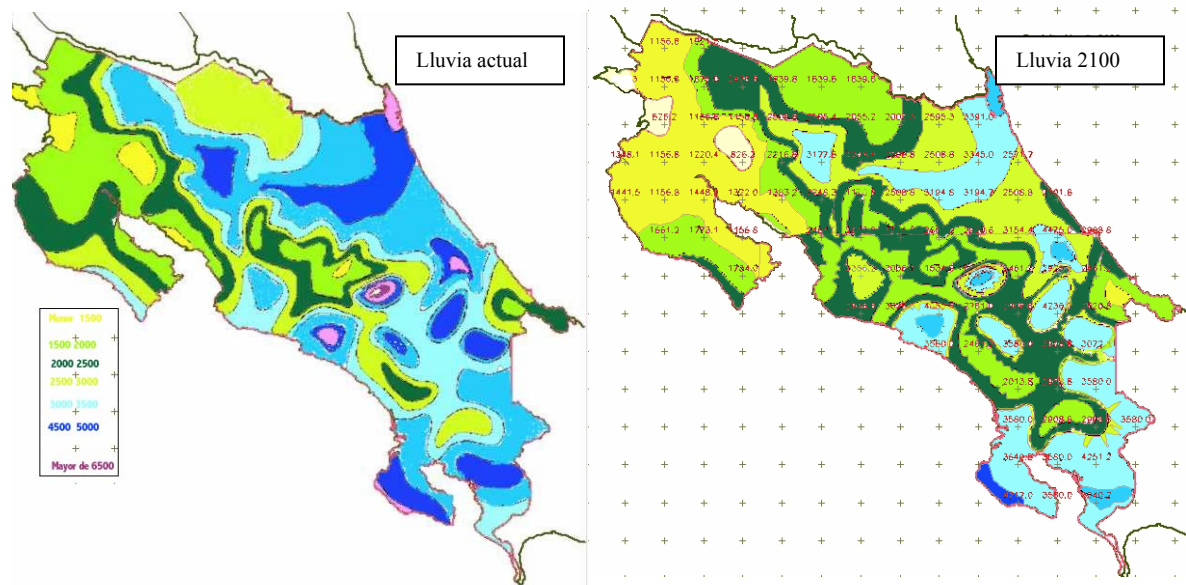


Figura 10: Cambios en la precipitación para el escenario pesimista y para el horizonte de tiempo 2100.

A pesar de las incertidumbres que aún existen sobre los resultados de los modelos, especialmente a nivel regional y local, se pueden realizar algunas inferencias que pueden contribuir a comprender los impactos que se producirían por el cambio climático.

Bajo este escenario pesimista (IS92-a), la tabla 3, presenta que los incrementos mayores de temperatura se dan en los meses de mayo y junio (hasta 3.8°C). La precipitación disminuye durante diciembre-abril, presentándose un máximo en marzo (-63%). La nubosidad disminuye en los meses de julio y agosto (-20%), y en el mes de febrero (-23%), aumentando en el mes de marzo (+18%).

Tabla 3: variaciones en la temperatura y lluvia promedio en el cuadrante de información III (noroeste de Costa Rica), para un escenario pesimista y horizontes de tiempo 2010, 2030, 2050, 2100.

INCREMENTOS EN LA TEMPERATURA (°C)

	REGION I						ESCENARIO DE EMISIONES						IS92-a
	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	ANUAL
2010	0.7	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6
2030	1.3	1.2	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2
2050	1.9	1.8	1.7	1.8	2	2	1.9	1.9	1.9	1.8	1.9	2	1.9
2100	3.5	3.3	3.1	3.2	3.7	3.8	3.5	3.5	3.4	3.3	3.5	3.6	3.4

