



MINISTERIO DE  
AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



GEF  
Global  
Environment  
Facility



PNUD

F-4

# Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático

Guatemala, mayo 2001

Una vez finalizada la etapa de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, el proyecto Primera Comunicación Nacional y Plan de Acción sobre Cambio Climático (GUA/97/G32) lleva a cabo Estudios de Vulnerabilidad y Adaptación (V&A) al Cambio Climático. Estos estudios incluyen la elaboración de Escenarios Ambientales, Socioeconómicos y Climáticos y estudios específicos de V&A en la Salud Humana, en la Agricultura (caso granos básicos), en los Recursos Forestales y en los Recursos Hídricos. Los principales resultados de estos estudios se presentan en este folleto informativo.



## VULNERABILIDAD Y ADAPTACION

La vulnerabilidad al cambio climático se refiere a la susceptibilidad de una localidad, región o país frente a los impactos dañinos causados por un posible cambio climático o por una variabilidad climática.

La adaptación se considera como la respuesta o ajustes que el ser humano puede y debe realizar para disminuir los impactos negativos, en este caso del cambio climático.

Los estudios de vulnerabilidad y adaptación se orientan hacia la evaluación de cómo los cambios en el clima pueden afectar a la población, a los recursos naturales y al ambiente en general. Con este propósito se elaboraron escenarios socioeconómicos, climáticos y ambientales. Se consideró para cada escenario una evolución optimista, una normal y una pesimista.

Los registros de la temperatura de la Tierra muestran una tendencia al calentamiento de la capa baja de la atmósfera. Muchas de las actividades humanas son responsables de esta situación.

Con el objeto de analizar el comportamiento futuro del clima se elaboraron escenarios climáticos hasta el año 2100. El primer paso consistió en la elaboración de un escenario de base que representara el comportamiento del clima (precipitación y temperatura) en un rango de tiempo significativo. El escenario de la línea base es el período 1961-1990.

Los escenarios climáticos futuros se elaboraron por medio de Modelos de Circulación General en combinación con los resultados obtenidos por Modelos Climáticos Simples. Además se utilizaron escenarios de emisión de GEI y tres valores de sensibilidad climática (1.5, 2.5 y 4.5°C) con base en supuestos poblacionales, económicos y de eficiencia energética.

En los escenarios de cambio climático futuro se representan 5 situaciones: un escenario húmedo de poco cambio (ECCG99\_HB), un escenario húmedo de mucho cambio (ECCG99\_HA), un escenario seco de poco cambio (ECCG99\_SB), un escenario seco de mucho cambio (ECCG99\_SA) y un escenario central (ECCG99\_C) que sigue la tendencia de la línea actual.

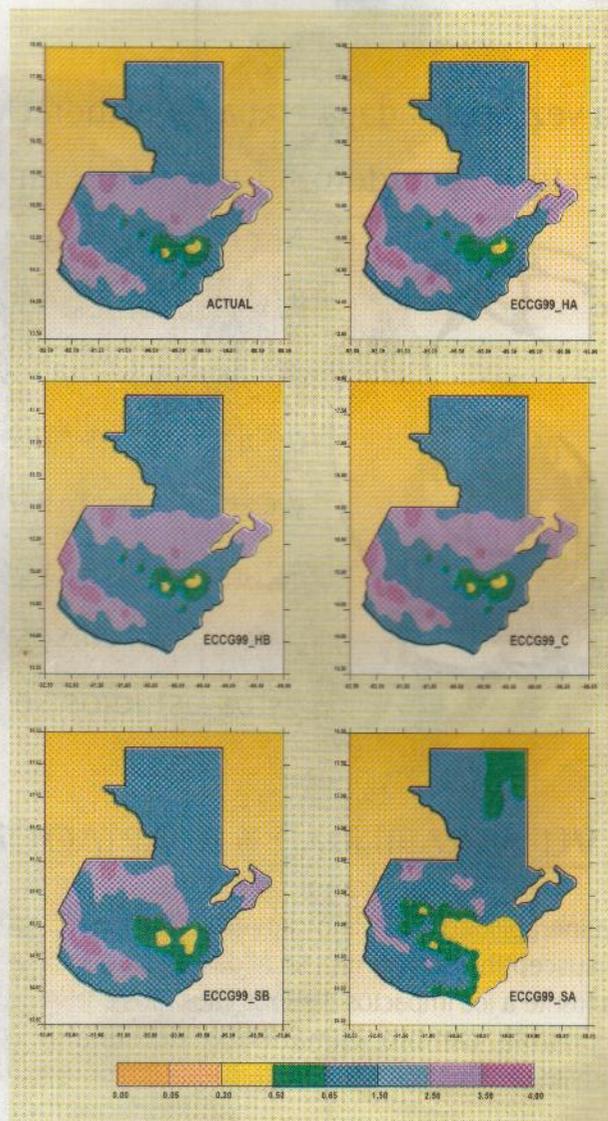
Para cada caso se evaluó el impacto del clima futuro mediante el análisis del índice de aridez (comportamiento de la precipitación pluvial y la evapotranspiración potencial).

