



REPUBLICA DE GUATEMALA

Centro América

Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Guatemala de la Asunción, diciembre 2001

CONSEJO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO 2000	
Comisión Nacional del Medio Ambiente Dr. Juan de Dios Calle Ing. Julio Curruchiche	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Ministerio de Relaciones Exteriores Lic. José Luis Domínguez	Ministerio de Energía y Minas Lic. Enma Díaz Lic. Mildred de Mendoza
Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología Sr. Eddy Sánchez Ing. Fulgencio Garavito	Asociación de Organizaciones no Gubernamentales del Medio Ambiente Ing. Iván Azurdía Ing. César Barrientos
Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras Ing. Eduardo Dopazo Arq. Byron Meneses	Red de Formación e Investigación Ambiental Ing. Ricardo Santa Cruz Ing. César Sandoval

Consultores y Expertos	
Inventarios de Gases de Efecto Invernadero	
Energía	Fundación Solar Dr. Oscar Coto Ing. Lilian Márquez
Procesos Industriales	Grupo de Asesores Ambientales Ing. Oscar Gil Ing. Otto de León Arq. Eduardo Linares
Agricultura (Agrícola y Pecuaria)	Consultores Asociados Ing. José Manuel Tay Ing. José Mario Saravia Dr. Alfonso Loarca Pineda
	Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura CONFORSA Ing. Jorge Escobar Ing. Giuseppe Dal Bosco Lic. David Castañón
	Desechos (Sólidos y Líquidos) Corporación Química del Istmo Ing. Carlos Porres Lic. Roberto De León
	Integración Ing. Raúl Castañeda Illescas Raúl Castañeda Galimidi
	Revisión Dr. Carlos López Centro del Clima, Cuba
Escenarios	
Climáticos	Lic. Luis Herrera Herrera Ing. Mario Bautista Ing. Fulgencio Garavito Lic. Abel Centella (Centro Nacional del Clima, Cuba)
Ambientales	Consult Centroamericana Lic. Guillermo Zepeda Lic. Pablo Mayorga
	Socioeconómicos Consult Centroamericana Lic. Edgar Balsells Lic. Héctor Rossi Licda. Beatriz Colmenares
	CONFORSA Ing. Jorge Escobar Ing. Giuseppe Dal Bosco Ing. Celia Marcos
Estudios de Vulnerabilidad al Cambio Climático	
Salud Humana	SOPASAL Dr. Roberto Kestler Dr. Gustavo Hernández Lic. Miriam Siekavizza
Producción de Granos Básicos	Lic. Luis Herrera Herrera Ing. Mario Bautista Ing. Fulgencio Garavito
	Recursos Forestales CONFORSA Ing. Jorge Escobar Ing. Giuseppe Dal Bosco Ing. Celia Marcos
	Recursos Hídricos HODROCONSULT Ing. José Roberto Baldizón Ing. Pedro Tax Ing. Jorge Menaldo
Estudios de Mitigación (Disminución) de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero	
Energía	Fundación Solar Dr. Oscar Coto Ing. Iván Azurdía
	Recursos Forestales CONFORSA Ing. Jorge Escobar Ing. Giuseppe Dal Bosco Ing. Celia Marcos
Edición	
Lic. Carlos Cáceres Ruiz Ministro de Ambiente y Recursos Naturales	
Ing. Carlos Mansilla M. Director Nacional del Proyecto 1era. Comunicación Nacional	
Ing. Inf. Natalia Morales B. Asistente Técnico	

GUATEMALA, C. A.



MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES

Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático

La Primera Comunicación Nacional de Guatemala sobre Cambio Climático se realizó con el apoyo financiero del Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés) y a través de la Representación guatemalteca del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).



PRESENTACION

El Gobierno de la República de Guatemala firmó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático el 13 de junio de 1992 y la ratificó el Congreso de la República, mediante el Decreto Legislativo No. 15-95 del 28 de marzo de 1995. El instrumento de ratificación quedó depositado en la Secretaría de las Naciones Unidas el 15 de diciembre de 1995.

Desde la firma y ratificación de la Convención sobre Cambio Climático, Guatemala ha realizado una serie de acciones tendientes a cumplir sus compromisos como Parte de la Convención. En efecto, el 27 de junio de 1997 por medio del Acuerdo Gubernativo No. 474-97 se creó la Oficina Guatemalteca de Implementación Conjunta (OGIC), mientras que el 27 de julio de 1997 se instituyó el Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC) conformadas ambas entidades por los principales actores de la sociedad guatemalteca (Sector Gobierno, Sector Privado, ONG's y Academia). El 7 de julio de 1999 el país ratificó el Protocolo de Kyoto a través del Decreto Legislativo No. 23-99; el protocolo había sido suscrito por el Gobierno el 10 de julio de 1998.

En 1998, con el apoyo financiero del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés) y a través de la Representación en el país del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) se inició la elaboración de la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático.

El informe que contiene Primera Comunicación de Guatemala sobre el Cambio Climático está basado en los resultados del inventario de gases de efecto invernadero, en la preparación de escenarios climáticos, ambientales y socio-económicos y en los estudios específicos sobre vulnerabilidad al cambio climático en la salud humana, producción de granos básicos, recursos forestales y recursos hídricos. También incluye los productos de los estudios de disminución de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energía y la identificación de lineamientos básicos para un plan de disminución de estos gases en los recursos forestales. Esta comunicación presenta además una descripción de las características sociales y económicas del país centradas en 1990 como año base.

La Primera Comunicación Nacional de Guatemala representa un esfuerzo para identificar y cuantificar los efectos e impactos del Cambio Climático en nuestro país y se concibe como el punto de partida de acciones concretas que permitan la disminución de los impactos negativos del cambio climático en el país y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Carlos Cáceres Ruiz
Ministro de Ambiente y Recursos Naturales

Guatemala de la Asunción, diciembre de 2001

GUATEMALA, CA

PRIMERA COMUNICACIÓN NACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

Contenido

Resumen Ejecutivo

A.	CIRCUNSTANCIAS NACIONALES	1.1
I.	La República de Guatemala	
1.1	Situación Geográfica del País	1.1
1.2	Organización y División Política	1.2
1.3	Diversidad Lingüística	1.3
1.4	Situación General del País	1.4
B.	INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	
II.	Inventario de Gases de Efecto Invernadero	2.1
2.1	Gases de Efecto Invernadero	2.1
2.2	Emisiones y Absorciones Nacionales de Gases de Efecto Invernadero	2.1
2.3	Emisiones en Energía	2.3
2.4	Emisiones en los Procesos Industriales	2.6
2.5	Emisiones en Agricultura (Agrícolas y Pecuarias)	2.6
2.6	Emisiones y Absorciones Provenientes del Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura	2.8
2.7	Emisiones en Desechos (Sólidos y Líquidos)	2.10
2.8	Emisiones Agregadas según el Potencial de Calentamiento Global	2.10
C.	ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO	
III.	Escenarios Climáticos	3.1
3.1	Calentamiento Global	3.1
3.2	Línea Base de los Escenarios de Cambio Climático	3.1
3.3	Proyección de los Cambios Climáticos a Escala Global	3.4
3.4	Resultados de los Escenarios Climáticos para Guatemala	3.7
IV.	Escenarios Socioeconómicos	4.1
4.1	Bases de los Escenarios Socio Económicos	4.1
4.2	Escenarios Económicos para el Período 2000-2020	4.2
4.3	Escenarios Sociales	4.4
4.4	Escenarios Demográficos	4.7
V.	Escenarios Ambientales	5.1
5.1	Escenarios Bioclimáticos	5.1
5.2	Escenarios Bioclimático (Zona de Vida) de la Línea Base	5.3
5.3	Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Normal	5.3
5.4	Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Optimista	5.5
5.5	Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Pesimista	5.6

D. ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMATICO

VI.	Vulnerabilidad del Sector Salud al Cambio Climático	6.1
6.1	Clima y Salud	6.1
6.2	Enfermedades Seleccionadas	6.1
6.3	Situación de la Salud en Guatemala	6.3
6.4	Impactos del Clima y la Variabilidad Climática en la Salud Humana	6.4
VII.	Vulnerabilidad de los Recursos Forestales al Cambio Climático	7.1
7.1	Clima y Recursos Forestales	7.1
7.2	Impactos del Cambio Climático en los Recursos Forestales	7.1
7.3	Comportamiento de la Cobertura Forestal según Escenario de Cambio Climático	7.3
7.4	Impactos Humanos en los Recursos Forestales	7.5
VIII.	Vulnerabilidad de la Producción de Granos Básicos al Cambio Climático	8.1
8.1	Los Granos Básicos	8.1
8.2	El clima y su Variabilidad en la Producción de Granos Básicos	8.1
8.3	Impactos del Cambio Climático en la Producción de Granos Básicos	8.4
IX.	Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos al Cambio Climático	9.1
9.1	Recursos Hídricos en Guatemala	9.1
9.2	El Clima y los Recursos Hídricos	9.2
9.3	Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos	9.3
9.4	Otros Impactos	9.9

E. MEDIDAS PARA LA APLICACIÓN DE LA CONVENCION

X.	Disminución de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Energía	10.1
10.1	Evolución Histórica del Sector Energía	10.1
10.2	Cambios Estructurales e Institucionales	10.2
10.3	Demanda Futura de Energía	10.2
10.4	Opciones de Reducción de Emisiones	10.4
10.5	Escenarios de Reducción de Emisiones: Disminución del Consumo Futuro de Energía	10.6
10.6	Emisiones de Dióxido de Carbono (CO ₂)	10.7
10.7	Emisiones de Otros Gases de Efecto Invernadero	10.8
XI.	Lineamientos Básicos para la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en los Recursos Forestales	11.1
11.1	Principales Opciones de Reducción de Emisiones	11.1
11.2	Propuesta de Reducción de Emisiones y Aumento de Absorciones	11.2
11.3	Objetivos de un Plan de Reducción de Emisiones	11.2
11.4	Contenido Temático del Plan de Reducción de Emisiones	11.3
11.5	Estrategias de Implementación del Plan de Reducción de Emisiones	11.4

Bibliografía	12.1
--------------	------

Acrónimos y Abreviaturas	
--------------------------	--

GUATEMALA, C.A.

PRIMERA COMUNICACIÓN NACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

Resumen Ejecutivo

RESUMEN EJECUTIVO

Circunstancias Nacionales

1. La República de Guatemala

Las principales características sociales, económicas y políticas del país están centradas en el año 1990 para relacionar los resultados del año base del inventario de gases de efecto invernadero con su entorno socioeconómico; no obstante lo anterior, se presenta información para años cercanos cuando no fue posible obtenerla para este año base.

1.1 Localización

La República de Guatemala está situada en el istmo centroamericano entre las latitudes 13° 44' y 18° 30' norte y las longitudes 87° 24' y 92° 14' oeste. Por su localización geográfica y topografía el país cuenta con una gran variedad de climas que van desde cálido húmedo en las costas hasta frío en el altiplano. Las temperaturas medias anuales son de 26.7° C para la zona pacífica, 18.7° C para la zona central y 25.5° C para el atlántico del país. Con una extensión territorial de 108,889 km², tiene un perfil montañoso y una cobertura selvática; el país tiene costas en el Océano Pacífico y en el Mar Caribe, llanuras en el oriente, tierras bajas en el norte y un altiplano montañoso en el centro y oeste del país. La precipitación en el altiplano fluctúa entre los 1000 y 1200 mm anuales mientras que en las costas alcanza los 4000 mm anuales.

1.2 Aspectos Sociales

La República está dividida en 8 regiones con 22 departamentos y 330 municipios; se habla español, 21 idiomas mayas, además del garífuna y del xinca. En 1990, Guatemala tenía una población estimada en 9.2 millones de habitantes, con un 61.5% indígena. El 35.3% de la población está ubicada en las zonas urbanas y el resto en áreas rurales; la tasa anual de crecimiento de la población es 2.9% y su densidad 84.5 habitantes/km². Según el censo de 1994, la ciudad capital contaba con 823,301 habitantes. Los servicios de salud son principalmente urbanos, el 46% de la población tiene difícil acceso al médico, de las 10 principales causas de morbilidad el 50% se relacionan con agua y saneamiento. Para 1990, la mortalidad infantil fue de 48.3 por mil nacidos vivos, correspondiendo el 30% a enfermedades diarreicas. La esperanza media de vida era de 64 años en 1994.

1.3 Aspectos Económicos

El Producto Interno Bruto (PIB) de 1990 creció un 3.1% respecto de 1989 ascendiendo a 3,390.5 millones de quetzales (a precios constantes); el sector agrícola que incluye silvicultura, caza y pesca fue el de mayor importancia (25.8% del total). Los cultivos como café, banano, cardamomo, caña de azúcar, maíz y frijol participaron con el 61.7% del valor de la producción bruta del sector agropecuario. Las exportaciones agrícolas tradicionales (café, azúcar, banano, carne y cardamomo) y las exportaciones de petróleo son las fuentes principales de divisas del país. El 86.5% de la población económicamente activa fue ocupada en el sector agropecuario.

Inventario de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero

2. Inventario Nacional

Las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero se calcularon siguiendo las Guías Revisadas de 1996 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (IPCC/OECD, IEA, 1997)

utilizando 1990 como año base de acuerdo con la resolución de la Conferencia de las Partes de 1996. La unidad de medida es el gigagramo (Gg) que equivale a 10^9 gramos o a 1000 toneladas.

2.1 Emisiones

Para 1990 las emisiones totales ascendieron a 7,489.619 Gg de dióxido de carbono (CO_2), a 199.556 Gg de metano (CH_4), a 20.709 Gg de óxido nitroso (N_2O), a 43.792 Gg de óxidos de nitrógeno (NO_x), a 961.655 Gg de monóxido de carbono (CO), a 105.949 Gg de compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) y a 74.497 Gg de dióxido de azufre (SO_2). El CO_2 es el gas de efecto invernadero más emitido en el país, del total producido en 1990 la energía representó el 49.4%, el cambio de uso de la tierra y silvicultura el 43.3% y los procesos industriales el 7.3%.

Al nivel de actividad, las principales fuentes emisoras son la conversión de bosques y sabanas (43.3%), el transporte (28.3%), la industria manufacturera (10.8%) y otros sectores que incluyen las emisiones residenciales, comerciales, institucionales (7.7%). El CO_2 generado por la quema de biomasa no se incluye como parte de las emisiones totales del sector energía debido a que la metodología del IPCC considera que su consumo es igual a la regeneración de la biomasa en pie. En 1990 se generaron 13,197.367 Gg de CO_2 valor que demuestra la importancia que tiene el consumo de leña como energético.

Las emisiones totales de CH_4 ascienden a 199.556 Gg provenientes de la quema de combustibles (17.2%), de la fermentación entérica (58.3%), de la disposición de desechos sólidos y líquidos (15.2%), del manejo de estiércol (2.6%) y de la conversión de bosques y sabanas (2.4%); el resto (4.3%) corresponde a la quema de residuos en el campo, a la quema prescrita de sabanas, cultivos de arroz y emisiones fugitivas. La emisión nacional de N_2O fue de 20.709 Gg emitidos por las actividades energéticas (2.5%), por la agricultura (95.13%), del cambio de uso de la tierra y silvicultura y por los desechos (2.2%).

Se emitieron 43.792 Gg de NO_x procedentes de energía (84.3%), de agricultura (12.9%) y cambio de uso de la tierra y silvicultura (2.8%). El CO con 961.655 Gg es el segundo gas emitido siendo producido principalmente en las actividades energéticas (75.5%); el resto es emitido por la agricultura (20.1%) y por la conversión de bosques y sabanas (4.4%). Los COVDM tuvieron una emisión de 105.949 Gg emitidos en energía (86.6%) y en los procesos industriales (13.4%). Las emisiones de SO_2 ascendieron a 74.497 Gg producidos mayoritariamente en las actividades energéticas (99.6%) y marginalmente en los procesos industriales (0.4%).

2.2 Absorciones

Por medio de los cambios en bosques y otras reservas de biomasa leñosa se absorbieron 37,871.929 Gg de CO_2 , las tierras abandonadas captaron 2,967.733 Gg de CO_2 y través de los suelos se absorbieron 2,064.065 Gg de CO_2 ; en total se absorbieron 42,903.727 Gg de CO_2 . La absorción neta de CO_2 para 1990 es de 35,414.108 Gg después de deducir las emisiones.

2.3 Emisiones Agregadas según el Potencial de Calentamiento Total

El análisis de los potenciales de calentamiento globales considera el comportamiento del CH_4 y del N_2O utilizando al CO_2 como patrón de comparación. El metano para un horizonte de 20 y 100 años es 56 y 21 veces más efectivo que el CO_2 para absorber calor mientras que para esos mismos años el óxido nitroso es 280 y 310 veces más efectivo que el CO_2 . Al hacer el análisis de los tres gases respecto del año 1990 para un horizonte de 20 y 100 años, el metano cambia su presencia relativa de 2.6% a 45.7% y a 23.1%; el óxido nitroso pasa de 0.03% a 23.7% y a 35.5% respectivamente. Estos valores son significativamente mayores que los obtenidos en el año de 1990, indicando que en la cuantificación de las emisiones no se debe tomar en cuenta solamente las emisiones actuales gas sino también los impactos futuros.

Escenarios

3. Escenarios Climáticos

El análisis del clima en Guatemala se realizó a partir de las informaciones de la red de estaciones del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

3.1 Línea Base

La línea base está centrada en el período de observaciones 1960-1990. El comportamiento de la temperatura muestra un incremento de los valores medios predominantemente a finales de la década de 1970. También se aprecia el predominio de las anomalías negativas de lluvia a partir de la década de los años 70 señalando una tendencia significativa a la reducción de los acumulados anuales de lluvias.

3.2 Escenarios de Cambio Climático

Para describir el comportamiento futuro del clima se realizaron estimaciones de las concentraciones de GEI y de su evolución futura simulando cambios en el balance energético terrestre y la respuesta del sistema climático a tales cambios. Los escenarios de emisiones seleccionados para estimar los cambios de temperatura media global fueron el IS92c, el IS92a y el IS92e que son escenarios de “no intervención”. Estos escenarios no consideran políticas de intervención orientadas a mitigar o reducir el cambio climático.

Los escenarios fueron escogidos considerando que dos de ellos (IS92c, IS92e) producen emisiones futuras extremas mientras que el IS92a es un escenario intermedio que sigue los patrones de la línea base. Estos escenarios consideran sensibilidades climáticas alta, media y baja (1.5° C, 2.5° C y 4.5° C respectivamente) y un amplio rango de predicciones de calentamiento global basadas en el incremento de los GEI.

3.3 Selección de Escenarios de Cambio Climático para Guatemala

Se escogieron 3 Escenarios de Cambio Climático de Guatemala (ECCG) para cubrir el mayor rango posible de futuros cambios del clima y siguiendo los patrones de variabilidad climática del país; los escenarios fueron denominados Central (ECCG_C), optimista (ECCG_HA Húmedo Alto) y un pesimista (ECCG_SA Seco Alto).

Los escenarios que muestran un mayor y menor calentamiento están asociados con los resultados de los modelos ECCG_HA y ECCG_SA respectivamente y son consistentes en señalar un incremento de la temperatura manteniendo, sin grandes alteraciones, la estructura de variación anual. El escenario ECCG_C sigue la tendencia actual, es decir, un ligero aumento de la temperatura y una reducción de la precipitación. El patrón anual de variación de la precipitación futura apunta hacia una reducción más o menos intensa de las precipitaciones en el trimestre julio-septiembre y mayor y más evidente en agosto según los escenarios ECCG_SA y ECCG_HA respectivamente. Estos resultados implican la intensificación del veranillo o canícula que puede tener serias implicaciones para la agricultura. Las variaciones más notables y críticas se producen para el escenario ECCG_SA.

3.4 Impactos del Cambio Climático para cada Escenario

Para cada escenario identificado se evaluó el impacto del clima futuro mediante el índice de aridez (comportamiento de la precipitación pluvial y la evapotranspiración potencial). Se analizaron los escenarios centrados en 2050 presentándose los efectos que producirían las variaciones de temperatura y precipitación según el escenario analizado; para cada uno de los escenarios se analizó el comportamiento espacial de las variables climáticas. En el escenario optimista (ECCG_HA) se aprecia una disminución de las zonas semiáridas mientras que en el pesimista (ECCG_SA) podría producirse una ampliación de las zonas semiáridas que abarcarían el altiplano y parte de la región sur oriente del país.

4. Escenarios Socioeconómicos

Los escenarios socioeconómicos están basados en el comportamiento de la economía internacional, en las políticas económicas nacionales y en el grado de satisfacción de los déficit sociales.

4.1 Escenarios Económicos para el Período 2000-2020

Los escenarios económicos consideran el periodo 2000-2005 como el período inicial y etapa de consolidación del proceso democrático e implementación de los Acuerdos de Paz. A partir del 2001 se establece un escenario optimista basado en la implementación de decisiones de políticas que logren un cambio en la situación prevaleciente en los años 1998 y 1999. Las medidas incluyen controlar el gasto público, consolidar el proceso de descentralización, disminuir el crédito público interno, mejorar los procesos de regulación sobre los sectores financieros y bancarios, ampliar la base tributaria y estructurar los ingresos fiscales haciéndolos menos dependientes de impuestos indirectos.

Para los Escenarios 2000-2020 las principales variables utilizadas en la construcción de escenarios macroeconómicos fueron la tasa de crecimiento del PIB (en términos reales), el Déficit Fiscal como porcentaje del PIB, la Carga Tributaria, las Tasas de Interés Activas y Pasivas y el margen de intermediación, la Inflación, el Comportamiento de la Tasa de Cambio, las Reservas Monetarias netas y su crecimiento, los Medios de Pago y medio circulante, el Déficit en cuenta corriente de la balanza de pagos y el Comportamiento de las importaciones y las exportaciones.

4.2 Escenarios Sociales

Los escenarios sociales están basados en la reducción de los déficits sociales en educación y salud de la mayor parte de la población para consolidar la democracia y mejorar la productividad de la economía.

En el Escenario Central se superan lentamente los desequilibrios sociales y los cambios que se producirían no son muy grandes pero se orientan hacia una paz firme y duradera. En el Escenario Optimista los cambios sociales y políticos son relevantes, reveladores y claros, además de cumplir con los Compromisos de los Acuerdos de Paz; se consolida el Estado de Derecho, se fortalecen las instituciones democráticas y se consolida la viabilidad económica y social del país. El Escenario Pesimista considera que en la dinámica del área social no se logran impactos positivos a pesar de los procesos orientados hacia la modernización del Estado. Tampoco se alcanza el fortalecimiento de las instituciones democráticas del Estado que se consideran vitales para disminuir la impunidad, la injusticia, la desigualdad y para la consolidación de la paz y eliminación de la extrema pobreza. Esta situación plantea un debilitamiento de las instituciones y un bajo nivel de desarrollo de humano que disminuye la competitividad al país.

4.3 Escenarios Demográficos

Los escenarios demográficos están basados en el éxito de las políticas de planificación familiar y de migración interna, en el incremento de los programas de concientización y educación tanto en el área urbana como rural. El grado de cumplimiento de las metas propuestas determina los resultados de los escenarios demográficos optimista (17.4 millones de habitantes), central (18.0 millones de habitantes) y pesimista (18.6 millones de habitantes) para el año 2020.

5. Escenarios Ambientales

Para la elaboración de los escenarios ambientales se utilizaron modelos bioclimáticos que establecen relaciones entre la presencia o ausencia de especies (tipos de vegetación) y una o más variables climáticas.

5.1 Zonas de Vida Vegetal

Los escenarios bioclimáticos están basados en el modelo biofísico de clasificación de Zonas de Vida Vegetal de Leslie Holdridge que describe la distribución de los ecosistemas en función de biotemperatura, precipitación media anual y la constante de evapotranspiración potencial. En Guatemala se han

identificado 14 zonas de vida vegetal que comprenden desde zonas húmedas hasta zonas secas y que van desde zonas frías a zonas cálidas con altitudes que varían de los 0 a más de 4,000 msnm.

5.2 Escenarios Bioclimático de la Línea Base

El escenario bioclimático de la línea base fue construido a partir de la zona de vida elaboradas por De la Cruz; entre el escenario base y las zonas de vida se presentan diferencias en el tipo y cobertura vegetal. El escenario de la línea base es una aproximación conceptual donde se presentan zonas bioclimáticas identificadas y definidas a partir de datos del clima proporcionados por los escenarios climáticos. En realidad las zonas climáticas de la línea base no se observan actualmente debido a que las especies se adaptan gradualmente y que su cambio solo puede observarse en un tiempo superior a varias décadas.

5.3 Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Central

Se basa en las proyecciones climáticas utilizadas en el escenario central (ECCG_C) que considera una reducción de la precipitación (aproximadamente 5%) asociada a un aumento de la temperatura (aproximadamente 1.5 °C). La sensibilidad climática del escenario se manifiesta en aumentos de la temperatura y evapotranspiración en la región norte (Petén, Izabal, Alta y Baja Verapaz), en el valle del Motagua y en toda la región sur oriental del país. La precipitación muestra una disminución leve en la región del valle del Motagua y altiplano oriental con una proyección al altiplano central (Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango).

5.4 Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Optimista

Se origina en el escenario optimista (ECCG_HA) que considera un aumento de la precipitación (aproximadamente 6%) y un aumento de 2 ° C de la temperatura. El aumento de la temperatura en todo el país tiene mayor incidencia en las regiones oriental, norte y sur oriental. En la costa sur se presentan cambios significativos en las temperaturas mientras que el altiplano occidental la variación es mínima. La precipitación muestra un aumento a nivel nacional que es más evidente en la boca costa del pacífico y en los altiplanos central y occidental.

5.5 Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Pesimista

Está basado en el escenario pesimista (ECCG_SA) en el que se presenta un aumento elevado de la temperatura (3.5 °C) asociado a una alta sensibilidad climática en combinación con una reducción de la precipitación (30 %). En este escenario se proyecta una reducción de la precipitación en todo el país que afecta en particular el valle del Motagua en el oriente del país pasando por el altiplano central, hasta la Sierra de los Cuchumatanes.

Impactos del Cambio Climático

6. Vulnerabilidad de la Salud al Cambio Climático

La salud humana es el resultado de interacciones de factores que incluyen a la biología humana, al ambiente, a los procesos socioeconómicos, hábitos, costumbres, estilos de vida de las personas y de las comunidades y al estado de la infraestructura socio-sanitaria. La salud no es ausencia de enfermedad.

6.1 Enfermedades Seleccionadas

Se relacionaron las variables climáticas mensuales con los respectivos comportamientos de las enfermedades y se analizaron las incidencias de las enfermedades con las variaciones que ocurrieron en el clima. Entre varias enfermedades analizadas se seleccionaron la Enfermedad Diarreica Aguda (EDA), la Infección Respiratoria Aguda (IRA) y la Malaria (MA) como las principales enfermedades asociadas a la variabilidad climática. Las EDA e IRA fueron seleccionadas por ser las enfermedades de mayor impacto en la población y por ser las principales causas de enfermedad y muerte especialmente en menores de 5

años. La MA fue escogida debido a que es una enfermedad de tipo vectorial y que incide principalmente en el adulto hombre.

6.2 Situación de la Salud en Guatemala

La alta prevalencia de las enfermedades infecciosas, que están entre las principales causas de muerte en el país, refleja el estado de la salud de la población como consecuencia del bajo nivel de vida, de la escasa cobertura de los programas de salud y saneamiento y de la falta de una nutrición apropiada. Los programas de atención al binomio madre-niño llegan a una mínima parte de la población; el control de las EDA e infecciones intestinales cubren el 20.0% de los casos; las IRA son tratadas en un 28.0% de su incidencia y solamente a un 41.0% de los niños menores de 5 años se les lleva control de crecimiento y desarrollo.

En 1997 las enfermedades infecciosas y el parto fueron las principales causas de enfermedad y muerte en el país. A pesar de los esfuerzos realizados en torno al mejoramiento de la salud de la madre, la mortalidad materna continúa siendo alta (23 por mil nacidos vivos) especialmente en el grupo indígena en el que llega a ser el doble. La incidencia de enfermedades diarreicas reportó un 30%, las enfermedades respiratorias agudas un 23% y las enfermedades perinatales un 20%. La desnutrición abarcaba a un 50% de la población infantil. La incidencia de enfermedad y muerte en menores de 5 años fue de 67 por cada mil nacidos vivos causadas principalmente por enfermedades respiratorias, diarreicas y desnutrición.

6.3 Impactos del Clima y la Variabilidad Climática en la Salud Humana

Para estudiar el impacto del clima en la salud humana se consideraron los efectos de la variabilidad climática de acuerdo a los escenarios de cambio climático; los resultados presentados están basados en el escenario pesimista (ECCG_SA). En el análisis del impacto del clima en la salud se utilizó el Índice de Bultó (IB) que se basa en modelos empírico-estadísticos para la descripción y estimación del comportamiento futuro de enfermedades usando como variable las condiciones climáticas. El IB considera el comportamiento simultáneo mensual de las variables climáticas temperatura máxima, temperatura mínima, oscilación térmica y precipitación, así como la influencia del Evento El Niño/Oscilación del Sur (ENOS).

6.4 Línea Base de las Enfermedades Seleccionadas

Además de considerar los datos de la climatología 1960-como línea base, también se utilizaron datos del período 1991-1999; a este período se le denominó clima actual.

6.5 Escenario Pesimista: Comportamiento de las Enfermedades Estudiadas

Se analizó el comportamiento de las enfermedades seleccionadas solo para el escenario pesimista (ECCG_SA). En este escenario, ante las anomalías climáticas las enfermedades IRA, EDA y MA no siguen sus respectivos patrones estacionales produciéndose la aparición de nuevos episodios epidémicos o reducciones notables en su incidencia fuera de su temporada normal. En los años de los eventos ENOS los impactos se acentúan al cambiar la frecuencia de ondas frías y al variar las características termodinámicas de las masas de aire que los siguen. Aunque el análisis se centró en la zona sur occidente del país los resultados son similares para el resto del país, a excepción de la MA que presenta una tendencia a su incremento.

a. Comportamiento de las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA)

Las IRA muestran la tendencia de aumentar su frecuencia al comienzo de la temporada lluviosa apreciándose un retraso en la aparición del período epidémico típico de finales del verano. En los últimos años se reporta la aparición de brotes epidémicos en los meses de junio y julio coincidiendo con valores anómalos de los índices de circulación meridional y extensos procesos de sequía. Estas condiciones son adecuadas para la circulación de virus produciéndose un tercer máximo entre septiembre y octubre y convirtiendo el comportamiento anual de la enfermedad en trimodal.

b. Comportamiento de la Enfermedad Diarreica Aguda (EDA)

El comportamiento típico de las EDA sufre un impacto ante las variaciones del régimen lluvioso según los escenarios de cambio climático. La tendencia a la redistribución de totales mensuales de lluvia, que hace más usuales y persistentes los períodos de sequía dentro del año, provoca que la distribución estacional de la enfermedad se suavice cuando transita hacia los picos máximos y muestra mayores valores en los meses de junio y julio.

c. Comportamiento de la Malaria (MA)

La MA es una enfermedad transmitida por vectores (insectos del género Anopheles) cuya densidad poblacional se ve afectada por la temperatura, humedad y altura. En el comportamiento de la MA se observa una sensible disminución del número de casos debido al corrimiento de sus patrones estacionales ocasionados por los efectos de las variaciones climáticas que se presentan en el escenario considerado.

7. Vulnerabilidad de los Recursos Forestales al Cambio Climático

La distribución geográfica, la composición, las características y productividad de los bosques son determinadas por las condiciones del clima global y local. Por lo tanto, las variaciones de temperatura y precipitación que se presentan en los escenarios de cambio climático afectan el comportamiento de las masas forestales del país.

7.1 Clima y Recursos Forestales

Las variaciones climáticas juegan un papel importante en la distribución y productividad de las masas boscosas. La temperatura afecta los procesos básicos bioquímicos y fisiológicos mientras que la precipitación es el mayor insumo para la humedad del suelo en los ecosistemas. Además, la temperatura y la humedad del suelo influyen en la descomposición de los materiales orgánicos que afectan la disponibilidad de nutrientes para la vegetación.

7.2 Cambio Climático en los Recursos Forestales

El análisis del cambio climático en los recursos forestales están basados en los escenarios de cambio climático y en los escenarios ambientales. Los impactos del cambio climático sobre los recursos forestales están constituidos por las modificaciones en su cobertura, diversidad, desarrollo y productividad como consecuencia de estas variaciones climáticas. Los recursos forestales más vulnerables son los bosques de coníferas que experimentan una reducción de su extensión como consecuencia de un aumento de la zona seca.

7.2.1 Escenario Central

Las condiciones del escenario central (ECCG_C) plantean condiciones climáticas que resultan moderadamente negativas para las especies forestales. Alrededor de 1,792 km² (1.64 % de la superficie total del país) de cobertura forestal, equivalente a 17.9 millones de m³ de madera pueden estar sujetos a modificación por los cambios climáticos. Las áreas susceptibles de modificaciones se ubican en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Totonicapán, Sololá, Alta Verapaz, Zacapa y Chiquimula.

7.2.2 Escenario Optimista

En el escenario optimista (ECCG_HA) las condiciones climáticas tienen impactos en zonas muy limitadas del país; solamente 416 km² de zonas de cobertura forestal (0.38 % la superficie total del país) serían susceptibles de ser modificadas; esta área equivale a 4.2 millones de m³ cúbicos de madera. Las zonas afectadas serían aquellas cubiertas por bosques de altura ubicados en los departamentos de Huehuetenango, Guatemala y Chiquimula.

7.2.3 Escenario Pesimista

Las condiciones del escenario pesimista (ECCG_SA) son significativamente negativas para los ecosistemas forestales que producen modificaciones severas en la cobertura forestal del país. Cerca de 4000 km² de bosques de coníferas y mixtos, cerca de 40 millones de m³ de madera (3.67 % de la superficie total del país), estarían sujetos a impactos negativos. Las áreas que serían susceptibles a los cambios climáticos se ubican en los departamentos de Huehuetenango, Sololá, Totonicapán, Chimaltenango, Quiché, Alta Verapaz, Zacapa y Jalapa.

7.2.4 Consideraciones Adicionales

A pesar de que los ecosistemas forestales nacionales son vulnerables según los escenarios climáticos debe señalarse que los bosques tienen una capacidad natural de adaptarse a los cambios de su entorno natural físico y ambiental. Los ecosistemas forestales pueden, a través de procesos de selección natural y en períodos de tiempo muy largos, modificar sus características poblacionales (crecimiento, sucesión, distribución de especies) para contrarrestar el impacto que el medio ambiente pueda ejercer sobre ellos.

7.3 Impactos Humanos en los Recursos Forestales

La actividad humana modifica positiva y/o negativamente los recursos forestales locales. Se identificó como escenario optimista de intervención humana los impactos positivos de las acciones humanas que tienden a mejorar y/o preservar los recursos forestales. El escenario pesimista de intervención humana considera los impactos negativos asociados al avance de la frontera agrícola y en particular a aquellas actividades relacionadas con el abuso de los recursos forestales, con la intensificación de cultivos migratorios, sustitución de bosques por áreas agrícolas y por la invasión de áreas protegidas.

8. Vulnerabilidad de la Producción de Granos Básicos al Cambio Climático

Los granos básicos tienen una importancia especial en Guatemala debido a sus implicaciones culturales, socioeconómicas y alimenticias de una gran mayoría de la población, principalmente del área rural que obtiene de estos granos sus requerimientos energéticos y proteicos.

8.1 Los Granos Básicos

Los principales granos básicos producidos y consumidos en el país son el maíz, frijol, arroz, sorgo y trigo que son utilizados por la población rural y urbana para su propio consumo humano, para alimentación de animales y para procesos industriales.

8.2 El Clima y su Variabilidad en la Producción de Granos Básicos

Se analizó el clima y su variabilidad en la producción de granos básicos con el objeto de cuantificar los impactos en la cantidad y calidad de los granos cosechados. Para ello se simuló el crecimiento, desarrollo, evapotranspiración, absorción de nutrientes de los cultivos junto con las interacciones con el ambiente y la interceptación de la radiación solar. En las simulaciones realizadas también se tomaron en cuenta los efectos del contenido de agua y de temperaturas extremas.

8.3 Producción de Granos Básicos según Escenarios de Cambio Climático

Con la información de los escenarios futuros de cambio climático (línea base, central, pesimista y optimista) se simuló la producción de los granos básicos.

a. Escenario de la Línea Base

El escenario de la línea base del período 1960-1990 considera variables climáticas, de suelo, condiciones de manejo de los cultivos seleccionados, coeficientes genéticos y datos de rendimiento reales.

b. Escenarios Futuros

La construcción de los escenarios de cambio climático se basa en los cambios centrados al año 2030 en los escenarios central (ECCG_C), optimista (ECCG_HA) y pesimista (ECCG_SA). En cada una de las áreas analizadas se calculó el factor pluviométrico y los incrementos de temperatura entre la línea base y los escenarios climáticos y se estimó la cosecha por tipo de producto. La comparación entre la producción simulada y la producción real se realizó tomando en cuenta los efectos de la variabilidad climática en los rendimientos de las cosechas.

8.4 Impactos del Cambio Climático en la Producción de Granos Básicos

Las diferencias de rendimientos en la producción de granos básicos entre la línea base y los escenarios climáticos es la medida del impacto que pudiera presentarse en la producción agrícola. Las simulaciones se llevaron a cabo para 13 temporadas agrícolas (1980 a 1993), en 7 sitios de observación climática y en los 3 cultivos seleccionados. Los resultados de las simulaciones presentan diferentes niveles de producción dependiendo del cultivo y de la región donde se cosecha. En general, las simulaciones presentaron producciones anuales menores que las consideradas en la línea base. Para algunos productos, las simulaciones presentan resultados muy negativos, llegando en algunas regiones disminuciones de hasta un -66% respecto de la cosecha de la línea base.

9. Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos al Cambio Climático

En Guatemala, en un año promedio se dispone de 24,500 m³ de agua, de los cuales solamente un 3% son aprovechados para riego, uso doméstico e industrial, disposición de desechos, generación de energía y navegación. El país cuenta con 38 cuencas, 18 localizadas en la vertiente del Pacífico, 10 cuencas en la vertiente de las Antillas (El Caribe) y 10 cuencas en la vertiente del Golfo de México. El 75% del territorio nacional está formado por cuencas hidrológicas internacionales que se extienden hacia los países vecinos.