CAMBIOS EN LA PRECIPITACIÓN

	REGION I						ESCENARIO DE EMISIONES						IS92-a
	E	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D	ANUAL
2010	-10.7	-9.8	-11.9	-8.9	-6.9	-5.2	-6.6	-7	-5.8	-3.3	-8.5	-9.7	-6.3
2030	-20.5	-18.7	-22.7	-16.9	-13.1	-9.9	-12.7	-13.4	-11.1	-6.3	-16.2	-18.6	-12.1
2050	-31.3	-28.5	-34.6	-25.8	-20.1	-15.1	-19.3	-20.5	-16.9	-9.6	-24.7	-28.4	-18.5

2100	-57.4	-52.2	-63.4	-47.3	-36.7	-17.6	-35.4	-37.5	-30.9	-17.6	-45.3	-51.9	-33.9
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

En la región noroeste de Costa Rica la mayor disminución de la precipitación durante la época de seca, significaría un período seco aún más drástico al que actualmente se presenta, particularmente en algunas zonas de Guanacaste donde se presentan los mínimos de lluvia anual.

Hoy día, durante este período seco, aún pueden ocurrir algunas lluvias asociadas a la advección de humedad producto de la brisa marina y a un debilitamiento del viento alisio predominante. Bajo este escenario pareciera que esta posibilidad se reduce y tales lluvias serían poco probables.

La región del Pacífico de Nicaragua se comporta en forma muy similar a la región noroeste de Costa Rica.

Si se continúa utilizando el escenario pesimista como ejemplo, observamos que la temperatura promedio anual sobre la vertiente del Pacífico tiende a aumentar gradualmente sobre el promedio actual, desde 0.9 °C en el año 2010 hasta 3.7 °C en el año 2100.

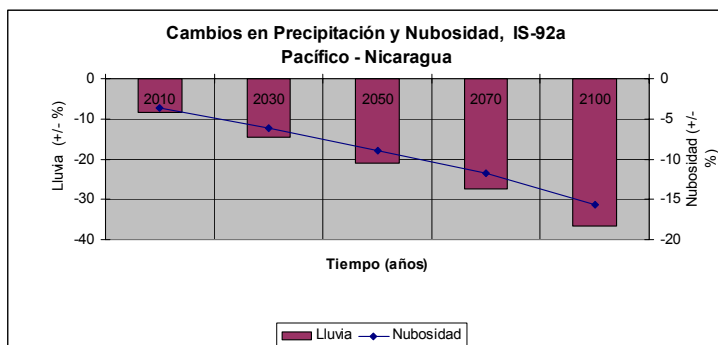


Figura11: Cambios en la precipitación y nubosidad para el Pacífico de Nicaragua, bajo las condiciones del escenario IS-92 a.

La precipitación y nubosidad son variables internamente consistentes, ambas tienden hacia una reducción importante desde el punto de vista climático y tendrían un impacto sectorial peligroso, particularmente si esta reducción por cambio climático se sobrepone con las reducciones características que ocurren durante un evento del fenómeno de El Niño. Las reducciones anuales en la precipitación con respecto al promedio actual variarían desde -8.2% para el año 2010 hasta -35.7% en el año 2100.

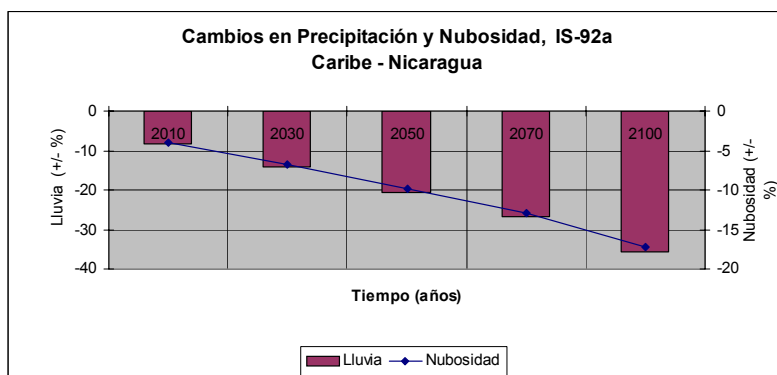
Tabla 4: Reducciones mensuales de la Precipitación (+/- %) para la vertiente Pacífico de Nicaragua bajo las condiciones del Escenario Pesimista IS-92 a.