Como ejemplo se presentan los escenarios para el año 2050 donde se puede ver el efecto que producirán en el país las variaciones de temperatura y precipitación según el escenario de cambio climático. Para cada escenario puede verse el comportamiento del patrón espacial de la temperatura y precipitación a través del índice de aridez.

En el caso optimista (ECCG99\_HA) se aprecia una disminución de las áreas semiáridas; mientras que en el caso pesimista (ECCG99\_SA) podría producirse una expansión de las zonas semiáridas que abarcarían el altiplano y la parte suroriental del país.

El hecho de que la extensión de las áreas susceptibles a los procesos de aridez pueda ser significativamente mayor, indica la necesidad de evaluar con profundidad los impactos sobre los sistemas medio ambientales y sociales de esas regiones. Al aumentar la extensión espacial la vulnerabilidad de esos territorios se verá incrementada también ante la variabilidad del clima.

## Índice de Aridez 2050



Fuente: Escenarios Climáticos para Guatemala, diciembre 1999  
Proyecto Cambio Climático

# ESCENARIOS SOCIOECONÓMICOS

3

La creación de los escenarios macroeconómicos y sociales incluyó el análisis de los datos 1980-1990, el desarrollo de las políticas implementadas y las metas económicas y sociales de los Acuerdos de Paz. En especial se analizó el acuerdo sobre aspectos socioeconómicos y situación agraria.

También se incluyó un análisis de la economía internacional y su prospectiva de corto plazo, así como sus implicaciones sobre la economía latinoamericana y en particular la de Guatemala.

En la elaboración de los escenarios socioeconómicos se identificaron las principales variables sociales y económicas que determinan el comportamiento futuro de la sociedad guatemalteca. Se utilizaron los indicadores más importantes como el Producto Interno Bruto (PIB), inflación, tasas de interés, tasas de desempleo, déficit fiscal, así como la tasa de natalidad, acceso a educación y a servicios de salud.

El escenario base partió de los niveles de déficit social que presenta el país, en donde se analizan las potencialidades, en escenarios normal, pesimista y optimista para la reducción de tales déficits.

En el escenario normal las hipótesis consideran que se superan lentamente los desequilibrios sociales y que los cambios que se producen no son relevantes aunque se orientan hacia una estabilización de una paz firme y duradera.

En el escenario optimista se parte de que los cambios sociales y políticos son relevantes, reveladores y claros. Se asume que se cumple con los Compromisos de los Acuerdos de Paz, se consolida el Estado de Derecho, se fortalecen las instituciones democráticas, se consolida la viabilidad económica y social de Guatemala. En el pesimista se considera que la dinámica en el área social, a pesar de los procesos de cambios orientados a la modernización del estado, no se logra impactos positivos de las políticas de gobierno.