9.1 El Clima y los Recursos Hídricos

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

9.2 Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos

El comportamiento futuro de las escorrentías superficiales para cada cuenca está basado en los escenarios de cambio climático (central, optimista y pesimista) para 2030. Una menor precipitación implica una reducción de la escorrentía superficial produciendo menor dilución de las descargas municipales, un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno y una disminución de la fauna acuática. El incremento de temperatura ocasionaría una reducción del oxígeno disuelto en el agua.

a. Línea Base de Escorrentía

La línea base presenta 3 macro zonas de escorrentía que se denominaron alta, media y baja. Así, por ejemplo, la zona del Polochic se encuentra en la zona alta (entre 2000 y 2500mm); la zona de los ríos La Pasión y María Linda se clasifica como zona intermedia (entre 1000 y 1500 mm) y las cuencas de los ríos Motagua y Grande de Zacapa están ubicadas en la zona baja (350 a 450 mm).

b. Escorrentía en el Escenario Central

En el escenario de cambio climático central (ECCG_C) se esperaría una menor escorrentía del orden del 10% en todas las cuencas; los caudales actuales según la línea base de 10 l/seg (litros/segundo) estarían cambiando a 9 l/seg o menos.

c. Escorrentía en el Escenario Optimista

En el escenario de cambio climático optimista (ECCG_HA) se puede esperar un incremento del 15% en las escorrentías en las ciudades y poblados del sur de Guatemala, de Escuintla, de Jutiapa, y de Chiquimula. Caudales actuales de 10 l/seg estarían cambiando a 11.5 l/seg o más.

d. Escorrentía en el Escenario Pesimista

El escenario de cambio climático pesimista (ECCG_SA) muestra una disminución de hasta un 50% de la escorrentía en algunos departamentos y ciudades importantes como Guatemala, Escuintla, Mazatenango y Quetzaltenango. Esto significa que caudales de 10 l/seg estarían bajando a 5 l/seg o menos.

9.3 Otros Impactos Directos

Los efectos de un aumento o disminución de escorrentía tienen impactos en los sistemas de suministro de agua y en la producción agrícola. Al aumentar la escorrentía superficial se ocasionarían inundaciones en la época lluviosa; el incremento de la escorrentía puede producir una mayor degradación de suelo de las cuencas hidrográficas principalmente en la costa sur del país. Al incrementar la precipitación se presentan pérdidas de cosechas de verduras, frutas y cereales en la parte alta de las cuencas, y de café, caña de azúcar y ganado en la parte de la costa.

Al ocurrir una disminución de precipitación y consecuentemente una disminución de caudales de los ríos ocurriría una mayor sedimentación y un proceso acelerado de asolvamiento en los respectivos cauces. Esto traería consecuencias negativas para la economía local y nacional. También, al aumentar la temperatura y disminuir la precipitación y la escorrentía superficial habría una disminución de las fuentes de agua para consumo humano y animal y para riego; consecuentemente se vería afectada la salud de la población con un considerable impacto negativo en las enfermedades de origen hídrico, como las enfermedades diarreicas, parasitarias y de la piel.

Medidas para la Implementación de la Convención

10. Opciones de Reducción de Emisiones en el Sector Energía

10.1 Demanda Futura de Energía

Para cada uno de los subsectores energéticos se elaboraron escenarios tendenciales de crecimiento alto y moderado de la demanda futura de energía y de crecimiento de la demanda considerando medidas de reducción de emisiones.

Las estimaciones tendenciales son del tipo “negocio de costumbre” que consideran la evolución del sector energético según el comportamiento de la economía nacional y su crecimiento histórico. Los escenarios de crecimiento moderado están basados en las recomendaciones del IPCC. Los escenarios de crecimiento con reducción de emisiones consideran la incorporación de medidas que al disminuir el consumo de energía, disminuyen la emisión de gases de efecto invernadero.

a. Escenario de Crecimiento Alto (ECA)

El ECA se basa en el comportamiento histórico del consumo de energía durante período 90-97 y en la consideración de tasas de crecimiento cercanos a los ritmos de crecimiento de la economía y la población del país de acuerdo a los escenarios socio-económicos. Para la elaboración del escenario tendencial se realizaron estimaciones de producción y demanda de energía hasta el año 2030 en intervalos de 10 años. En este escenario la demanda de energía crece de 11083 kbe (miles de be) en 1990 a 21632 kbe en 2000, a 36994 kbe en 2010 y a 52549 kbe en 2020.

b. Escenario de Crecimiento Moderado (ECM)

El ECM considera las recomendaciones del IPCC IS 92 para planeación de largo plazo y está basado en ritmos históricos de crecimiento de la demanda energética en el mundo que están cercanas al 2% anual sobre períodos largos de tiempo. En el ECM la demanda de energía pasaría de 11083 kbep en 1990 a 21632 kbep en 2000, a 31149 kbep en 2010 y a 41100 kbep en 2020.

c. Escenario de Consumo Futuro de Leña

La leña es uno de los energéticos más importante en el país y cuyo mayor consumo se reporta en el sector residencial (urbano marginal y rural). Para la estimación de su consumo futuro se ha considerado un crecimiento tendencial de acuerdo a su crecimiento histórico (2% en el período 1990-1998) a partir de 19048 kbep en 1990.

10.2 Opciones de Reducción de Emisiones

El sector energético guatemalteco ofrece una amplia gama de oportunidades para implementar medidas que reduzcan el consumo de energía y en consecuencia emisiones de GEI. El establecimiento e implementación de una Política Energética Ambiental tendría como meta el mejoramiento del 10% en el consumo de energía que podría servir como punto de partida para que las distintas instancias del sector energía formulen y ejecuten acciones energéticas-ambientales que propicien la satisfacción de la demanda energética y que al mismo tiempo se alcancen objetivos de reducción de emisiones de GEI. Las medidas de reducción de emisiones identificadas son:

Subsector	Opciones de Reducción	
Industria Energética	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de la Eficiencia Tecnológica Sustitución de Combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> Utilización de Energías Renovables Reforzamiento de la Interconexión Eléctrica
Industria Manufacturera y Construcción	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia Energética Sustitución de Combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> Cogeneración Mejoramiento de Procesos
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> Planificación de Transporte Urbano y el Desarrollo de Infraestructura Reducción de la Intensidad Energética de la Flota 	<ul style="list-style-type: none"> Sustitución de Combustibles Mantenimiento Preventivo y Correctivo Educación Vial
Otros Sectores (residencial, comercial, agro y otros)	<ul style="list-style-type: none"> Especificaciones Técnicas Iluminación Eficiente 	<ul style="list-style-type: none"> Manejo de la Demanda y Oferta de Energía
Caso de la Leña	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de la oferta de leña Mejoramiento de la Eficiencia en la Quema 	<ul style="list-style-type: none"> Mejoramiento de las Cadenas de Comercialización

10.3 Escenarios de Reducción de Emisiones: Disminución del Consumo Futuro de Energía

a. Escenario Futuro de Energía con Opciones de Reducción

En el planteamiento de un escenario de reducción de emisiones se propone como meta una disminución del 10% del consumo total de energía en el período 2000-2030. Con esta política energética se estiman la demanda futura de energía y las emisiones de GEI asociadas a esta demanda; el consumo de energía pasaría de 11083 kbep en 1990 a 21632 kbep en 2000, a 28033 kbep en 2010 y a 36989 kbep en 2020.

b. Escenario de Consumo de Leña con Opciones de Reducción

El escenario de reducción del consumo de leña considera la sustitución de este combustible en el sector residencial, el establecimiento de programas de mejoramiento y diseminación de estufas ahorradoras de leña, el aumento de la oferta de leña a través de restitución de zonas boscosas y reforestación y el mejoramiento de las cadenas de comercialización. Con estas medidas se logran ahorros del 10% respecto del escenario moderado.

10.4 Emisiones de Dióxido de Carbono

Con base en las estimaciones de crecimiento futuro de la demanda de energía se calcularon las emisiones de dióxido de carbono en Gg para cada uno de los subsectores energéticos utilizando la metodología del IPCC. Los resultados muestran que las emisiones totales del escenario con medidas de reducción son menores que las emisiones del ECA y del ECM. Las emisiones del ECA son mayores en un 32.2 % para el 2010 y 37.1% para 2020; las emisiones del ECA son mayores en un 12.2% para 2010 y en 12.3% para 2020.

El transporte seguirá siendo el principal emisor de CO₂ con el 66.7% de las emisiones totales para el año 2020. También son importantes las emisiones de la industria energética reflejando la alta participación de generación eléctrica a base de combustibles fósiles.

10.5 Emisiones de Otros Gases de Efecto Invernadero

Para cada uno de los escenarios de crecimiento del consumo de energía se estimaron las emisiones de metano, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano. Los resultados muestran que el establecimiento de una reducción del 10% en el consumo de energía logra disminuir las emisiones de GEI en más del 12%.

11. Lineamientos Básicos Para la Reducción de Emisiones en los Recursos Forestales

La cobertura boscosa, además de ser el principal sumidero de dióxido de carbono, participa en la dinámica de flujo de los GEI en la atmósfera terrestre y colabora en el balance climático nacional, regional y global.

11.1 Opciones de Reducción de Emisiones

Las principales opciones de reducción de emisiones están orientadas al mantenimiento de las reservas de carbono, al aumento de estas reservas y a las actividades bioenergéticas.

Subsector	Opciones de Reducción
a. Mantenimiento de las Reservas de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Protección y conservación de los bosques • Incremento de la Eficiencia del Manejo Forestal, Cosecha y Utilización de Productos.
b. Aumento de las Reservas de Carbono	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la Cobertura Boscosa. • Aprovechamiento de Productos Forestales. • Promoción de Servicios Ambientales.
c. Actividades Bio-energéticas	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta en marcha de políticas y proyectos que tiendan a mejorar la utilización del recurso biomásico como fuente de energía.

11.2 Propuesta de Reducción de Emisiones y Aumento de Absorciones

El Plan de Reducción consiste en la identificación y puesta en operación de mecanismos técnicos y financieros que disminuyan las emisiones de GEI generadas por el sector, aumenten la oferta forestal, revaloricen las funciones económicas y ambientales del bosque y que atenúen los impactos negativos que un cambio climático pueda tener sobre los recursos forestales del país.

11.3 Contenido Temático del Plan de Reducción de Emisiones

El Plan de Reducción debe plantear una transformación de las tendencias actuales del uso de los recursos forestales a través de un ordenamiento territorial orientado bajo los lineamientos de sostenibilidad y de desarrollo económico. El Plan de Reducción podría estar constituido por componentes y acciones basadas en los elementos principales que cubren las modalidades de conservación y utilización de los recursos forestales.

Componentes y Líneas de Acción

Componentes	Líneas de Acción
Protección y conservación de los bosques naturales existentes	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento para la protección forestal de bosques naturales dentro y fuera de áreas protegidas. • Financiamiento para el manejo de bosques naturales dentro y fuera de áreas protegidas. • Prevención, control y combate de incendios forestales. • Apoyo técnico y financiero a la administración forestal pública, comunal y privada. • Desincentivo del cambio de uso de la tierra a través del estímulo económico de la producción forestal en bosques naturales.
Incremento de la cobertura forestal productiva	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento para la reforestación en tierras de vocación forestal dentro y fuera de áreas protegidas. • Apoyo técnico y económico para los usuarios interesados en la reforestación con fines productivos. • Financiamiento para la reforestación con fines productivos y / o de protección en tierras públicas, privadas o comunales.
Eficiencia en el manejo forestal y en la utilización de los productos del bosque	<ul style="list-style-type: none"> • Financiamiento para el manejo forestal productivo de los bosques naturales dentro y fuera de áreas protegidas. • Financiamiento para el manejo forestal productivo de las plantaciones forestales dentro y fuera de áreas protegidas. • Fomento de la certificación de los productos de los bosques. • Fomento del uso de fuentes renovables de energía en la industria y la generación de energía eléctrica. • Apoyo técnico y financiero para la utilización de las mejores técnicas de manejo forestal productivo para silvicultores privados, comunales, empresariales, etc.



Primera Comunicación Nacional
sobre
Cambio Climático





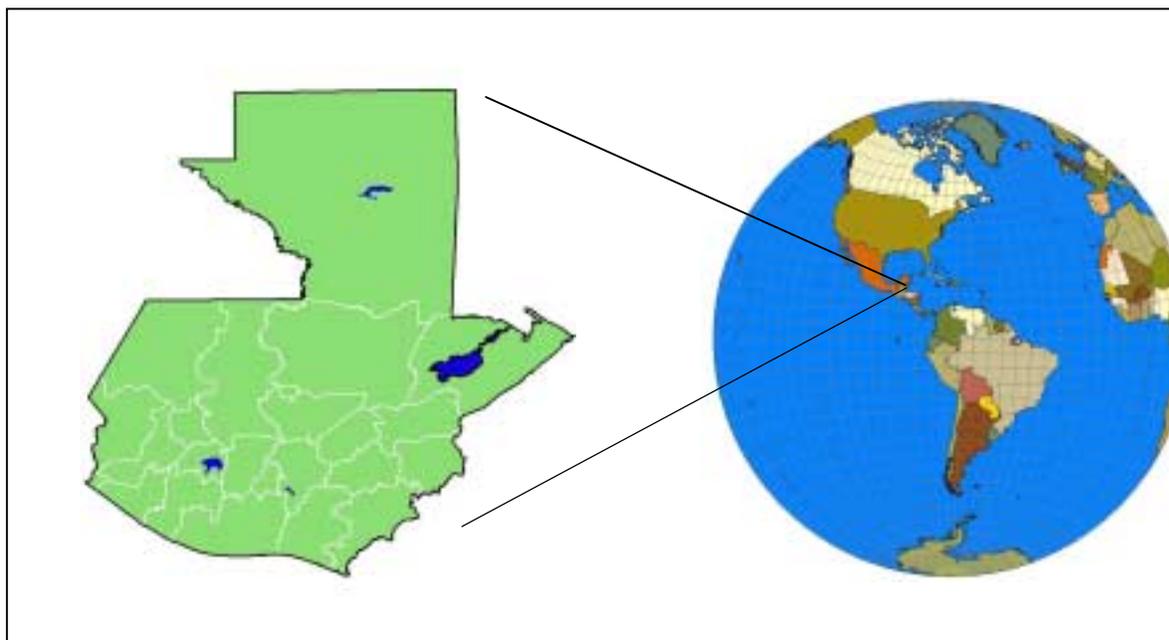
A. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

1. La República de Guatemala

1.1 Situación Geográfica del País

Guatemala deriva de guauhtemallan, voz nahuatl, que significa “*Tierra de Árboles*”. El país se localiza en el istmo centroamericano (Figura 1.1) entre las latitudes 13° 44’ y 18° 30’ norte y longitud oeste 87° 24’ y 92° 14’. Colinda al norte y oeste con México, al este con El Salvador, Honduras, Belice y el Mar Caribe y al sur con el Océano Pacífico (Tabla 1.1). Por su localización geográfica y su topografía, Guatemala cuenta con una variedad grande de climas que van desde el cálido húmedo en las regiones costeras hasta el clima frío en el altiplano; incluso existen pequeñas áreas localizadas de clima seco que llegan a una condición semidesértica. La capital de la república es la ciudad de Guatemala de la Asunción que cuenta con 823,301 habitantes (censo 1994) y que es la ciudad más grande de Centroamérica.

Figura 1.1
Localización Geográfica de Guatemala



Con una extensión territorial de 108,889 km², el 70 % de la superficie del país es montañosa y un 62 % selvática; las alturas varían desde 0 hasta 4,210 msnm. La cordillera que cruza el país del noroeste al sureste, lo divide en dos grandes cuencas: la del Pacífico y la del Atlántico. El país tiene costas en el Océano Pacífico y en el Mar Caribe, llanuras en el oriente, tierras bajas en el norte y un altiplano montañoso hacia el centro y oeste del territorio nacional.

Las precipitaciones varían según la zona del país; en el altiplano la lluvia media anual fluctúa entre 1000 y 1200 mm y en las costas alcanza los 4000 mm; el promedio anual de lluvia del país alcanza los 2200 mm. En la zona central el período de lluvias es de mayo a octubre; en la zona oriental que es la zona más seca, el promedio de lluvia es de sólo dos meses al año mientras que para la región noroccidental dura siete meses. Las temperaturas medias anuales para el período 1980-1990 son de 26.7° C para la zona del Pacífico, 18.7° C para la zona del Centro y 25.5° C para la zona Atlántica.

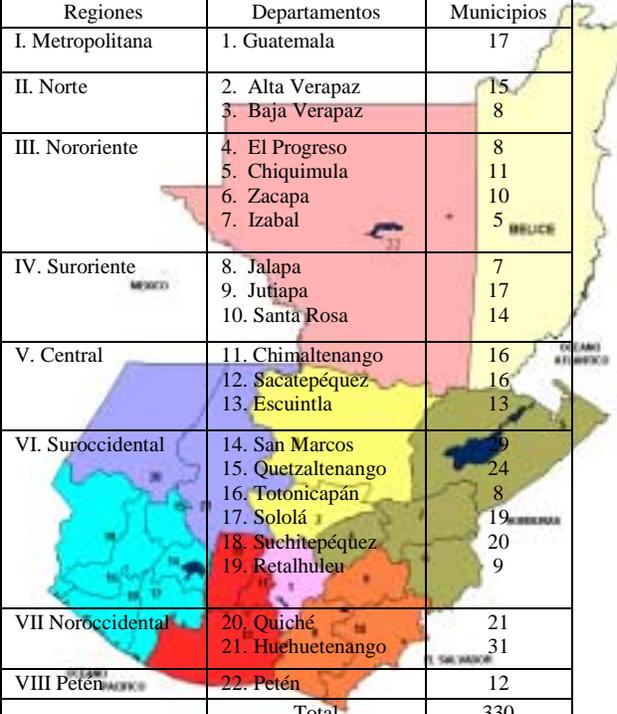
Desde el punto de vista geomorfológico las placas tectónicas que tienen influencia en la actividad sísmica y volcánica de Guatemala son la Placa de Cocos, la de Norteamérica y la del Caribe que constituyen áreas de constante evolución y transformación del paisaje. La actividad volcánica y otros fenómenos naturales han contribuido al desarrollo de los diferentes tipos de suelos en el país.

1.2 Organización y División Política

La República de Guatemala se divide en 8 regiones, 22 departamentos y 330 municipios (Tabla 1.1). Existen tres niveles de gobierno: nacional, departamental y municipal; los gobernadores de los departamentos son nombrados por el Presidente de la República. El régimen municipal es autónomo y los Alcaldes son electos por los habitantes de sus respectivos municipios.

Tabla 1.1
División Política del País

Regiones	Departamentos	Municipios
I. Metropolitana	1. Guatemala	17
II. Norte	2. Alta Verapaz	15
	3. Baja Verapaz	8
III. Nororiente	4. El Progreso	8
	5. Chiquimula	11
	6. Zacapa	10
	7. Izabal	5
IV. Suroriente	8. Jalapa	7
	9. Jutiapa	17
	10. Santa Rosa	14
V. Central	11. Chimaltenango	16
	12. Sacatepéquez	16
	13. Escuintla	13
VI. Suroccidental	14. San Marcos	29
	15. Quetzaltenango	24
	16. Totonicapán	8
	17. Sololá	19
	18. Suchitepéquez	20
	19. Retalhuleu	9
VII Noroccidental	20. Quiché	21
	21. Huehuetenango	31
VIII Petén	22. Petén	12
	Total	330



Fuente: Piedra Santa J. (1996).

El área metropolitana de la Ciudad Guatemala está compuesta por los municipios de Guatemala, Mixco, Villa Nueva, Chinnautla, Santa Catarina Pinula y San Miguel Petapa.

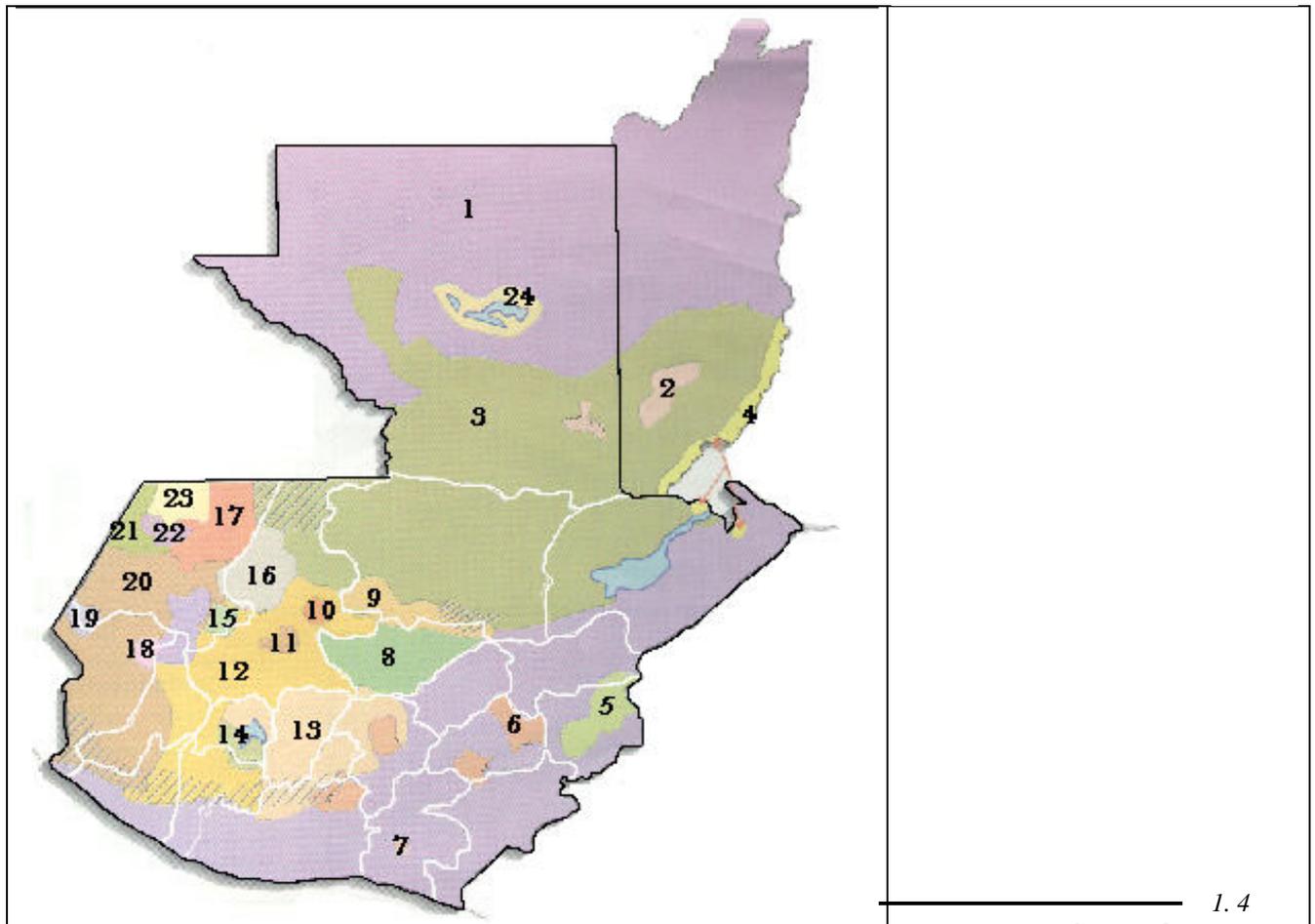
1.3 Diversidad Lingüística

La Constitución Política de la República (Artículo 143) establece que “el idioma oficial de Guatemala es el español y que las lenguas vernáculas forman parte del patrimonio cultural de la Nación”. Las lenguas vernáculas a que se refiere la Constitución son los idiomas mayas, el xinca y el garífuna que también son llamados “idiomas indígenas de Guatemala”.

En el país se hablan 24 idiomas: español, 21 idiomas de origen maya, el garífuna y el xinca. Aunque las fronteras lingüísticas reales son dinámicas por la movilidad geográfica de los habitantes del país y por los desplazamientos causados por el conflicto armado interno, sus movimientos son lentos y guardan cierta estabilidad (Figura 1.2).

Figura 1.2
Idiomas de Guatemala

- | | |
|----------------|----------------|
| 1 Castellano | 17 Q'anjob'al |
| 2 Mopan | 18 Sipakapense |
| 3 Q'eqchi' | 19 Tektiteko |
| 4 Garifuna | 20 Mam |
| 5 Ch'orti' | 21 Poptil' |
| 6 Poqomam | 22 Akateko |
| 7 Xinka | 23 Chuj |
| 8 Achi' | 24 Itza' |
| 9 Poqomchi' | |
| 10 Uspanteko | |
| 11 Sakapulteko | |
| 12 K'iche' | |
| 13 Kaqchikel | |
| 14 Tz'utujil | |
| 15 Awakateko | |
| 16 Izil | |



Las áreas lingüísticas más extensas corresponden a los cuatro idiomas que cuentan con mayor número de hablantes y que son el K'iché, Mam, Kaqchiquel y Q'eqchí. La región quiché comprende 71 municipios (no contando dos municipios que hablan achí); la región mam ocupa 56 municipios, la kaqchiquel 47 municipios y la q'eqchí comprende 14 municipios.

Como país multiétnico, multilingüe y pluricultural Guatemala reúne a la cultura maya, a otras culturas mezclas de elementos mayas (del altiplano central mexicano y de la costa del Golfo) y una cultura xinca, todas con elementos españoles. También existe una cultura caribe (mezcla de elementos caribe, arawakos y africanos) y las culturas ladinas (hispanizadas). Todas estas culturas forman una amplia gama, desde comunidades recolectoras, silvícolas y agrícolas de subsistencia con alta dependencia de la naturaleza, baja capacidad tecnológica y una organización social comparativamente simple hasta comunidades complejas, cosmopolitas, industriales, científicas y tecnológicas en sentido occidental.

1.4 Situación General del País

1.4.1 Perfil Social

La República de Guatemala tiene una población estimada en 9.2 millones de habitantes (Tabla 1.2), con un 61.5 % de la población indígena. El 62 % de la población se concentra en 19000 comunidades de menos de 2000 habitantes.

Tabla 1.2
Población Urbana y Rural de los Departamentos del País (año 1990)

	Departamento	Población			Extensión km ²
		Urbana	Rural	Total	
1	Guatemala	1,675,589	287,364	1,962,953	2,025
4	El Progreso	29,756	76,455	106,211	1,922
12	Sacatepéquez	128,493	46,486	174,979	493
11	Chimaltenango	132,599	201,510	334,109	1,973
13	Escuintla	196,400	329,849	526,249	4,385
10	Santa Rosa	61,732	200,563	262,295	2,955
17	Sololá	85,194	149,458	234,652	1,142
16	Totonicapán	43,021	246,103	289,124	1,856
15	Quetzaltenango	211,733	330,823	542,556	2,164
18	Suchitepéquez	114,621	237,361	351,982	2,392
19	Retalhuleu	67,263	164,633	231,896	1,856
14	San Marcos	86,628	595,687	682,315	3,596
21	Huehuetenango	104,365	589,444	693,809	7,880
20	Quiché	61,378	495,626	557,004	8,559
3	Baja Verapaz	34,030	145,552	179,582	3,124
2	Alta Verapaz	84,394	489,347	573,741	8,726
22	Petén	81,370	158,987	240,357	35,270
7	Izabal	68,155	248,062	316,217	9,038
6	Zacapa	45,952	112,705	158,657	2,692
5	Chiquimula	60,126	186,803	246,929	2,376
8	Jalapa	53,770	132,287	186,057	2,063
9	Jutiapa	71,341	275,433	346,774	3,219
	Totales	3,497,910	5,700,538	9,198,448	108,900

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (1990)

El 38% de la población vive en zonas urbanas y el 62% en el área rural; con excepción de la región metropolitana y central, la población rural en los demás departamentos es superior al 70%. De la población rural, el 90% vive en comunidades de menos de 500 habitantes. La tasa anual de crecimiento del país es de 2.9 % y la densidad de población es de 84.5 hab./km² (año 1990). Durante la década de los ochenta el índice de pobreza extrema llegó a 55%, siendo el área rural la más crítica con un índice de 87%. Los servicios de salud son casi exclusivamente urbanos, el 46% de la población tiene difícil acceso al médico; de las diez principales causas de morbilidad el 50% se relacionan directamente con problemas de agua y saneamiento. Para el año 1990, la mortalidad infantil fue de 48.3 por mil nacidos vivos correspondiendo el 30% a enfermedades diarreicas. La esperanza media de vida al nacer era de 64 años en 1994.

El sistema de educación del país está compuesto por un sistema centralizado (instituciones estatales y privadas) y el descentralizado (universidades). El sistema centralizado comprende cuatro niveles educativos (pre-primario, primario, medio y técnico). El sistema descentralizado está constituido por la Universidad de San Carlos de Guatemala (entidad autónoma), seis universidades privadas y tres centros de estudios superiores.

El Comité Nacional de Alfabetización (CONALFA) directamente y a través de varias ONGs ofrece programas de alfabetización y post-alfabetización a comunidades urbanas y rurales. También funciona el Programa Nacional de Desarrollo de la Educación (PRONADE) que organiza a comités de padres de familia en aldeas y caseríos quienes reciben crédito y asistencia técnica para construir y/o hacer funcionar escuelas primarias. Con estos programas se busca reducir las brechas educacionales. En la población de 15 años de edad y mayores el analfabetismo llega al 35.8%, de los cuales corresponden un 42.7% a mujeres y un 28.3% a hombres (Tabla 1.3). En atención al plurilingüismo del país se ha creado un subsistema escolar con enseñanza bilingüe (maya-español) el cual funciona en las regiones de los cuatro idiomas mayas mayoritarias del país.

Tabla 1.3
Alfabetismo de la Población de 15 Años y más de Edad (1994)

	Alfabeta			Analfabeta		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Total República	2 995,911	1 605,975	1 389,936	1 669,771	633,679	1036,092
Urbana	1 488,938	741,880	765,093	1 365,391	93,497	210,883
Rural	1 506,973	864,095	624,843	304,380	540,182	825,209

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (1996)

El 86.5% de la Población Económicamente Activa (PEA) trabaja en el sector agropecuario, forestal e hidrobiológico. La población rural ve en los recursos naturales una forma de agenciarse fondos para su supervivencia a través de la venta de especies animales y vegetales y de la conversión de los suelos boscosos a actividades agrícolas. Esta actividad es ampliamente utilizado en el departamento de Petén donde se presenta una fuerte deforestación y cambio de uso del suelo mediante un proceso de colonización espontánea, en forma de “agarradas” (invasiones de tierras) que dan paso a una agricultura de baja productividad y posteriormente a una ganadería extensiva.

1.4.2 Perfil Económico

El Producto Interno Bruto (PIB) de 1990 (3,390.5 millones de quetzales a precios constantes) se concentró en actividades agrícolas y comerciales. En 1990 la economía guatemalteca había superado las bajas tasas de crecimiento experimentadas durante la década pasada, habiendo crecido a una tasa de 3.1%. Las actividades agrícolas, de silvicultura, de caza y pesca (Tabla 1.4) son las de mayor importancia en la generación del Producto Geográfico Bruto con una participación de 25.8 % en 1990.

Tabla 1.4
Producto Interno Bruto 1990

Concepto (Miles de quetzales de 1,958)		Valor	Estructura
A.	Bienes	1,542,779.8	45.5
	1. Agricultura, silvicultura, caza y pesca	753,513.8	25.8
	2. Explotación de minas y canteras	7,901.3	0.2
	3. Industria Manufacturera	509,160.9	15.0
	4. Construcción	67,562.9	2.0
	5. Electricidad y agua	84,640.9	2.5
B.	Servicios	1,847,747.0	54.5
	6. Transporte, almacenamiento y comunicaciones	273,157.0	8.1
	7. Comercio al por mayor y menor	820,227.9	24.2
	8. Banca, seguros y bienes inmuebles	139,048.9	4.1
	9. Propiedad de vivienda	171,482.0	5.1
	10. Administración pública y defensa	236,155.8	7.0
	11. Servicios privados	207,675.0	6.1
	PRODUCTO INTERNO BRUTO	3,390,526.8	100.0

Fuente: Banco de Guatemala (1990)

En 1990, en el sector agropecuario, los cultivos participaron con el 61.7% del valor bruto de la producción del sector (Tabla 1.5). Los cultivos que más destacan incluyen al café, banano, cardamomo, caña de azúcar, maíz y frijol. La producción pecuaria tuvo una participación del 30% del valor bruto agropecuario, en tanto que la silvicultura alcanzó una participación del 6.9%. El subsector caza y pesca tiene una participación inferior al 2%.

Las exportaciones agrícolas tradicionales (café, azúcar, banano, carne y cardamomo) sumadas a las del petróleo constituyen las fuentes principales de generación de divisas del país (52.9%) en 1990. Las exportaciones agrícolas no tradicionales (donde destacan las legumbres, crustáceos y moluscos y los productos de madera) se mantuvieron en una posición estable, aunque su participación relativa es aún poco significativa.

El sector agropecuario generó entre el 60% y el 70% de las divisas; aportando los productos tradicionales de exportación los mayores ingresos especialmente la exportación de café (en promedio el 36% para el período 1982-1989).

El sector agropecuario utilizó para sus propios insumos entre el 5% y 7% del total de las divisas gastadas, destinándolas principalmente a la compra de materias primas, bienes intermedios y

bienes de capital. Al comparar lo importado con lo exportado por el sector agropecuario se observa que por cada US\$ dólar que generó por exportaciones, utilizó 12 centavos para sus propios requerimientos; los 88 centavos de dólar restantes fueron utilizados por otros sectores de la economía.

Tabla 1.5
Producción Bruta Sector Agropecuario por Subsectores y Rubros Específicos

Concepto	Años 1989-1991 (Millones de Quetzales de 1958)		
	1989	1990	1991
PRODUCCION BRUTA DEL SECTOR	928.03	966.10	996.02
A. PRODUCCION AGRICOLA	566.49	596.20	618.16
1. De exportación	265.20	267.62	276.16
Café en oro	162.34	167.49	177.13
Algodón en oro	22.54	21.29	20.83
Banano	41.12	38.25	36.22
Semilla de algodón	2.13	2.17	2.10
Cardamomo	37.07	38.41	39.89
2. De consumo interno	192.43	199.99	200.50
a. Básicos:	81.95	86.94	86.32
Maíz	59.32	60.23	59.17
Frijol	17.68	21.54	22.23
Papas	4.95	5.17	4.92
b. Otros productos:	110.48	113.04	114.18
Frutas	41.54	42.45	42.46
Hortalizas	39.69	40.76	41.33
Haba	1.90	2.02	2.03
Maní	0.27	0.27	0.28
Lenteja	0.00	0.01	0.01
Otros	27.01	27.53	28.07
3. De consumo industrial	108.86	128.60	141.50
Caña de azúcar (natural)	47.21	59.54	66.95
Caña de azúcar (miel virgen)	10.23	12.91	14.51
Caña de azúcar (panela)	23.58	29.74	33.42
Trigo en granza	6.64	2.81	2.26
Arroz en granza	4.86	4.87	5.11
Tabaco en rama	5.44	5.92	6.33
Hule	7.43	8.59	8.68
Te de Limón	0.11	0.14	0.09
Fibra de kenaf	0.54	0.56	0.32
Citronela	0.03	0.04	0.04
Ajonjoli	2.44	3.37	3.64
Cacao	0.28	0.02	0.06
Cebada	0.08	0.09	0.10
B. SILVICULTURA	65.17	67.21	69.61
C. CAZA Y PESCA	12.54	13.01	13.99
D. PRODUCCION PECUARIA	283.85	289.67	294.27
1. Productos Pecuarios	146.68	149.50	150.43
2. Producción Ganadera	66.95	68.92	67.17
Ganado Vacuno	34.79	35.51	34.48
Ganado Porcino	31.28	32.50	31.76
Ganado Ovino	0.75	0.78	0.79
Ganado Caprino	0.13	0.14	0.14
3. Producción Avícola	70.21	71.25	76.67
E. INSUMOS	85.38	88.88	91.63
F. VALOR AGREGADO	842.65	877.22	904.39

Fuente: Banco de Guatemala (1996)

B. INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

II. Inventario de Gases de Efecto Invernadero

La atmósfera de la Tierra como parte de un proceso natural recibe continuamente energía del Sol y a su vez refleja una parte enviándola de nuevo al espacio. En la atmósfera existen varios gases que desempeñan una función importante en la formación del clima de la Tierra ya que absorben gran parte de la radiación solar reflejada por la superficie del planeta. Estos gases re-emiten este calor absorbido de nuevo a la superficie terrestre contribuyendo a su calentamiento y dando origen a las condiciones climáticas y ambientales conocidas; a este fenómeno se le llama efecto invernadero natural.

2.1 Gases de Efecto Invernadero

Las actividades humanas dan origen a emisiones adicionales de gases que se acumulan en la atmósfera de la Tierra produciéndose gases de efecto invernadero por las actividades humanas.

En la cuantificación de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos en Guatemala se tomaron en cuenta las actividades energéticas, los procesos industriales, las actividades de agricultura (agrícolas y pecuarias), el cambio de uso de la tierra y silvicultura y la disposición de los desechos (sólidos y líquidos). Los GEI reportados en el inventario nacional incluyen al dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), como principales gases naturales y que son conocidos como gases de efecto invernadero directos. También se incluye la estimación de emisiones de otros gases que son precursores de GEI o modificadores de su concentración en la atmósfera tales como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x), los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM); y los precursores de aerosoles como el dióxido de azufre (SO₂).

Las emisiones de GEI se calcularon siguiendo la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) contenida en las Guías Revisadas de 1996 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero (IPCC/OECD, IEA 1997) utilizando la información nacional disponible y valores predeterminados en la metodología mencionada. No se incluyeron las emisiones de solventes por no existir métodos específicos en las guías metodológicas. De acuerdo con la resolución correspondiente de la Conferencia de las Partes (COP2, 1996) se utilizó 1990 como año base para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI. La unidad de medida de gas emitido o absorbido es el gigagramo (Gg) que equivale a 10⁹ gramos o a 1000 toneladas.

2.2 Emisiones y Absorciones Nacionales de Gases de Efecto Invernadero

En 1990, Guatemala emitió 7,489.619 Gg de dióxido de carbono, 199.556 Gg de metano, 20.709 Gg de óxido nitroso, 43.792 Gg de óxidos de nitrógeno, 961.655 Gg de monóxido de carbono,

105.949 Gg de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y 74.497 Gg de dióxido de azufre (Tabla 2.1). A través de la cobertura boscosa y el suelo del país se absorbieron 42,903.727 Gg de dióxido de carbono; la absorción neta de CO₂ para 1990 ascendió a 35,414.108 Gg.