Tiempo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	-14.3	-13.0	-15.8	-11.8	-9.1	-6.9	-8.8	-9.3	-7.7	-4.4	-11.3	-12.9
2030	-24.5	-22.3	-27.1	-20.2	-15.7	-11.8	-15.1	-16.0	-13.2	-7.5	-19.3	-22.2
2050	-35.5	-32.3	-39.3	-29.3	-22.7	-17.1	-21.9	-23.2	-19.1	-10.9	-28.0	-32.2
2070	-46.3	-42.1	-51.1	-38.1	-29.6	-22.3	-28.6	-30.2	-24.9	-14.2	-36.5	-41.9
2100	-61.9	-56.3	-68.4	-51.0	-39.6	-29.9	-38.2	-40.5	-33.3	-19.0	-48.9	-56.0

Una de las formas mediante las cuales podemos estimar potenciales impactos sectoriales asociados a este cambio en el clima es infiriendo, a través de los resultados de los modelos, cuales serían los sistemas que determinan el clima que podrían ser alterados por un calentamiento global de la atmósfera. Si se utilizan los datos mensuales presentados en la tabla 4, se puede observar que estas reducciones serían mayores durante el período relativamente seco, noviembre – abril.

Tal y como se explicó para el caso de Costa Rica, los fenómenos productores de lluvia en esta época para el Pacífico son los frentes fríos que penetran hacia el sur de Centroamérica (noviembre-marzo), la incursión de la brisa marina, su interacción con la topografía y la formación de algunos frentes de brisa por la interacción con los Alisios. Estas reducciones podrían ser entonces el resultado de un aumento en el grado de influencia de los frentes fríos sobre esta región, además de un debilitamiento en la brisa marina, limitando la advección de humedad hacia el interior del país.

Sobre el Caribe de Nicaragua la temperatura media también muestra un aumento que varía desde los 0.8°C, año 2010, hasta los 3.3°C en el año 2100. Este aumento en la temperatura es ligeramente menor (décimas de grado centígrado) que el que se obtiene para el Pacífico. Esto pareciera indicar una limitación del modelo para simular exactamente las características locales del clima.



En la figura 12, se muestran los potenciales cambios en la precipitación y nubosidad sobre en la vertiente del Caribe. Nuevamente, estos son internamente consistentes entre sí.

Figura 12: Cambios en la precipitación y nubosidad para el Caribe de Nicaragua, bajo las

condiciones del escenario IS-92 a.

Ambos campos climatológicos tienden a reducciones importantes, que en el caso de la lluvia varían con respecto a la precipitación actual desde -8.2% para el año 2010, hasta -35.7% en el año 2100.

En la tabla 5 se muestran los cambios en la precipitación media mensual, nuevamente con el fin de conocer el origen de estas variaciones. Se puede observar entonces que las principales reducciones tienden a concentrarse a finales y en la primera mitad del año. En el caso del Caribe pareciera que los sistemas productores de lluvia de esta región serían menos intensos.

Tabla 5: Reducciones mensuales de la Precipitación (+/- %) para la vertiente Caribe de Nicaragua bajo las condiciones del Escenario pesimista IS-92 a.

Tiempo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
2010	-11.5	-9.8	-12.2	-10.4	-9.6	-6.4	-8.9	-9.0	-6.2	-5.9	-9.9	-11.4
2030	-19.7	-16.7	-20.8	-17.8	-16.5	-11.0	-15.2	-15.5	-10.6	-10.1	-17.0	-19.5
2050	-28.6	-24.2	-30.2	-25.8	-23.9	-16.0	-22.0	-22.5	-15.4	-14.6	-24.6	-28.3
2070	-37.2	-31.6	-39.4	-33.6	-31.1	-20.8	-28.7	-29.3	-20.0	-19.0	-32.0	-36.8
2100	-49.8	-42.2	-52.7	-44.9	-41.6	-27.8	-38.4	-39.2	-26.8	-25.5	-42.9	-49.3

Ciertamente, se requiere que los modelos de Circulación (GCMs) mejoren su resolución para poder llegar a conclusiones más concretas sobre el clima local.