## Escenarios Económicos 2000-2020

VARIABLE	OPTIMISTA	NORMAL	PESIMISTA
Crecimiento del PIB	7%-5%	4%-3%	2.5%-1%
Déficit Fiscal	0.5%-0%	1%-2%	2%-4%
Inflación	7%-9%	9%-11%	11%-15%
Tasas de Interés			
Activas	9%-11%	13%-15%	20%-21%
Pasivas	7%-13%	8%-10%	11%-13%
Margen de intermediación	2%	5%	10%
Comportamiento del tipo de cambio	5% anual	9% anual	12% anual
Reservas internacionales netas	US\$1200 millones US\$1200 millones	US\$700 millones US\$400 millones	US\$70 millones US\$20 millones
Crecimiento anual exportaciones	13%-9%	7%-5%	4%-2%
Crecimiento anual importaciones	3%-7%	8%-12%	13%-18%
Déficit de cuenta corriente como % del PIB	-2.5%-3.5%	-4%-5%	-6%-7%
Carga Tributaria	12%	10%	9.5%

Fuente: Prospectivas Tendenciales y Macroeconómicas, diciembre 1999  
Proyecto Cambio Climático

## Escenarios Sociodemográficos

Supuestos de Políticas	OPTIMISTA	NORMAL	PESIMISTA
Participación y Concertación	Mayor participación	Inicia pero no hay avances y se debilita	Proceso frustrado, ausencia de participación
Desarrollo Social	Goce efectivo en los derechos al trabajo, salud, educación y vivienda Alta inversión	50% en el goce de los derechos Poca inversión	No se incentiva inversión nacional y extranjera
Educación	Intensificación alfabetización, supera el 70% en el 2020	Se intensifica el programa de alfabetización y se alcanza el 70% en el 2020	Se propone alcanzar el 70% de alfabetización en el 2020
Salud	Se garantiza acceso efectivo a servicios de salud	Acceso a la salud	Acceso a la salud
Vivienda	Se desarrolla y ejecuta política de fomento y sistemas de financiamiento, acceso directo a vivienda popular Se fortalece FOGUAVI o sus órganos ejecutores	Fomento y sistemas de financiamiento a vivienda popular Se fortalece FOGUAVI o sus órganos ejecutores	Fomento y política de subsidio a vivienda popular Se fortalece FOGUAVI o sus órganos ejecutores
Población	Bajo crecimiento de la población	Crecimiento medio de la población	Alto crecimiento de la población
Urbana	3944.9	4082.4	4222.4
Rural	13476.5	13946.3	14424.4
TOTAL	17421.4	18028.7	18646.8

Fuente: Prospectivas Tendenciales y Macroeconómicas, diciembre 1999. Proyecto Cambio Climático

En la realización de los escenarios ambientales se analizó la evolución de indicadores ambientales y los diferentes impactos derivados de un posible cambio climático.

Se analizaron variables climáticas (variación en los patrones de temperatura, precipitación, evaporación), medioambientales (ocupación y utilización del espacio, cultivos itinerantes, minifundios) y las variables socioeconómicas (población, tasas de crecimiento poblacional, población urbana y rural e índices de pobreza).

Los escenarios ambientales se basaron en los cambios en la ocupación del espacio en respuesta a un posible cambio climático.

La ocupación o uso del espacio por el ser humano es el factor principal para analizar los escenarios ambientales futuros.

Las actividades antrópicas más importantes son los cultivos migratorios, la sustitución de bosques por pastos, la destrucción del paisaje turístico, los minifundios de tierras altas, las zonas agrícolas, las áreas protegidas, los bosques monoespecíficos y las ciudades.

Los impactos en las regiones debido al cambio climático se identifican basándose en parámetros tales como: cambios en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, variaciones en las lluvias y temperatura o aumento en el nivel del mar.

## Medio Ambiental (Nivel macro)

COMPONENTE AMBIENTAL	INDICADOR
Climático	Temperatura Precipitación
Uso de la Tierra	Cobertura Vegetal Actividades Antrópicas Georeferenciables
Agua	Escorrentía Superficial Niveles Freáticos

Fuente: Escenarios Ambientales, diciembre 1999

## Medio Biótico

Componente Ambiental	Indicador
Áreas Protegidas	Muestras representativas de cada zona de vida vegetal Datos representativos de las zonas fisiográficas Producción de agua en calidad y cantidades altas
Flora	Especies indicadoras de cada zona de vida vegetal
Fauna	Especies indicadoras de ecosistemas poco perturbados (murciélagos y aves de rapiña) Otros indicadores como invertebrados acuáticos susceptibles a bajas concentraciones de O <sub>2</sub> causadas por la DBO
Paisaje	Principales formas de ocupación del espacio Cultivos itinerantes Paisaje turístico Minifundios de tierras altas Áreas protegidas Cultivos de agroexportación Procesos urbanos de ocupación Bosques monoespecíficos

Fuente: Escenarios Ambientales, diciembre 1999

# VULNERABILIDAD Y ADAPTACION: RECURSOS FORESTALES

# 5

El objetivo principal del estudio es analizar el comportamiento (vulnerabilidad y adaptación) de los ecosistemas forestales para cada uno de los escenarios climáticos considerados.