Tabla 2.1
Inventario Total de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero 1990

Gases de Efecto Invernadero y Categoría de Sumidero	CO ₂		CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	CO ₂ DM	SO ₂
	Emisiones	Absorciones						
Emisiones y Absorciones Nacionales Totales	7,489.619	-42,903.727	199.556	20.709	43.792	961.655	105.949	74.497
1 Energía	3,700.402		34.401	0.520	36.905	725.726	91.743	74.235
A. Quema de Combustibles	3,700.402		34.284	0.520	36.871	725.674	90.984	73.700
1. Industria Energética	191.204		0.008	0.002	0.524	0.039	0.013	
2. Industria Manufacturera y Construcción	810.189		0.349	0.050	3.267	39.401	0.600	
3. Transporte	2,122.017		0.352	0.018	21.033	124.781	23.604	
4. Otros Sectores (comercial, residencial, insititucional, agricultura, silvicultura y pesca)	576.991		33.575	0.450	12.046	561.453	66.767	
B. Emisiones Fugitivas de los Combustibles			0.117		0.035	0.052	0.759	0.535
1. Combustibles Sólidos								
2. Petróleo y Gas Natural			0.117		0.035	0.052	0.759	0.535
2 Procesos Industriales	544.664						14.206	0.263
A. Productos Minerales	544.664						2.098	0.263
1. Producción de Cemento	400.164							0.263
2. Producción de Cal	140.350							
3. Producción y Uso de Carbonato de Sodio	4.150							
4. Producción de Asfalto							1.945	
5. Producción de Vidrio							0.153	
B. Industria Química								
C. Producción de Metal								
D. Otras Producciones (alimentos y bebidas)							12.108	
3 Uso de Solventes y de Otros Productos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	
4 Agricultura			129.872	19.691	5.670	193.085		
A. Fermentación Entérica			116.425					
1. Ganado			108.025					
2. Otros (ovejas, caballos, mulas, etc.)			8.400					
B. Manejo de Estiércol			5.095	6.497				
1. Ganado			2.105					
2. Otros (ovejas, caballos, mulas, etc.)			2.990					
C. Cultivo de Arroz			0.140					
D. Suelos Agrícolas				13.037				
E. Quemadas Prescritas de Sabanas			3.930	0.049	1.758	103.168		
F. Quema Residuos Agrícolas en el Campo			4.282	0.108	3.912	89.917		
5 Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura	3,244.553	-42,903.727	4.896	0.034	1.217	42.844	0	0
A. Cambios en Bosque y Otras Reservas de Biomasa Leñosa		-37,871.929						
B. Conversión de Bosques y Sabanas	3,244.553		4.896	0.034	1.217	42.844		
C. Abandono de Tierras Manejadas		-2,967.733						
D. Emisiones y Absorciones de CO ₂ del suelo		-2,064.065						
6 Desechos	0	0	30.387	0.464	0	0	0	0
A. Disposición de Desechos Sólidos en la Tierra			28.952					
B. Disposición de Agua de Desecho			1.435					
1. Aguas Residuales Industriales			1.354					
2. Aguas Residuales Residenciales y Comerciales			0.081					
C. Incineración de Desechos								
D. Otros (Excremento Humano)				0.464				
Items de Memo								
Depósitos "Bunkers" Internacionales	110.275		0.003	0.004	0.394	0.267	0.045	0.035
Aviación	110.275		0.003	0.004	0.394	0.267	0.045	0.035
Emisiones de CO ₂ Provenientes de la Biomasa	13,197.367							

Fuente: Proyecto Cambio Climático (2000 a)

2.3 Emisiones en Energía

El cálculo de los gases de efecto invernadero generados por las actividades energéticas comprende a las actividades de quema de combustibles y de emisiones fugitivas. La quema de combustibles se refiere a la combustión de petróleo y sus derivados y a la quema de biomasa leñosa para fines energéticos (como cocción de alimentos y calentamiento de agua). La quema de productos energéticos genera emisiones de dióxido de carbono y otros gases como monóxido de carbono, metano, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano. En las actividades energéticas también se genera dióxido de azufre.

Las emisiones fugitivas se refieren a la liberación de gases que se produce durante los procesos de extracción, producción, transporte y almacenaje de productos petroleros. En esta categoría también se incluyen los gases que se emiten en las etapas de minería de energéticos.

Durante 1990, en las actividades energéticas, las emisiones de GEI fueron de 3,700.402 Gg de dióxido de carbono, 34.401 Gg de metano, 0.520 Gg de óxido nitroso, 36.905 Gg de óxidos de nitrógeno, 725.726 Gg de monóxido de carbono, 91.743 Gg de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y 74.235 Gg de dióxido de azufre.

2.3.1 Producción y Consumo de Energía Durante 1990

En Guatemala se genera y consume energía primaria y secundaria (Tabla 2.2) que producen impactos ambientales al suelo, al agua, al aire y a los ecosistemas naturales. Algunos de estos impactos pueden contribuir al incremento de los gases de efecto invernadero.

Tabla 2.2
Producción y Consumo de Energía 1990

Oferta de Energía				Consumo Sectorial de Energía	
Energía Primaria	Miles BEP	Energía Secundaria	BEP	Sector de Consumo	Miles BEP
Petróleo	4222	Electricidad	1444	Transporte	5290
Hidroenergía	1330	Gas Licuado	784	Residencial	3517
Leña	19048	Gasolina Motor	2381	Comercial, Público, Servicios	828
Productos de Caña	1873	Kerosene	556	Agropecuario, Pesca, Minería	197
Otras Primarias	18	Diesel Oil	3727	Construcción y Otros	15
Transformación	-6691	Fuel Oil	1229	Consumo Total Energético	29897
Ajuste	615	Carbón Vegetal	143	Consumo No Energético	733
		Gases	59		
		No Energéticos	324		
		Transformación	-275		
		Ajuste y Otros	-157		
Total Primaria	20415	Total Secundaria	10215	Consumo Total	30630

BEP: Barriles Equivalentes de Petróleo

Fuente: Ministerio de Energía y Minas (1990)

2.3.2 Métodos para el Cálculo de Emisiones

La metodología del IPCC utilizada para el cálculo de las emisiones comprende los métodos referencial y por categoría de fuentes. En el método referencial se usan datos de producción, importación, exportación y variaciones de inventario (no se consideran los consumos finales de energía); el cálculo se basa en determinar las rutas que el carbono contenido en los productos energéticos toma a través de sus distintas etapas de transporte, almacenamiento y escape a la

atmósfera. El método por categoría de fuentes se basa en el análisis de los consumos finales de energía de cada sector de actividad económica; el procedimiento de cálculo para el dióxido de carbono es igual al empleado en el método referencial pero usando los datos de los consumos sectoriales de energía. Entre ambos métodos se encontró una diferencia del 10% respecto de la emisión de dióxido de carbono (Tabla 2.3) que coincide con la diferencia del cierre del balance energético para el año base.

Tabla 2.3
Emisiones Totales de GEI en Energía según Método de Cálculo

Emisiones de GEI y Dióxido de Azufre (Gg)							
GEI	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Nox	CO	COVDM	SO ₂
Referencial	4119.750	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Por Categorías de Fuentes	3700.402	34.401	0.520	36.905	725.726	91.743	74.235

N/A: No Aplica; metodológicamente en el análisis referencial no se incluye el cálculo de emisiones de otros GEI
Fuente: Proyecto Cambio Climático – Fundación Solar (1999)

2.3.3 Emisiones de Dióxido de Carbono: Método por Categoría de Fuentes

El método por categoría de fuentes se basa en el análisis de las emisiones del CO₂ generadas por el consumo de energía de cada sector de la economía (Tabla 2.4).

Tabla 2.4
Emisiones de CO₂ según Categoría de Fuentes 1990 (Gg)

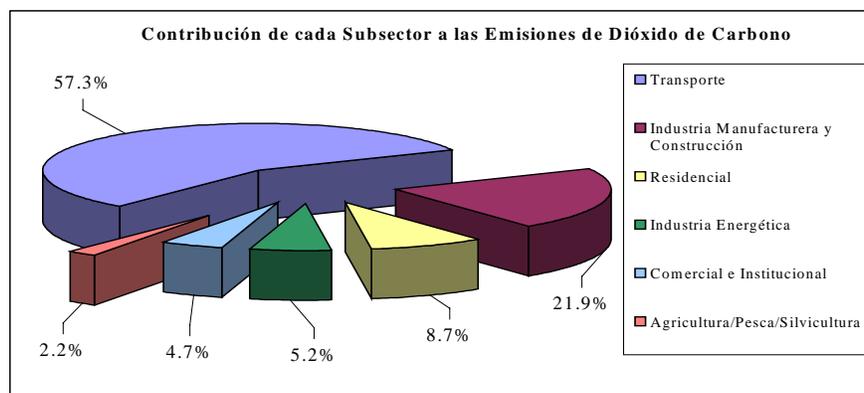
Categoría de Fuente	Subtotal	Total	%
Industria Energética		191.204	5.2
Electricidad pública y producción de calor	120.781		
Refinería de petróleo	70.423		
Industrias de Manufactura y Construcción		810.189	21.9
Transporte		2122.017	57.3
Aviación civil	15.542		
Transporte terrestre	2106.475		
Otros		576.991	15.6
Comercial/institucional	173.970		4.7
Residencial	320.773		8.7
Agricultura/Silvicultura/Pesca	82.248		2.2
Total		3700.402	100.00

Fuente: Proyecto Cambio Climático – Fundación Solar (1999)

Los principales emisores de CO₂ son el transporte y la industria manufacturera (Figura 1.1). En el caso del transporte contribuye la composición del parque automotor que se encuentra conformado en un alto porcentaje por unidades de segundo uso o de desecho de otros países y que son comercializados después de reacondicionarlos en su apariencia exterior.

Después del transporte y de la industria manufacturera, en tercer lugar se encuentra el sector residencial cuyas emisiones no incluyen la combustión de la biomasa que se utiliza como leña. En cuarto lugar se presenta la industria energética con emisiones menores debido a la alta participación de la hidroelectricidad en el año base (1990).

Figura 2.1
Emisiones de Dióxido de Carbono Actividades Energéticas



2.3.4 Dióxido de Carbono Proveniente de la Quema de Biomasa

El dióxido de carbono generado por la quema de biomasa no se incluye como parte de las emisiones totales del sector energía debido a que la metodología del IPCC considera que su consumo es igual a la regeneración de la biomasa en pie. En 1990 se generaron 13,197.367 Gg valor que demuestra la importancia que tiene el consumo de leña como energético en el país.

2.3.5 Emisiones de Otros Gases de Efecto Invernadero

En la industria energética, en las actividades manufactureras, en el transporte de personas y bienes, y en los sectores residencial, comercial y de agricultura y pesca se generan otros GEI como metano, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y dióxido de azufre (Tabla 2.5).

Tabla 2.5
Emisiones de Otros Gases de Efecto Invernadero

Subsector	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVDM	SO ₂
Industria Energética	0.008	0.002	0.524	0.039	0.013	
Industria Manufacturera y Construcción	0.349	0.050	3.267	39.401	0.600	
Transporte	0.352	0.018	20.033	124.871	23.604	
Residencial	33.539	0.448	11.685	561.381	66.749	
Comercial / Institucional	0.025	0.001	0.248	0.050	0.012	
Agricultura / Pesca / Silvicultura	0.011	0.001	0.113	0.023	0.006	
Total	34.284	0.520	36.871	725.674	90.984	73.700

Fuente: Proyecto Cambio Climático – Fundación Solar (1999)

Las emisiones de dióxido de azufre se calcularon considerando la cantidad de azufre contenida en los productos petroleros utilizados durante 1990 y tomando en cuenta el consumo de biomasa.

2.3.6 Emisiones Fugitivas

En las actividades energéticas se produjeron 0.117 Gg de metano como emisiones fugitivas en las actividades de exploración, producción, refinación, transporte y almacenaje de petróleo. En la refinación de petróleo también se generaron 0.052 Gg de monóxido de carbono, 0.035 Gg de

óxidos de nitrógeno, 0.759 Gg de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y 0.535 Gg de dióxido de azufre.

2.4 Emisiones en los Procesos Industriales

En Guatemala, la emisión de gases de efecto invernadero está limitada al dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y al dióxido de azufre debido al nivel y tipo de industrialización del país.

Se investigaron otros procesos industriales (hierro, acero y otros metales) encontrándose que la actividad consiste en la fundición de chatarra donde la utilización de carbón de coke como agente reductor ocurre en cantidades limitadas. También se analizó la actividad industrial de pulpa y papel encontrándose que no existe fabricación nacional de pulpa y solo se cuenta con elaboración de papel por reciclamiento y adición de pulpa importada. Por estas razones y debido a que no se cuenta con factores nacionales de emisiones no se calcularon las emisiones para estos procesos industriales.

En total, en 1990, se emitieron 544.664 Gg de dióxido de carbono, 14.206 Gg de compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano y 0.263 Gg de dióxido de azufre.

2.4.1 Emisiones de Dióxido de Carbono

En la producción de cemento portland durante 1990 se emitieron 400.164 Gg de dióxido de carbono; 140.350 Gg en la producción de cal y 4.150 Gg en el uso de carbonato de sodio.

2.4.2 Emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano

Se generaron 1.945 Gg de COVDM como consecuencia del asfaltado de carreteras; 0.153 Gg en la producción de vidrio y 12.108 Gg en la producción de alimentos y bebidas (3.794 Gg corresponden a bebidas y 8.314 Gg a alimentos).

2.4.3 Emisiones de Dióxido de Azufre

Las emisiones de dióxido de azufre que ascendieron a 0.263 Gg están asociadas a la producción de cemento.

2.5 Emisiones en Agricultura (Agrícolas y Pecuarias)

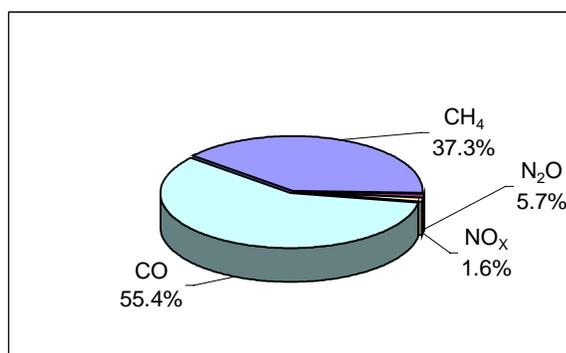
La agricultura incluye a las actividades agrícolas y pecuarias. En las actividades agrícolas se calcularon las emisiones generadas en la combustión de residuos de las cosechas en el campo, en la quema prescrita de sabanas (llamadas rozas en Guatemala) y las emisiones derivadas de los cultivos de arroz. Las absorciones de dióxido de carbono están asociadas a las reservas leñosas, a las tierras agrícolas que han sido abandonadas y a los suelos agrícolas.

En las actividades pecuarias se cuantificaron las emisiones generadas por el ganado mayor y menor y su manejo, además de las emisiones de la avicultura que están incluidas en este subsector.

Las emisiones de GEI en 1990 generadas por las actividades agrícolas y pecuarias ascienden a 129.872 Gg de metano, 19.691 Gg de óxido nitroso, 5.670 Gg de óxidos de nitrógeno y 193.085 Gg de monóxido de carbono.

La metodología del IPCC establece que existe una emisión cero de CO₂ en las actividades agropecuarias a pesar que se producen emisiones en la quema de residuos agrícolas en el campo y durante las rozas ya que se considera que estas emisiones son nuevamente fijadas durante el período de cosecha produciéndose un balance cero. Las emisiones de los otros GEI que producen durante la quema de residuos agrícolas y rozas si están cuantificados y reportados en el inventario nacional.

Figura 2.2
Emisiones GEI en las Actividades Agrícolas



2.5.1 Emisiones de Metano: Fermentación Entérica

Las emisiones de metano provenientes de esta actividad dependen del tipo, edad, peso de los animales y del tipo y calidad de alimentación; en el año base se emitieron 116.425 Gg de este gas.

2.5.2 Emisiones de Metano y Oxido Nitroso: Manejo de Estiércol

Se producen emisiones de metano y óxido nitroso durante el manejo de estiércol especialmente durante su almacenamiento; también la industria avícola produce concentraciones de gallinaza que generan metano. En total se emitieron 5.095 Gg de metano y 6.497 Gg de óxido nitroso en 1990.

2.5.3 Emisiones de Metano: Cultivo de Arroz

La cantidad de metano liberado es una función de la especie de arroz, del número y duración de las cosechas, tipo y temperatura del suelo, de las prácticas de irrigación y del uso de fertilizantes. En 1990 se emitieron 0.140 Gg de metano.

2.5.4 Emisiones de la Quema Prescrita de Sabanas

En Guatemala se ha mantenido la costumbre de la quema de sabanas (rozas) como un medio de manejo de pastizales a pesar de ser una práctica de alto riesgo por los incendios que eventualmente provoca. En 1990 se emitieron 3.930 Gg de metano, 103.168 Gg de monóxido de carbono, 0.049 Gg de óxido nitroso y 1.758 Gg de óxidos de nitrógeno. El dióxido de carbono producido por la quema de sabanas se fija nuevamente en el subsiguiente crecimiento de la maleza, por lo que al hacer un balance de emisiones y absorciones de este gas el resultado neto es cero.

2.5.5 Emisiones de la Quema de Residuos Agrícolas en el Campo

La quema de residuos agrícolas en el campo es una práctica común que se utiliza como limpieza de suelos; en Guatemala se le conoce como quema de rastrojos. En 1990 se generaron 4.282 Gg de metano, 0.108 Gg de óxido nitroso, 89.917 Gg de monóxido de carbono y 3.912 Gg de óxidos de nitrógeno. La generación de CO₂ derivada de la quema de residuos agrícolas es reabsorbida durante el ciclo de crecimiento de las cosechas por lo que el balance neto es igual a cero. Los cultivos considerados fueron el maíz, frijol sorgo, trigo, arroz y caña de azúcar.

2.5.6 Emisiones de Suelos Agrícolas

En 1990, los suelos emitieron 13.307 Gg de óxido nitroso debido a los procesos de nitrificación y denitrificación de los mismos; en este monto están incluidos las emisiones indirectas procedentes de la lixiviación o escorrentía y de la deposición atmosférica.

2.6 Emisiones y Absorciones Provenientes del Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura

Para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI se analizaron las actividades de Cambio en Bosques y Otras Reservas Leñosas, la Conversión de Bosques y Sabanas, Abandono de Tierras Manejadas Agrícolamente y a los Suelos. Durante 1990, las emisiones ascendieron a 3,244.553 Gg de dióxido de carbono, 4.896 Gg de metano, 0.034 Gg de óxido nitroso, 1.217 Gg de óxidos de nitrógeno y 42.844 Gg de monóxido de carbono. A través de la cobertura boscosa se absorbieron 37871.929 Gg de dióxido de carbono mientras que las tierras agrícolas abandonadas absorbieron 2967.733 Gg de CO₂ y los suelos 2064.065 Gg de CO₂; en total se absorbieron 42,903.727 Gg de CO₂. La absorción neta fue de 35,414.108 Gg de CO₂.

2.6.1 Cobertura Boscosa y Deforestación

En Guatemala la cobertura forestal en 1990 era de 42.7 miles de Km² (11.7% menos que en 1980), con 33.9 miles de km² de bosque denso y 8.8 miles de km² de bosque abierto. De este total, 30.4 miles de km² eran bosque latifoliado denso y 5.7 miles de km² bosque latifoliado abierto, representando juntos el 84.5% de la cobertura forestal del país en ese año (Tabla 2.6).

Tabla 2.6
Cobertura Forestal y Cambio de Uso de la Tierra en Guatemala entre 1980 y 1990 (km²)

Cobertura (km ²)		Tipo de bosque					
		Denso (km ²)			Abierto (km ²)		
Descripción	Total	latifoliado	Conífera	Mixto	Latifoliado Abierto	Conífera Abierto	Mixto Abierto
Cobertura forestal 1980	48,376.50	34,176.16	2,591.12	1,434.89	6,629.99	1,992.97	1,551.37
Cobertura forestal 1990	42,709.00	30,350.00	2,282.00	1,270.00	5,661.00	1,777.00	1,369.00
Deforestación al 1990	6,647.25	4,354.29	408.84	271.30	1,055.73	282.51	274.58
Recuperación al 1990	979.75	528.13	99.72	106.41	86.74	66.55	92.21
Deforestación Neta Entre 1980 - 1990 km ²	5,667.50	3,826.16	309.12	164.89	968.99	215.97	182.37
Hectáreas	566,750.00	382,615.77	30,911.82	16,489.03	96,899.38	21,596.80	18,237.21
Deforestación al 1990	Total	664,725.00	has entre 1980 y 1990				
Recuperación al 1990	Total	97,975.00	has entre 1980 y 1990				
Tasa de deforestación	Media	56,675.00	has anuales				

Fuente: Proyecto Cambio Climático-CONFORSA (1999)

Entre 1980 y 1990 se han perdido cerca de 57,000 ha/año; el 78.5% de la deforestación ocurrida en el país corresponde a la agricultura migratoria que practica la tumba y quema, un 10% corresponde a la ganadería y un 0.5% a la agricultura comercial. Las actividades agropecuarias son las responsables del 89% del cambio del uso del suelo en Guatemala.

Los departamentos de Alta Verapaz con 1115 km² y Petén con 2153 km² concentran el 49.2% del área deforestada en el país (Tabla 2.7). Si a este valor se añade la deforestación de los departamentos de Quiché, Izabal y Huehuetenango el total de superficie deforestada asciende a 4,967 km² o sea el 74.8% de la pérdida de la cobertura forestal nacional en el período 1980-1990.

Tabla 2.7
Deforestación por Departamentos entre 1980-1990 (km²)

Departamento	Área	Total	Tipos de bosque					
			Latifoliado	Conífera	Mixto	Latifoliado Abierto	Conífera Abierto	Mixto Abierto
1 Alta Verapaz	8,686.00	1,115.25	610.68	6.73	5.45	491.11	0.00	1.28
2 Baja Verapaz	3,124.00	312.00	108.77	75.95	19.78	57.86	25.25	24.40
3 Chimaltenango	1,979.00	81.50	21.23	16.19	21.77	6.54	0.00	15.76
4 Chiquimula	2,376.00	98.75	32.44	22.77	3.98	2.28	20.49	16.79
5 El Progreso	1,922.00	183.75	99.67	28.40	17.82	0.00	18.38	19.49
6 Quiché	8,378.00	591.50	288.16	59.70	19.45	106.13	76.23	41.82
7 Escuintla	4,384.00	73.75	73.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8 Guatemala	2,126.00	82.50	22.59	7.07	19.64	3.34	0.00	29.86
9 Huehuetenango	7,400.00	542.50	272.92	74.66	29.47	56.20	83.90	25.35
10 Izabal	9,038.00	565.00	470.76	1.05	0.00	92.14	1.05	0.00
11 Jalapa	2,063.00	122.00	38.61	30.37	32.43	0.00	5.66	14.93
12 Jutiapa	3,219.00	66.75	16.43	0.00	11.81	0.51	0.00	38.00
13 Petén	35,854.00	2,153.50	1,948.23	14.06	0.00	187.89	0.00	3.31
14 Quetzaltenango	1,951.00	54.00	25.66	2.79	8.03	0.00	7.36	10.15
15 Retalhuleu	1,856.00	37.75	37.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16 Sacatepéquez	465.00	13.25	6.98	0.00	4.85	0.00	0.00	1.42
17 San Marcos	3,791.00	223.25	127.78	16.01	8.89	37.36	9.49	23.72
18 Santa Rosa	2,955.00	85.00	39.26	11.74	34.00	0.00	0.00	0.00
19 Sololá	1,061.00	36.25	5.86	8.60	14.46	1.65	2.56	3.11
20 Suchitepéquez	2,510.00	12.50	12.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21 Totonicapán	1,061.00	41.25	2.57	16.10	1.99	3.72	16.87	0.00
22 Zacapa	2,690.00	155.25	91.68	16.64	17.46	9.00	15.28	5.18
Total	108,889.00	6,647.25	4,354.29	408.84	271.30	1,055.73	282.51	274.58

Fuente: Proyecto Cambio Climático-CONFORSA (1999)

2.6.2 Emisiones y Absorciones de Dióxido de Carbono: Cambios en Bosques y Otras Reservas de Biomasa Leñosas

Los 42,709 km² de cobertura boscosa que el país tenía en 1990 representaron una captación neta de 35,414.108 Gg de dióxido de carbono. La captación proviene principalmente del bosque latifoliado y están incluidos los bosques de las áreas protegidas y las plantaciones de café.

2.6.3 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero: Conversión de Bosques y Sabanas

Como consecuencia de convertir los suelos con cobertura forestal a suelos de uso agrícola y/o ganadero en 1990 se emitieron 3,244.553 Gg de CO₂. En este valor está incluida la biomasa quemada en el sitio, la biomasa quemada fuera del sitio y la biomasa en descomposición.

Durante el proceso de quema de biomasa en el sitio se emitieron 4.896 Gg de metano, 42.844 Gg de monóxido de carbono, 0.034 Gg de óxido nitroso y 1.217 Gg de óxidos de nitrógeno.

2.6.4 Captaciones de Dióxido de Carbono: Abandonado de Tierras Manejadas

La recuperación de tierras que anteriormente habían sido cultivadas tuvieron una captación neta de 2,967.733 Gg de dióxido de carbono.

2.6.5 Captaciones de Dióxido de Carbono en Suelos

Los suelos durante 1990 captaron 2,064.065 Gg netos de dióxido de carbono.

2.7 Emisiones en Desechos (Sólidos y Líquidos)

Los municipios de Guatemala, Mixco y Villanueva representan el 86% del área metropolitana de la ciudad capital de Guatemala; estos 3 municipios, con una población de 1,926,659 habitantes generaron un total de 1,044.2 toneladas/día de residuos domiciliarios con una tasa per cápita de 0.542 kilogramos/habitante/día. El resto de la población urbana del país, con una población de 2,051,763 habitantes, generó 1,025.88 toneladas/día con una tasa de 0.5 kilogramos/habitante/día.

Las aguas residuales de origen doméstico y/o comerciales son generadas por la población urbana de las principales ciudades del país. Las actividades industriales y agroindustriales de beneficiado de café, azúcar, extracciones de aceites vegetales comestibles y la exportación de frutas y verduras son los contribuyentes principales de la generación de aguas residuales industriales.

La disposición y manejo de los desechos (sólidos y líquidos) municipales produce gases de efecto invernadero, principalmente metano y óxido nitroso, debido a la presencia de material orgánico. Las emisiones de óxido nitroso están asociadas al consumo de proteínas de la población.

2.7.1 Emisiones de Metano y de Oxido Nitroso

El manejo y disposición de los desechos sólidos generó 28.952 Gg de metano; en las aguas residuales domésticas y/o comerciales se emitieron 0.081 Gg de metano mientras que los efluentes y lodos industriales emitieron 1.354 Gg de metano. En total, durante 1990 se emitieron 30.387 Gg de metano.

Las emisiones de 0.464 Gg de óxido nitroso están asociadas al consumo de proteínas de la población.

2.8 Emisiones Agregadas según el Potencial de Calentamiento Global

Los potenciales de calentamiento global de los diferentes gases permiten comparar los resultados de las emisiones de GEI y evaluar el impacto futuro que tiene cada gas emitido. El calentamiento global ocasionado por un GEI depende del tiempo de permanencia en la atmósfera, de sus niveles de concentración y de la capacidad de cada gas de absorber el calor reflejado por las superficie terrestre. El análisis de los potenciales de calentamiento globales está centrado en el dióxido de carbono, metano y óxido nitroso utilizando al dióxido de carbono como base. El comportamiento

del metano para un horizonte de 20 y 100 años muestra que es respectivamente 56 y 21 veces más efectivo que el dióxido de carbono para absorber calor. Por su parte, el óxido nitroso para ese mismo horizonte de 20 y 100 años muestra que es respectivamente 280 y 310 veces más efectivo que el dióxido de carbono en la absorción de calor. Al hacer la comparación porcentual de la presencia de los tres gases respecto del año 1990 (Tabla 2.8) se aprecia que desde el punto de vista del potencial de calentamiento global el metano y el óxido nitroso cambian su presencia relativa a 20 y 100 años, haciendo su participación significativamente mayor que en el año de 1990.

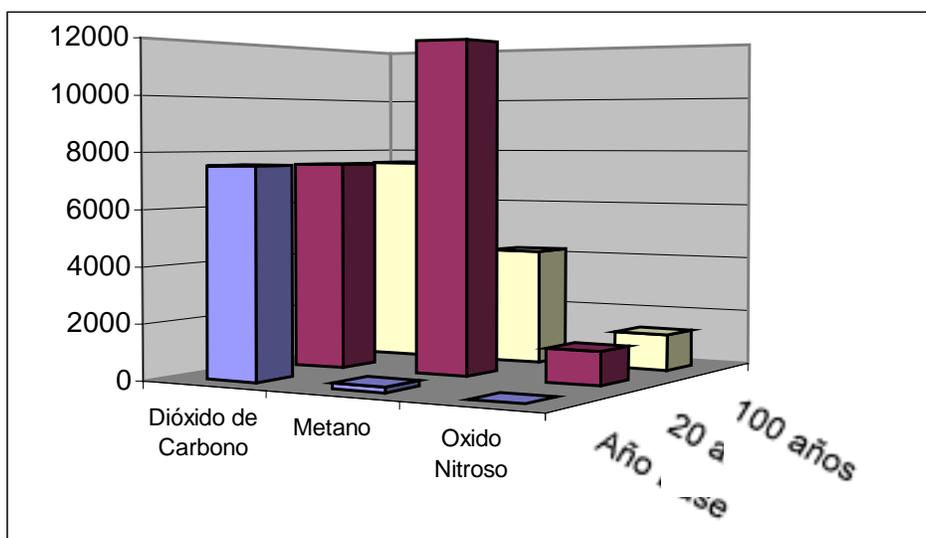
Tabla 2.8
Potencial de Calentamiento Global para el Metano y el Oxido Nitroso
Horizonte de 20-100 años

Gases de Efecto Invernadero	1990		20 Años (2010)		100 Años (2090)	
	Gg	%	Gg	%	Gg	%
Dióxido de Carbono (CO2)	7489.619	97.1	7489.619	30.6	7489.619	41.4
Metano (CH4)	199.556	2.6	11175.136	45.7	4190.676	23.1
Oxido Nitroso (N2O)	20.709	0.3	5801.320	23.7	6422.890	35.5
Total	7709.894	100.00	24466.075	100.0	18103.185	100.00
Emisiones Agregadas CO2-e (CO2 equivalente)			24466.075		18103.185	
Variación respecto 1990			3.17 veces mayor		2.35 veces mayor	

Fuente: Proyecto Cambio Climático (2000 b)

Los resultados de estas consideraciones indican que para analizar y evaluar medidas apropiadas de reducción y/o estabilización de los gases de efecto invernadero producidas por actividades humanas deben realizarse cuantificaciones y ponderaciones de las mismas a mediano y largo plazo para evaluar sus impactos futuros (Figura No. 2.3).

Figura 2.3
Potencial de Calentamiento Global para 20 y 100 Años



C. ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMATICO

III. Escenarios Climáticos

3.1 Calentamiento Global

Los registros de la temperatura superficial de la tierra muestran una clara tendencia al calentamiento de la capa baja de la atmósfera. Este calentamiento no se puede explicar solamente por fenómenos naturales como la actividad solar sino que se debe en alguna medida al aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero de origen humano.

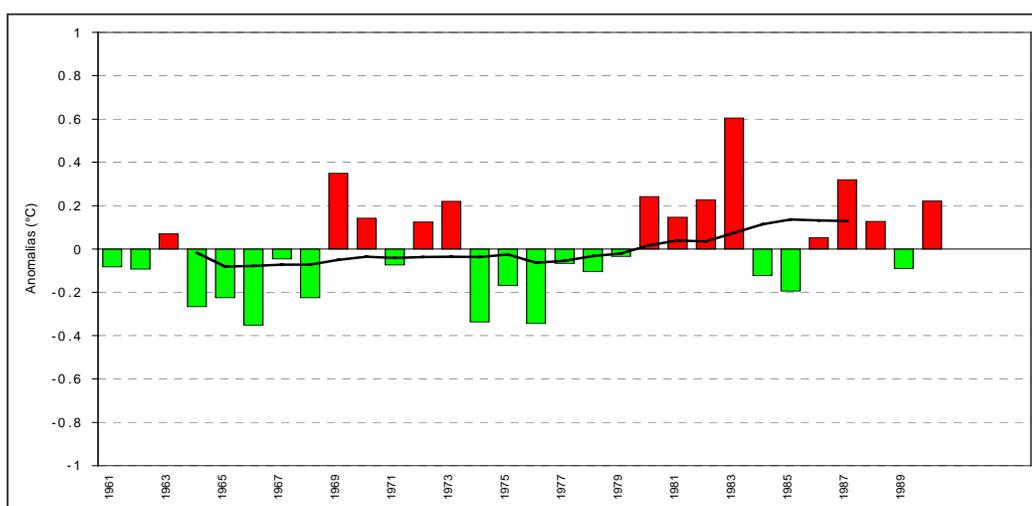
3.2 Línea Base de los Escenarios de Cambio Climático

El análisis del clima en Guatemala se realizó a partir de las informaciones de la red de estaciones del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) considerando el período 1961-1990. La representación de las variaciones espaciales del clima se desarrolló sobre una rejilla regular de 5 minutos de latitud y de longitud.

3.2.1 Temperatura

El comportamiento histórico de la serie de temperatura media anual de Guatemala para el período 1961-1990 (Figura 3.1) muestra la existencia de una tendencia al incremento de sus valores que está condicionada por el predominio de anomalías positivas (valores superiores al promedio anual del período) a finales de la década de los años 70.

Figura 3.1
Comportamiento de la Temperatura Media Anual del Aire



Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A; Herrera y Asociados (1999)

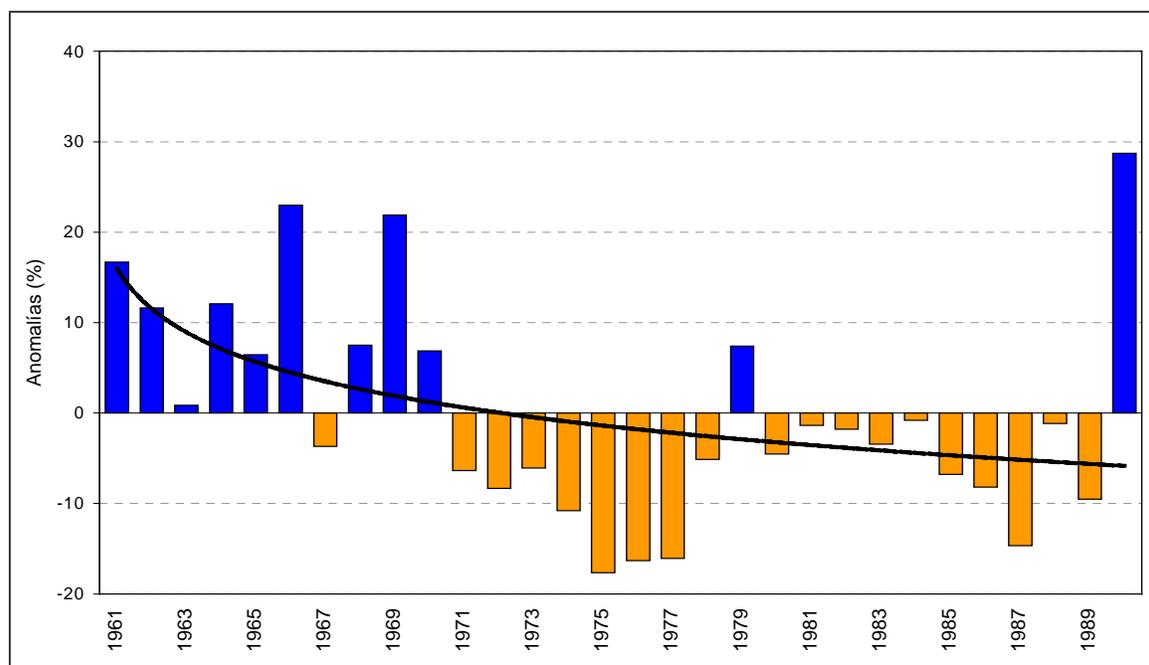
Aunque la tendencia no es estadísticamente significativa parece ser el reflejo del mayor calentamiento que se produce en los meses del trimestre diciembre-febrero. Durante los meses en que se registran las mayores temperaturas en el país (marzo-mayo) la tendencia al calentamiento es mucho menor. La curva suavizada (línea continua en la Figura 3.1) enfatiza las variaciones de la frecuencia del fenómeno mayores a 10 años; las series también muestran variaciones que tienen una frecuencia cercana a los 5 años. Los años de mayores anomalías positivas aparentemente corresponden con aquellos en que se produjeron eventos ENOS (El Niño/Oscilación del Sur).

3.2.2 Precipitación

En el análisis del comportamiento histórico de la precipitación es notable el predominio de las anomalías negativas de lluvia (valores inferiores al promedio anual del período) a partir de la década de los años 70 (Figura 3.2). Estas anomalías representan una tendencia estadísticamente significativa de la reducción de los acumulados anuales de lluvias.

El comportamiento de los totales anuales de lluvia durante el período analizado parece ser el resultado de la reducción que se observa en la precipitación del trimestre junio-agosto. En el trimestre diciembre-febrero el comportamiento de las precipitaciones parece estar dominado por variaciones de más alta frecuencia. El cambio observado en la serie anual y en el trimestre junio-agosto es consistente con los cambios observados en la circulación atmosférica en el área Pacífico-Norteamérica (Trenberth, 1990). Cambios similares han sido descritos por Naranjo y Centella (1998) en el clima en Cuba y en la región de El Caribe.