Cuando se analizan los resultados de los modelos para escenarios, moderado y optimista se puede observar que las tendencias son similares a las observadas en el escenario pesimista, aunque los ordenes de magnitud son menores.

Por ejemplo, en el escenario moderado la temperatura para el año 2100 alcanzaría 2.6°C (Pacífico) y 2.3°C (Caribe) sobre la temperatura actual. Para el escenario optimista estos aumentos serían de 2.1°C (Pacífico) y 1.9°C (Caribe). Lo anterior, evidencia la importancia de que los países participen activamente en los procesos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que se llevan a cabo en el ámbito global, ya que los impactos del cambio climático, aún bajo el escenario más optimista, serán severos particularmente en países altamente vulnerables como es el caso de Nicaragua.

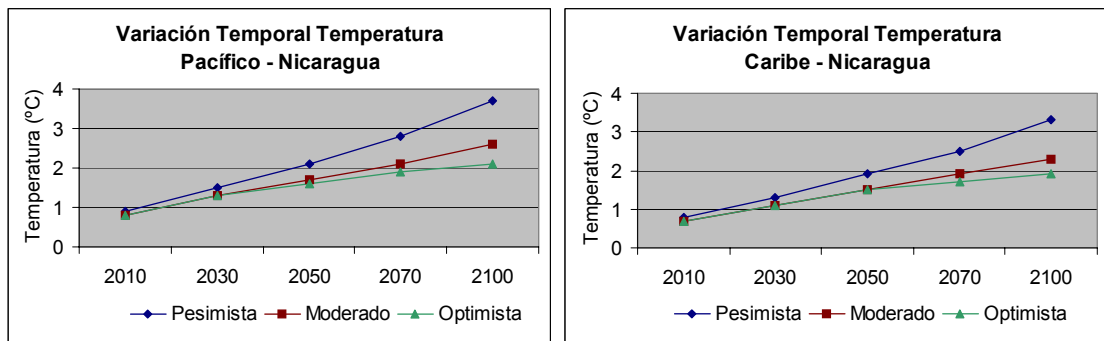


Figura 13: Variaciones de la temperatura media anual en las vertientes Pacífico y Caribe de Nicaragua bajo los tres escenarios y para todos los horizontes de tiempo.

Distribución espacial de la temperatura en Honduras Promedios anuales (1961 - 1988)