Se analizaron en los escenarios proyectados, un escenario normal, un escenario optimista y un escenario pesimista. Con esta información se simuló la evolución de las zonas de vida para el año 2050. Estos escenarios consideran modificaciones climáticas que podrían causar impactos importantes a los recursos forestales de Guatemala.

Los impactos de un cambio climático en los sistemas forestales varían en magnitud y extensión.

Podrían presentarse modificaciones en la localización de áreas y crecimiento de ciertas especies provocando cambios en la biodiversidad.

Habría incremento o disminución de los productos maderables y no maderables; cambios en el tipo, localización, intensidad de plagas y enfermedades; aumento o disminución del crecimiento en volumen por unidad de área de los bosques, así como deforestación.

Los recursos forestales son vulnerables al cambio climático. Como parámetros de comparación se utilizaron las zonas de vida definidas por Holdridge. El comportamiento de las zonas de vida de la línea base se compararon con la variación de las zonas en función de los escenarios climáticos.

## Cobertura de Zonas de Vida

No.	ZONAS DE VIDA	ESCENARIOS BIOCLIMATICOS							
		ACTUAL		NORMAL		OPTIMISTA		PESIMISTA	
		Km <sup>2</sup>	% del total	Km <sup>2</sup>	% del total	Km <sup>2</sup>	% del total	Km <sup>2</sup>	% del total
1	Bosque Seco tropical <b>bs-T</b>	41541.46	38.31	39160.34	36.12	38367.97	35.39	62658.54	57.79
2	Bosque muy seco tropical <b>bms-T</b>	0.00	0.00	3424.66	3.16	3645.93	3.36	3817.36	3.52
3	Bosque seco subtropical <b>bs-S</b>	1817.98	1.68	5454.94	5.03	5379.19	4.96	13916.92	12.83
4	Bosque húmedo subtropical templado <b>bh-S(t)</b>	12279.34	11.32	10043.75	9.26	14880.73	13.72	6402.80	5.91
5	Bosque húmedo subtropical cálido <b>bh-Sc</b>	2607.37	2.40	5750.96	5.30	2091.08	1.93	3778.49	3.48
6	Bosque muy húmedo subtropical cálido <b>bmh-Sc</b>	4185.14	3.86	6618.09	6.10	1851.87	1.71	0.00	0.00
7	Bosque muy húmedo subtropical templado <b>bmh-S(t)</b>	6345.99	5.85	1397.37	1.29	1972.47	1.82	2949.24	2.72
8	Bosque húmedo subtropical frío <b>bh-S(f)</b>	377.75	0.35	0.00	0.00	498.35	0.46	0.00	0.00
9	Bosque húmedo tropical <b>bh-T</b>	30564.80	28.19	34677.19	31.98	33108.38	30.53	13150.46	12.13
10	Bosque muy húmedo tropical <b>bmh-T</b>	1441.23	1.33	0.00	0.00	4541.96	4.19	0.00	0.00
11	Bosque húmedo montano bajo <b>bh-MB</b>	2367.16	2.18	0.00	0.00	1892.73	1.75	444.53	0.41
12	Bosque muy húmedo montano bajo <b>bmh-MB</b>	3909.06	3.61	1459.17	1.35	199.34	0.18	342.86	0.32
13	Bosque húmedo montano <b>bh-M</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	968.79	0.89
14	Bosque muy húmedo montano <b>bmh-M</b>	992.71	0.92	443.53	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00
		<b>108,430*</b>	<b>100.00*</b>	<b>108,430*</b>	<b>100.00*</b>	<b>108,430*</b>	<b>100.00</b>	<b>108,430*</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Estudio de Evaluación y Adaptación al Cambio Climático en los Recursos Forestales, abril 2000

\* Superficie total de Guatemala descontando cuerpos de agua.