Figura 3.2
Anomalías de Precipitación Anual Período 1961-1990

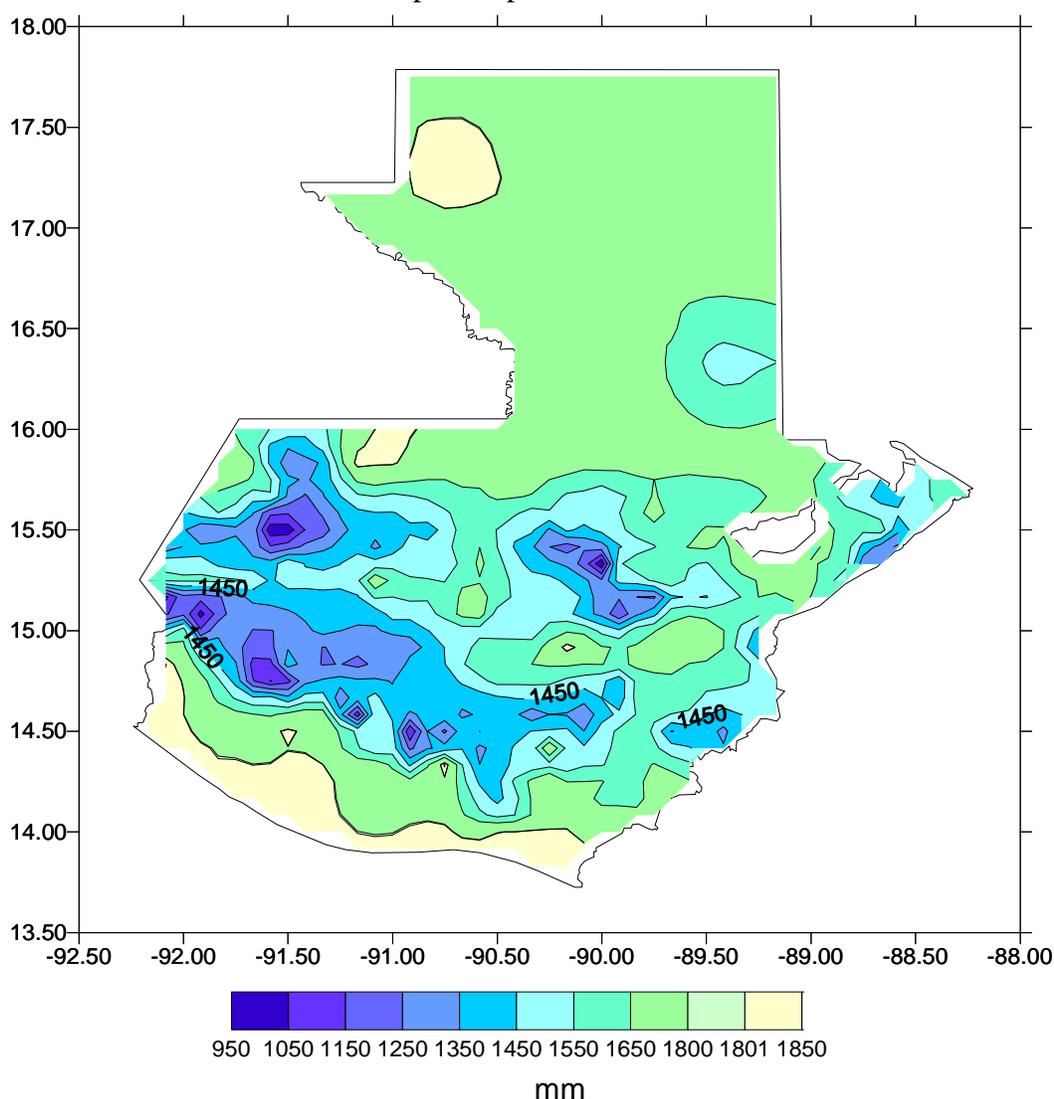


Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A; Herrera y Asociados (1999)

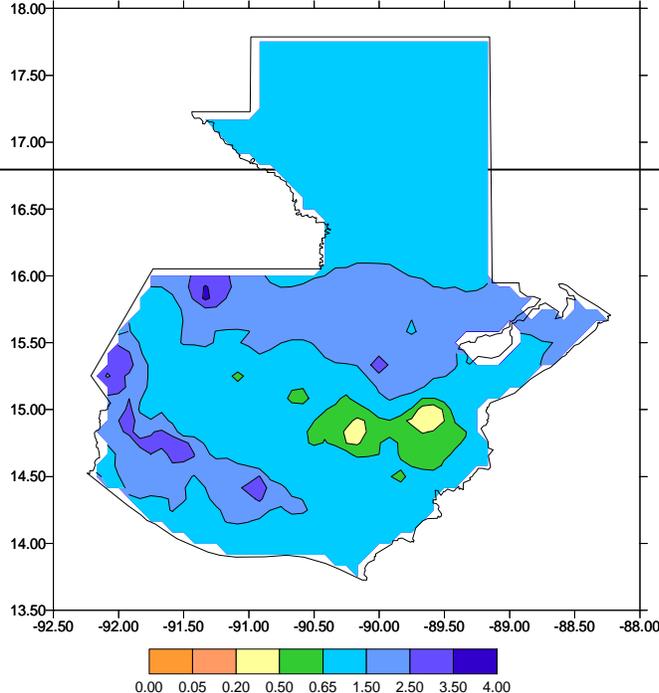
3.2.3 Evapotranspiración

Los campos de evapotranspiración potencial (ETP) se calcularon empleando el método de Hargreaves que se recomienda cuando la única información disponible es la temperatura (Benioff et al, 1996). Los resultados muestran que los mayores valores de ETP se presentan en la planicie costera del Pacífico y en Petén mientras que las magnitudes más bajas se producen en las zonas montañosas (Figura 3.3). Solo una porción relativamente pequeña del país presenta áreas con climas semiáridos o sub húmedos secos; esta zona se encuentra básicamente confinada al valle del Motagua y es considerada como una de las zonas más secas de Centroamérica. El resto del país está representado por climas húmedos.

Figura 3.3
Evapotranspiración Anual Período 1961-1990



Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A; Herrera y Asociados (1999)



3.2.4 Índice de Aridez

En el análisis del clima de las diferentes regiones del país se utilizaron indicadores que resumen la información de varios elementos climáticos. De esta forma, se calculó el nivel o grado de aridez para diferentes regiones del país considerando que las zonas áridas o con tendencia a la aridez son altamente vulnerables a las variaciones climáticas y a las presiones que ejercen las actividades humanas. Para la elaboración del mapa del índice de aridez anual se utilizó la escala de valores de R_0 del PNUMA (Tabla 3.1).

Tabla 3.1
Clasificación de Zonas Climáticas según Valor de Aridez

Índice de Aridez	Zona Climática	Comportamiento Espacial del Índice de Aridez
< 0.05	Hiper árida	
0.05 - 0.20	Arida	
0.20 - 0.50	Semiárida	
0.50 - 0.65	Subhúmeda seca	
≥ 0.65	Climas húmedos	

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A; Herrera y Asociados (1999)

3.3 Proyección de los Cambios Climáticos a Escala Global

Para describir el comportamiento futuro del clima se realizaron estimaciones de las concentraciones de gases de efecto invernadero y su evolución futura considerando cambios en el balance energético terrestre y la respuesta del sistema climático a tales cambios.

3.3.1 Modelos de Circulación General

Los Modelos de Circulación General (MCG) son representaciones tridimensionales de la atmósfera y del océano que simulan el comportamiento del sistema climático y que se utilizan para analizar las respuestas del clima a incrementos en la concentración de GEI. Los modelos utilizados presentan resultados que muchas veces son contrarios entre sí. En efecto, al mismo tiempo que unos modelos indican incrementos en algunas variables climáticas, otros producen reducciones; como ejemplo se puede citarse el caso de las proyecciones de precipitación a nivel regional que mientras unos modelos predicen incrementos otros producen reducciones significativas. Los resultados de los MCG se combinan con los resultados de los Modelos Climáticos Simples (MCS) para simular la respuesta del clima global en términos de temperatura media y ascenso del nivel del mar. Los MCS también se usan para estimar los impactos temporales y espaciales de los cambios climáticos (Santer et al, 1990).

3.3.2 Escenarios de Emisión

Los escenarios de emisiones son representaciones de las futuras concentraciones de GEI y que son construidos a partir de diferentes hipótesis sobre el crecimiento de la población, la economía, la producción y consumo de energía y las políticas relacionadas con la limitación de las emisiones de estos gases.

Los escenarios de emisiones seleccionados para estimar los cambios de temperatura media global fueron el IS92c, el IS92a y el IS92e que fueron elaborados por el IPCC. Los IS92 son escenarios de “no intervención” pues no consideran políticas de intervención orientadas a mitigar el cambio climático pero sí incluyen políticas encaminadas a reducir otros problemas ambientales relacionados, como la lluvia ácida o la contaminación atmosférica.

Los escenarios IS92 fueron escogidos en Guatemala atendiendo a que dos de ellos (IS92c, IS92e) producen perfiles de futuras emisiones más extremos, mientras que el IS92a es un escenario intermedio y que facilita la comparación de los resultados nacionales con otros estudios de vulnerabilidad al cambio climático realizados en otros países. Además, los escenarios consideran las sensibilidades climáticas alta, media y baja (4.5°C, 2.5°C y 1.5°C, respectivamente) y un amplio rango de predicciones de calentamiento global basadas en el incremento de los GEI.

3.3.3 Calentamiento Global y Patrones Temporales y Espaciales del Clima

Las concentraciones futuras de GEI son empleadas para calcular el forzamiento radiativo que a su vez se usa para estimar el cambio de temperatura media global. Esta variación de la temperatura media global afecta el cambio en el nivel del mar pues contribuye a la expansión térmica del océano debida al calentamiento y al ascenso producido por la fusión de los hielos. Por medio del programa MAGICC (Wigley, 1994) se seleccionaron escenarios de emisiones y se estimaron el calentamiento global y el ascenso del nivel del mar.

Los futuros patrones temporales y espaciales del clima en el país se realizaron por medio del programa SCENGEN (Hulme et al, 1995) utilizando las cuadrículas que cubren Guatemala, los

resultados de los MCG y utilizando como datos de entrada los resultados generados por MAGICC. Estas salidas se combinaron con los resultados de la línea base climática establecida para el período 1961-1990.

3.3.4 Selección de los Escenarios de Cambio Climático para Guatemala

Para definir el conjunto de Escenarios de Cambio Climático (ECC) a utilizarse en la evaluación de los impactos en Guatemala se analizaron los escenarios que cubren el mayor rango de posibles cambios futuros del clima. Los modelos HADCM2, el UKHI y el ECHAM3TR (Tabla 3.4) reflejan el mayor rango de incertidumbres asociadas con las proyecciones de los MCG para el caso guatemalteco.

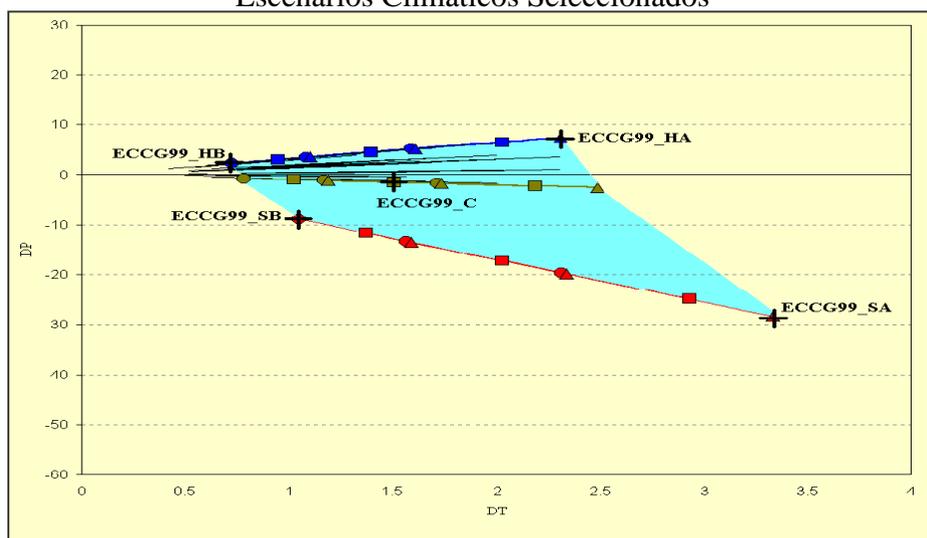
Tabla 3.4
Escenarios de Emisión, Sensibilidad Climática y MCG

Escenario climático		Escenario de emisión	Sensibilidad climática	Modelo de Circulación General
Húmedo Bajo	ECCG_HB	IS92c	Baja	UKHI
Húmedo Alto: Optimista	ECCG_HA	IS92e	Alta	UKHI
Seco Bajo	ECCG_SB	IS92c	Baja	HADCM2
Seco Alto: Pesimista	ECCG_SA	IS92e	Alta	HADCM2
Central: Central	ECCG_C	IS92a	Media	ECHAM3TR

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A; Herrera y Asociados (2000)

Al tomar en cuenta los resultados de las proyecciones obtenidas de los MCG, el área máxima de incertidumbre (Figura 3.4) queda acotada por las estimaciones resultantes de los modelos UKHI, ECHAM3TR y HADCM2, para los escenarios de emisiones IS92c, IS92a e IS92e y con sensibilidades climáticas baja y alta, respectivamente. Los escenarios de cambio climático identificados para la evaluación de los impactos del cambio climático están representados por 5 situaciones: un escenario húmedo de poco cambio (ECCG_HB); un escenario húmedo de mucho cambio (ECCG_HA); un escenario seco de poco cambio (ECCG_SB); un escenario seco de mucho cambio (ECCG_SA) y; un escenario central (ECCG_C).

Figura 3. 4
Escenarios Climáticos Seleccionados



Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A, Herrera y Asociados (2000)

La idea de seleccionar escenarios que reflejen condiciones extremas y opuestas en los patrones futuros de la precipitación fue utilizada por Hulme (1996) quien describió a esos escenarios como “Seco” y “Húmedo”. En este estudio se introduce una diferencia al incorporar los efectos de diferentes sensibilidades del clima y escenarios de emisión, obteniéndose de esta forma un par de escenarios para cada condición (seca y húmeda) y un espectro mucho mayor de posibles cambios.

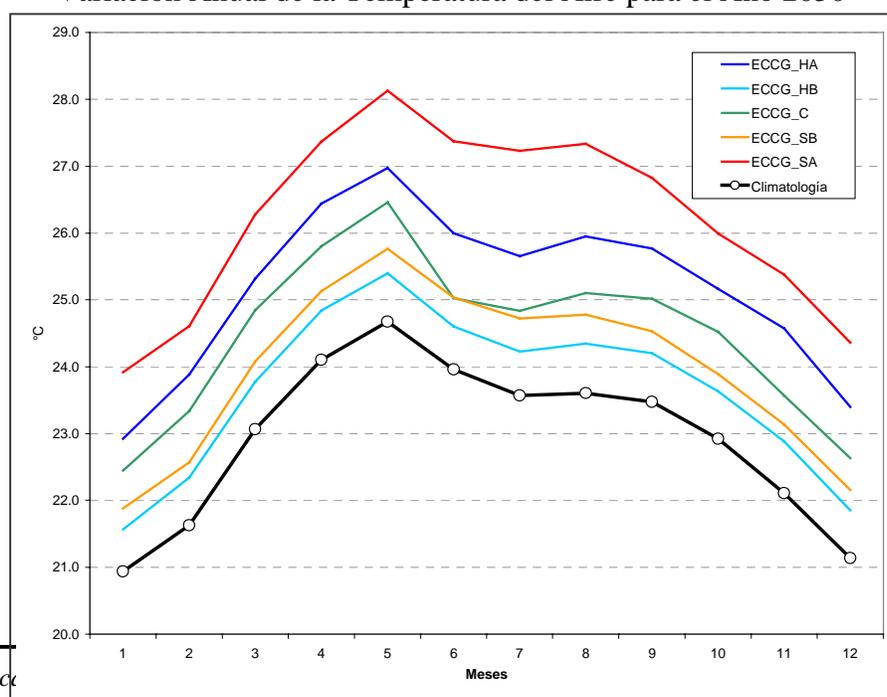
Los modelos HADCM2 (ECCG_SA) y UKHI (ECCG_HA) producen las proyecciones extremas, principalmente en el caso de las precipitaciones. En el modelo ECHAM3TR (ECCG_C) las proyecciones en la precipitación, aunque apuntan a la reducción de las mismas, no parecen ser tan importantes pero siguen la tendencia de los resultados de la línea base. La selección de estos 3 casos permite abarcar un rango amplio de las incertidumbres asociadas a las proyecciones de los MCG y se cumple con las condiciones necesarias para la creación de escenarios de cambio climático. El área sombreada indica el rango de incertidumbre abarcado por las proyecciones.

3.4 Resultados de los Escenarios Climáticos para Guatemala

3.4.1 Análisis de la Temperatura

Los escenarios que muestran un mayor o menor calentamiento para el país son aquellos que están asociados con los resultados de los modelos ECCG_SA y ECCG_HA respectivamente. Los escenarios son consistentes en señalar un incremento de la temperatura, manteniendo sin grandes alteraciones la estructura del patrón de variación anual (Figura 3.5). Solo bajo el escenario ECCG_C el patrón se deforma ligeramente como resultado de un menor calentamiento en los meses de junio y julio.

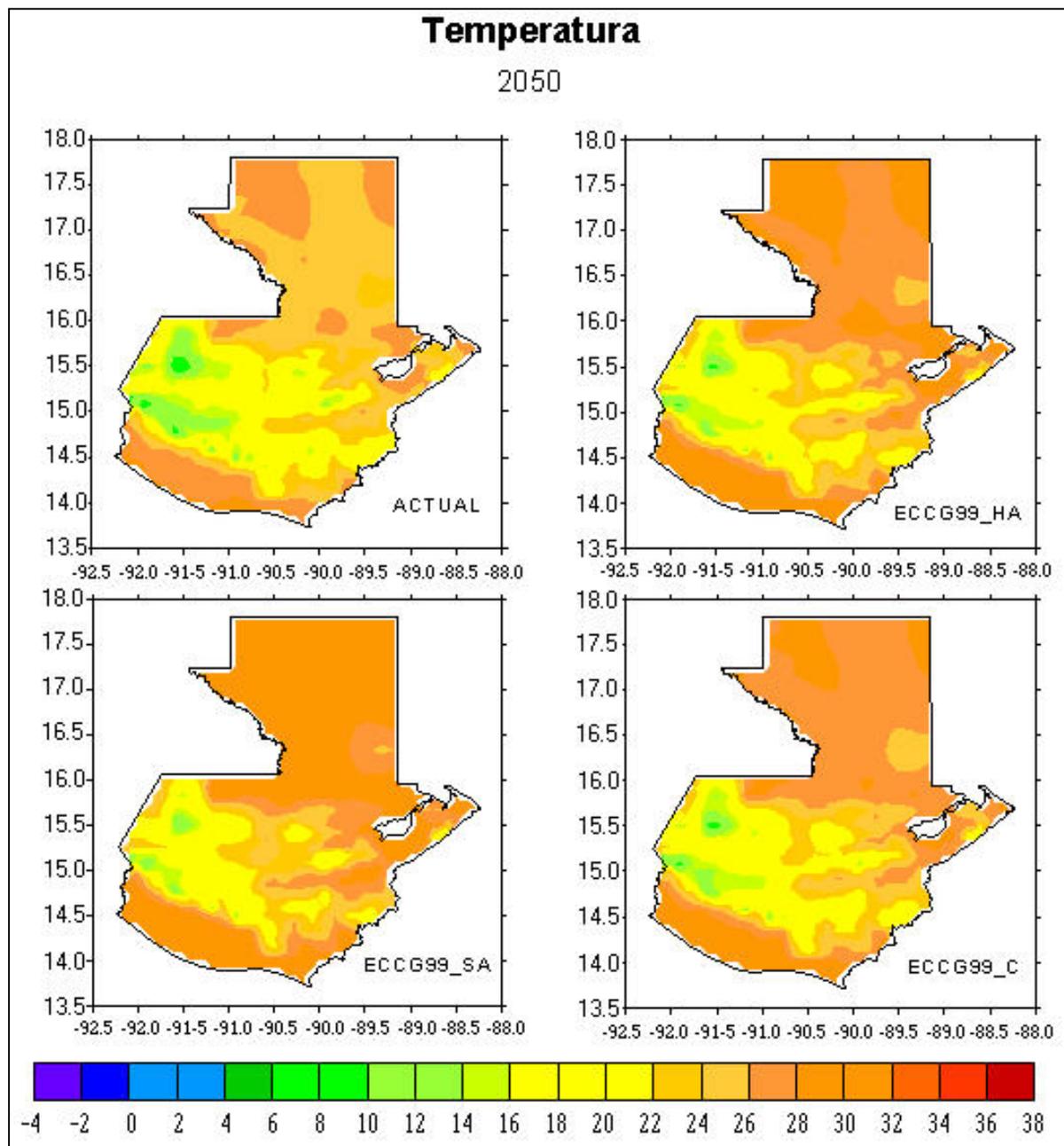
Figura 3.5
Variación Anual de la Temperatura del Aire para el Año 2050



Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A; Herrera y Asociados (2000)

El patrón de la distribución espacial de la temperatura (Figura 3.6) muestra que se produce una expansión de las áreas de mayores temperaturas a expensas de aquellas donde actualmente presentan magnitudes menores, como es el caso de las zonas montañosas. Los patrones de calentamiento más intenso se relacionan con los escenarios ECCG_SA y ECCG_HA.

Figura 3.6
Patrón Espacial de Temperatura según Escenario Climático



Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A, Herrera y Asociados (2000)

3.4.2 Análisis de la Precipitación

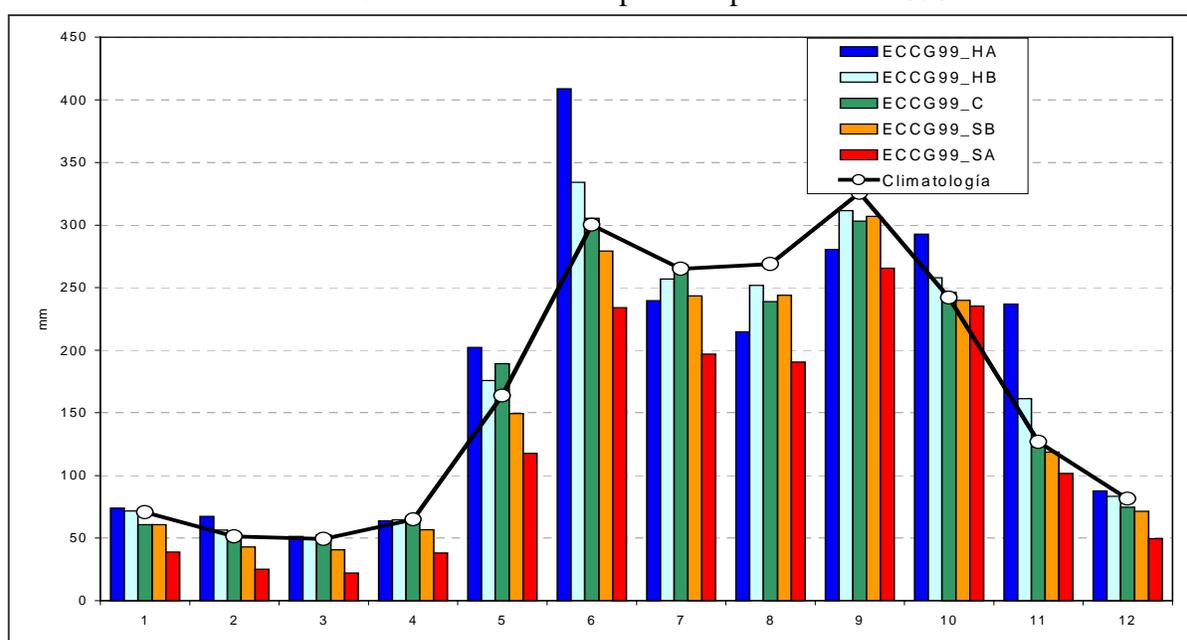
El patrón de variación anual para la precipitación futura presenta características semejantes en todos los escenarios seleccionados (Figura 3.7). Las estimaciones apuntan hacia una reducción

más o menos intensa de las precipitaciones en el trimestre julio-septiembre y mayor y más evidente en agosto.

Este resultado implica la intensificación del fenómeno conocido como veranillo o canícula que puede tener serias implicaciones para la agricultura. Las variaciones más notables se producen para el escenario ECCG_SA; en los otros escenarios los cambios de precipitación son modestos.

La pronunciada reducción de las precipitaciones anuales en el escenario ECCG_SA es importante debido a que la zona de lluvias deficitarias que hoy se encuentran confinadas al valle del Motagua se ampliaría hacia el occidente y al sureste del país (Figura 3.8).

Figura 3.7
Variación Anual de la Precipitación para el Año 2050

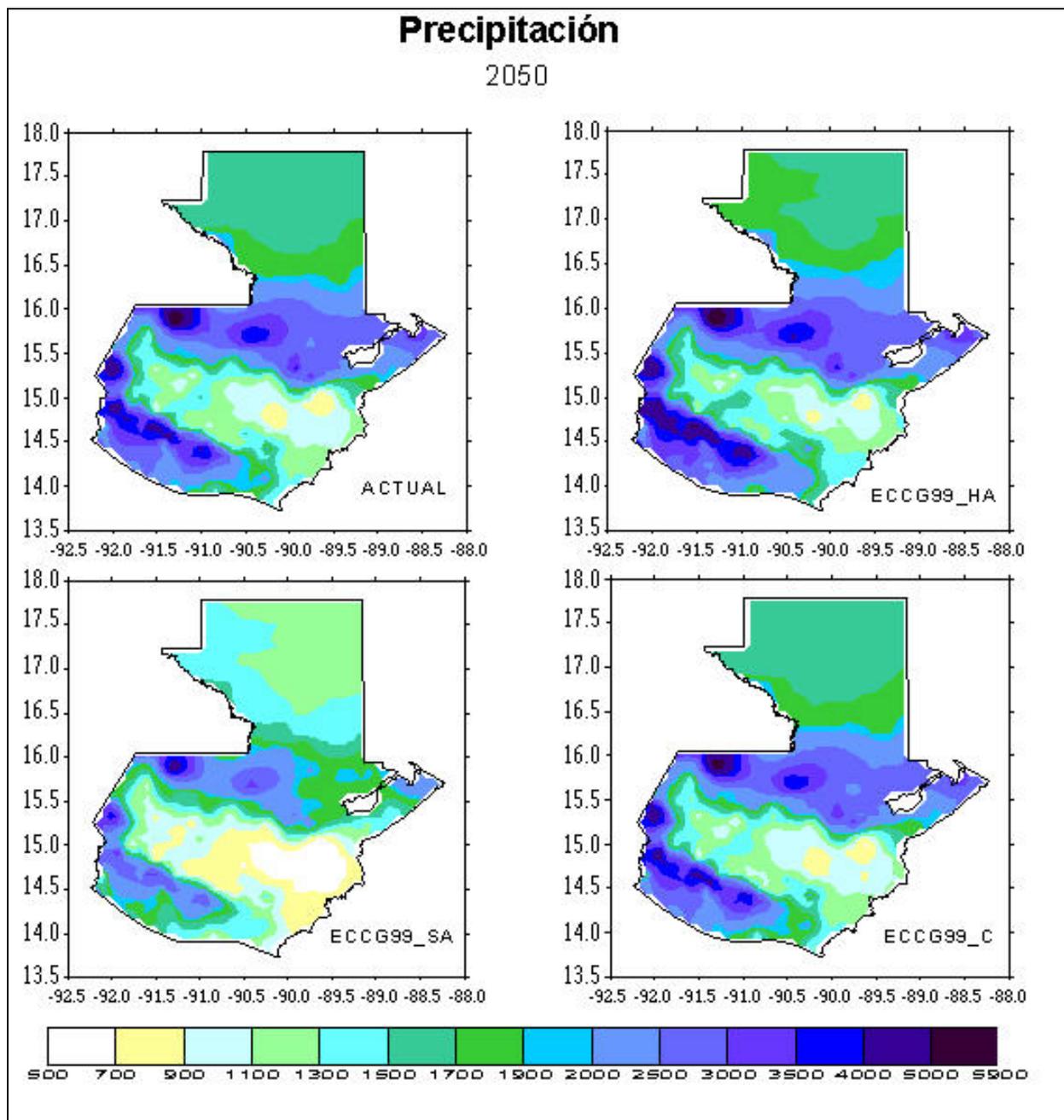


Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A, Herrera y Asociados (2000)

3.4.3 Análisis de la Evapotranspiración y Aridez

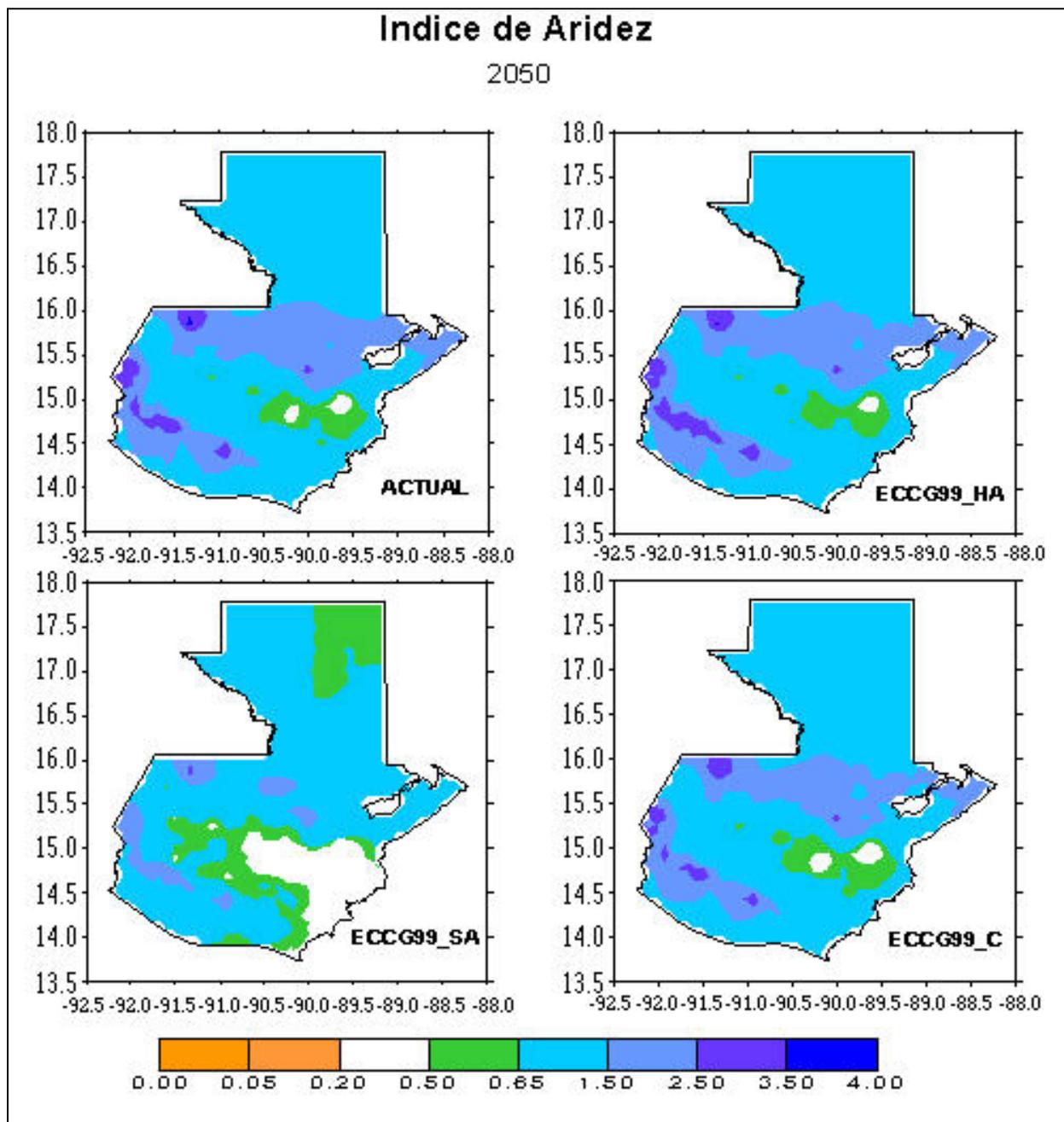
El comportamiento de los futuros cambios indica que la evapotranspiración (ETP) será mayor que la actual de acuerdo con el escenario que se analice. Los valores de la ETP están en correspondencia con las proyecciones de la temperatura según la ecuación de Hargreaves. El comportamiento espacial del índice de aridez (Figura 3.9) indica que el mayor cambio se producirá bajo el escenario ECCG_SA debido a que el calentamiento y la reducción de las precipitaciones contribuirán a la expansión territorial de los climas semiáridos y sub húmedos secos.

Figura 3.8
Patrón Espacial de la Precipitación según Escenario Climático



Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A, Herrera y Asociados (2000)

Figura 3.9
Patrón Espacial del Índice de Aridez según Escenario Climático



Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A, Herrera y Asociados (2000)

Los resultados también indican que se esperaría un mantenimiento de las áreas semiáridas o una expansión de las mismas, aun bajo las proyecciones del modelo UKHI (ECCG_HB y ECCG_HA), donde se estiman incrementos en las precipitaciones.

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

3.4.4 Cambios en el Nivel Medio del Mar

Los cambios en el nivel medio del mar están en correspondencia con el escenario de emisión y nivel de sensibilidad climática, existiendo un alto grado de incertidumbre asociado con los niveles de sensibilidad climática considerada (Tabla 3.5). Los resultados corresponden a estimaciones globales del incremento del nivel del mar.

Es poco probable que dicho ascenso sea igual para todo el planeta, debiéndose producir variaciones entre diferentes zonas geográficas dependiendo del campo de calentamiento en el océano y del patrón espacial de las variaciones en la presión atmosférica. Además, los resultados sobre los cambios en el nivel del mar deben complementarse con estudios sobre la dinámica tectónica reciente de la región.

Tabla 3.5
Incremento del Nivel del Mar (cm) respecto al Año 1990

Sensibilidad	Año	Escenarios de Emisión		
		IS92c	IS92a	IS92e
Baja	2030	6.05	6.85	7.4
	2050	9.71	11.89	13.37
	2100	17.71	27.03	33.25
Media	2030	17.42	18.74	19.63
	2050	27.01	30.67	33.02
	2100	48.43	63.78	73.89
Alta	2030	30.82	32.67	33.92
	2050	47.17	52.13	55.43
	2100	85.41	106.74	121.26

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Centella, A, Herrera y Asociados (2000)

3.4.5 Sensibilidad de los Escenarios de Cambio Climático

Los escenarios seleccionados representan las futuras proyecciones de cambio climático en Guatemala para tres períodos de 30 años centrados en 2030, 2050 y 2100. Sin embargo, los cambios estimados para cada período podrán ocurrir antes o después si la sensibilidad del sistema climático es alta o baja respectivamente. Por ejemplo, cambios en el clima del país como los proyectados por el escenario ECCG_C para el 2050, podrían ocurrir antes (2034) si la sensibilidad climática es alta (4.5° C) o mucho después (2078) si el clima es poco sensible (1.5° C).

IV. Escenarios Socioeconómicos

4.1 Bases de los Escenarios Socioeconómicos

Los escenarios socioeconómicos se elaboraron considerando el comportamiento de la economía internacional, las políticas económicas nacionales y el grado de satisfacción de los déficit sociales. El comportamiento económico está vinculado a la prospectiva de los mercados internacionales y al cumplimiento de un conjunto de metas económicas del país, mientras que la parte social está fundamentada en los Acuerdos de Paz, específicamente en el Acuerdo sobre Aspectos Socioeconómicos y Situación Agraria.

4.1.1 Guatemala una Economía Abierta

Guatemala es una economía pequeña, expuesta a un intenso proceso de apertura comercial y financiera, cuyo crecimiento económico está ligado al aumento de las exportaciones y al incremento de la inversión. Las políticas económicas implican la reactivación de la inversión privada, el aumento de la carga tributaria y el control de los niveles de las tasas de interés para operaciones activas y del tipo de cambio de divisas.

4.1.2 Escenarios y Períodos de Análisis

Se crearon tres escenarios, normal, optimista y pesimista que consideran cada uno diferentes niveles de cumplimiento de las políticas económicas y sociales que se están implementando y que están basadas en los compromisos adquiridos a raíz de los Acuerdos de Paz y en las condiciones negociadas en los préstamos internacionales. Estas premisas permiten, en un plazo relativamente corto, prever la posible evolución de las variables macroeconómicas y sociales.

El escenario de la línea base parte de la situación económica actual y financiera y de los altos niveles de déficit social del país. Los escenarios planteados abarcan los años 2000-2020 considerando las potencialidades (normales, optimistas y pesimistas) para la reducción de los déficits sociales y económicos; se enfatiza el período 2000-2005 en virtud que representa la etapa de consolidación o quiebre de los Acuerdos de Paz, de maduración democrática y de competitividad internacional.

4.1.3 Políticas Económicas, Sociales y Productivas

Los escenarios consideran políticas económicas, sociales, de población y productivas. Las políticas económicas incluyen el endeudamiento interno y externo, las tasas de interés y de tipo de cambio, la estructura tributaria, el gasto público y la política monetaria y fiscal. Las políticas sociales incluyen estrategias específicas para salud, educación y vivienda. Las políticas de población consideran el crecimiento demográfico, la pobreza y empleo.

También se identificaron acciones específicas de crecimiento para los sectores productivos como el industrial, agrícola y forestal. El grado de cumplimiento de estas políticas sociales y económicas y sus factores determinan el comportamiento futuro de cada uno de los escenarios (normal, pesimista y optimista) planteados a largo plazo (período 2000-2020)

En el corto plazo (período 2000-2005), los escenarios sociales y demográficos parten de los Acuerdos de Paz y se consideran aspectos relacionados con la Participación y Concertación Ciudadana, Desarrollo Social, Educación, Salud, Vivienda y Población.

4.2 Escenarios para el Período 2000-2005

El comportamiento de las variables macroeconómicas con las políticas planteadas a nivel nacional y sectorial determinan el desempeño futuro tanto de los sectores productivos como de los sectores sociales

4.2.1 Políticas Macroeconómicas

El período 2000-2005 representa la etapa de consolidación del proceso democrático y de la implementación de los Acuerdos de Paz. A partir del 2001 se plantea como un escenario optimista a través de considerar la implementación de decisiones de políticas que logren un cambio en la situación actual (Tabla 4.1).

Tabla 4.1
Políticas Período 2000-2005

Lineamientos Generales
Controlar el Gasto Público y reorientarlo hacia el campo social y estimular los sectores productivos
Consolidar el proceso de descentralización con el fin de mejorar la eficiencia del gasto público
Disminuir crédito público interno y orientar crédito a los sectores productivos y al cubrimiento de la deuda social.
Utilizar los recursos de la desincorporación de los activos públicos para establecer fondos dedicados a créditos para las actividades productivas básicamente en los sectores agroindustrial y forestal.
Mejorar los procesos de regulación sobre los sectores financiero y bancario de tal manera que los inversionistas puedan tener una mayor seguridad.
Ampliar la carga tributaria hasta cubrir las metas planteadas en los Acuerdos de Paz.
Estructurar los ingresos fiscales para que sean menos dependientes de los impuestos indirectos (sobre todo al consumo) y del comercio exterior.
Consolidar los procesos tanto económicos como legales que permitan la solución al problema de la inseguridad sobre la tenencia y uso del suelo.
Consolidar la reforma de los sectores educativo y salud para cumplir con las metas de cobertura establecidos en los Acuerdos de Paz.

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 a)

4.2.2 Políticas Sociales

En Guatemala es crítico e indispensable la atenuación de los principales déficits sociales básicos para la consolidación de la democracia, para mejorar la productividad de la economía y las condiciones de educación y salud de la mayor parte de la población. El grado de éxito en disminuir estas desigualdades, determina cada uno de los escenarios.

4.2.3 Resultados Macroeconómicos

Las principales variables utilizadas en la construcción de escenarios macroeconómicos para el período fueron la tasa de crecimiento del PIB (en términos reales), el Déficit Fiscal como porcentaje del PIB, la Carga Tributaria, las Tasas de Interés Activas y Pasivas y el margen de intermediación y, la Inflación. También se consideraron el Comportamiento de la Tasa de Cambio, las Reservas Monetarias netas y su crecimiento, los Medios de Pago y el medio

circulante, el Déficit en cuenta corriente de la balanza de pagos y el Comportamiento de las importaciones y las exportaciones. El comportamiento de los principales indicadores económicos (Tabla 4.2) define la situación futura del país para cada uno de los escenarios considerados.