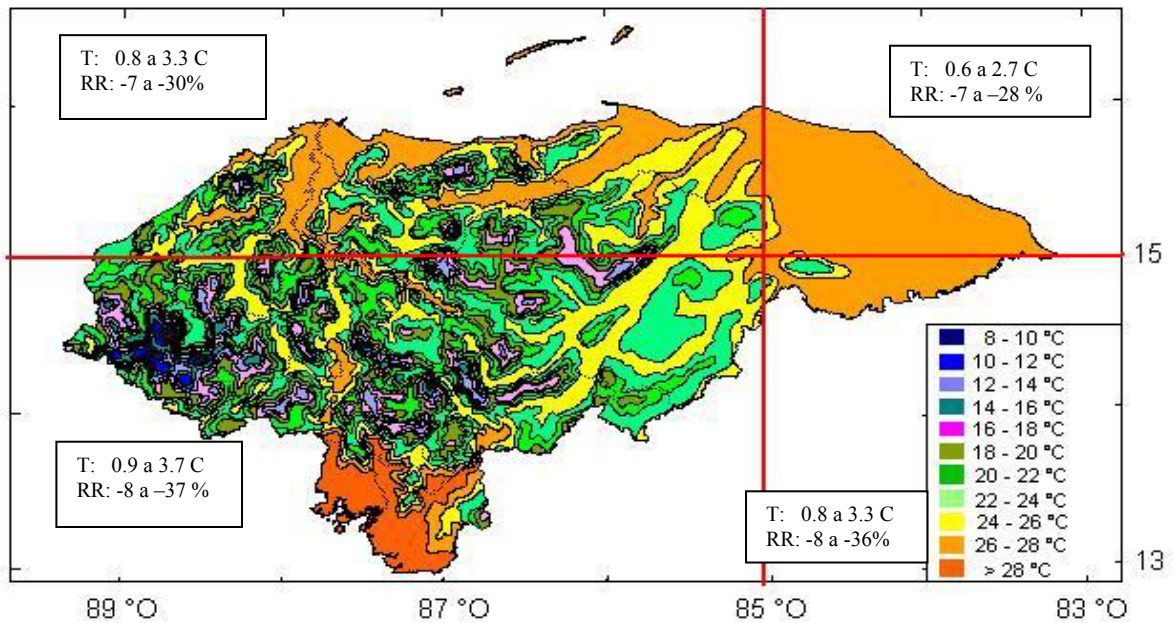


Figura 14: Distribución espacial de la temperatura promedio en Honduras (1961-1988). Variaciones en la temperatura y precipitación bajo un escenario pesimista para cuatro sectores de Honduras para el año 2100.

Siguiendo el mismo procedimiento, Honduras es altamente vulnerable al cambio climático. Las reducciones más importantes en la lluvia y aumentos en la temperatura promedio anual se produce sobre las regiones más hacia el Pacífico.

Aunque aún existen muchas incertidumbres acerca de la magnitud de los **potenciales impactos del cambio climático**, y cuáles de estos impactos serán más severos, lo cierto es que los científicos estiman que el nivel del mar continuará aumentando, lo cual conducirá a la erosión de las playas, a inundaciones de las zonas costeras, el efecto que esto tendría sobre los humedales, y en el caso de pequeñas islas, éstas podrían hasta desaparecer.

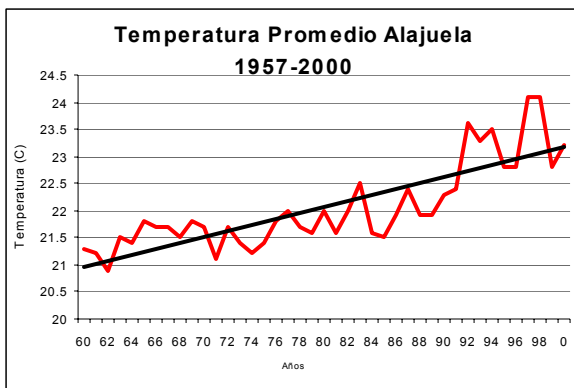


Figura 15: aumento en la temperatura promedio anual en Alajuela Costa Rica para el período 1957-2000.

El aumento de la temperatura es probable que también afecta la salud humana, temperaturas más cálidas favorecerían la ampliación de la fronteras térmicas de los vectores que transmiten enfermedades como el dengue y la malaria. Las olas de calor,

asociado al número de días con temperaturas máximas más altas y frecuentes, podrían aumentar significativamente las muertes, particularmente en las poblaciones de adultos mayores.

Algunas plantas y animales se extinguirán debido a los cambios en los habitantes, los cambios en los patrones del tiempo podrían afectar a la agricultura, algunos bosques podrían desaparecer, lo cual conduciría a la extinción de algunas especies silvestres y a cambios en la biodiversidad.

Entre los efectos económicos más importantes están los asociados a los daños en la propiedad debido al aumento del nivel medio del mar y a la intensificación de los eventos extremos.

La cantidad de GEI con que cuenta actualmente la atmósfera por intervención antropogénica es suficiente para que los impactos estimados se produzcan y tengan una consecuencia significativa en los sectores productivos, el medio ambiente y el ser humano. Es importante desarrollar medidas de adaptación así como prácticas que reduzcan las emisiones de GEI, como por ejemplo el reciclaje, la conservación y eficiencia en el uso de la energía y el agua, la reducción del consumo de combustibles fósiles en el sector transporte, y la reforestación, entre otros.