El propósito de este estudio es identificar las enfermedades y las regiones que pueden tener mayor impacto como consecuencia de un cambio climático.

Las enfermedades que presentan los impactos de la variabilidad y las proyecciones de alta morbilidad y mortalidad en Guatemala fueron: las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) y la Malaria (M) producida por Vivax.

La información de todas las enfermedades está referenciada a los últimos 15 años (1985-1999), a excepción de la malaria porque se cuenta con la serie de datos desde 1945 a la fecha por departamentos.

Para evaluar los impactos del cambio climático se utilizó un modelo empírico/estadístico utilizando como variable exógena el Índice de Bultó (IB). Este indicador engloba el comportamiento de la temperatura, la oscilación térmica y la precipitación. El IB representa el comportamiento futuro de la variabilidad climática respecto de la línea base, dando como resultado la identificación y cuantificación de períodos de mayor o menor incidencia de enfermedades debido a la variación del clima.

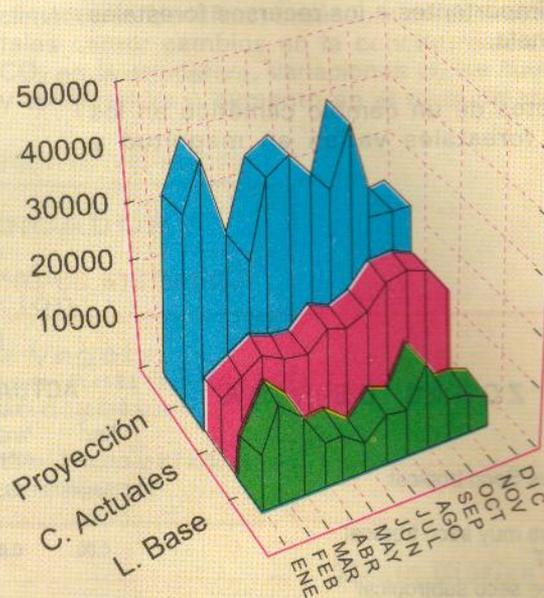
Al aumentar la temperatura hay más posibilidades que sobrevivan gérmenes, bacterias, esporas y otros portadores de enfermedades. Estos agentes se hacen más resistentes y sobreviven con mayor facilidad bajo condiciones más cálidas.

Como medidas de adaptación se ha considerado que las más importantes son mantener informada a la población con labor educativa sobre los riesgos o acontecimientos que se pudieran presentar, así como mejorar las estadísticas, la vigilancia y el conocimiento de las proyecciones futuras.

Como ejemplo de la aplicación del IB se presenta a continuación el análisis de las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA).

## Comportamiento de las Infecciones Respiratorias Agudas

Comportamiento de la IRA en el 2030 en la Zona 1 de Guatemala respecto a la Línea Base y las condiciones actuales



Fuente: Evaluación de la Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Salud, mayo 2000

En el caso de las IRA han aumentado su frecuencia al comienzo de la temporada lluviosa, con un retraso en la aparición de un brote epidémico en los meses de junio-julio. Además se produce un tercer máximo en el nivel del observado en septiembre-octubre.

### Posible Impacto del Cambio Climático en la Salud Humana

- Incremento de los índices de mortalidad y morbilidad.
- Incremento de las enfermedades infecciosas y no infecciosas transmitidas o no por vectores.
- Deshidratación por falta de agua y alimentos.
- Daños a la infraestructura pública de salud.

# VULNERABILIDAD Y ADAPTACION: SECTOR AGRICULTURA

7

## (CASO GRANOS BÁSICOS EN CONDICIONES DE AGRICULTURA DE SECANO)

El estudio tiene por objeto identificar, analizar y evaluar los impactos de variabilidad del clima y de los cambios climáticos en 3 cultivos básicos para la población guatemalteca. Los sistemas de cultivos analizados fueron maíz, frijol y arroz que se cosechan durante la época lluviosa.

Para la evaluación se utilizó un modelo que combina las variables como el **clima** (radiación solar, temperatura, precipitación); **manejo del cultivo** (especie, fecha de siembra, densidad de siembra, aplicación de fertilizante y laboreo); y **tipo de suelo** (textura, profundidad, contenido y disponibilidad de agua, contenido de nitrógeno y fósforo).