Tabla 4.2
Resultados Escenarios Macroeconómicos

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 (7.50 Q/US\$ Dic 99)	9% anual (7.70 Q/US \$ Dic 99)	12% anual (8.00 Q/ US\$ Dic 99)
Reservas Internacionales Netas (millones)	Monto US\$ 1,200 - US\$ 1,200	Monto US\$ 700- US\$ 400	Monto US\$ 70- US\$ 20
Crecimiento Anual Exportaciones	13% - 9%	7% - 5%	4% - 2%
Crecimiento Anual Importaciones	3% - 7%	8% - 12%	13% - 18%
Déficit en Cuenta Corriente como % del PIB	-2.5% - 3.5%	-4% - 5%	-6% - 7%
Carga Tributaria	12%	10%	9.5%

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 a)

a. Producto Interno Bruto

La evolución del PIB a partir de la década de 1980 (exceptuando el período entre 1981 y 1986 que fueron recesivos) se estabilizó entre un 3 y 4%. Esta cifra que se tomó para el escenario normal es consistente con las proyecciones del Banco de Guatemala, del Banco Interamericano de Desarrollo y del Banco Mundial para América Latina. La tasa de crecimiento del PIB entre el 7% y el 5% en el escenario optimista fue considerada tomando en cuenta que en un período de alto crecimiento fue la cifra promedio; además, estudios realizados en países desarrollados indican que se necesita un crecimiento entre el 7% y 8% para reducir la tasa de desempleo. Para el escenario pesimista se plantea un crecimiento modesto, entre 2 y 3%, considerando que estos valores fueron el límite inferior del crecimiento del PIB durante las últimas dos décadas.

b. Déficit Fiscal

Guatemala ha tratado de estabilizar el manejo de las finanzas públicas bajo planes de estabilización. En los últimos 5 años se observa una tendencia al descenso del déficit con cifras entre 0.5% y 1%; sin embargo, debe tomarse en cuenta que se presenta una ligera tendencia al alza del déficit fiscal.

c. Inflación

Una de las características de la economía guatemalteca es su tendencia a la estabilidad del nivel de precios. Una inflación del 7% es la meta inflacionaria del Banco de Guatemala siendo consistente con los niveles de inflación que se han presentado en el pasado.

d. Otras Variables Económicas

Para la carga tributaria se ha utilizado el grado de cumplimiento de los Acuerdos de Paz para establecer los valores en los escenarios respectivos. Los escenarios se establecen en términos de distintos niveles de carga tributaria, del manejo de los recursos del IGSS y de la desincorporación de activos del Estado.

4.2.4 Resultados Sociales

Los principales resultados alcanzados durante cada escenario (Tabla 4.3) permiten determinar los diferentes grados de cumplimiento de las políticas sociales y demográficas.

Tabla 4.3
Escenarios Sociales para 2005

Políticas	Escenarios		
	Optimista	Normal	Pesimista
Participación y Concertación	<ul style="list-style-type: none"> Mayor participación de la sociedad civil. La población civil participa en el combate de la corrupción, los privilegios y el abuso del poder económico. 	<ul style="list-style-type: none"> Se inicia el proceso pero no hay avances y se debilita. 	<ul style="list-style-type: none"> Proceso frustrado y estancado. Ausencia de participación de la sociedad civil en la lucha contra la corrupción y privilegios..
Desarrollo Social	<ul style="list-style-type: none"> Goce efectivo de los derechos al trabajo, salud, educación y vivienda. Alta participación nacional y extranjera en la inversión del país. 	<ul style="list-style-type: none"> Existe un 50% de goce de los derechos sociales de la población. La participación ciudadana no logra romper los esquemas de lucha contra la corrupción y privilegios. 	<ul style="list-style-type: none"> Es incipiente el goce efectivo de los derechos al trabajo, a la salud, a la educación y a la vivienda. No fue atendida la invitación para invertir en el país.
Educación	<ul style="list-style-type: none"> Se consolida el incremento del 50% del gasto en educación y se vuelve sostenible. Se intensifica el programa de alfabetización y se supera la meta del 70% para 2005. 	<ul style="list-style-type: none"> Se intensifica el programa de alfabetización. Se ratifica un incremento del 50% del gasto en educación. 	<ul style="list-style-type: none"> Se espera un incremento del 50% en los gastos en educación..
Salud	<ul style="list-style-type: none"> Se proporciona acceso a la mayoría de la población a servicios integrales de salud. Se garantiza el acceso efectivo a servicios de salud de calidad para la población de bajos recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> Se proporciona acceso a servicios de salud. Se aplica un incremento del 50% del gasto público en salud preventiva. 	<ul style="list-style-type: none"> Se busca acceso a servicios integrales de salud. Se espera un incremento del 50% en los gastos en salud. Se crean condiciones para acceso a servicios de salud.
Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> Se desarrolla y ejecuta una política prioritaria en vivienda popular. Se articulan políticas de ordenamiento territorial, planificación urbana y protección ambiental. Se fortalece el FOGUAVI para mejorar su capacidad de otorgar recursos financieros a la población pobre y en extrema pobreza. 	<ul style="list-style-type: none"> Fomento y desarrollo de una política prioritaria en vivienda popular. Se articulan políticas de ordenamiento territorial y planificación urbana. 	<ul style="list-style-type: none"> Se establece una política de fomento a la construcción de vivienda popular.

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 a)

4.3 Escenarios para el Período 2000-2020

La creación de escenarios macroeconómicos y sociales se basó en los datos existentes para el período 1980 - 1998 y en la consideración de diferentes grados de éxito de la aplicación de las políticas económicas, sociales y productivas hasta el período 2020. El análisis fue realizado por quinquenios y por variable (macroeconómica, de los sectores sociales y de los sectores productivos).

a. Escenario Optimista

El escenario optimista parte de la hipótesis que los cambios sociales y políticos son relevantes, reveladores y claros. Se considera que se cumple con los Compromisos de los Acuerdos de Paz, se consolida el Estado de Derecho, se fortalecen las instituciones democráticas y se consolida la viabilidad económica y social del país (Tabla 4.4). El logro de los fines establecidos visualizar un país con crecimiento y desarrollo económico y preparado para hacerle frente a la globalización de la economía.

Tabla 4.4
Resultados Escenario Optimista a 2020

Variables	Características
Macroeconomía	<ul style="list-style-type: none"> • El uso del endeudamiento ayuda a dinamizar la inversión pública. • Se tiene éxito en materia de atracción de inversión extranjera directa. El país es atractivo para inversiones de todo tipo (turístico, forestal, agroindustrial). • Guatemala es uno de los países de mayor apertura financiera en Centro América. • El estado guatemalteco es moderno y descentralizado.
Sectores Sociales:	
Se eliminan los déficits sociales y se afianza la aplicación de políticas sociales en educación y capacitación para el trabajo.	
Salud	<ul style="list-style-type: none"> • La mortalidad infantil se reduce al promedio de América Latina (al 2005). • Ampliación de los servicios y cobertura de los servicios de salud, seguros contra desempleo y seguros de salud (al 2010).
Educación	<ul style="list-style-type: none"> • Se cumplen las metas de cobertura de los Acuerdos de Paz (al 2005). • Se cumplen las metas de alfabetismo establecidas en los Acuerdos de Paz (al 2005). • El gasto educativo alcanza el promedio de América Latina (al 2005). • Se presentan niveles adecuados en materia de educación y desarrollo humano. • Los debates en el país se centran en crecimiento demográfico, sostenibilidad e incremento de conocimientos científicos y tecnológicos.
Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> • La política de vivienda cubre el déficit habitacional (al 2005). • Existen recursos frescos para FOGUAVI (al 2005). • El programa techo-piso se orienta a soluciones integrales (al 2005). • El déficit habitacional se viene cerrando razonablemente.
Población	<ul style="list-style-type: none"> • El crecimiento poblacional se visualiza como una ventaja y no como una amenaza. • Los programas de control de natalidad alcanzan las coberturas planteadas (al 2005). • La población bajo la línea de la pobreza se reduce a los niveles de la década de los 80. • La migración a la capital y zonas ecológicamente frágiles se detiene.
Sectores Productivos:	
Se presenta una preocupación por áreas protegidas; el sector forestal se consolida y se cuenta con un sector agrícola en equilibrio en materia de crecimiento agroindustrial.	
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • La frontera agrícola se estabiliza en áreas de estabilización y se mantienen áreas protegidas (al 2005). • Se logra cubrir la seguridad alimentaria con un 70% de producción nacional (al 2005) • Se consolida la modernización del sector agrícola (al 2005). • Se consolida el proceso de catastro y registro de la tenencia y uso de la tierra (al 2005).
Forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Se reduce la tasa de deforestación hasta mantener la cobertura boscosa (al 2005). • El programa de incentivos forestales cumple las proyecciones del INAB (al 2005).
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Las tasas de crecimiento del PIB industrial crecen al mismo ritmo que el resto de la economía (al 2005). • Las tasas de interés y la estructura del sector financiero estimulan la inversión a largo plazo (al 2005). • Aumenta el empleo creado en el sector industrial. • El sector industrial sigue repuntando aunque con menores ritmos de crecimiento que en los quinquenios anteriores.

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 a)

b. Escenario Normal.

En el escenario normal (Tabla 4.5) las hipótesis consideran que se superan lentamente los desequilibrios sociales y que los cambios que se producen no son relevantes aunque se orientan hacia la estabilización de una paz firme y duradera.

Tabla 4.5
Resultados Escenario Normal a 2020

Variables	Características
Macroeconomía	<ul style="list-style-type: none"> • La presión financiera de la deuda pública comienza a ser subsanada debido a los avances de la política tributaria. • Se alcanzan avances importantes en la reforma tributaria; se alcanza el 18% del PIB. • Se visualizan avances en seguridad social, seguro contra desempleo, infraestructura física y mejoramiento del tejido social.
Sector Social:	
Las presiones demográficas vienen siendo un elemento determinante de las nuevas presiones sociales. El nuevo crecimiento económico muestra complicaciones en calidad de vida, productividad, absorción de mano de obra y consolidación de un desarrollo sostenido.	
Salud	<ul style="list-style-type: none"> • Leve disminución de la mortalidad infantil (2005) • Aumenta la cobertura básica siguiendo el aumento de gastos en salud (2005) • Aumenta la infraestructura en saneamiento básico en proporción al gasto en salud (2005) • Las nuevas generaciones presionan los servicios de salud.
Educación	<ul style="list-style-type: none"> • Se alcanza una cobertura equivalente al 80% de las metas de los Acuerdos de Paz (al 2005). • Se alcanza el 80% de la meta de alfabetismo establecido en los Acuerdos de Paz (al 2005). • Se presentan resultados positivos en materia de educación para el trabajo. • Se presentan mejoras en los recursos humanos del país.
Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> • La dotación de vivienda ha crecido pero todavía existe déficit habitacional. • Se presentan problemas de ordenamiento territorial y poblacional.
Población	<ul style="list-style-type: none"> • Las tasas de crecimiento poblacional, si bien disminuyen no implican un decremento significativo. • La presión demográfica presiona a los otros sectores sociales (salud, educación y vivienda)
Sector Productivo:	
Aumenta la exportación de productos forestales.	
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • El sector se ha adaptado a las exigencias de la globalización. • La frontera agrícola sigue presionando las tierras de vocación forestal. • Se presentan avances en materia de registro y catastro de la tenencia y uso de la tierra.
Forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Las tasas de deforestación se mantienen (al 2005). • Los incentivos forestales continúan (al 2005).
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Las tasas de crecimiento del PIB Industrial crecen al mismo ritmo del resto de la economía (al 2005). • Se presentan rebajas en las tasas de interés (al 2005). • Se mantiene el empleo creado en el sector (al 2005)

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 a)

c. Escenario Pesimista

El desarrollo del escenario pesimista (Tabla 4.6) considera que la dinámica en el área social, a pesar de los procesos de cambio orientados a la modernización del Estado, no logra impactos positivos de las políticas de gobierno.

Tampoco se logra alcanzar el fortalecimiento de las instituciones democráticas del Estado que son vitales para disminuir la impunidad, la injusticia, la desigualdad y para la consolidación de la paz. Esta situación plantea el debilitamiento de las instituciones y un bajo nivel de desarrollo de los recursos humanos que restan competitividad al país.

Tabla 4.6
Resultados Escenario Pesimista a 2020

Variables	Características
Macroeconomía	<ul style="list-style-type: none"> • Se plantean nuevos pactos fiscales ante la presión de nuevas cargas financieras públicas y ante amenazas del déficit fiscal. • Continúa la polémica sobre cómo incrementar la formación bruta de capital fijo. • La política cambiaria continúa con ajustes intermitentes. • La estructura tributaria sigue basada en impuestos indirectos.
Sectores Sociales:	
Se mantienen los déficits sociales debido a que se cumplen lentamente los compromisos de los Acuerdos de Paz (2005). Al 2020 los indicadores sociales han mejorado pero las bajas tasas de crecimiento ocasionan recurrentes presiones sociales. La resolución de los problemas básicos llega con un retraso de 10 años.	
Salud	<ul style="list-style-type: none"> • Se estanca la disminución de la mortalidad infantil (al 2005). • No aumenta la cobertura de los servicios de salud (al 2005).
Vivienda	<ul style="list-style-type: none"> • No se logra reducir el déficit habitacional (al 2005). • Recursos insuficientes para FOGUAVI (al 2005)
Población	<ul style="list-style-type: none"> • El crecimiento demográfico mantiene su crecimiento (al 2005). • La población bajo la línea de pobreza sigue en aumento (al 2005). • Continúa la migración a la capital y zonas ecológicamente frágiles (al 2005).
Sectores Productivos:	
Decae la idea en torno al sector forestal de Guatemala y es nuevamente el sector agrícola tradicional la base de la ruralidad.	
Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> • La frontera agrícola se amplía al ritmo actual y hay aumento de la deforestación (al 2005). • Se abandona el proceso de diversificación de cultivos en beneficio de los tradicionales (al 2005). • No se logra consolidar el proceso de catastro y registro de la tenencia y uso de la tierra (al 2005).
Forestal	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentan las tasas de deforestación (al 2005). • El programa de incentivos forestales no se incrementa (al 2005).
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Las tasas del PIB industrial crecen por debajo del resto de la economía (al 2005). • Las altas tasas de interés y la estructura del sector financiero no estimulan la inversión (al 2005). • Algunas ramas industriales siguen mostrando financierismos pero no integralmente.

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 a)

4.4 Escenarios Demográficos

Están basados en el éxito de las políticas de planificación familiar y de migración interna, en el incremento de los programas de concientización y educación tanto en el área urbana como rural (Tabla 4.7). El grado de cumplimiento de las metas planificadas determina las características para cada escenario normal, pesimista y optimista.

Tabla 4. 7
Población según Escenarios

Departamento	2000	Optimista	Normal	Pesimista
		2020	2020	2020
Guatemala	2,578,146	3,944,964	4,082,483	4,222,442
El Progreso	143,209	219,132	226,771	234,545
Sacatepéquez	259,249	396,691	410,520	424,593
Chimaltenango	427,746	654,518	677,334	700,555
Escuintla	483,769	740,242	766,046	792,308
Santa Rosa	319,842	489,408	506,468	523,832
Sololá	307,862	471,077	487,498	504,211
Totonicapán	361,287	552,825	572,096	591,709
Quetzaltenango	678,568	1,038,315	1,074,509	1,111,347
Suchitepéquez	403,567	617,520	639,047	660,955
Retalhuleu	241,868	370,096	382,997	396,127
San Marcos	844,418	1,292,091	1,337,132	1,382,973
Huehuetenango	880,336	1,347,051	1,394,008	1,441,799
Quiché	588,884	901,084	932,495	964,464
Baja Verapaz	203,367	311,183	322,031	333,071
Alta Verapaz	814,275	1,245,967	1,289,401	1,333,605
Petén	333,451	510,232	528,018	546,120
Izabal	333,948	510,992	528,805	546,934
Zacapa	212,824	325,654	337,006	348,559
Chiquimula	313,049	479,014	495,712	512,706
Jalapa	269,979	413,110	427,511	442,167
Jutiapa	385,795	590,326	610,905	631,848
Población Total	11,385,439	17,421,491	18,028,793	18,646,871
Población Urbana	2,578,146	3,944,964	4,082,483	4,222,442
Población Rural	8,807,293	13,476,527	1,3946,310	14,424,429

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 a)

V. Escenarios Ambientales

5.1 Escenarios Bioclimáticos

Para la elaboración de los escenarios bioclimáticos se utilizaron modelos bioclimáticos para establecer relaciones entre la presencia o ausencia de especies dadas (tipo de vegetación) y una o más variables climáticas. Las variables climáticas incluyen humedad, precipitación, temperatura y estacionalidad verano-invierno.

5.1.1 Zonas de Vida Vegetal

Los escenarios bioclimáticos identificados para Guatemala (Tabla 5.1) están basados en el modelo biofísico de clasificación de Zonas de Vida Vegetal (ZVV) desarrollado por el Dr. Leslie Holdridge. El modelo de ZVV describe la distribución de los ecosistemas en función de variables climáticas como biotemperatura, precipitación media anual y la constante de evapotranspiración potencial. En Guatemala se han identificado 14 zonas de vida vegetal que comprenden desde zonas húmedas hasta zonas secas y que van desde zonas frías a zonas cálidas con altitudes que varían de los 0 a más de 4,000 msnm.

Tabla 5.1
Zonas de Vida Vegetal y Características Climáticas

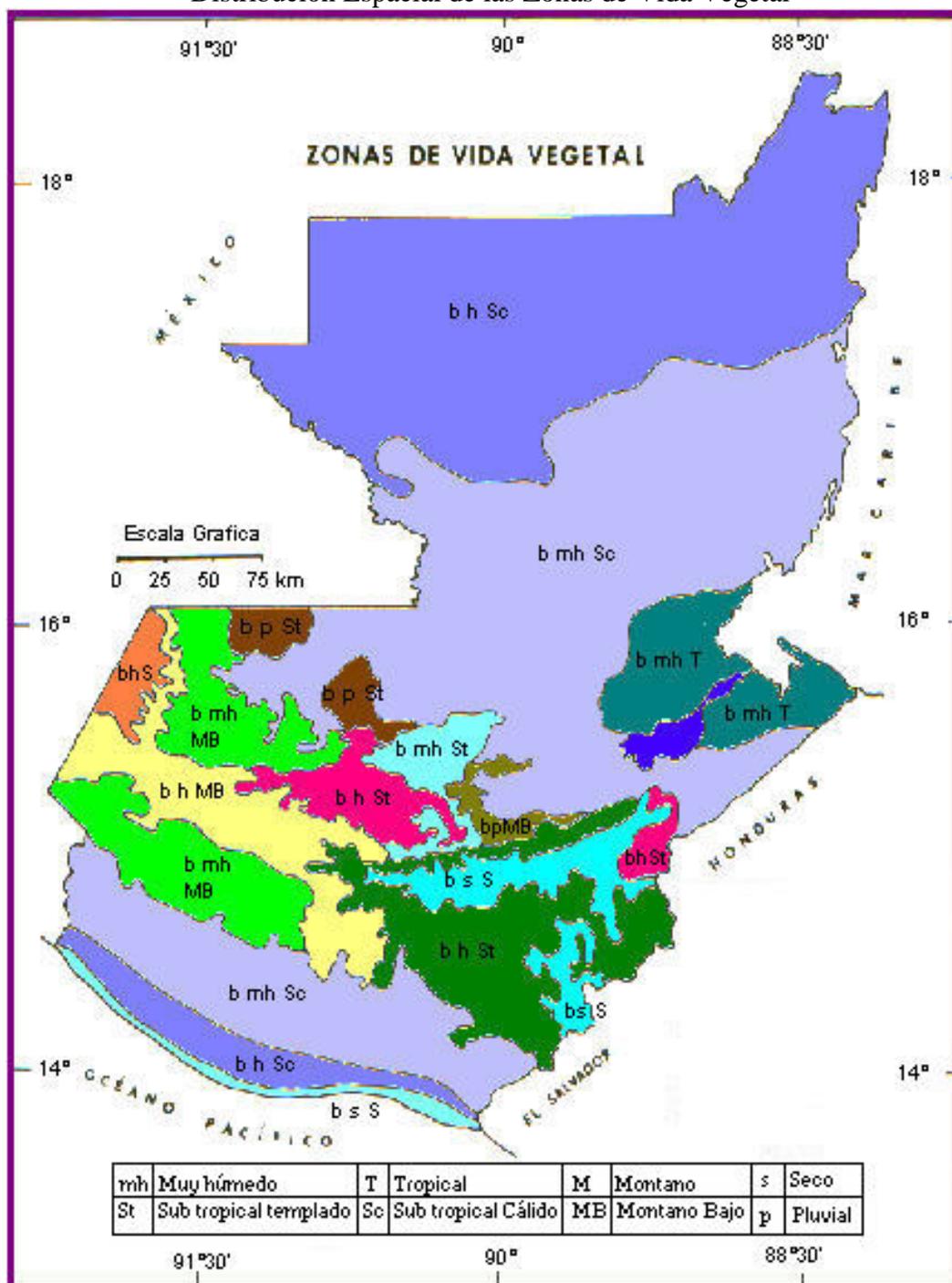
Zona de Vida		T. media °C	Precipitación (mm)	Evapotranspiración (%)	Zona de Vida		T. media °C	Precipitación (mm)	Evapotranspiración (%)
Monte Espinoso Subtropical	Me-S	24 - 26	400 - 600	1.25	Bosque Pluvial Subtropical	Bp-S	16 - 24	4000 - 6000	0.25
Bosque Seco Tropical	Bs-T	24	1,300	1.25	Bosque Húmedo Tropical	Bmh-T	27	3600	0.40
Bosque Seco Subtropical	Bs-S	19 - 24	855	1.50	Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical	Bh-MB	15 - 23	1344	0.75
Bosque Húmedo Subtropical (templado)	Bh-S(t)	18 - 22	1100 - 1349	1.00	Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical	Bmh-MB	12.5 - 18.6	2065 - 3900	0.35
Bosque Húmedo Subtropical (Cálido)	Bh-S(c)	22 - 27	1200 - 2000	0.95	Bosque Pluvial Montano Bajo Subtropical	Bp-MB	19	4100	0.25
Bosque muy Húmedo Subtropical (Cálido)	Bmh-S(c)	21 - 25	3284	0.45	Bosque Húmedo Montano Subtropical	Bh-M	11.8	1275	0.55
Bosque muy Húmedo Subtropical (Frío)	Bmh-S(f)	16 - 23	2284	0.50	Bosque Húmedo Montano Subtropical	Bmh-M	11	2500	0.30

Fuente: De la Cruz (1982), Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 b)

El clima varía de acuerdo a cada región fisiográfica y es determinante para la clasificación de cada zona de vida (Figura 5.1). La clasificación de las ZVV de Guatemala se basa en datos climáticos que definen regiones con variaciones de temperatura específicas para cada una, tanto para la época seca como para la lluviosa. Las formaciones ecológicas que posee Guatemala determinan la

riqueza y complejidad de la composición florística y por consiguiente su alto grado de biodiversidad. El territorio guatemalteco corresponde a la región fitogeográfica subtropical con inclusiones que son de la región tropical. En la región subtropical se encuentran los pisos altitudinales Montano Bajo y Montano.

Figura 5.1
Distribución Espacial de las Zonas de Vida Vegetal



Fuente: De la Cruz (1982), Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana (1999 b)

5.1.2 Escenarios Climáticos y Zonas de Vida

A partir de los escenarios futuros de cambio climático según los patrones espaciales de comportamiento de la temperatura, precipitación y evapotranspiración (Capítulo III, Sección 3.3.4) y con base en el sistema Holdridge de ZVV se elaboraron tablas y mapas bioclimáticos en formas de zonas de vida. Estos mapas de zonas de vida corresponden a los escenarios actual (línea de base), normal, optimista y pesimista de cambio climático. Para cada mapa bioclimático se calculó la cobertura por zona de vida en km² y en porcentaje del total del país.

5.2 Escenario Bioclimático (Zona de Vida) de la Línea Base

Al comparar el mapa de zona de vida de la línea base (escenario actual) con el mapa elaborado por De la Cruz (1982) se presentaron diferencias en el tipo y cobertura vegetal (Tabla 5.2). En el escenario de la línea base aparecen zonas bioclimáticas definidas a partir de los datos climáticos que en realidad no se observan actualmente. Esto se debe a que las especies se adaptan gradualmente y que su cambio solo puede observarse en un tiempo superior a varias décadas; por eso aunque la zona de vida está definida con características climáticas se encuentran especies con características de la zona de vida anterior.

Tabla 5.2
Comparación Zonas de Vida

Zonas de Vida	De la Cruz, 1982		Línea Base 1990	
	km2	%	km2	%
Monte espinoso subtropical Me-s	928	0.85	-	-
Bosque seco tropical bs-T	216	0.20	42,064	38.67
Bosque muy seco tropical bms-T	-	-	-	-
Bosque seco subtropical bs-S	3,964	3.64	1,841	1.69
Bosque húmedo subtropical templado bh-S(t)	12,300	11.31	12,435	11.43
Bosque húmedo subtropical cálido bh-S(c)	27,000	24.82	2,640	2.43
Bosque muy húmedo subtropical cálido bmh-S(c)	40,700	37.41	4,238	3.90
Bosque muy húmedo subtropical templado bmh-S(t)	-	-	6,426	5.91
Bosque húmedo subtropical frío bh-S(f)	-	-	382	0.35
Bosque muy húmedo subtropical frío bmh-S (f)	2,584	2.38	-	-
Bosque pluvial subtropical bp-S	1,144	1.05	-	-
Bosque húmedo tropical bh-T	-	-	30,949	28.45
Bosque muy húmedo Tropical bmh-T	2,636	2.42	1,459	1.34
Bosque húmedo montano bajo bh-MB	9,769	8.98	2,397	2.20
Bosque muy húmedo montano bajo bmh-MB	5,512	5.07	3,960	3.64
Bosque pluvial montano bajo bp-MB	908	0.83	-	-
Bosque húmedo montano bh-M	88	0.08	-	-
Bosque muy húmedo montano bmh-M	1,040	0.96	-	-

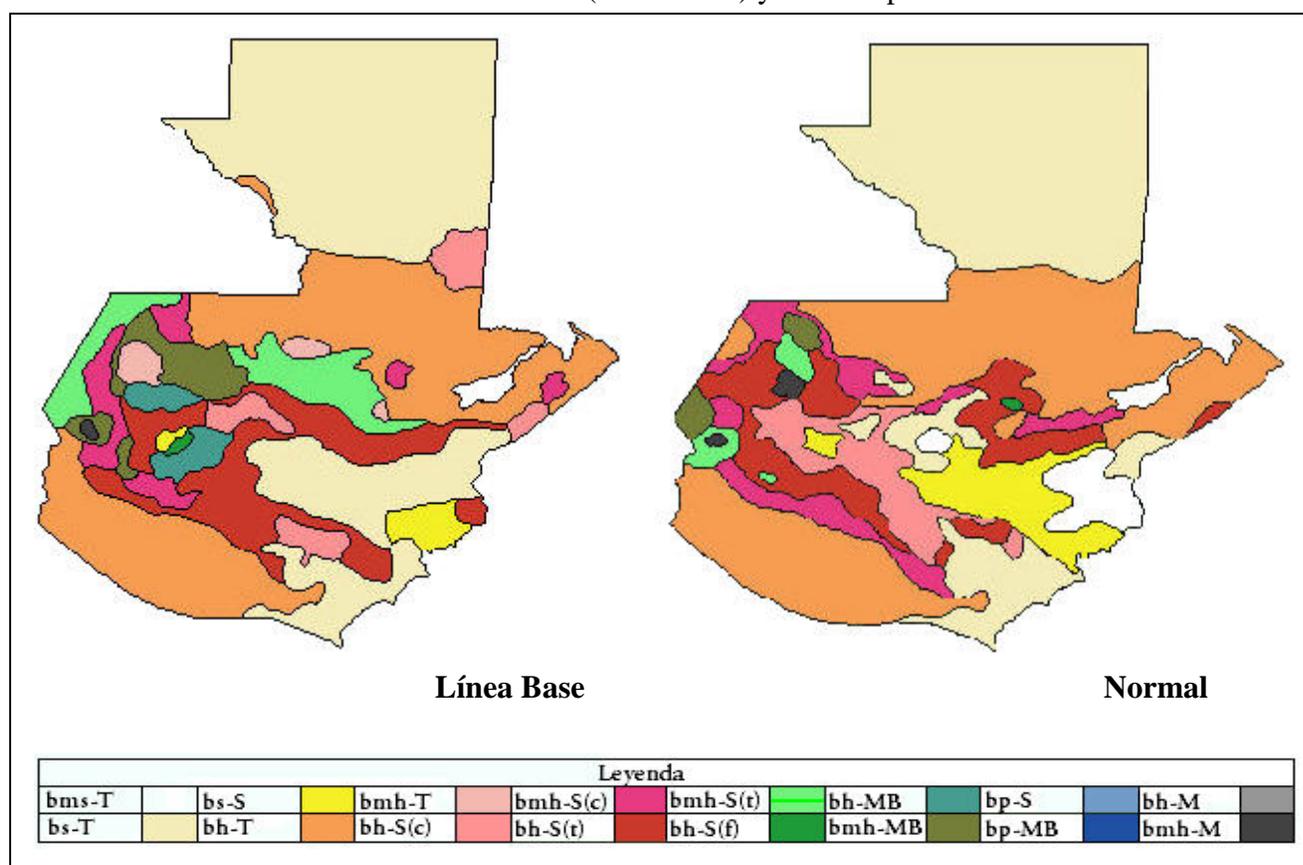
Fuente: Proyecto Cambio Climático – CONFORSA (2000)

5.3 Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Normal

Se basa en las proyecciones climáticas utilizadas en el escenario ECCG-C (normal, Sección 3.3.4) que considera una reducción de la precipitación de aproximadamente 5% asociada a un aumento de la temperatura de alrededor de 1.5° C.

La sensibilidad climática del escenario (Figura 5.2) se manifiesta en aumentos de la temperatura y evapotranspiración en la región norte (Petén, Izabal, Alta y Baja Verapaz), en el valle del Motagua y en toda la región sur oriental del país. La precipitación muestra una disminución leve en la región del valle del Motagua y altiplano oriental con una proyección al altiplano central (Guatemala, Sacatepéquez, Chimaltenango).

Figura 5.2
Escenarios Bioclimático Actual (Línea Base) y Normal para el Año 2050



Fuente: Proyecto Cambio Climático – CONFORSA (2000)

5.3.1 Comportamiento de las Zonas de Vida

Las zonas subtropicales se reducen del 31.55% al 28.74% mientras que las zonas tropicales aumentan de 68.45% al 71.26%. En este escenario las regiones subtropicales ceden terreno a las tropicales en Petén, la franja transversal del norte, Izabal y la zona sur oriental del país.

5.3.2 Humedad

Según el escenario de cambio climático se produciría un aumento de las zonas muy secas y secas a expensas de la disminución de la zona muy húmeda (60% a un 55% respecto a la línea base); la zona húmeda disminuye ligeramente su cobertura. Las zonas secas se ubican alrededor del valle del Motagua llegando desde la frontera sur oriental hasta la ciudad capital.

Las zonas húmedas se ubican sobre la cadena volcánica al centro y occidente de la Sierra Madre; también se hallan zonas húmedas sobre la Sierra de los Cuchumatanes y Sierra de Chinajá y Sierra de Las Minas. Las zonas húmedas en el altiplano se presentan solamente en la parte central y occidental.

5.3.3 *Temperatura*

El escenario muestra un leve aumento de la zona cálida mientras que las zonas templada y fría permanecen constantes, esto se debe a que la mayor parte de la zona cálida se convierte en zona tropical seca. La zona templada que aunque retiene su cobertura sufre cambios en su distribución geográfica.

5.3.4 *Humedad, Temperatura y Elevación*

Las zonas húmedas cálidas se reducen para convertirse en zonas húmedas tropicales debido a un aumento de la temperatura media. Las zonas húmedas templadas se mantienen en cobertura, pero no así en distribución puesto que se ven empujadas a las partes altas de las sierras en donde la variación de temperatura no es tan fuerte como en las zonas bajas. Las zonas húmedas y muy húmedas de montano y montano bajo se reducen en un 4% debido al aumento de las temperaturas y reducción de la precipitación; estas zonas húmedas de montaña se convierten en zonas húmedas templadas.

5.4 **Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Optimista**

Se origina en el escenario ECCG-HA (escenario optimista, sección 3.3.4) que considera un aumento de un 6% en la precipitación y un aumento de 2 °C de la temperatura (Figura 5.3). El aumento de la temperatura en todo el país tiene mayor incidencia en las regiones oriental, norte y sur oriental. En la costa sur se presentan cambios significativos en las temperaturas mientras que el altiplano occidental se ve menos afectado. La precipitación muestra un aumento a nivel nacional que es más evidente en la boca costa del pacífico y en los altiplanos central y occidental.

5.4.1 *Comportamiento de la Zona de Vida*

Las zonas subtropicales sufren una reducción de 31.55% a 26.53% cediendo espacio a zonas tropicales; este proceso ocurre debido al aumento de temperatura principalmente en la región de Petén, norte de Quiché, Alta Verapaz, Izabal, sur y sur oriente del país.

5.4.2 *Humedad*

La zona seca aumenta levemente en un 3% con una distribución que abarca la región oriental del país pasando por el valle del Motagua hasta el altiplano central. La zona húmeda tiene un pequeño aumento del 2% de su cobertura causado por una reubicación geográfica en el altiplano occidental. Por ser un escenario con mayor precipitación se presentan aumentos de cobertura de las zonas húmedas.

5.4.3 *Temperatura*

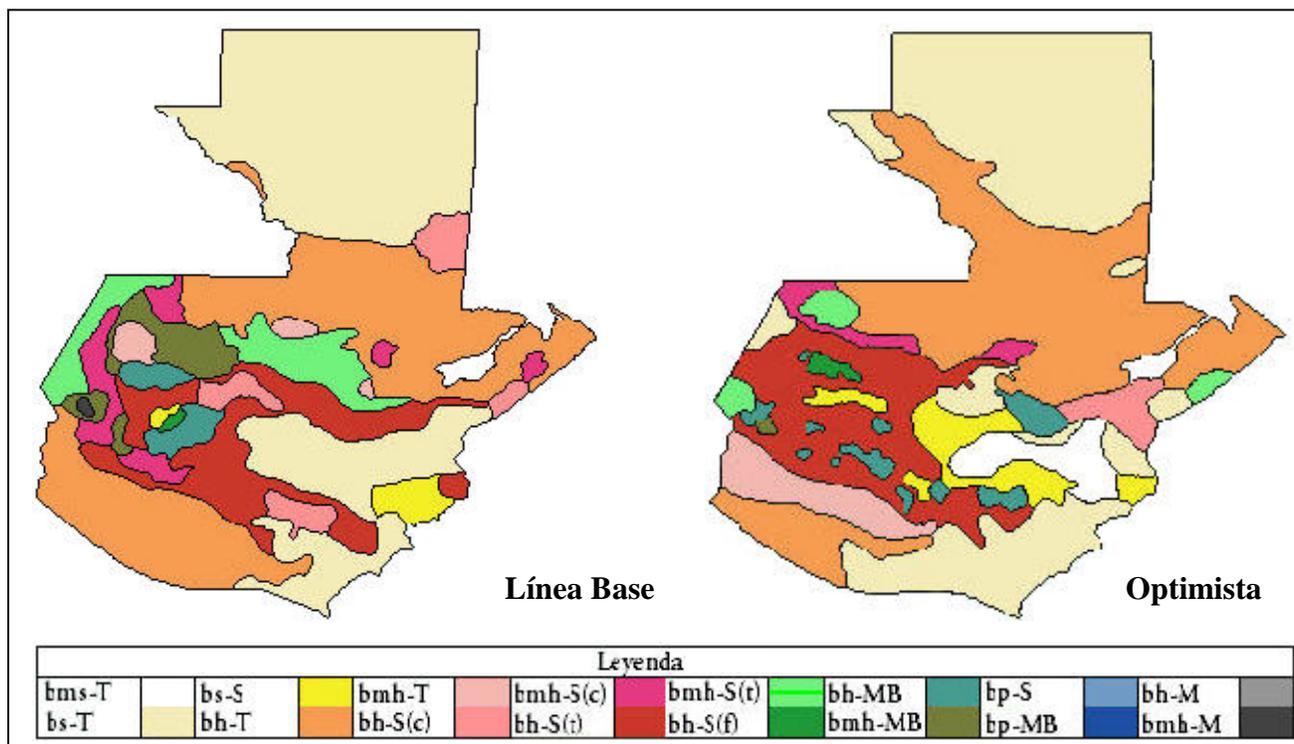
El aumento de temperatura representa una disminución de 3% de las zonas cálidas que se han transformado en zonas tropicales. Se nota una leve disminución del 2% de las zonas templadas.

En la región del altiplano occidental se agrupan las zonas de vida húmedas y templadas que fueron desplazadas geográficamente.

5.4.4 Humedad, Temperatura y Elevación

Las zonas húmedas y templadas aumentan su cobertura (3%) pero su ubicación geográfica se restringe al altiplano central occidental. Las zonas húmedas montano y montano bajo tienden a disminuir aproximadamente en un 4% para quedar limitadas a las partes más altas de la Sierra Madre y Sierra de los Cuchumatanes; este proceso se ve favorecido por el aumento de la precipitación en dichas zonas.

Figura 5.3
Escenarios Bioclimático Actual (Línea Base) y Optimista para el Año 2050



Fuente: Proyecto Cambio Climático – CONFORSA (2000)

5.5 Escenario Bioclimático (Zona de Vida) Pesimista

Está basado en el escenario climático ECCG-SA (pesimista, sección 3.3.4) en el que se considera un aumento elevado de la temperatura, unos 3.5 °C, asociado a una alta sensibilidad climática en combinación con una reducción de la precipitación del 30 %. En el escenario (Figura 5.4) se proyecta una reducción de la precipitación en todo el país que afecta en particular el valle del Motagua en el oriente del país pasando por el altiplano central, hasta la Sierra de los Cuchumatanes.

5.5.1 Comportamiento de la Zona de Vida

Las zonas subtropicales pasan de 31.55% a 26.56 %, mientras que las zonas tropicales aumentan de 68.45% a 73.44 % dominando casi todo el país. Las zonas tropicales se extienden por toda la costa sur, a lo largo del altiplano central y en toda la región norte y nororiental.

5.5.2 Humedad

Las zonas secas y muy secas tropicales aumentan su área de cobertura pasando del 40.36% al 74.15 % de todo el país. Se desplazan las zonas húmedas y muy húmedas y quedan aisladas en las regiones montañosas de la cordillera central y otras.