En la tabla siguiente se muestra los posibles impactos del cambio climático en los recursos hídricos en Centroamérica.

Tabla 6. Impactos del cambio climático en los recursos hídricos de Centroamérica. (CRRH-CCAD-USCSP, 1995)

Alteraciones en el ciclo hidrológico	cambios en la intensidad, volumen, duración y variabilidad de la precipitación	efectos sobre el régimen de escorrentía, se acentúan los problemas por sequías e inundaciones	
		impactos negativos en la infraestructura vial, hidroeléctrica, de sistemas de riego, de acueductos alcantarillados	
		erosión y arrastre de sedimentos afectando la regulación y encareciendo las opciones de aprovechamiento del recurso	
	disminución de caudales en la estación seca, paralelamente a un aumento en la temperatura y mayores niveles de	implicaciones para el abasto de agua potable	Aceleración en el agotamiento de reservas de aguas superficiales y subterráneas y limitaciones mayores para suplir una creciente demanda,
Aumento en el costo de los servicios y mayores restricciones al desarrollo e inversiones para la producción por limitaciones en la disponibilidad en el recurso hídrico, al haberse utilizado ya las opciones mas accesibles y de menor costo.			
		Incremento en frecuencia y duración de los racionamientos, especialmente en áreas marginales, que tienden a estar superpobladas y ubicadas en zonas geográficas más desventajosas	
		Impactos en las obras de infraestructura de generación y	disminución en la capacidad de generación hidroeléctrica, y un aumento en el uso de la generación térmica, lo cual tendría repercusiones económicas, aumento en la factura petrolera, deuda externa, a causa de la importación de combustible fósil, y posiblemente demandaría mayores inversiones en la infraestructura de generación.

	sedimentación	transmisión de energía eléctrica	Limitaciones a las opciones de desarrollo a causa de un clima más desfavorable a la inversión, a causa de mayores niveles de riesgo asociados a la disponibilidad segura de servicios tan estratégicos como la disponibilidad de energía de calidad y agua potable.	
			Incremento en el uso de tecnologías más contaminantes como la geotérmica o el uso de hidrocarburos, que generarían mayores aportes de CO ₂ a la atmósfera	
			impactos por posibles políticas de racionamiento energético en sectores claves de la economía, por ejemplo (industria alimentaria, exportaciones, turismo, abastecimiento de agua, salud, etc) lo que provocaría fuga de divisas, deterioro de los servicios, contracción en las inversiones y aumento en el desempleo.	
		aumento en los niveles de contaminación por disminución de los flujos base	implicaciones estéticas y de salud pública. Implicaciones directas en los ecosistemas acuáticos en general.	
		Aumento en el consumo de leña al reducirse la producción de energía durante la estación seca	incremento en la deforestación	
		fuegos naturales o inducidos, al aumentar la temperatura promedio y prolongarse los períodos de sequía.	pérdida de bosques	
		mayor incidencia de enfermedades de origen hídrico		
		confrontaciones sociales por escasez del recurso.		
	cambios en la cantidad y calidad del agua	niveles de humedad más altos, asociados a mayores precipitaciones en la estación lluviosa	aumento de enfermedades patógenas en la agricultura	disminución de la producción y mayores costos asociados a esta.
		aumento en la frecuencia y magnitud de deslizamientos y avalanchas.	pérdida de vidas humanas y daños a la infraestructura.	
		usos restrictivos del agua potable, menor producción agropecuaria, racionamiento eléctrico y de agua potable	aumentos en el costo de la vida	
			incremento en el déficit de producción alimentaria básica e impactos nutricionales en la población de menores ingresos.	
Aumento en eventos atmosféricos extremos	aumentos potenciales en el número y severidad de las tormentas tropicales	deslizamientos, erosión y sedimentación, y sequías, etc.	Deterioro y/o destrucción de infraestructura básica de apoyo (almacenamiento, conducción, distribución) y problemas asociados a la generación y mantenimiento de los servicios de agua potable y electricidad a causa de los impactos por desastres naturales	
			mayor impacto por deslizamientos gravitacionales y por asocio al riego sísmico, lo que produciría mayores aportes de sedimentos, peligro para embalses.	