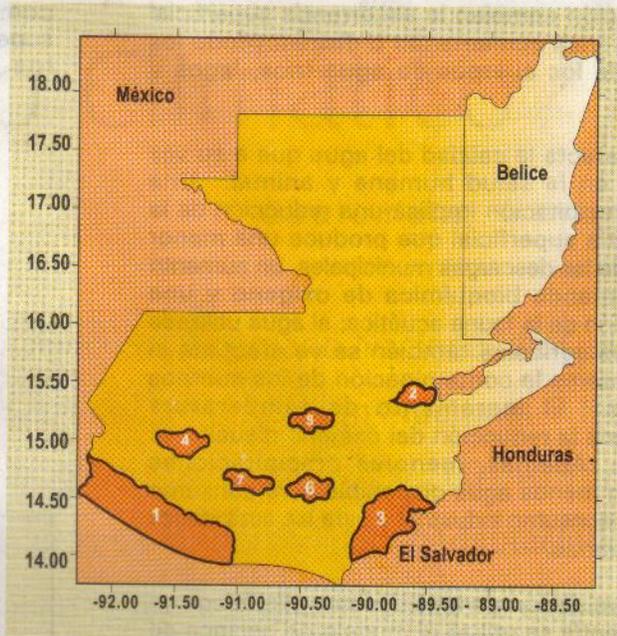
El horizonte temporal de la evaluación de impacto climático para estos cultivos está determinado por los escenarios de cambio climático correspondientes al año 2030.

La evolución de cada cultivo se realiza analizando su comportamiento de acuerdo a cada escenario climático, es decir, optimista, normal y pesimista. De esta forma se evalúan condiciones promedio y extremas de los escenarios de cambio climático.

Este análisis se realizó tomando en cuenta las regiones más características de la producción de maíz, frijol y arroz y donde se contó con la información necesaria.

Las diferencias encontradas entre la simulación de la producción normal o de la línea base y la que se obtiene por un cambio climático, constituyen los impactos que pudieran tener estos cambios en la producción agrícola para cada sitio seleccionado.

### Zonas Productoras de Granos Básicos de Importancia Nacional



**Zona 1:** Suroccidente, que comprende las planicies de los departamentos de Suchitepequez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos y sector centro occidental de Escuintla.

**Zona 2:** Tierras bajas de la cuenca del Río Polochic.

**Zona 3:** Suroriente que comprende los valles de Asunción Mita (Jutiapa) y Monjas (Jalapa) y tierras secas de la Laguna de Retana.

**Zona 4:** Occidente que comprende los valles de los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán.

**Zona 5:** Valles de Salamá y San Jerónimo en Baja Verapaz.

**Zona 6:** Zonas agrícolas de Amatitlán, San José Pinula, Palencia y Villa Nueva.

**Zona 7:** Sololá, valles de Tecpán Guatemala, Santa Cruz Balanyá, Patzicía y Patzún.

Rendimientos Simulados (Kg/Ha)		ESCENARIOS							
ZONAS	CULTIVO	LINEA BASE	HUMEDO AMPLIO		CENTRAL		SECO AMPLIO		
			Kg/Ha	LB(%)	Kg/Ha	LB(%)	Kg/Ha	LB(%)	
1	Maíz	2738	3142	+15	2957	+8	3091	+13	
2	Maíz	1790	1599	-11	1675	-6	1488	-17	
3	Maíz	2263	2029	-10	2003	-11	1500	-34	
4	Maíz	1498	2243	+50	2105	+41	1967	+31	
3	Frijol	1281	743	-42	918	-28	433	-66	
2	Arroz	4136	3303	-20	3462	-16	3018	-27	
6	Frijol	2104	2157	+2	2163	+3	2110	+0.3	
7	Maíz	2009	2412	+20	2447	+22	2339	+16	
5	Maíz	1954	1710	-13	1770	-9	1443	-26	
6	Maíz	1900	2156	+13	2169	+14	2120	+12	

L.B.: Línea Base.