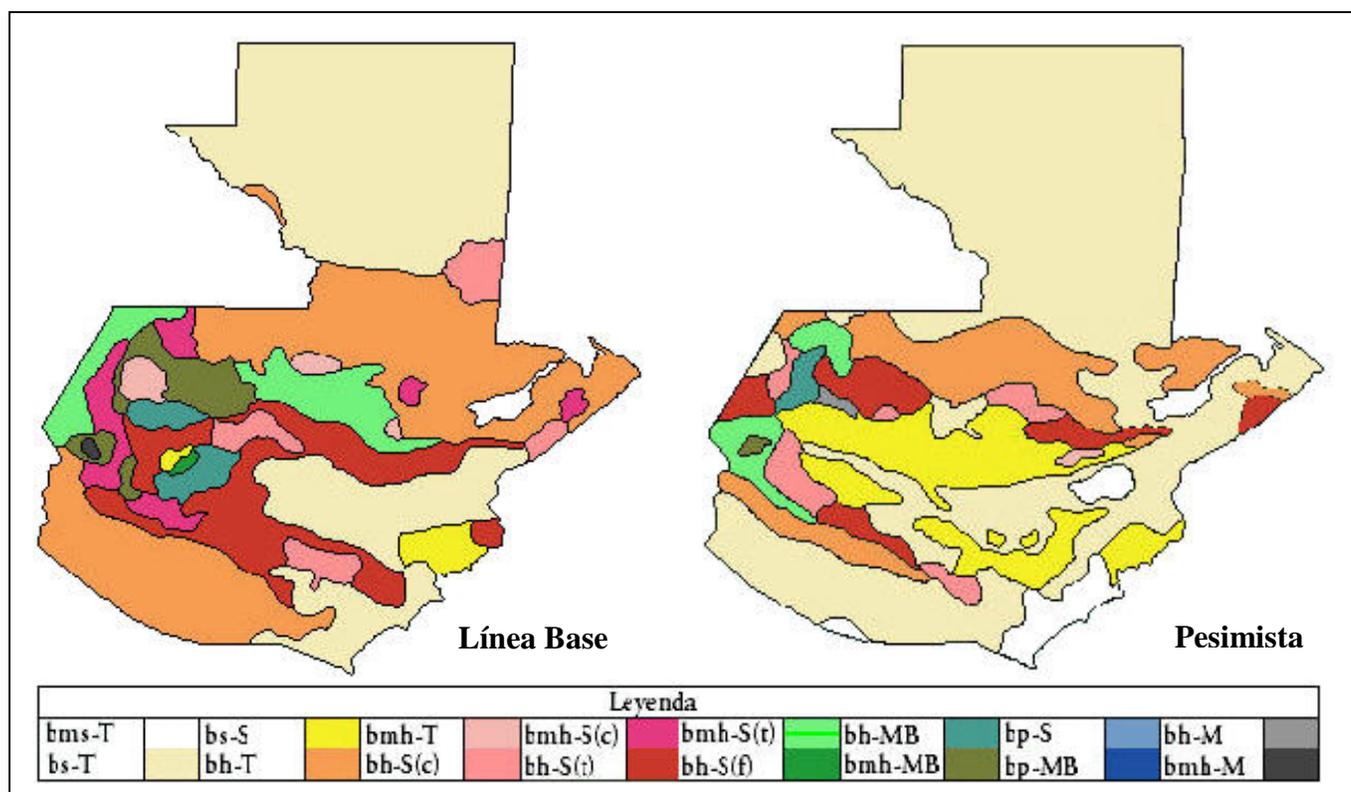
5.5.3 Temperatura

Las zonas cálido-templadas y frías se ven desplazadas por las zonas secas y muy secas asentadas a lo largo de la cuenca del Motagua, el altiplano oriental, en toda la costa sur y noreste del país.

5.5.4 Humedad, Temperatura y Elevación

Las zonas húmedas y templadas se restringen de 60% a 25% y se ubican en las áreas altas de la cadena volcánica de la Sierra Madre Occidental, sobre los Cuchumatanes y la Sierra de Las Minas. Las zonas húmedas y de montano se ven reducidas quedando como remanente solamente en las cumbres de los Cuchumatanes.

Figura 5.4
Escenarios Bioclimático Actual (Línea Base) y Pesimista para el Año 2050



Fuente: Proyecto Cambio Climático – CONFORSA (2000)

D. ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

VI. Vulnerabilidad de la Salud al Cambio Climático

6.1 Clima y Salud

La salud humana es el resultado de interacciones de un conjunto de factores que incluyen a la biología humana, al ambiente, a los procesos socioeconómicos, hábitos, costumbres, estilos de vida de las personas y de las comunidades, y al estado de la infraestructura socio-sanitaria. La distribución geográfica de las enfermedades infecciosas está condicionada por los límites de tolerancia al clima y la posibilidad de supervivencia del agente infeccioso que las provocan. Además, la variabilidad del clima local puede hacer cambiar la marcha anual de las enfermedades favoreciendo la ocurrencia de episodios epidémicos en períodos no habituales dentro del año.

Las variaciones periódicas y sobre todo las no periódicas que se observan en la temperatura y la humedad del aire inducen cambios en parámetros fisiológicos como temperatura corporal, ritmo cardíaco y circulación sanguínea (Kalkstein, et al, 1996; Golovina y Trubina, 1999) que pueden afectar el metabolismo de las personas y provocar debilitamiento de su sistema inmunológico.

La variación de los elementos meteorológicos también puede conducir a la aparición de reacciones patológicas por fallos en el sistema termorregulador del individuo y desencadenar crisis agudas de asma bronquial, deshidratación e insolación, entre otras enfermedades. Los posibles impactos del cambio climático en la salud se reflejan por incrementos en los índices de mortalidad y morbilidad, incrementos en las enfermedades infecciosas y no infecciosas transmitidas o no por vectores. Los fenómenos climatológicos pueden favorecer incrementos en los índices de malnutrición y deshidratación debido a su influencia sobre la disponibilidad de agua y alimentos, por daños a la infraestructura pública de salud y efectos psicosomáticos derivados de variaciones del clima.

6.2 Enfermedades Seleccionadas

A partir de asociar clima con enfermedades en una localidad o región se han desarrollado metodologías que describen y pronostican la cantidad de personas afectadas por dichas enfermedades. En estos análisis se comparan las variables climáticas mensuales con los respectivos comportamientos de las enfermedades tratando de identificar la incidencia de enfermedades y las variaciones que ocurrieron en el clima. Estudios realizados en varios países evidencian la existencia de relaciones entre el incremento de casos de ciertas enfermedades y las variaciones de las condiciones climáticas (Lecha 1977, 1989, 1994; Toledo, 1992). Estos estudios indican el grado de sensibilidad que presenta la salud humana ante los cambios que se producen en las condiciones atmosféricas.

En el caso de Guatemala, entre varias enfermedades analizadas, se seleccionaron a la Enfermedad Diarreica Aguda (EDA), la Infección Respiratoria Aguda (IRA) y la Malaria (MA) como las principales enfermedades asociadas a la variabilidad climática (Tabla 6.1). Las EDA e IRA fueron seleccionadas por ser las enfermedades de mayor impacto en la población, por ser las principales causas de enfermedad y muerte de personas especialmente en menores de 5 años y por cumplir con el mayor número de criterios. La MA fue seleccionada debido a ser una enfermedad de tipo vectorial y que incide principalmente en el adulto hombre.

Tabla 6.1
Criterios de Selección Enfermedades Identificadas

Criterios	Enfermedades Identificadas
<ul style="list-style-type: none"> • Tener relación (directa o indirecta) con el clima y sus variaciones • Ser de alta incidencia a nivel nacional • Estar entre las diez principales causas de morbilidad y mortalidad • Disponer de la información estadística para desarrollar la investigación • No haber sido descartadas en otros estudios a nivel internacional • Poder profundizar estudios de su epidemiología • Obtener resultados de beneficio para la salud 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad Diarreica Aguda • Infección Respiratoria Superior • Leishmania • Leptospirosis • Asma Bronquial • Cólera Morbus • Dengue • Malaria • Bronconeumonía • Oncocercosis

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Ortiz y SOPASAL (2000)

6.2.1 Características Temporales de las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA)

Las IRA presentan una marcha estacional bien definida con períodos de máxima presencia en septiembre–noviembre y febrero–marzo coincidiendo con las épocas del año en que se produce la transición del verano al invierno y viceversa (Tabla 6.2). Estos son períodos menos o más cálidos (Guevara et al 1996).

6.2.2 Características Temporales de las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) y Malaria (MA)

Tanto la MA como las EDA presentan altos índices estacionales en los meses más cálidos y lluviosos del año (mayo–octubre) vinculando la variabilidad climática con el comportamiento de estas entidades (Ortiz, 1997a; Ortiz 1997b y Ortiz, et al 1998a). La MA analizada es producida por Plasmodium Vivax en más del 95% de los casos y sólo se presentan algunos casos por Plasmodium Falciparum.

Tabla 6.2
Ocurrencia de Enfermedades por Mes 1998-1999

Mes	EDA		IRA		Malaria	
	1998	1999	1998	1999	1998	1999
Enero	9,796	21,525	19,172	49,168	2,332	6,051
Febrero	12,314	26,245	24,871	66,770	2,732	4,524
Marzo	14,953	27,145	36,117	88,647	3,840	5,952
Abril	16,355	24,180	37,605	79,257	3,604	4,644
Mayo	22,834	31,262	51,173	71,692	5,327	6,011
Junio	34,577	44,920	58,411	73,362	4,054	7,139
Julio	39,595	41,072	57,376	63,309	5,785	12,107
Agosto	29,849	37,053	63,618	76,835	8,284	7,701
Septiembre	24,002	29,722	64,499	89,723	7,466	8,083
Octubre	18,749	28,623	48,537	115,805	8,544	10,147
Noviembre	29,514	25,204	62,161	100,471	11,122	8,462
Diciembre	18,279	26,728	40,513	87,788	7,035	7,655
Total	270,817	363,679	564,053	962,827	70,125	88,476

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Ortiz y SOPASAL (2000)

6.3 Situación de la Salud en Guatemala

6.3.1 Morbilidad y Mortalidad

La prevalencia de las enfermedades infecciosas, que están entre las principales causas de muerte en el país, reflejan el mal estado de salud de la población consecuencia del bajo nivel de vida, de la escasa cobertura de los programas de salud y saneamiento y la falta de una nutrición apropiada. Los programas de atención al binomio madre-niño llegan solamente a una mínima parte de la población; el control de las EDA e infecciones intestinales cubren el 20% de los casos; las IRA son tratadas en un 28% de su incidencia y solamente a un 41% de los niños menores de 5 años se les lleva un control de su crecimiento y desarrollo.

En 1997 las enfermedades infecciosas y asociadas al parto fueron las principales causas de enfermedad y muerte. La incidencia de enfermedades diarreicas reportó un 30%, las enfermedades respiratorias agudas un 23% y las enfermedades perinatales un 20%. La desnutrición abarcaba a un 50% de la población infantil; la incidencia de enfermedad y muerte en menores de 5 años fue de 67 por cada mil nacidos vivos causadas por enfermedades respiratorias, diarreicas y desnutrición.

Las acciones de inmunización realizadas por el programa de vacunación lograron erradicar la poliomielitis en 1992 y que el país sea certificado como carente de esta enfermedad.

A pesar de los esfuerzos realizados en torno a la salud de la madre, la mortalidad materna continúa siendo alta (23 por mil nacidos vivos) derivado de la falta de atención a la mujer embarazada especialmente en el grupo indígena en el que llega a ser el doble. La atención prenatal cubre más del 30% de la población demandante y el porcentaje de partos atendidos por comadronas y personal empírico llega al 71%, valor que contrasta con el 24.4% de partos que son atendidos por profesionales de la medicina.

Los grupos poblacionales en los que se presentan los principales problemas de salud y nutrición son los grupos con menores niveles de educación e ingreso (principalmente residentes en las áreas rurales) y las poblaciones indígenas. La atención que se presta a los grupos de riesgo es deficitaria, los trabajadores migrantes y su familia, los repatriados y desplazados, los niños de la calle y las etnias que habitan las márgenes agrícolas del territorio nacional están parcialmente fuera del sistema de salud.

6.3.2 Saneamiento Básico

Existe una marcada diferencia entre el suministro de agua potable que se presta a la población de la ciudad de Guatemala comparada con los centros urbanos del interior del país y las poblaciones rurales. El servicio de agua de la ciudad de Guatemala es atendido por la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA) en un 80% mientras que la Empresa de Agua Mariscal cubre el 6.9% de la demanda. El 13.1% restante se abastece por medio de pozos particulares y especialmente por camiones cisterna que venden agua sin ningún tipo de tratamiento. Esta población habita las colonias ubicadas en la periferia de la ciudad y en las áreas marginales asentadas en el área metropolitana.

En las 331 cabeceras municipales el servicio de agua es atendido por las municipalidades cubriendo el 78% de la población asentada en el área urbana. El 22% restante se aprovisiona de pozos artesanos, nacimientos y/o arroyos cercanos a su vivienda. A pesar que el agua distribuida por la red local se le adiciona cloro muchas veces puede no ser considerada como potable y por lo tanto apta para el consumo humano. En las aldeas y caseríos del interior del país el 39.7% de la población cuenta con abastecimiento de agua, generalmente sin ningún tratamiento; el 60.3% de las familias rurales obtienen el agua de ríos, lagos y manantiales generalmente contaminados. Se estima que los servicios de agua por tubería cubren al 92% de la población urbana y un 54% de los que residen en el área rural.

Los desechos sólidos no cuentan con un adecuado tratamiento final en la mayoría de los 330 municipios del país. La recolección pública de basura es deficiente en más del 85% de las cabeceras municipales y en el 100% de los poblados rurales. Los desechos sólidos se depositan en calles del vecindario, ríos y barrancos aledaños al centro poblado, generando con ello contaminación del aire, agua y suelo.

6.4 Impactos del Clima y la Variabilidad Climática en la Salud Humana

Para estudiar el impacto del clima en la salud humana se consideraron los efectos de la variabilidad climática de acuerdo a los escenarios de cambio climático (Capítulo III, Sección 3.3.4); los resultados presentados están basados en el escenario pesimista (ECCG_SA). La información sobre las IRA, EDA y MA fue obtenida en el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) e incluyen reportes totales de ocurrencia por mes para 1998 y 1999 (Tabla 6.2) y por año para el período 1985-1998 (Tabla 6.3).

Tabla 6.3
Frecuencia de Casos de las Enfermedades Estudiadas

Año	Infecciones Respiratorias Agudas	Enfermedad Diarreica Aguda	Malaria
1985	137117	80249	54802
1986	97153	52607	42589
1987	163982	101162	57662
1988	216315	118273	52561
1989	197689	109236	46556
1990	257577	131866	48697
1991	204636	112781	57788
1992	188542	97415	49323
1993	226824	114702	40833
1994	138550	84932	19516
1995	119932	84932	23490
1996	ND	48881	ND
1997	ND	104906	61823
1998	582224	269068	87046
ND: No disponible			

Fuente: Proyecto Cambio Climático-Ortiz y SOPASAL (2000)

6.4.1 Evaluación de los Impactos del Cambio Climático

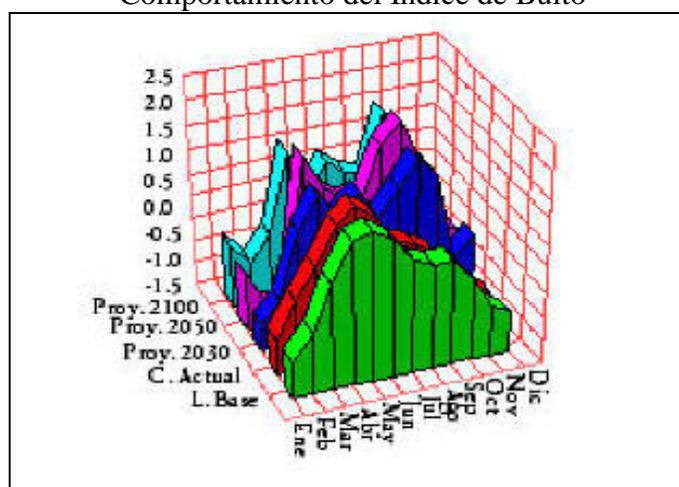
Para la evaluación de los impactos del Cambio Climático en la Salud Humana, además de considerar la climatología 1961-1990 (línea base), se utilizó información para el período 1991-1999; a este periodo se le denominó clima actual. El análisis de los impactos del clima en la salud está basada en la línea base, en el clima actual y en el escenario pesimista de cambio climático.

Se utilizó el Índice de Bultó (Ortíz et al, 1998b) que es una metodología desarrollada en Cuba que se basa en modelos empírico-estadísticos para la descripción y estimación del comportamiento futuro de enfermedades usando como variable las condiciones climáticas. Las situaciones climáticas se describen como el resultado de la combinación lineal de las variables meteorológicas y el desarrollo de las enfermedades. Para las enfermedades estudiadas se utilizaron modelos Auto Regresivos con Varianza no Constante (ARCH, con variable exógena) dado que la varianza de esta serie temporal no es constante.

El Índice de Bultó (IB) integra el comportamiento simultáneo mensual de las variables climáticas temperatura máxima, temperatura mínima, oscilación térmica y precipitación, así como la influencia del Evento El Niño/Oscilación del Sur (ENOS). La inclusión de la influencia del ENOS en el índice puede considerarse como una expresión del forzamiento de la variabilidad natural; así, cualquier variación o cambio en las condiciones climáticas se cuantifica y evalúa midiendo los efectos que el clima de cada mes ejerce sobre el comportamiento e incidencia de las enfermedades.

El análisis del IB para la línea base y para el clima actual (Figura 6.1) indica un calentamiento en la temporada poco lluviosa o verano en Guatemala. También se aprecia una intensificación de los patrones estacionales con un aumento del período de canícula con un desplazamiento en la media de las estaciones y un retraso en los meses de transición de una temporada climática a la otra.

Figura 6.1
Comportamiento del Índice de Bultó



Además, se aprecia que el comportamiento del clima proyectado para el período 2030 - 2050 ha comenzado a manifestarse en el clima actual, lo que indica que el país se ha hecho más caliente, con una tendencia a períodos de precipitación más cálidos y secos. En los inviernos se observa una disminución de los volúmenes de precipitación como consecuencia del comienzo tardío de la

temporada lluviosa. La reducción de las lluvias está acompañada por una tendencia al incremento de las temperaturas y a una disminución de los contrastes entre máximas y mínimas que afecta directamente a las enfermedades que se estudian.

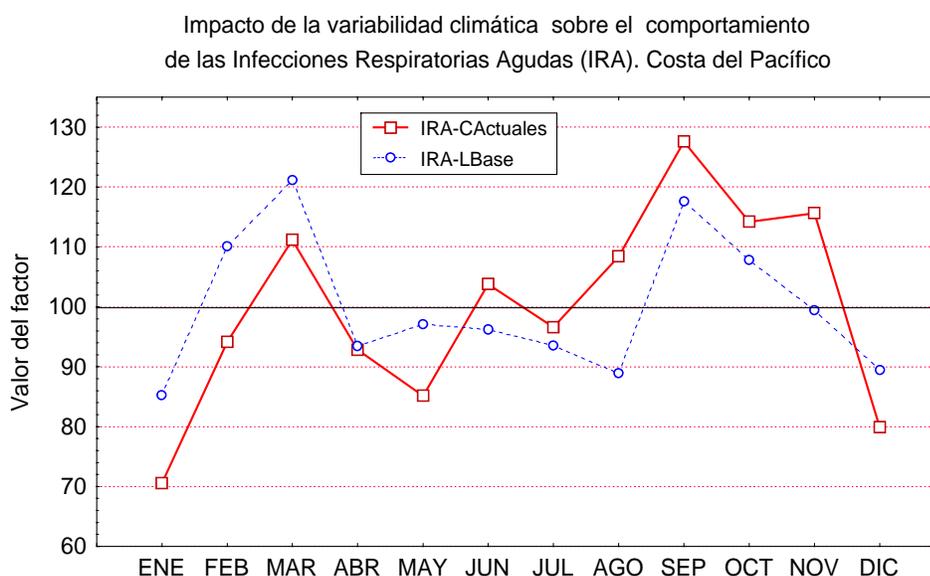
6.4.2 Línea Base de las Enfermedades Seleccionadas

Para cada una de las enfermedades seleccionadas se analizó su comportamiento (frecuencia de casos mensuales) durante el periodo clima actual que se refiere al periodo 1991-1999. El análisis se centra en la zona sur occidente del país.

a. Infección Respiratoria Aguda

Durante los años comprendidos de 1989 a 1998 las IRA tuvieron un comportamiento bimodal con un fuerte pico en el mes de marzo y otro que alcanza su cima en los meses de septiembre y octubre (Figura 6.2). El comportamiento de las IRA-clima actual muestra una figura trimodal con insinuación de un cuarto pico; aparentemente las IRA están cambiando siguiendo las variaciones del clima. Las mayores incidencias de la enfermedad se presentan en los departamentos de Guatemala, Quiché, Huehuetenango, Chimaltenango, Escuintla y Santa Rosa.

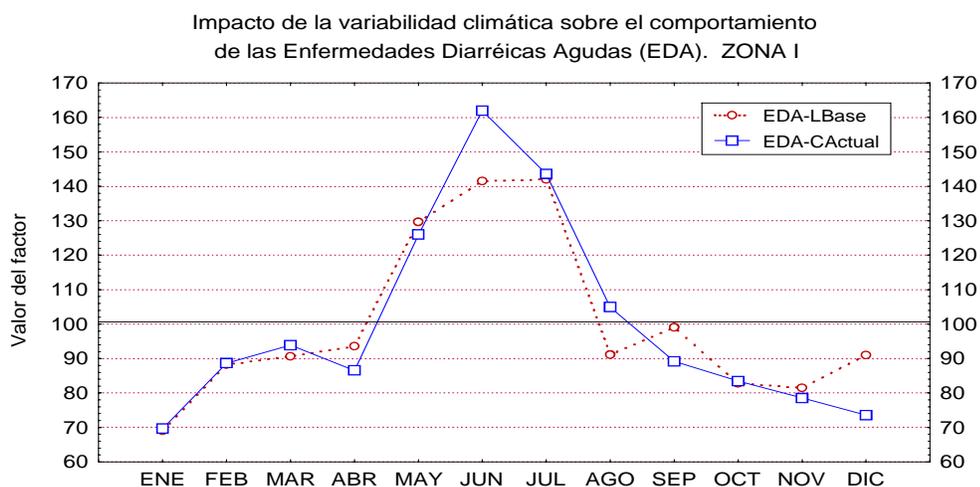
Figura 6.2



b. Enfermedad Diarreica Aguda

El comportamiento de la EDA en el clima actual muestra un pico entre los meses abril-agosto (Figura 6.3). Para la línea base su comportamiento es trimodal presentándose los picos en marzo, en junio y en agosto. Los cambios que se observan están relacionados con la época de lluvia aunque también existen otros factores que contribuyen a su evolución como la falta de sistemas de agua potable y contaminación de ríos. Los departamentos con mayor número de casos son Guatemala, Huehuetenango, Escuintla y Santa Rosa.

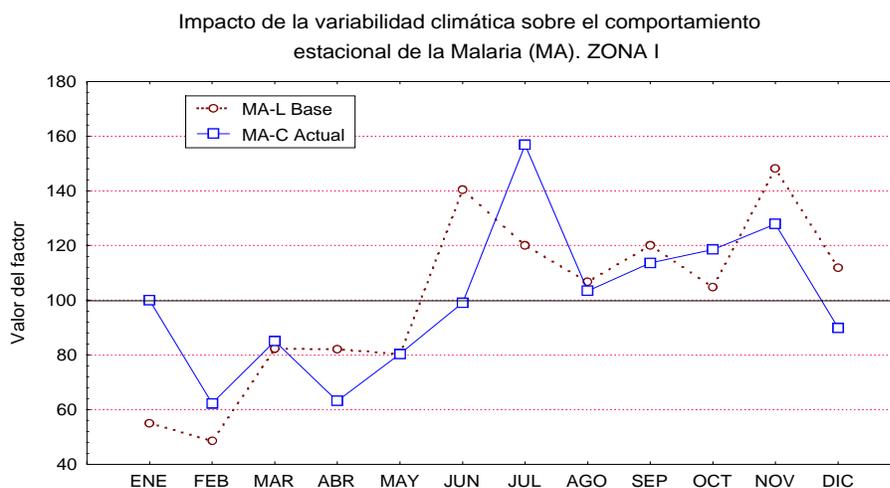
Figura 6.3



c. **Malaria**

El comportamiento de esta enfermedad para la línea base muestra que el mayor número de casos ocurrió en los meses de junio, septiembre y noviembre (Figura 6.4). Entre los años 50's y 90's la enfermedad sucedía principalmente en la costa sur; en la actualidad la mayor incidencia sucede en los departamentos de Petén, Alta Verapaz, Huehuetenango y Quiché.

Figura 6.4



6.4.3 Escenario Pesimista: Comportamiento de las Enfermedades Estudiadas

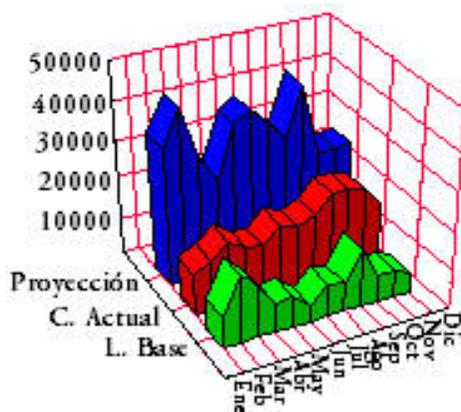
Ante anomalías climáticas las enfermedades IRA, EDA y MA no siguen sus respectivos patrones estacionales produciéndose la aparición de episodios epidémicos o reducciones notables en su incidencia fuera de su temporada normal. En los años en que se produce la afectación de los eventos ENOS los impactos se acentúan al cambiar la frecuencia de ondas frías, así como al variar las características termodinámicas de las masas de aire que los siguen.

Cada enfermedad presenta una respuesta diferente a los impactos del cambio climático y aunque el análisis se centró en la zona sur occidente del país los resultados pueden ser similares para el resto del país, a excepción de la MA que presenta una tendencia a su disminución. Hay enfermedades (IRA) con mayor incidencia en la población urbana esperándose un aumento de estos impactos en los grandes asentamientos poblacionales. Por el contrario, las zonas rurales son más vulnerables a la afectación por EDA y la MA debido a la escasa infraestructura hidrosanitaria.

a. comportamiento de las Infecciones Respiratorias Agudas (IRA)

Las IRA muestran una tendencia a aumentar su frecuencia al comienzo de la temporada lluviosa apreciándose a un retraso en la aparición del período epidémico típico de finales del verano (Figura 6.5). En los últimos años se reporta la aparición de un brote epidémico en los meses de junio y julio, coincidiendo con valores anómalos de los índices de circulación meridional y extensos procesos de sequía (Guevara et al, 1998). Estas condiciones son adecuadas para la circulación de virus haciendo que se produzca un tercer máximo entre septiembre y octubre y convirtiendo la marcha anual de la enfermedad en trimodal. Estos resultados confirman lo planteado por Colwell (1998) sobre los cambios de las bacterias y los microorganismos por la variabilidad climática.

Figura 6.5
Comportamiento de las Infecciones Respiratorias Agudas (2030)

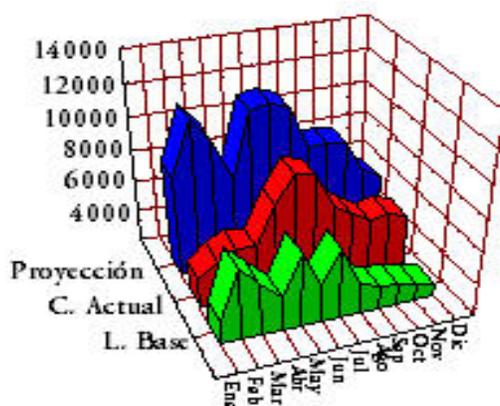


b. Comportamiento de la Enfermedad Diarreica Aguda (EDA)

Las EDA también sufren el impacto de las variaciones en el régimen lluvioso. La tendencia a la redistribución de totales mensuales de lluvia, que hace más usuales y persistentes los períodos de sequía dentro del año, provoca que el comportamiento estacional de la enfermedad se suavice cuando transita hacia los picos máximos y muestra valores significativos en los meses de junio y julio (Figura 6.6).

La enfermedad no sólo está condicionada al clima y sus variaciones sino que también está influenciada por la poca infraestructura sanitaria especialmente en áreas rurales y urbanas marginales, la baja educación en salud, la deficiente cobertura de los servicios de atención primaria y las alteraciones estacionales relacionadas especialmente con procesos de acumulación poblacional (etapas escolares y épocas de recolección de cosechas).

Figura 6.6
Comportamiento de las Enfermedades Diarreicas Agudas (2030)

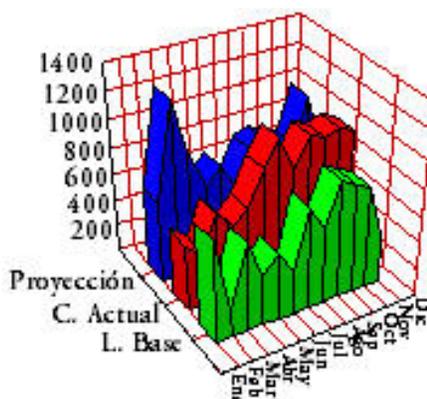


c. Comportamiento de la Malaria

La Malaria es una enfermedad transmitida por vectores (insectos del género Anopheles) cuya densidad se ve afectada por la temperatura, humedad y altura; los vectores no se reproducen por debajo de 15.6° C ni por encima de 37.8° C aunque se han reportado casos a 2770 msnm en Cochabamba (Bolivia) como un récord de altura. En Guatemala el agente causal de la MA es el Plasmodium Vivax, y en forma marginal el Falciparum. Los departamentos más vulnerables son Quiché, Huehuetenango, Alta Verapaz y Petén los cuales han registrado el mayor número de casos, coincidiendo también con ser los departamentos más pobres y de menor cobertura de servicios en salud.

Al analizar los efectos de la variabilidad climática en el comportamiento de la malaria en la región sur occidente del país (figura 6.7) se observa una sensible disminución de casos que trae consigo un debilitamiento y corrimiento de los patrones estacionales de la enfermedad como consecuencia de los efectos de las variaciones del clima.

Figura 6.7
Comportamiento de la Malaria (2030)



6.4.4 Otras Consideraciones sobre el Comportamiento de las Enfermedades Estudiadas y el Cambio Climático

Como conclusión del análisis realizado puede indicar que las enfermedades que afectan a la población de la República de Guatemala están modificando sus comportamientos estacionales debido a la variabilidad climática y al calentamiento global. Los cambios en el comportamiento de las enfermedades asociadas al clima propician una mayor cantidad de personas que son afectadas por estas enfermedades afectando salud, incrementos gastos personales y públicos en medicinas y médicos. Por otro lado, también debe profundizar los estudios

Por motivos de tiempo y presupuesto solo se estudiaron 3 enfermedades asociadas a la variación climática, no siendo posible ampliar el estudio en enfermedades de tipo infeccioso como la Bronconeumonía, o de carácter inmunológico como el Asma Bronquial o vectorial como la Oncocercosis. Esta situación evidencia la necesidad de ampliar, en el futuro, el conocimiento de las relaciones entre clima y salud para beneficio de la población guatemalteca.

VII. Vulnerabilidad de los Recursos Forestales al Cambio Climático

7.1 Clima y Recursos Forestales

La distribución geográfica de los bosques, su composición y sus características y productividad son determinadas en forma natural por las condiciones del clima global y local. Las variaciones en temperatura y precipitación juegan un papel importante en la distribución y productividad de las masas boscosas (Tabla 7.1); la temperatura afecta directamente a los procesos básicos bioquímicos y fisiológicos mientras que la precipitación es el mayor insumo para la humedad del suelo en la mayoría de los ecosistemas. Además, la temperatura y la humedad del suelo influyen directamente en la descomposición de los materiales orgánicos que determinan a su vez la disponibilidad de nutrientes para la vegetación.

Tabla 7.1
Efectos de la Variación Climática en los Bosques

Principales Impactos y sus Características
<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la localización, crecimiento óptimo de las especies, composición específica de los bosques (biodiversidad); y tamaño del área de cobertura de los bosques.
<ul style="list-style-type: none"> • Incremento o disminución en la producción de productos maderables y no maderables por unidad de área.
<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en el tipo, localización o intensidad de plagas y enfermedades como consecuencia de la escasez o abundancia de agua.
<ul style="list-style-type: none"> • Aumento o disminución del crecimiento en volumen por unidad de área de los bosques que incide directamente en la cantidad de carbono que puedan captar y almacenar del ambiente.
<ul style="list-style-type: none"> • Disturbios ecológicos relacionados con incremento o disminución de la capacidad de los suelos para liberar o retener nutrientes, floración fuera de época adecuada para la polinización, y caída del follaje fuera de fase climática.
<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la biodiversidad debido a clima no favorable, perturbación o enfermedad y ruptura de las relaciones simbióticas (ejemplo polinizadores).
<ul style="list-style-type: none"> • Cambios en la localización, tipo o cantidad de mano de obra disponible para el manejo forestal.
<ul style="list-style-type: none"> • Deforestación como resultado de la competencia por la tierra para actividades agrícolas.

Fuente: Freenstra y Burton (1998)

Los patrones de la acción humana así como su intensidad modifican al clima local que a su vez provoca impactos en otros sectores (forestal, agrícola, pecuario, salud, etc.). Estos impactos tienen efectos en los sistemas económicos y sociales, especialmente en aquellos que dependen para su subsistencia de las condiciones climáticas y los recursos naturales. En el sector forestal, la pérdida o ganancia en el volumen negociable de madera afecta al comercio y por consiguiente a las fuentes de trabajo; también se afecta el acceso a leña como fuente de energía, el volumen de materia prima disponible para la industria maderera, para la construcción y demás usos de la madera.

7.2 Impactos del Cambio Climático en los Recursos Forestales

Los impactos del cambio climático en los recursos forestales están basados en los escenarios de cambio climático (Capítulo III) y en los escenarios ambientales (Capítulo V) donde se analiza el comportamiento de la cobertura vegetal en función de estos escenarios. Las masas boscosas pueden sufrir modificaciones en su cobertura, diversidad, desarrollo y productividad como

consecuencia de las variaciones climáticas. El estudio de vulnerabilidad de los recursos forestales al cambio climático analiza la ocurrencia de dichas modificaciones, las causas que las facilitan y los impactos que ocasionan.

Los recursos forestales más vulnerables están constituidos por los bosques de coníferas que experimentan una reducción de sus hábitats como consecuencia de un aumento de la zona seca; las coníferas tienen un rango de tolerancia a la temperatura que va desde los 8° C a los 24° C siendo la excepción el *Pinus caribaea* pues las regiones donde está presente tienen temperaturas entre los 18° C y los 32° C. El aumento de las zonas secas y muy secas con el correspondiente desplazamiento de las zonas húmedas y muy húmedas afecta el crecimiento de los bosques latifoliados. Además de la amenaza constituida por los efectos de un posible cambio climático sobre los bosques se presenta la amenaza del avance de la frontera agrícola.

7.2.1 Cobertura

La variación de las condiciones climáticas presenta cambios en la cobertura de las zonas de vida (Capítulo V) lo que ocasiona que los bosques latifoliados aumenten su cobertura mientras que en los bosques de coníferas se verá reducida.

7.2.2 Desarrollo

El desarrollo del bosque, su regeneración, fructificación y crecimiento es afectado por variaciones en los patrones climáticos como lluvia, temperatura y humedad. Por ejemplo, un clima más cálido podría interferir en la germinación y/o en otras fases cruciales del ciclo vital de las especies. Los cambios de temperatura y vientos tienen repercusiones significativas en el ciclo hidrológico, en la infiltración de agua en el suelo y por lo tanto en la disponibilidad de agua para las plantas.

7.2.3 Integridad

La integridad de los bosques se vería amenazada por el aumento de incendios forestales debido al aumento de las zonas secas; los incendios incrementarían más las concentraciones de GEI.

7.2.4 Productividad

La productividad del recurso forestal se afectaría por una reducción de la cobertura de bosques de coníferas considerando su intolerancia a las nuevas condiciones climáticas. Estos bosques de coníferas aportan cerca del 80% de la productividad forestal; por lo tanto, su disminución implica también impactos económicos.

7.2.5 Composición

Como consecuencia de las variaciones climáticas es posible que los bosques experimenten la pérdida de especies no tolerantes a las nuevas condiciones. Los requerimientos ambientales (Tabla 7.2) de las principales especies forestales indicadoras de cada zona de vida varían para cada una de ellas.

Algunas especies forestales presentan amplios rangos de tolerancia a las condiciones climáticas en que les permite adaptarse a eventuales cambios de su entorno. Por el contrario existen especies forestales que pueden resultar perjudicadas por variaciones ambientales como algunas especies de coníferas.

Tabla 7.2
Requerimiento de Algunas Especies Indicadoras

Zona de vida	Especies forestales indicadoras		Requerimientos Climáticos	
	Nombre científico	Nombre común	Temperatura media (° C)	Precipitación anual (mm/año)
Bosque seco subtropical	<i>Albizzia caribea</i>	Mangle colorado	24-32	500-1000
	<i>Avicennia nítida</i>	Mangle blanco	24-32	500-1000
	<i>Leucaena guatemalensis</i>	Yaje	18-32	1000-2000
Bosque húmedo subtropical (templado)	<i>Pinus oocarpa</i>	Pino colorado	12-24	1000-1500
	<i>Quercus spp.</i>	Roble, Encino	18-24	1000-2000
Bosque húmedo subtropical (cálido)	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	Hormigo	24-32	1200-1700
	<i>Metopium brownei</i>	Chechén negro	24-32	1500-2000
	<i>Quercus oleoides</i>	Encino de Petén	18-24	1000-2000
	<i>Manilkara zapota</i>	Chico Zapote	24-32	1200-2000
	<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	Malerio blanco	18-32	1000-2500
	<i>Alesis yacatenensis</i>	Son	18-32	1500-2000
Bosque muy húmedo subtropical (cálido)	<i>Cybastax donnell-smithii</i>	Palo Blanco	18-32	1000-2000
	<i>Terminalia amazonia</i>	Canxán	24-32	2000-4000
	<i>Brosimun alicastrum</i>	Ramón blanco	18-32	100-2500
	<i>Cecropia spp.</i>	Guarumo	24-32	1000-3000
	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	18-32	500-2500
Bosque húmedo montano bajo subtropical	<i>Pinus caribaea</i>	Pino del Petén	18-32	1000-2500
	<i>Quercus spp.</i>	Roble, Encino	18-24	1000-2000
	<i>Pinus pseudostrobus</i>	Pino triste	12-24	2000-2500
	<i>Pinus montezumae</i>	Pino de ocote	12-24	1000-1500
	<i>Juniperus comitana</i>	Ciprés	12-24	1000-1500
	<i>Alnus jorullensis</i>	Ilamo, Aliso	12-24	2000-3500
	<i>Arbutus xalapensis</i>	Madrón	12-24	2000-2500
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical	<i>Quercus spp.</i>	Encino, Roble	18-24	1000-2000
Bosque muy húmedo montano subtropical	<i>Abies guatemalensis</i>	Pinabete	12-24	2000-3500
	<i>Pinus ayacahuite</i>	Pino blanco	12-18	2000-3500
	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés común	12-24	2000-2500
	<i>Quercus spp.</i>	Encino, Roble	18-24	1000-2000

Fuente: SEGEPLAN-PNUD (1991)

7.3 Comportamiento de la Cobertura Forestal según Escenarios de Cambio Climático

Los impactos del cambio climático sobre la cobertura forestal están constituidos por las modificaciones en su composición y dinámica poblacional. En particular, se presentarían cambios en los hábitats forestales debido a reducción en la disponibilidad de agua, a variaciones de temperatura, de humedad, desplazamiento de especies no tolerantes por especies tolerantes a las nuevas condiciones climáticas y modificaciones de las características de crecimiento, desarrollo y sanidad de las especies forestales.