Alteraciones en el nivel del mar	Cambios en el comportamiento fluvial en las planicies costeras, a causa de la elevación del nivel base al que deberán ajustarse los ríos en su desembocadura	cambios drásticos en la línea de costa,	efectos sobre el desarrollo de infraestructura turística.
		cambios en la abundancia de poblaciones y en la diversidad biológica de los ecosistemas costeros	áreas de manglares y algunos estuarios sufrirían cambios drásticos de acentuarse el cambio climático.
		estancamiento de aguas costeras	efecto sobre los costos y el deterioro en las obras de infraestructura.
			mayores riesgos de proliferación de enfermedades transmisibles por vectores.
	aumentos de nivel freático	mayor vulnerabilidad sísmica en aquellas áreas costeras propensas a licuefacción.	
salinización de mantos acuíferos costeros	trastornos en el abastecimiento de agua potable	efectos negativos en el sector turismo	

BIBLIOGRAFÍA

Brenes, A., Saborío, B.F., Changes in the general circulation and its influence on precipitation trends in Central America: Costa Rica. *Ambio*, 23(1) 87-90.

Centella, A., Gutiérrez, T., Limia, M., Rivero, R., 1997: Climatic Change Scenarios for Impact Assessment in Cuba. Instituto de Meteorología de Cuba.

CIG, 1996: Climate Change Scenarios for the Autralian Region. Climate Impact Group, CSIRO Division of Atmospheric Research, Melbourne.

Hulme, M., Raper, S.C.B., Wigley, T.M.L.. 1995: An integrated framework to address climate change (ESCAPE) and further developments of the global and regional climate modules (MAGICC). *Energy Policy* 1995, Vol. 23, Number 4/5.

Hulme, M., Brown, O., 1998: Portraying climate scenario uncertainties in relation to tolerable regional climate change. *Climate Research*, Vol. 10: 1-14.

Impactos del Cambio Climático: Resúmenes del Proyecto Centroamericano sobre cambio climático. CRRH-CCAD-USCSP, 1995.

Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica , 1995: Atlas climatológico de Costa Rica.

Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica , Información climatológica de estaciones de referencia (IMN,1997).

Jenne, R., 1994: Climate model data for country study program. United States Country Study Program, NCAR.

Joseph, D., 1994: Using the climate model data. United States Country Study Program, NCAR/SCD/DSS.

Kelly, P.M., 1991: Regional Climate Scenarios for Costa Rica. Climate Research Unit, University of East Anglia, U.K..

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala, 2001: Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, Guatemala, diciembre 2001.

NOAA, EPA, NASA: Impacts of Climate Change.

Parry, M.L., Carter, T.R., Hulme, M., 1996: What is a dangerous climate change. Global Environmental Change. Vol.6, Number 1, pp.1-6.

Smith, J.B., Hulme, M., 1996: Climate change scenarios (Draft version 1.0), Handbook on methods for climate change impact assessments and adaptation strategies, Appendix to chapter 1. United Nations Environment Program, Global Environment Facility.

Smith, J.B., Hulme, M., 1996: Climate Change Scenarios. Handbook on methods for climate change impact assessment and adaptation strategies. United Nations Environment Program, Global Environment Facility.

Viner, D., Hulme, M., 1997: The climate impacts LINK project. Hadley Centre for climate prediction and research

United States Country Study Program , 1994: Guidance for vulnerability and adaptation assessments.

Reynolds, J., 1997: Mapa de isoyetas de Costa Rica, Universidad Nacional.

IPCC, (1992). Climate Change 1992: The supplementary report to the IPCC scientific assessment. Houghton, J.T., Callander, B.A., and Varney, S.K., (eds.). Cambridge University Press, 200 pp.