Fuente: Evaluación de la Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en el Sector Agrícola, Mayo 2000

## El Clima y los Recursos Hídricos

Las variaciones climáticas alteran los componentes del ciclo hidrológico (precipitación, evapotranspiración y transpiración) afectando los parámetros climáticos como radiación solar, viento, temperatura, humedad y nubosidad. Variaciones en la evapotranspiración y precipitación cambian la escurrentía superficial y subterránea aumentando o disminuyendo los niveles de los cuerpos de agua (ríos, lagos y mares).

El clima afecta la calidad del agua que a su vez impacta en la salud humana y animal. Una menor precipitación implica una reducción de la escurrentía superficial que produce una menor dilución de las descargas municipales, un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno y una disminución de la fauna acuática; el agua utilizada para fines agrícolas también se ve afectada al incrementarse la contaminación de los cuerpos de agua. El incremento de temperatura ocasionaría la reducción del oxígeno disuelto en el agua. Además, menores precipitaciones significan menos agua disponible para consumo humano, consumo industrial y para las actividades agropecuarias.

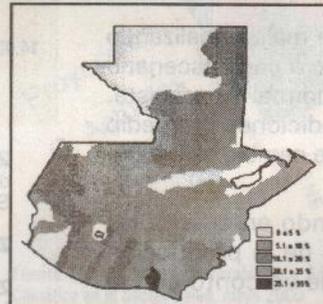
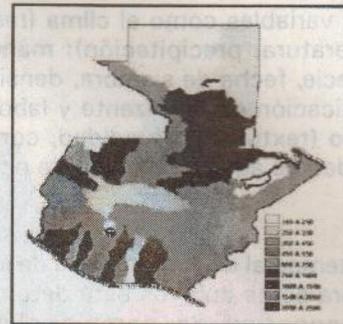
Para la evaluación de los impactos climáticos en la escurrentía se utilizó el modelo de balance de aguas (Mod-Bal) desarrollado por la UNESCO. El Mod-Bal, que ya ha sido aplicado en el país para evaluaciones e investigaciones de caudales, utiliza como datos de entrada la precipitación, y como salida la evapotranspiración, la escurrentía y la variación de almacenamiento en el suelo; los datos son trabajados anualmente.

Para asegurar consistencia y validar el uso de este enfoque anual, se comparan los resultados de los modelos con los resultados de modelos más detallados a nivel de cuenca y con menores intervalos de tiempo. Para estos efectos se utilizó el modelo CLIRUN (climate-runoff model) que modela y simula el comportamiento clima-escurrentía. El modelo es contínuo significando que las variables son una función del tiempo.

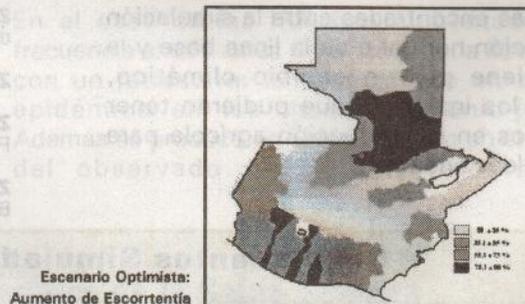
## Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos

A partir de la elaboración de la línea base de escurrentía se utilizó el modelo MOD-BAL para estimar las escurrentías futuras de acuerdo con los parámetros climáticos establecidos en los escenarios climáticos para el año 2030. El comportamiento futuro de las escurrentías superficiales para cada cuenca está basado en los escenarios de cambio climático.

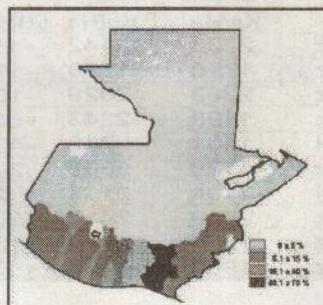
Caso Base



Escenario Normal:  
Reducción de Escurrentía



Escenario Optimista:  
Aumento de Escurrentía



Escenario Pesimista:  
Disminución de Escurrentía

### Mayor Información

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES  
Proyecto 1era. Comunicación Nacional y Plan de Acción  
Sobre Cambio Climático ( GUA/97/G32)  
10ª. Calle 6-81 Zona 1 Edificio 7 y 10, 5º Nivel  
Tels: 220 3776, 220 3786, 220 03801, 220 3816 y 220 3807  
Fax: 220 3784