La vulnerabilidad de los bosques ante posibles cambios del clima depende de las especies forestales y de sus requerimientos ambientales. Los principales tipos de bosques que pueden ser impactados son el bosque de coníferas y el bosque mixto con especies de coníferas y de latifoliadas. El análisis de los impactos del cambio climático en los recursos forestales están analizados en el comportamiento espacial según los escenarios bioclimáticos presentados en el Capítulo V (Escenarios Ambientales).

7.3.1 Escenario Normal

Las condiciones del escenario normal de cambio climático (Capítulo III, Sección 3.3.4) plantean condiciones climáticas que podrían ser moderadamente negativas para las especies forestales del país (Figura 5.2). Alrededor de 1,792 km² (1.64 % de la superficie total del país) de cobertura forestal, equivalente a 17.9 millones de m³ de madera, pueden estar sujetos a modificaciones por los cambios climáticos. Las áreas susceptibles de modificaciones se ubican en Huehuetenango (centro y occidente), Quiché (sur occidente y centro), Totonicapán (centro y sur), Sololá (norte), Alta Verapaz (sur occidente), Zacapa (nororienté) y Chiquimula (centro).

Los posibles impactos planteados por el escenario muestran que la productividad forestal del país se vería afectada por los cambios en los bosques productivos del país. También es posible un impacto sobre los bosques de protección o de galería que se encuentran en las riberas de ríos y/o en áreas protegidas, así como en el suelo, ciclo hidrológico y biodiversidad. La vulnerabilidad de la cobertura forestal en este escenario se considera como intermedia.

7.3.2 Escenario Optimista

En este escenario de cambio climático (Capítulo III, Sección 3.3.4) las condiciones climáticas tienen impactos en zonas muy limitadas del país; solamente 416 km² de zonas de cobertura forestal (0.38 % la superficie total del país), que equivalen aproximadamente a 4.2 millones de m³ cúbicos de madera, serían susceptibles de ser modificadas. Las zonas afectadas (Figura 5.3) serían aquellas cubiertas por bosques de altura ubicados en Huehuetenango (occidente), Guatemala (norte) y Chiquimula (zona central).

Los impactos de estas modificaciones sobre la productividad forestal del país son relativamente bajos debido a que el área susceptible de modificaciones es muy pequeña y porque estas áreas no forman parte de las principales zonas de abastecimiento de madera industrial. Tampoco habría un impacto significativo en los aportes ambientales de los bosques; por lo anterior se considera que la vulnerabilidad de la cobertura forestal en este escenario es baja.

7.3.3 Escenario Pesimista

Las condiciones de este escenario de cambio climático (Capítulo III, Sección 3.3.4) son significativamente negativas para los ecosistemas forestales con modificaciones severas en la cobertura forestal del país. Cerca de 4000 km² de bosques de coníferas y mixtos (3.67 % de la superficie total del país) estarían sujetos a impactos negativos; esta superficie equivale aproximadamente a 40 millones de m³ de madera.

Las áreas que serían susceptibles a los cambios climáticos (Figura 5.4) se ubican en Huehuetenango (centro y occidente), en Sololá (centro y norte), en Totonicapán (sur y centro), Chimaltenango (norte y occidente), Quiché (centro y sur), Alta Verapaz (sur occidente), Zacapa (centro y norte) y Jalapa (centro y norte). Los impactos de estas variaciones ambientales pueden dañar severamente la productividad forestal de los bosques de coníferas. También se ve amenazada la protección del suelo, el ciclo del agua y la diversidad de los bosques provocando una reducción del volumen de madera comercial. La vulnerabilidad de la cobertura forestal ante este escenario de cambio climático es alta.

7.3.4 Consideraciones Adicionales

A pesar que los ecosistemas forestales nacionales son vulnerables a las variaciones climáticas, debe señalarse que los bosques tienen una capacidad natural de adaptarse a los cambios de su entorno natural físico y ambiental. Expertos forestales afirman que los ecosistemas forestales pueden, a través de procesos de selección natural y en períodos de tiempo muy largos, modificar sus características poblacionales (crecimiento, sucesión, distribución de especies, etc.) para contrarrestar el impacto que un cambio climático pueda ejercer sobre ellos. Además, el análisis realizado se basa en proyecciones climáticas a 50 años que es un rango de tiempo muy corto para que los bosques puedan evidenciar cambios significativos en sus características.

7.4 Impactos Humanos en los Recursos Forestales

El análisis de los impactos positivos y negativos de la actividad humana local en los recursos forestales está centrada en la identificación de las características forestales que se verían modificadas como consecuencia de la actividad humana. Los impactos positivos se refieren a las acciones humanas que tienden a mejorar y/o preservar los recursos forestales. Otros impactos positivos incluyen (1) la conservación y al aumento de productividad forestal (productos maderables y no maderables), (2) aumento en la captación y disponibilidad de agua (impactos favorables en las zonas de recarga hídrica), (3) protección a los suelos (disminución de la erosión), (4) implementación de políticas ambientales y forestales (respecto de áreas protegidas y programas de manejo y repoblación forestal) y (5) mantenimiento y posterior reducción de la frontera agrícola.

Los impactos negativos de la actividad humana se refieren a (1) avance de la frontera agrícola y en particular a aquellas actividades relacionadas con el abuso de los recursos forestales, (2) intensificación de cultivos migratorios, (3) la sustitución de bosques por áreas agrícolas, (4) invasión de áreas protegidas y (5) manejo ineficiente de bosques y plantaciones forestales.

7.4.1 Características de la Actividad Humana en los Recursos Forestales

Mientras que algunas actividades humanas representan una amenaza para la existencia de los bosques productivos y su conservación existen otras que tienden a su protección y uso sostenible. En este contexto se identifican acciones humanas que impactan positiva y negativamente a los recursos forestales del país (Tabla 7.3).

Tabla 7.3
Características de los Impactos de la Actividad Humana en los Recursos Forestales

Escenario de Intervención Humana	Comportamiento Estimado de la Cobertura Forestal y de la Tasa de Deforestación **
Normal	Moderada disminución de la cobertura forestal con un bajo incremento de la tasa de deforestación respecto a la línea base
Optimista	Pequeña disminución de la cobertura forestal con una tasa de deforestación menor y constante
Pesimista	Exagerada disminución de la cobertura forestal con una tasa de deforestación mucho mayor
** En comparación de la situación de cobertura forestal (42,709.00 km ²) y tasa de deforestación (56,675 has/año) reportadas para 1990 (Línea Base)	

Fuente: Proyecto Cambio Climático – CONFORSA (2000)

7.4.2 Escenario Normal de Intervención Humana

Las condiciones esperadas en este caso muestran pérdida de la cobertura forestal (en bosques productivos y de protección) por presión humana (cambio de uso de la tierra), la existencia de algunas estrategias nacionales de protección y producción forestal y una menor disponibilidad de agua para consumo humano y riego. Los impactos también incluyen reducción de la captación de agua de lluvia, reducción de la capacidad de los bosques para la captación de dióxido de carbono y erosión de la capa fértil del suelo.

7.4.3 Escenario Optimista de Intervención Humana

El comportamiento humano en este escenario refleja un uso sostenible e integral de los bosques, una reducción del avance de la frontera agrícola por disminución de la agricultura migratoria, el aumento de la cobertura forestal productiva (manejo forestal sostenible), la ejecución de programas y estrategias nacionales efectivas para la repoblación y manejo forestal con fines productivos y de protección.

Estas condiciones presentan impactos favorables relacionados con el mantenimiento de la cobertura forestal productiva y de protección, el aumento de la tasa de repoblación forestal productiva, el mantenimiento de la productividad forestal y de la capacidad de captación de dióxido de carbono, protección del suelo, del ciclo hidrológico y de la flora y fauna.

7.4.4 Escenario Pesimista de Intervención Humana

Las condiciones de la cobertura forestal para este escenario muestran una situación crítica para los bosques del país debido a la alta tasa de deforestación provocada por un aumento de la presión humana sobre el bosque remanente (búsqueda de áreas de cultivo y extracción de madera y leña), aumento desmedido e insostenible de las actividades agrícolas en suelos de vocación forestal (agricultura migratoria), ausencia de programas y estrategias nacionales para la repoblación forestal con fines productivos y desinterés político nacional para el manejo forestal y de áreas protegidas.

Con las condiciones descritas los impactos sobre los recursos forestales incluyen pérdida de la cobertura forestal a límites críticos, impacto económico negativo por la pérdida de la productividad forestal y de la capacidad de los bosques para la captación de dióxido de carbono, secamiento de mantos acuíferos por la reducción de la capacidad de absorción de agua de los bosques, pérdida de la fertilidad de los suelos por usos no sostenibles (agricultura en tierras de vocación forestal), procesos de erosión y pérdida de la diversidad de flora y fauna por destrucción de hábitats (incendios y cambio de uso de la tierra).

VIII. Vulnerabilidad de la Producción de Granos Básicos al Cambio Climático

8.1 Los Granos Básicos

Los granos como el maíz, frijol, arroz, sorgo y trigo revisten una importancia especial en Guatemala debido a sus implicaciones culturales, socioeconómicas y alimenticias de una gran mayoría de la población guatemalteca, principalmente del área rural que obtiene de estos granos sus requerimientos energéticos y proteicos. Los productos y subproductos que se obtienen de los cultivos de maíz, frijol, arroz, sorgo y trigo son utilizados por la población rural y urbana para propio consumo, como alimentos para animales y para procesos industriales.

8.1.1 Maíz

Es el cultivo más importante en el país por formar parte de la dieta básica de la mayoría de la población especialmente en el área rural; además una gran cantidad de sus productores se desenvuelven dentro de una economía de subsistencia. En la mayoría de los casos y a nivel nacional el grano utilizado como semilla es criollo y se deriva de una selección masal de la cosecha anterior.

8.1.2 Frijol

Es el segundo cultivo en importancia alimentaria para Guatemala y una de las principales fuentes proteicas. Los pequeños agricultores productores de frijol seleccionan las semillas de sus propias cosechas y por selección de granos adquiridos en los mercados locales. Son pocos los agricultores que tienen acceso a la siembra con semillas certificadas.

8.1.3 Arroz

Es otro de los cereales usados como fuente de carbohidratos en la dieta nacional y que se consume junto con otros alimentos; también es utilizado en la elaboración de bebidas domésticas. La planta de arroz está adaptada para crecer en suelos inundados, pero puede hacerlo también en suelos no anegados. En Guatemala está generalizada la utilización de sistemas de cultivo de arroz en los cuales el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) ha impulsado variedades más rendidoras.

8.2 El Clima y su Variabilidad en la Producción de Granos Básicos

Se analizó el clima y su variabilidad en los cultivos de granos básicos con el objeto de identificar medidas que permitan cuantificar los impactos en la cantidad y calidad en la producción de los granos. Por medio de modelos matemáticos se simuló el comportamiento de los cultivos; con estos modelos se simuló el crecimiento, desarrollo, evapotranspiración y absorción de nutrientes de los cultivos de granos básicos junto con las interacciones con el ambiente, la intercepción de la radiación solar, efecto del contenido de agua y las temperaturas extremas.

8.2.1 Simulación de Cultivos

Para el análisis de los impactos del cambio climático en la producción de los granos básicos se utilizó el modelo de simulación DSSAT-3 (Decision Support System for Agrotechnology Transfer, versión 3) y la información y la documentación generada por el IBSNAT (International Benchmark Sites Network for Agrotechnology Transfer, 1994).

Se recopilaron y procesaron datos climáticos diarios de estaciones meteorológicas, información edáfica de las zonas donde están ubicadas estas estaciones así como datos agronómicos del programa de granos básicos del ICTA (Tabla 8.1). La investigación se completó con consultas a expertos en producción de granos básicos y encuestas a agricultores de cada localidad para observar y determinar niveles tecnológicos de cada agricultor y evaluar los rendimientos de sus cosechas.

Tabla 8.1
Datos para el Modelo DSSAT-3

Tipo de Datos	Características
Clima	Datos diarios de radiación solar incidente, temperaturas máximas y mínimas, precipitación pluvial
Manejo del Cultivo	Cultivo, variedad, fecha de siembra, densidad de siembra, aplicación de fertilizantes y laboreo
Suelo	Textura, profundidad, contenido de agua y disponibilidad de agua, contenido en nitrógeno, fósforo, etc. Los datos se proporcionan para cada capa de suelo de 0.3 metros de espesor como máximo
Agronómicos	Manejo y rendimientos de cultivos

Fuente: Proyecto Cambio Climático – Herrera y Asociados (2000)

8.2.2 Zonas de Estudio

Las zonas de estudio fueron seleccionadas considerando aspectos administrativos, geográficos, climáticos, disponibilidad de datos y criterio de expertos. Se adoptó para la evaluación de impacto de cambio climático en la producción de granos básicos una zonificación (Tabla 8.2) que incluyera las principales áreas productoras de estos granos en el país.

8.2.3 Producción de Granos Básicos según Escenarios de Cambio Climático

Con la información de los escenarios futuros de cambio climático (Capítulo III, Sección 3.3.4) se simuló la producción de los granos básicos para un horizonte centrado alrededor del año 2030 y considerando los comportamientos espaciales de temperatura, precipitación y evapotranspiración para ese año.

a. Producción según Escenario de la Línea Base

El escenario de la línea base considera variables climáticas, análisis de suelos, identificación de condiciones de manejo de los cultivos seleccionados, coeficientes genéticos y datos de rendimiento reales (Tabla 8.3). La línea base climática incluye valores diarios de temperaturas extremas (mínima y máxima), precipitación pluvial y horas de brillo solar para el período 1980-1993 obtenidos en el INSIVUMEH. Los tipos de suelos se obtuvieron de la clasificación de Simons y de inspecciones en las estaciones representativas de las áreas de estudio.

Tabla 8.2
Principales Zonas de Cultivo de Granos Básicos

Zona	Descripción
Zona 1	Sur occidente, que comprende las planicies de los departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos y sector centro occidental de Escuintla..
Zona 2	Tierras bajas de la cuenca del Río Polochic
Zona 3	Sur oriente 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, Patzicia y Patzún.

Fuente: Proyecto Cambio Climático – Herrera y Asoc.

Para el manejo de los cultivos y para rendimientos reales se utilizaron datos recomendados por el ICTA, por los agricultores y por la gremial de productores de granos básicos. Los coeficientes genéticos se tomaron de las tablas del DSSAT-3 para cada cultivo y variedad.

Tabla 8.3
Principales Datos de la Línea Base

Zona	Estación	Textura Suelo	Cultivo	Variedad	Rendimiento Real (Kg/ha)
1	Camantul, Escuintla	Franco-Arcilloso	Maíz	ICTA B-1	2857
2	Panzós, Alta Verapaz	Franco-Arcilla Limosa	Maíz	HB-85	2025
			Arroz	TW	2025
3	Asunción Mita, Jutiapa	Arcillosa Plástica	Frijol	ICTA-OSTUA	1281
			Maíz	HB-85	2270
4	Labor Ovalle, Quetzaltenango	Franco Arenosa	Maíz	San Marceño	2189
5	San Jerónimo, Baja Verapaz	Arena –Franca Fina	Maíz	HB-85	1954
6	INSIVUMEH, Guatemala	Franco arcillosa	Maíz	ICTA-OSTUA	2237
			Frijol	Criollo Guate	2113
7	Sta. Cruz Balanyá, Chimaltenango	Franco arenosa	Maíz	San Marceño	2384

Fuente: Proyecto Cambio Climático – Herrera y Asociados (2000)

b. Escenarios Futuros

La construcción de los escenarios de cambio climático para el análisis de vulnerabilidad de la producción de granos básicos ante el cambio climático se basa en los cambios centrados al año 2030 en los escenarios normal (ECCG_C), optimista (ECCG_HA, húmedo amplio), y pesimista (ECCG_SA, seco amplio).

Las variaciones mensuales de precipitación y temperatura media respecto de la línea base son aplicadas a las temperaturas máximas y mínimas y precipitación del modelo DSSAT-3. En cada una de las áreas de cultivo consideradas se calcula el factor pluviométrico y los incrementos de temperatura entre la línea base y los escenarios climáticos. La comparación entre la producción simulada y la producción real se realiza de forma cualitativa teniendo en cuenta los efectos de la variabilidad climática en los rendimientos reales. Debido a que los análisis de sensibilidad se basan en experimentos de campo que requieren de otros recursos, los ajustes de coeficientes genéticos locales se llevaron a cabo basados en la fenología de los cultivos de maíz y arroz para las variedades que se utilizaron en las simulaciones de las distintas regiones.

También se contó con la opinión de los expertos del Programas de Granos del ICTA, Asociaciones de Productores de Granos, Agricultores, Profesionales y Técnicos Agrícolas, especialmente para el análisis de aspectos relacionados con zonificación, manejo de cultivos y datos de rendimientos reales. Para el caso del frijol se utilizó información del ICTA, institución que ha llevado a cabo verificaciones del modelo DSSAT-3 en las regiones agrícolas de Jutiapa.

8.3 Impactos del Cambio Climático en la Producción de Granos Básicos

Los impactos al cambio climático fueron determinados como las diferencias de producción entre las proyecciones de las condiciones ambientales sin cambio climático (línea base) y las proyectadas en los escenarios de cambio climático (Tabla 8.4). Las diferencias de rendimientos en la producción de granos básicos simuladas según la línea base y las que se obtienen por un cambio climático representan las medidas del impacto que pudiera presentarse en la producción agrícola de estos cultivos.

Tabla 8.4
Incrementos de Temperatura y Precipitación al año 2030

Estación	Incrementos de temperatura (°C)			Variación de la precipitación (%)		
	Ha	c	Sa	HA	C	SA
Camantulul	1.5	1.0	2.2	+9	-1	-19
Panzós	1.6	1.0	2.1	-1	-2	-19
Asunción Mita	1.6	0.9	2.3	+9	-2	-22
Labor Ovalle	2.8	2.4	3.6	+7	-1	-19
San Jerónimo	1.4	1.1	2.3	+6	0	-10
INSIVUMEH	1.5	1.0	2.2	+7	-1	-18
S. Cruz Balanyá	1.5	1.0	2.2	+7	-1	-18
Promedio	1.7	1.2	2.4	+6	-1	-18
HA: Escenario optimista (húmedo amplio); C: Escenario normal (central); SA: Escenario pesimista (seco amplio)						

Fuente: Proyecto Cambio Climático – Herrera y Asociados (2000)

Fuente: Proyecto Cambio Climático – Herrera y Asociados (2000)
 Las simulaciones se llevaron a cabo para 13 temporadas agrícolas (1980 a 1993), en 7 sitios de observación climática y para los 3 cultivos seleccionados (maíz, frijol arroz).

8.3.1 Impactos en la Producción de Maíz

Para cada una de las zonas analizadas se determinaron las variaciones en rendimientos (producción) entre la producción de la línea base y la del cambio climático considerando los escenarios normal, optimista y pesimista (Tabla 8.5).

Tabla 8. 5
 Impactos del Cambio Climático en la Producción de Granos Básicos

Zona	Cultivo	Rendimiento (Kg. / ha)							
		Real	Línea Base	Optimista	% Cambio	Normal	% Cambio	Pesimista	% Cambio
Zona 1	Maíz	2857	2738	3142	15	2957	8	3091	13
Zona 2	Maíz	2025	1952	1744	-11	1828	-6	1630	-16
	Arroz	2025	4136	3303	-20	3462	-16	3018	-27
Zona 3	Maíz	2270	2263	2029	-10	2003	-11	1500	-34
	Frijol	1281	1281	743	-42	918	-28	433	-66
Zona 4	Maíz	2189	2163	2430	12	2280	5	2131	-1
Zona 5	Maíz	1954	1954	2021	3	1918	-2	1876	-4
Zona 6	Maíz	2237	2245	2156	-4	2169	-3	2120	-6
Zona 7	Maíz	2384	2374	2412	2	2447	3	2339	-1
Zona 6	Frijol	113	2104	2157	3	2163	3	2110	00

Fuente: Proyecto Cambio Climático – Herrera y Asociados (2000)

Los principales impactos del cambio climático en la producción de maíz señalan un incremento de hasta el 15% que en la zona 1 (planicies de los departamentos de Suchitepéquez, Retalhuleu, Quetzaltenango, San Marcos y sector centro occidental de Escuintla). En la zona 2 (tierras bajas de la cuenca del Río Polochic) los rendimientos pueden disminuir hasta en 16 %; en la zona 3 (los valles de Asunción Mita Jutiapa y Monjas Jalapa y tierras secas de la Laguna de Retana) los rendimientos pueden disminuir hasta en 34%. En la zona 4 (valles de los departamentos de Quetzaltenango y Totonicapán) los rendimientos pueden incrementarse hasta en 12%. En la zona 5 (los valles de Salamá y San Jerónimo en Baja Verapaz) los rendimientos puedan variar ligeramente; las variaciones oscilan entre una disminución del 4% o un aumento del 3%. En la zona 6 (las zonas agrícolas de Amatitlán, San José Pinula, Palencia y Villa Nueva) los rendimientos puedan disminuir hasta en 6%. En la zona 7 (Sololá, valles de Tecpán Guatemala, Santa Cruz Balanyá, Patzicia y Patzún) los rendimientos puedan variar ligeramente disminuyendo en 1% o aumentando en 3%.

8.3.2 Impactos en la Producción de Frijol

Los impactos en producción nacional de frijol (Tabla 8.5) muestran que en la zona 3 (los valles de Asunción Mita Jutiapa y Monjas Jalapa y tierras secas de la Laguna de Retana) los rendimientos

pueden disminuir hasta en 66%. En la zona 6 (zonas agrícolas de Amatitlán, San José Pinula, Palencia y Villa Nueva) los rendimientos pueden aumentar en 3%.

8.3.3 Impactos en la Producción de Arroz

En la zona 2 que comprende las tierras bajas de la cuenca del Río Polochic, que es la zona donde se cultiva arroz inundado, los rendimientos en la producción de arroz (Tabla 8.5) pueden disminuir hasta en 27%.

8.3.4 Otras Consideraciones sobre Impactos del Clima en la Producción de Granos Básicos

Las simulaciones realizadas sobre las variaciones de la producción de granos básicos demuestran que las variaciones en las condiciones normales del clima tienen impactos principalmente negativos en los cultivos estudiados.

Los resultados refuerzan la necesidad de continuar estudiando las variaciones climáticas y sus impactos en la producción de granos básicos. De los 3 escenarios analizados, se concluye que la disminuyen en la producción de los granos básicos es más significativa en el escenario pesimista pues en este caso se presentan las mayores reducciones en la producción. También puede indicarse que en aquellos lugares donde las condiciones climáticas serán más extremas, allí se producen los mayores impactos negativos en las producciones agrícolas, en este caso, en granos básicos.

IX. Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos al Cambio Climático

9.1 Recursos Hídricos en Guatemala

En Guatemala, en un año promedio se dispone de 24,500 m³ de agua por persona, de los cuales solamente un 3% son aprovechados para riego, uso doméstico e industrial, disposición de desechos, generación de energía y para navegación. La distribución geográfica de la escorrentía superficial del agua no es uniforme en el territorio nacional y aunque se puede transportar se incurre en altos costos. Tampoco la distribución espacial de la lluvia es uniforme, presentando variaciones en función del lugar, del período del año, además de las variaciones interanuales. La utilización de los recursos hídricos tienen características propias determinadas por su ubicación, cantidad, calidad y demás recursos bióticos y abióticos que forman los hábitats naturales.

El país cuenta con 38 cuencas (tabla 9.1), 18 localizadas en la vertiente del Pacífico con un área de 23, 390 km², 10 cuencas en la vertiente de las Antillas (Mar Caribe) con 34,389 km² y 10 cuencas en la vertiente del Golfo de México con 50, 640 km².

Tabla 9.1
Vertientes y Cuencas

Vertiente	Cuencas							
Pacífico	101	Coatán	106	Sis-Icán	111	Acomé	115	Los Esclavos
	102	Suchiate	107	Nahualate	112	Achiguate	116	Paz
	103	Naranjo	108	Atitlán	113	María Linda	117	Ostúa-Guina
	104	Ocosito	109	Madre Vieja	114	Paso Hondo	118	Olopa
	105	Samalá	110	Coyolate				
Antillas (Mar Caribe)	201	Grande de Zacapa	204	Polochic	207	Mopán Belice	218	Moho
	202	Motagua	205	Cahabón	208	Hondo	219	Temash
	203	Izabal-Río Dulce	206	Sartún				
Golfo de México	301	Cuilco	304	Pojom	307	Chixoy	309	Usumacinta
	302	Selegua	305	Ixcán	308	La Pasión	310	San Pedro
	303	Nentón	306	Xaclbal				

Fuente: Proyecto Cambio Climático – HIDROCONSULT (2000)

El 75% del territorio nacional está formado por cuencas hidrológicas internacionales que se extienden en países vecinos. La longitud y caudales de los ríos dependen de las características de su vertiente (Tabla 9.2). En la vertiente del océano Pacífico los ríos tienen longitudes cortas (90 km en promedio), se originan entre los 2000 y 3000 msnm y tienen una precipitación media anual de 2200 mm. En la vertiente de las Antillas la longitud promedio de los ríos es de 240 km e incluye al río más largo del país, el Motagua con 487 km de longitud; en esta vertiente el régimen de caudales es constante durante todo el año con una precipitación media anual de 2500 mm. Los ríos que desembocan en el Golfo de México tienen una longitud promedio de 174 km; se caracteriza por que en la vertiente se localizan los ríos más caudalosos del país (Usumacinta, Chixoy y La Pasión) que tienen pendientes suaves y cauces relativamente estables; la precipitación media en la vertiente es de 2500 mm/año.

En Guatemala existen 6 lagos de agua dulce y más de 100 pequeños cuerpos de agua con un total de 950 km² de superficie.

Tabla 9.2
Principales Ríos y Localización de Cuencas

Vertiente	Río	Longitud (Km)	Caudal (m3/seg)	Localización de Cuencas
-----------	-----	---------------	-----------------	-------------------------



Pacífico	Cabús	60.80	21.3	
	Naranjo	105.55	20.7	
	Ocosito	106.8	30.2	
	Samalá	145.0	8.7	
	Nahualate	130.3	60.8	
	Madre Vieja	125.3	8.0	
	Coyolate	154.95	15.6	
	María Linda	70.10	13.1	
	Los Esclavos	144.80	15.8	
	Paz	133.80	23.2	
Antillas	Grande de Zacapa	86.50	28.5	
	Motagua	486.55	208.7	
	Polochic	193.65	69.3	
	Cahabón	195.75	164.2	
Golfo de México	Ixcán	52.50	34	
	Selegua	101.75	38.0	
	Chixoy	417.00	551.00	
	Usumacinta	311.00	1500.0	
	La Pasión	353.90	322.8	
	San Pedro	186.25	52.9	

Fuente: Proyecto Cambio Climático – HIDROCONSULT (2000)

9.2 El Clima y los Recursos Hídricos

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

9.2.1 Los Recursos Hídricos y el Cambio Climático

El clima modifica la calidad del agua que a su vez afecta la salud humana y animal. Una menor precipitación implica una reducción de la escorrentía 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. Menores precipitaciones significan menos agua disponible para consumo humano, consumo industrial y para las actividades agropecuarias. Además, el incremento de temperatura ocasionaría una reducción del oxígeno disuelto en el agua.

9.2.2 Modelos de Evaluación

Para la evaluación de los impactos climáticos en la escorrentía 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 escorrentía 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-escorrentía. El modelo es continuo significando que las variables son una función del tiempo.

9.3 Impactos del Cambio Climático en los Recursos Hídricos

A partir de la elaboración de la línea base de escorrentía se utilizó el modelo MOD-BAL para estimar las escorrentías futuras de acuerdo con los parámetros climáticos establecidos en los escenarios climáticos para el año 2030. El comportamiento futuro de las escorrentías superficiales para cada cuenca está basado en los escenarios de cambio climático (Capítulo III, Sección 3.3.4).

El cambio climático puede traer repercusiones negativas en los recursos hídricos, una atmósfera más caliente puede tener una tasa más rápida de evaporación que podría resultar en una precipitación más alta en algunas regiones, mientras que en otras se presentaría una reducción en

la escorrentía. Además, en un clima más caliente se producirían variaciones estacionales en la precipitación a nivel local.

9.3.1 Línea Base de Escoorrentía

La información hidrometeorológica utilizada para la evaluación de los impactos de un cambio climático en los recursos hídricos corresponde al período 1961-1990 en concordancia con los resultados (precipitación y evapotranspiración) de la línea base de los escenarios climáticos. Con esta información se elaboró el escenario base de precipitación (P), evapotranspiración (ETP) y escoorrentía (R) y para cada cuenca (Tabla 9.3). La generación de datos para cada cuenca se realizó utilizando la metodología de Thiessen tomando en cuenta las rejillas que cubren una cuenca e integrando los parámetros climáticos. Para aquellas cuencas que no tenían control hidrométrico se usaron valores del Plan Maestro de Electrificación del INDE, del Plan Maestro de Riego y del Balance Hídrico de Guatemala.

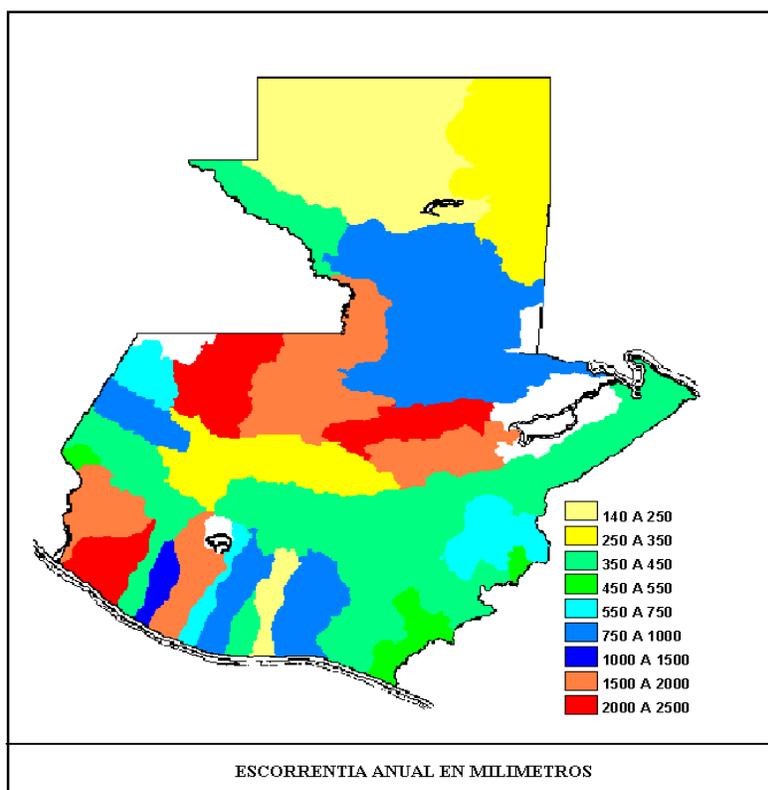


Tabla 9.3
Línea Base de la Escorrentía Superficial

	Cuenca	Estación	P	ETP	R (mm)	Patrón de Escorrentía Escenario Base (mm)
1.1	Coatán	Cunlaj	2496.1	1491.5	548.6	
1.2	Suchiate	Malacatán	2985.1	1331.1	1641.5	
1.3	Naranjo	Desembocadura	3085.9	1549.8	1574.5	
1.4	Ocosito	Caballo Blanco	3354.5	1514.4	2085.6	
1.5	Samalá	Candelaria	1847.8	1264.9	379.5	
1.6	Sis-Icán	La Máquina	3175.7	1735.8	1331.9	
1.7	Nahualate	San Miguel Mocá	2746.4	1436.2	1559.0	
1.9	Madre V.	Desembocadura	2297.8	1659.1	744.6	
1.10	Coyolate	Puente Coyolate	1995.9	1117.0	974.5	
1.11	Acomé	Desembocadura	2321.8	1779.5	395.7	
1.12	Achiguate	Alotenango	1370.1	1331.6	140.1	
1.13	María L.	Desembocadura	1888.2	1253.8	968.9	
1.14	Paso H.	Desembocadura	1899.8	1739.3	385.4	
1.15	Los Esclavos	La Sonrisa	1511.2	1357.4	363.2	
1.16	Paz	Desembocadura	1337.1	1365.4	491.1	
1.17	Ostúa-Guijá	Las Lechuzas	1120.3	1216.5	437.1	
2.1	Gde. Zacapa	Camotán	1139.5	1078.6	569.8	
2.2	Motagua	Pte. Orellana	1098.5	1190.2	405.4	
		Morales	1458.8	1254.6	439.6	
2.4	Polochic	Matucuy	2000.9	1104.9	1700.0	
2.5	Cahabón	Cahaboncito	2603.1	1194.0	2136.5	
2.6	Sarstún	M. Méndez	2590.9	1651.0	904.9	
2.7	Mopán-Hondo	Desembocadura	1665.9	1510.7	312.3	
3.1	Cuilco	Cuilco	1936.1	1381.5	384.0	
3.2	Selegua	Chojil	1500.3	1065.1	973.1	
3.3	Nentón	Desembocadura	2128.3	1529.5	672.7	
3.5	Ixcán	Desembocadura	3565.5	1510.4	2489.3	
3.6	Xaclbal	Desembocadura	2635.3	1265.0	2243.0	
3.7	Chixoy	Las Torres	1269.4	1203.4	290.9	
		San Agustín Ch.	2744.4	1611.0	1587.4	
3.8	La Pasión	El Porvenir	2197.5	1666.4	957.3	
3.9	Usumacinta	Desembocadura	1778.3	1746.0	427.4	
3.10	San Pedro	Desembocadura	1627.8	1491.7	167.7	

Las cuencas 1.8, 2.3 y 3.4 no se incluyeron en este análisis.

P=Precipitación; ETP= Evapotranspiración; R = Escorrentía

Fuente: Proyecto Cambio Climático – HIDROCONSULT (2000)

La correlación entre la precipitación y la escurriencia es buena, con coeficientes de 0.84 y 0.81 para las vertientes pacífico y atlántico del país, respectivamente. La determinación de la línea base muestra que existen 3 macrozonas de escurriencia denominadas alta, media y baja. La zona del Polochic se encuentra en la zona alta (entre 2000 y 2500 mm), mientras que las zonas de los ríos La Pasión y María Linda se clasifican en la zona intermedia (entre 1000 y 1500). Las cuencas del Motagua y Grande de Zacapa están ubicadas en la macrozona baja (350 a 450). Los valores de escurriencia en las cuencas, varían entre 150 (ríos San Pedro y Achiguate) y 2200 mm (ríos Cahabón e Ixcán).

El calentamiento global puede resultar en un incremento de la variabilidad del clima; para algunas regiones significarían condiciones de sequía mientras que en otras se producirían inundaciones. Como la escurriencia es una función de la precipitación, al disminuir la precipitación se reduce la escurriencia y al aumentar la precipitación se incrementa. Los resultados de la escurriencia en el caso optimista superan los valores del año base mientras que en el caso pesimista son significativamente menores (Tabla 9. 4).

Tabla 9.4
Escurriencia según Escenario (mm)

Cuenca	R	Rha	Rc	Rsa	Cuenca	R	Rha	Rc	Rsa
1.1	548.6	549.0	501.1	310.7	2.1	569.8	655.3	382.8	341.9
1.2	1641.5	1796.7	1560.1	1014.5	2.2	405.4	425.7	364.9	283.8
1.3	1574.5	1787.4	1494.0	870.0		439.6	442.1	345.6	316.5
1.4	2085.6	2351.0	1995.1	1252.9	2.4	1700.0	1704.3	1587.0	974.1
1.5	379.5	442.6	337.7	88.5	2.5	2136.5	2149.5	2033.1	1408.7
1.6	1331.9	1531.8	1258.6	681.0	2.6	904.9	920.1	842.0	366.5
1.7	1559.0	1770.6	1470.3	818.8	2.7	312.3	318.5	268.6	199.8
1.9	744.6	908.7	665.6	174.1	3.1	384.0	392.9	329.4	133.8
1.10	974.5	1105.7	904.3	461.8	3.2	973.1	999.5	834.2	344.1
1.11	395.7	500.2	346.2	79.3	3.3	672.7	687.8	576.9	230.4
1.12	140.1	160.1	113.3	82.8	3.5	2489.3	2520.5	2362.6	1782.8
1.13	968.9	1147.2	885.0	303.2	3.6	2243.0	2268.3	2111.7	1528.1
1.14	385.4	639.6	234.2	215.2	3.7	290.9	299.0	261.8	232.7
1.15	363.2	548.8	236.0	197.4		1587.4	1598.2	1461.0	931.7
1.16	491.1	551.3	455.7	346.3	3.8	957.3	982.6	831.9	158.7
1.17	437.1	492.1	398.6	313.0	3.9	427.4	440.2	410.3	298.2
					3.10	167.7	172.8	160.8	117.4

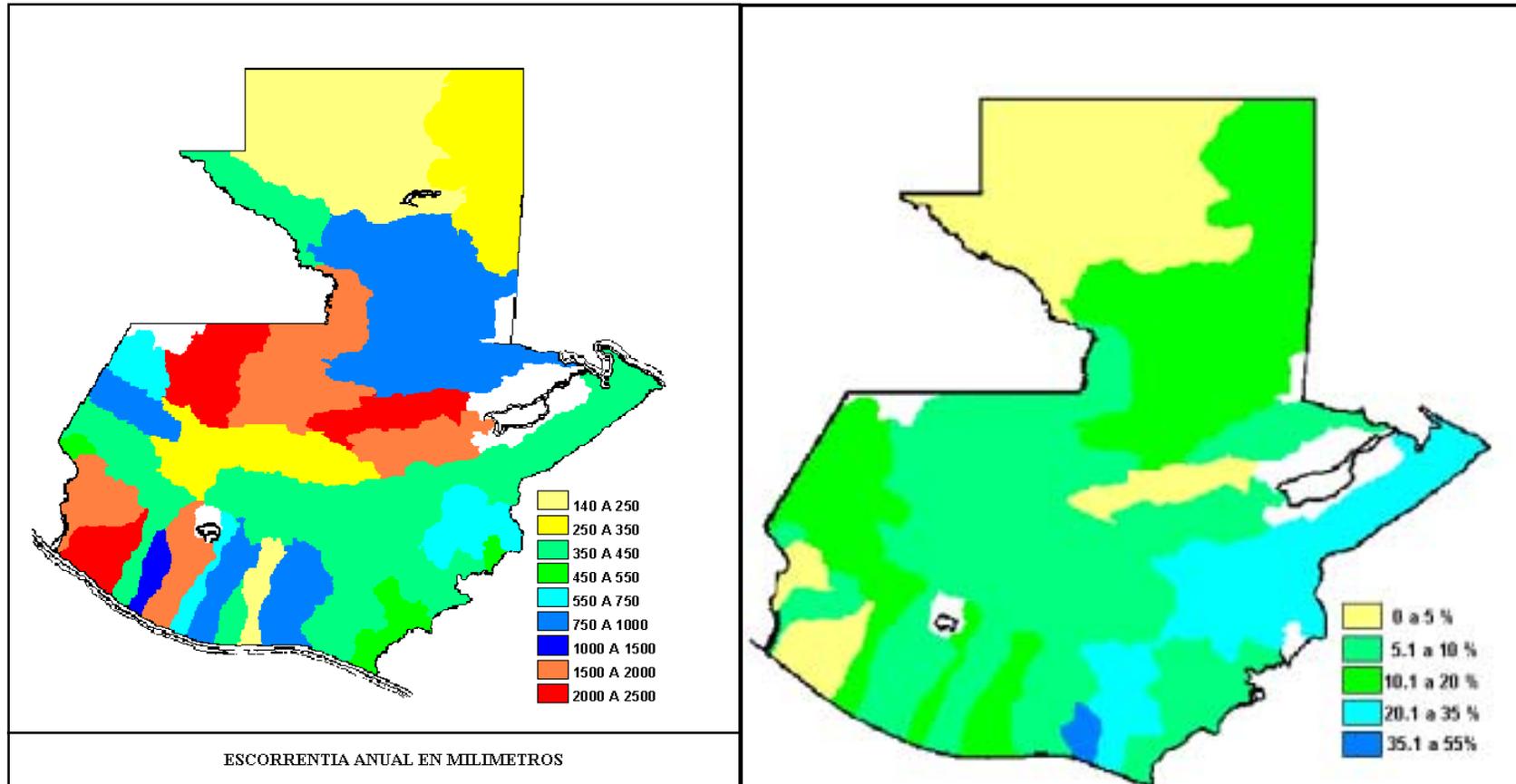
R=escurriencia línea base; Rha=escurriencia escenario optimista; Rc=escurriencia escenario normal; Rsa= escurriencia escenario pesimista

Fuente: Proyecto Cambio Climático – HIDROCONSULT (2000)

9.3.2 Escurriencia en el Escenario Normal

En este escenario se esperaría una menor escurriencia en todas las cuencas; caudales actuales según la línea base de 10 l/seg (litros/segundo) estarían cambiando a 8.0 l/seg o menos. En general, los resultados del escenario normal (ECCG_C) tienden a ser de menor impacto, con una variación negativa promedio del orden del 10% respecto de la escurriencia base (Figura 9.2).

Figura 9.2
Comportamiento de Escorrentía Escenario Normal



Fuente: Proyecto Cambio Climático – HIDROCONSULT (2000)

9.3.3 Escorrentía en el Escenario Optimista

Se puede esperar un incremento de la escorrentía en el escenario optimista (ECCG_HA); en las ciudades y poblados del sur de Guatemala, de Escuintla, de Jutiapa, y de Chiquimula podrían esperar más agua en sus ríos (15%). Caudales actuales de 10 l/seg estarían cambiando a 11.5 l/seg o más (Figura 9.3). El análisis por región indica que:

- En Petén, Huehuetenango, Quiché, Las Verapaces, Izabal, parte alta de El Progreso y regiones ubicadas en las cuencas que drenan hacia el Atlántico del país, tendrían bajo un ambiente más húmedo que provocaría un incremento de la escorrentía entre el 1% y el 5%.
- En la parte baja de San Marcos y Retalhuleu, parte este de Mazatenango, oeste de Escuintla, poblados como Masagua y Siquinalá, bajo Sacatepéquez, sur de Jutiapa tendrían más escorrentía (entre el 5% y el 15%). También en departamentos como Chiquimula y Jutiapa ubicados en las cuencas de los ríos Grande de Zacapa y Ostúa tendrían incrementos similares en sus valores de escurrimiento superficial.
- En la parte sur del departamento de Guatemala, Escuintla, lugares como Nuevo Tiquisate, parte este del Lago de Atitlán, San Felipe Retalhuleu, y Quetzaltenango tendrían escorrentías más altas (entre el 15% y el 40%).
- El departamento con más precipitación alta sería Santa Rosa en donde se podrían esperar incrementos entre el 40% y el 70%. Una mayor escorrentía derivada de una alta precipitación podría no ser benéfica para el departamento.

9.3.4 Escorrentía en el Escenario Pesimista

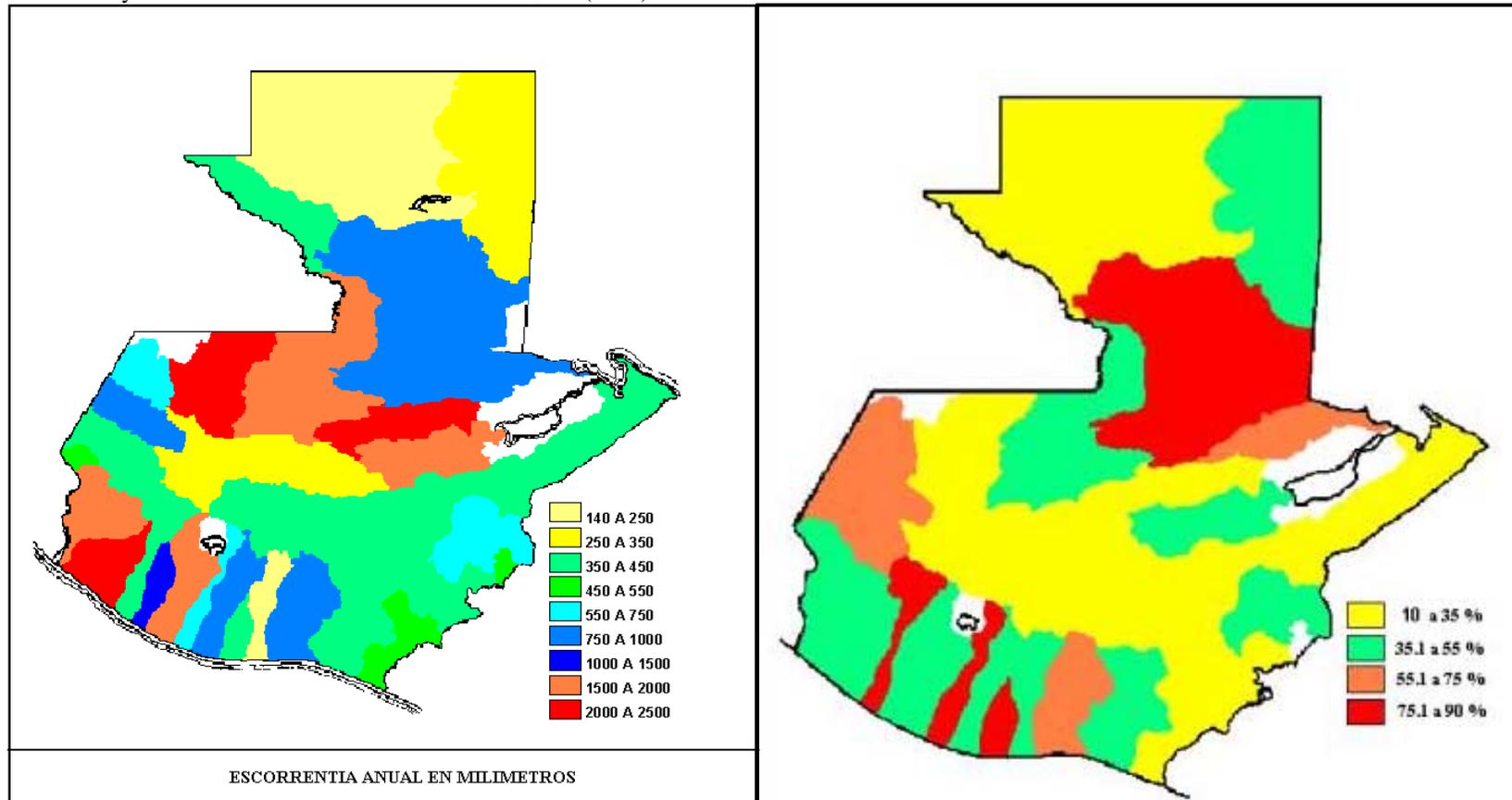
En relación a la línea base se espera una disminución de escorrentía en el escenario pesimista (ECCG_SA). Algunos departamentos y ciudades importantes como Guatemala, Escuintla, Mazatenango y Quetzaltenango podrían resultar afectados al disminuir hasta en un 50% la escorrentía de sus ríos principales. Esto significa que caudales de 10 l/seg estarían bajando a 5 l/seg o menos (Figura 9.4). A nivel local se podría producir los siguientes efectos:

- En la zona alta de Petén, Huehuetenango y Quiché y en Baja Verapaz, Cobán, El Progreso, Puerto Barrios, Jutiapa y Jalapa habría una menor escorrentía (10% al 35%).
- En la frontera con Belice, áreas del Polochic, Chiquimula, Santa Rosa, San Marcos, Retalhuleu, La Democracia y Patulul se tendría una menor escorrentía entre el 35% al 55%.
- En la parte central de Huehuetenango, parte baja de Guatemala, oriente de Escuintla, y parte norte de Izabal presentan una menor escorrentía (35% al 75%).
- En San Felipe Retalhuleu, centro de Quetzaltenango, Mazatenango, Nuevo Tiquisate, oeste de Patulul, parte este del Lago de Atitlán, La Gomera y bajo Petén tendrían una disminución significativa de la escorrentía (75% al 90%).

Figura 9.3

Comportamiento de la Escorrentía Escenario Optimista

Fuente: Proyecto Cambio Climático – HIDROCONSULT (2000)



9.4 Otros Impactos

9.4.1 Escenarios Normal y Pesimista

Al ocurrir una disminución de precipitación y consecuentemente una disminución de caudales de los ríos, por ejemplo Samalá, Achiguate, Michatoya, Coyolate, María Linda, ocurriría una mayor sedimentación y un proceso acelerado de asolvamiento de sus respectivos cauces. Esto traería consecuencias negativas para la economía nacional toda vez que la costa sur es una región agroexportadora que se caracteriza por una producción de caña de azúcar, café, hule, y ganado. Al reducirse su producción disminuye el ingreso de divisas al país. Además, este sector productivo es una fuente de generación de divisas al país y de ofertas de trabajo para mucha población migrante que viene del altiplano y baja a las zonas agrícolas de la costa sur en busca de trabajo agrícola.

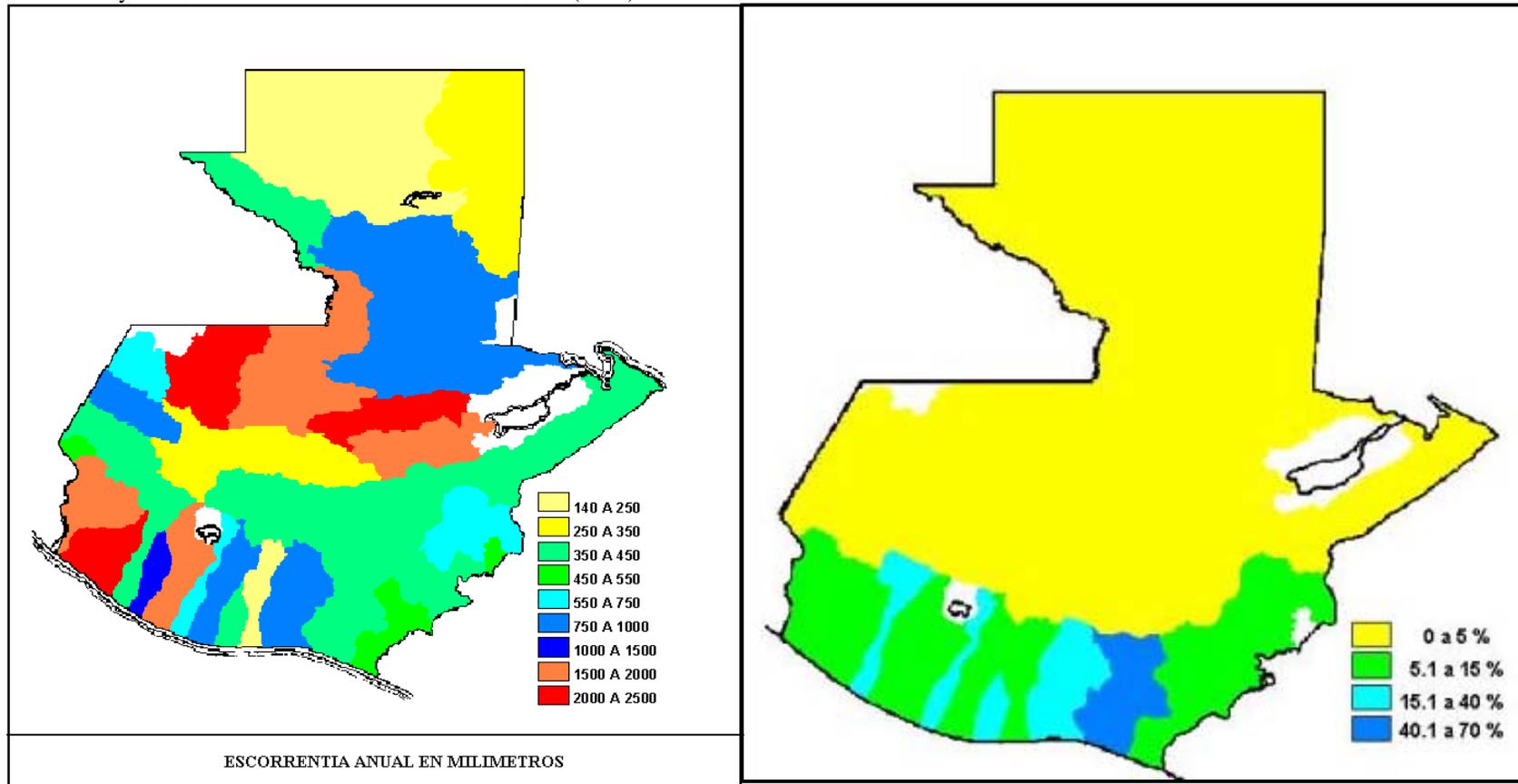
Al aumentar la temperatura y disminuir la precipitación y la escorrentía superficial ocasionaría una disminución de las fuentes de agua para consumo humano y animal y para riego. Consecuentemente se vería afectada la salud de la población con un considerable impacto en las enfermedades de origen hídrico, como son especialmente las diarreicas y parasitarias, así como enfermedades de la piel.

9.4.2 Escenario Optimista

Al aumentar la escorrentía superficial, especialmente en los ríos de los departamentos de Escuintla y Santa Rosa se ocasionarían inundaciones en la época lluviosa, especialmente en los municipios de La Gomera, Nueva Concepción y Taxisco. El incremento de la escorrentía puede producir una mayor degradación de suelo de las cuencas hidrográficas principalmente en la costa sur del país. Al incrementar la precipitación hay una constante pérdida de las cosechas de verduras, frutas y cereales en la parte alta de las cuencas, y café, caña de azúcar y ganado en la parte de la costa, con sus implicaciones negativas en la economía y en los sectores productivos.

Figura 9.4
Comportamiento de la Escorrentía Escenario Pesimista

Fuente: Proyecto Cambio Climático – HIDROCONSULT (2000)



E. MEDIDAS PARA LA IMPLEMENTACION DE LA CONVENCION

X. Opciones de Reducción de Emisiones en el Sector Energía

Las opciones de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero están orientadas al sector energía y al sector forestal considerando que ambos sectores contribuyen con el 92.7% del total de emisiones de CO₂ del país. En el sector energía se ha incluido a la leña tomando en cuenta que es uno de los combustibles más importante del país y que a pesar que su demanda crece a un ritmo menor que otros energéticos se prevé que su consumo se mantendrá en el futuro. En 1990 se emitieron 7489.619 Gg de CO₂ de los cuales el sector energía contribuyó con 3700.402 de CO₂ (49.4% del total). Las principales fuentes emisoras fueron el transporte (2122.017 Gg), la industria manufacturera (810.189 Gg) y otros (576.991 Gg) que incluyen los consumos residenciales, comerciales y agropecuarios de energía.

10.1 Evolución Histórica del Sector Energía

En el período 1990-1998, la oferta total de energía aumentó un 35.8% al pasar de 32.2 millones de bep a 43.8 millones (Tabla 10.1), mientras que el consumo final creció en un 26.4%.

Tabla 10.1
Evolución del Sector Energía 1990-1998

	1990		1998		Crecimiento 1990-1998 %
	Miles Bep	%	Miles Bep	%	
Oferta Total Energía primaria	26491	100.0	29225.45	100.0	10.3%
Petróleo	4222	15.9	5617.83	19.2	33.1%
Hidroenergía	1330	5.0	1286.29	4.4	-3.3%
Geotermia			3.1	0.0	
Leña	19048	71.9	20220.23	69.2	6.2%
Bagazo de Caña	1873	7.1	2075	7.1	10.8%
Otras primarias	18	0.1	23	0.1	27.8%
Oferta Energía Secundaria	10647	100.0	22985.23	100.0	115.9%
Electricidad	1444	13.6	2737.39	11.9	89.6%
GLP	784	7.4	1357.26	5.9	73.1%
Gasolina Motor	2381	22.4	4997.52	21.7	109.9%
Kerosene y Turbo jet	556	5.2	748.68	3.3	34.7%
Diesel Oil	3727	35.0	6828.17	29.7	83.2%
Fuel Oil	1229	11.5	5857.52	25.5	376.6%
Carbón Vegetal	143	1.3	177.69	0.8	24.3%
Otras Primarias	383	3.6	281	1.2	-26.6%
Oferta Total de Energía	32235		43760.04		35.8%
Transformación y Consumo Propio	-21293		-12935.22		
Pérdidas y Ajustes	524		7883.71		
Consumo Final	30630		38708.53		26.4%
Consumo Sectorial Energético	29897	100.0	38074.59	100.0	27.4%
Transporte	5290	17.7	9799.62	25.7	85.2%
Industrial	3517	11.8	5040.99	13.2	43.3%
Residencial	20049	67.1	21412.68	56.2	6.8%
Comercial, pub, ser	828	2.8	1494.16	3.9	80.5%
Agro y pesca	197	0.7	327.14	0.9	66.1%
Construcción y otros	15	0.1			
Consumo No Energético	733		633.94		-13.5%

Fuente: Balance Energético 90 (MEM), Balance Energético 98 (OLADE)

En 1998, la oferta de energía eléctrica ascendió a 2737.4 bep; este valor es casi el doble del registrado en 1990. La generación de electricidad en 1998 fue realizada principalmente por fuentes fósiles diesel y fuel oil que aumentaron su consumo en 83.2% y 376.6% respecto de 1990; la generación de energía eléctrica por fuentes renovables disminuyó un 3.3%. A nivel sectorial, el transporte presenta los mayores incrementos de consumo entre 1990 y 1998, con un 85.2%, siguiéndole el comercial (80.5%) y el agro y pesca (66.1%). El crecimiento del consumo de energía residencial fue modesto (6.8%) en el período 1990-1998.

10.2 Cambios Estructurales e Institucionales

A partir de la década de los 90 se han producido cambios fundamentales en la estructura, organización, actores y las regulaciones en el sector energético guatemalteco. El nuevo comportamiento y la estructura del sector energía (tabla 10.2) están ligados a procesos de globalización de la economía que incluyen la desmonopolización del sector, la apertura a la inversión privada, la liberación de precios y la reestructuración del subsector eléctrico (generación privada, división entre generación, transmisión y distribución) y la conformación de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica como ente regulador.

Tabla 10.2
Características Actuales del Sector Energía

Principales Aspectos Estructurales del Sector Energía
Liberalización del mercado de hidrocarburos, controlado por la oferta y la demanda, así como por la indexación de precios en relación al mercado internacional del crudo.
Estrategias de políticas nacionales de exploración y explotación de petróleo en territorio nacional buscando convertir al país en un exportador neto de petróleo en busca de autarquía y robustez a cambios externos.
Nueva Ley Marco del Sector Eléctrico que promueve la privatización para atraer recursos financieros al sector y mejorar índices de servicio a los clientes. Como resultado de esta atracción de capital de corto plazo se da un énfasis en la participación de fuentes térmicas de generación que representan actualmente cerca del 60% con un crecimiento proyectado del 78% de la generación al año 2010.
Especialización de funciones en los mercados energéticos a través de una Comisión Reguladora, un Mercado Mayorista, nuevos roles de facilitación por parte del Ministerio de Energía y Minas, así como la organización de un Consejo relativo al manejo de temas como el del medio ambiente y su relación al sector energía en seguimiento a la Convención Marco sobre Cambio Climático.
Carencia de formulación de políticas intersectoriales en respuesta al consumo de la leña como combustible doméstico con alta participación en el balance energético nacional y alto impacto ambiental.

Fuente: Proyecto Cambio Climático - Fundación Solar (2000)

10.3 Demanda Futura de Energía

Para cada uno de los subsectores energéticos (industria energética, industria manufacturera, transporte y consumo residencial y comercial) se elaboraron escenarios de la demanda futura de energía. Estos escenarios tendenciales son del tipo “negocio de costumbre” (business as usual-BAU) que consideran la evolución del sector energético según el comportamiento de la economía nacional y su crecimiento histórico.

Los escenarios BAU de tendencia se elaboran para dos casos, un escenario de crecimiento alto (ECA) y un escenario de crecimiento moderado (ECM). El ECA está basado en el comportamiento histórico del consumo de energía mientras que el ECM toma en cuenta las recomendaciones del IPCC IS92 en el sentido de considerar tasas mundiales de crecimiento del

consumo de energía. El objetivo de generar estos dos escenarios es presentar las tendencias del crecimiento del sector energía en un rango y considerar que el comportamiento energético del país se enmarcará en algún punto entre ambos escenarios.

También se ha incluido un escenario tendencial para el consumo de leña y sus emisiones de GEI tomando en cuenta que es el energético más consumido en el país.

10.3.1 Escenario Tendencial de Crecimiento Alto

El escenario BAU de alto crecimiento se basa en el comportamiento histórico del consumo de energía en período 90-97 y en la incorporación de valores de crecimiento cercanos a los ritmos de crecimiento de la economía y la población del país de acuerdo a los escenarios socio-económicos (Capítulo IV). Para la generación del escenario tendencial (tabla 10.3) se han realizado estimaciones de producción y demanda de energía hasta el año 2030 en intervalos de cada 10 años.

Tabla 10.3
Demanda Energética Escenario BAU de Crecimiento Alto (miles de bep)

Subsector	Real 1990	Estimación			
		2000	2010	2020	2030
Industria Energética	1251	2695	5244	7763	11485
Industria Manufacturera y Construcción	3517	5557	9052	12768	18011
Transporte	5290	11430	19947	28137	39690
Otros (Residencial, Comercial)	1025	1950	2751	3881	5475
Total	11083	21632	36994	52549	74661

Fuente: Proyecto Cambio Climático - Fundación Solar (2000)

El ECA considera que el sector energético se desarrollará a un ritmo consistente con el crecimiento de los últimos años y con el comportamiento económico según los escenarios socio económicos. El ECA presenta estimaciones y proyecciones que reflejan ritmos acelerados de crecimiento de la demanda energética como consecuencia de mantener el consumo energético basado en un ritmo de crecimiento anual sectorial. De esta forma, la industria eléctrica y el transporte crecerán a una tasa 7% en el período 2000-2010 y 3.5% en el período 2010-2030; la industria manufacturera y construcción crecerá a una del 5% para el período 2000-2030.

10.3.2 Escenario de Crecimiento Moderado

El escenario BAU de crecimiento moderado se basa en las recomendaciones del IPCC IS 92 para planeación de largo plazo y está basado en ritmos históricos de crecimiento de la demanda energética en el mundo (Tabla 10.4), que son cercanas al 2% anual sobre períodos largos de tiempo.

Tabla 10.4
Demanda Energética Escenario BAU de Crecimiento Moderado (miles de bep)

Subsector	Real 1990	Estimación			
		2000	2010	2020	2030
Industria energética	1251	2695	3880	5120	7276
Industria manufacturera y construcción	3517	5557	8002	10558	15004
Transporte	5290	11430	16459	21717	30861
Otros (Residencial, Comercial)	1025	1950	2808	3705	5265
Total	11083	21632	31149	41100	58406

Fuente: Proyecto Cambio Climático - Fundación Solar (2000)

10.3.3 Escenario Tendencial de Consumo Futuro de Leña

La leña es uno de los energéticos más importante en el país; su mayor consumo se presenta en el sector residencial siendo utilizado como combustible por la población rural y urbano marginal. Se consideró su crecimiento futuro de acuerdo a su dinámica de crecimiento histórico (2% en el período 1990-1998) partiendo de 19048 miles de bep (consumo para 1990).

10.4 Opciones de Reducción de Emisiones

10.4.1 Política Energética Ambiental

Las experiencias de mejoramiento de la eficiencia en la producción y consumo de energía en países en vías de desarrollo demuestran que es posible fijar políticas energéticas que disminuyan el consumo de energía sin afectar la producción de bienes y servicios del país.

La meta del mejoramiento del 10% en el consumo de energía puede servir como punto de partida para que las distintas instancias del sector energía formulen e implementen políticas energéticas-ambientales que propicien la satisfacción de la demanda energética y que al mismo tiempo se alcancen objetivos de reducción de emisiones de GEI.

10.4.2 Medidas de Reducción de Emisiones: Industria Energética

- Mejoramiento de la Eficiencia Tecnológica. Mejorar la infraestructura de conversión de energía en plantas existentes, mejorar el transporte de energéticos (líquidos y electricidad), mejorar la transformación de energía.
- Substitución de Combustibles. Utilizar combustibles de menor contenido de carbono en la generación de electricidad.
- Utilización de Energías Renovables. Usar fuentes de energía renovable para aumentar la estructura generadora de electricidad del país.
- Reforzamiento de la Interconexión Eléctrica. Agilizar las gestiones para contar en el futuro inmediato con la interconexión centroamericana.

10.4.3 Medidas de Reducción de Emisiones: Industria Manufacturera y Construcción

- Eficiencia Energética. Disminuir el consumo de energéticos a través de tecnologías de eficiencia de energía, optimizar corrientes térmicas y calentadores en la industria, mejorar la selección de componentes energéticos, apoyar regulaciones y programas de ahorro energético.
- Substitución de Combustibles. Sustituir combustibles con menor contenido de carbono para mejorar la fuente-uso energético y lograr ahorros energéticos.
- Cogeneración. Aprovechar la producción simultánea de dos o más tipos de energía in situ.
- Mejoramiento de Procesos. Introducir nuevas tecnologías y procesos, mejorar y sustituir procesos para reducir la intensidad energética en los productos finales.

10.4.4 Medidas de Reducción de Emisiones: Transporte

A pesar de ser considerado un sector complejo debido a la multiplicidad de actores que participan y al manejo político de las variables concernientes al transporte público, se deberán realizarse esfuerzos por implementar medidas de mejoramiento de su eficiencia.

- Planificación de Transporte Urbano y el Desarrollo de Infraestructura. Mejorar las velocidades de transporte en la flota de pasajeros y de carga pesada.
- Reducción de la Intensidad Energética de la Flota. Combinar políticas de importación de vehículos, establecer estándares de combustible, reforzar cumplimiento de reglamentos de control de emisiones de gases.
- Sustitución de Combustibles. Analizar uso de gas y/o electricidad en flotas de uso industrial.
- Mantenimiento Preventivo y Correctivo. Reducir cargas de fugas de refrigerantes en los circuitos de enfriamiento de vehículos, afinar motores de los vehículos de carga y de pasajeros (públicos y privados).
- Educación Vial. Desarrollar campañas de concientización, capacitación e información.

10.4.5 Medidas de Reducción de Emisiones: Otros Sectores

Para este subsector, que incluye al residencial, comercial, agro y otros, se proponen medidas que incluyen la evaluación de los comportamientos del mercado, la capacidad de pago de las personas así como el establecimiento de sistemas de participación voluntaria. Estas opciones deben incluir el establecimiento de incentivos tarifarios y/o de cargas impositivas sobre equipos ineficientes o de mayor uso de energía, así como la implementación de programas de educación al consumidor.

- Especificaciones Técnicas. Establecer estándares para equipos nuevos (refrigeradoras).
- Iluminación Eficiente. Programas de iluminación mediante focos ahorradores de energía.
- Manejo de la Demanda y Oferta de Energía. Establecer programas institucionales de manejo de la energía, incentivos horarios para el caso de electricidad.

10.4.6 Medidas de Reducción de Emisiones para el Caso de la Leña

Debido a su importancia como principal combustible usado en el país, el manejo de la oferta y demanda se mejoraría a través de las siguientes acciones:

- Mejoramiento de la oferta de leña. Aumentar la oferta sostenible de la leña en el mercado.
- Mejoramiento de la Eficiencia en la Quema. Desarrollar nuevos programas de disseminación de estufas mejoradas y/o ahorradoras de leña.
- Cadenas de Comercialización. Desarrollar cadenas comerciales y/o mercados de leña y de otros combustibles en el sector rural y urbano marginal.

10.5 Escenarios de Reducción de Emisiones: Disminución del Consumo Futuro de Energía

El sector energético guatemalteco ofrece una amplia gama de oportunidades para implementar medidas que reduzcan el consumo de energía y en consecuencia emisiones de GEI. La estructura del sector ha cambiado sustancialmente en el período 1990-1998 enfatizando la necesidad de una adecuada formulación de políticas para poder alcanzar objetivos nacionales de crecimiento económico y de mitigación de emisiones de GEI.

10.5.1 Escenario Futuro de Energía con Opciones de Reducción de Emisiones

En el planteamiento de un escenario de reducción de emisiones se propone como meta una reducción del 10% en el consumo total de energía (Tabla 10.5, Figura 10.1) en el período 2000-2030 respecto del escenario de crecimiento moderado.

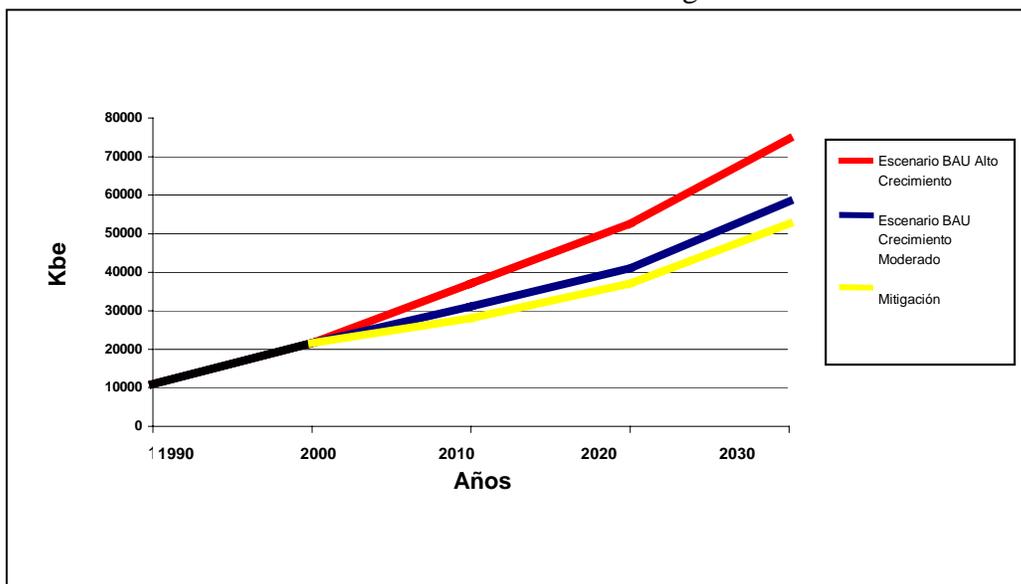
Tabla 10.5
Demanda Energética Escenario de Mitigación (miles de bep)

Subsector	Real 1990	Estimación			
		2000	2010	2020	2030
Industria energética	1251	2695	3492	4608	6548
Industria manufacturera y construcción	3517	5557	7201	9502	13503
Transporte	5290	11430	14813	19545	27774
Otros (Residencial, Comercial)	1025	1950	2527	3334	4738
Total	11083	21632	28033	36989	52563

Fuente: Proyecto Cambio Climático - Fundación Solar (2000)

Con esta política energética se estiman la demanda futura de energía y se calculan las emisiones de GEI asociadas a esta demanda.

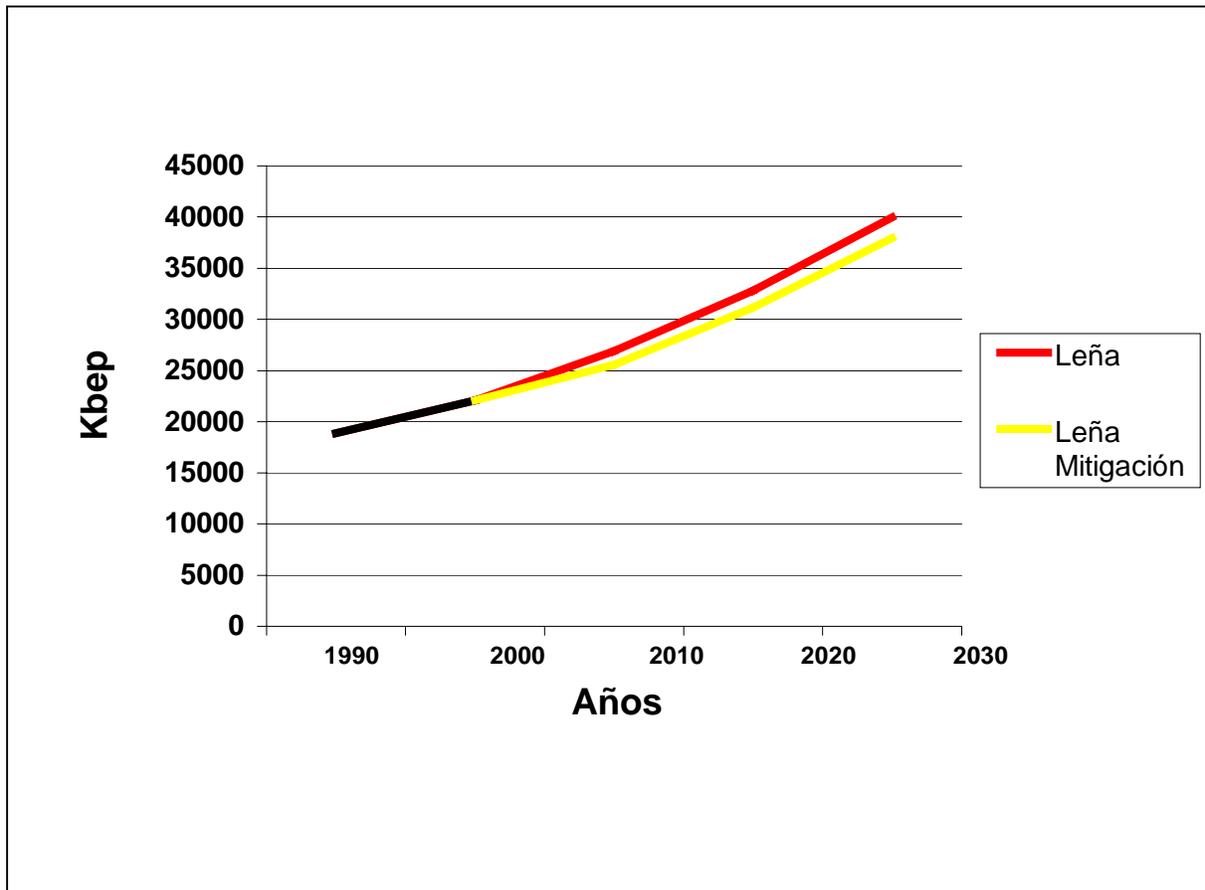
Figura 10.1
Demanda Futura de Energía



10.5.2 Escenario de Consumo de Leña con Opciones de Reducción

Se presenta un escenario de manejo de la leña considerando la sustitución de combustibles en sector residencial, el establecimiento de programas de mejoramiento y diseminación de estufas ahorradoras de leña y el aumento de la oferta de leña a través de restitución de zonas boscosas y reforestación (Figura 10.2). En 1990, las emisiones de CO₂ provenientes de la quema de biomasa ascendieron a 13,197.367 Gg, los cuales no son reportados en el inventario nacional considerando que sus emisiones son reabsorbidos durante el rebrote de dicha biomasa.

Figura 10.2
Demanda Futura de Leña



10.6 Emisiones de Dióxido de Carbono

Con base en las estimaciones de crecimiento futuro de la demanda de energía se calculan las emisiones de dióxido de carbono para el período 2000-2030 utilizando la metodología del IPCC.

10.6.1 Emisiones en el Escenario de Crecimiento Alto

Para cada uno de los subsectores analizados se calcularon las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en Gg (Tabla 10.6). Se espera que el transporte continúe siendo el principal emisor de CO₂ con cerca del 60% de las emisiones para el año 2030. Sin embargo, también son importantes las

emisiones de la industria energética reflejando la alta participación de generación eléctrica con base de combustibles fósiles; para el año 2000 son 2.3 veces mayores que las emitidas para 1990.

Tabla 10.6
Emisiones de CO₂ Escenario de Alto Crecimiento (Gg)

Subsector	1990 Real	2000	2010	2020	2030
Industria Energética	228.58	695	2117	3134	4637
Industria Manufacturera y Construcción	810.19	1289	2099	2986	4177
Transporte	2122.02	4923	8406	11858	16727
Otros (Residencial, Comercial)	576.99	850	1200	1692	2387
Total	3737.78	7757	13822	19670	27928

Fuente: Proyecto Cambio Climático - Fundación Solar (2000)

10.6.2 Emisiones en el Escenario de Crecimiento Moderado

En este escenario se podrían esperar cerca de 20034 Gg de CO₂ emitidos por el sector energía en el 2030 (Tabla 10.7) que son un 30% inferiores a las emisiones del escenario de alto crecimiento para ese mismo año. Se evidencia que las políticas respecto del tipo de sistema energético tienen una alta incidencia en las emisiones de CO₂ que se producirán en el país.

Tabla 10.7
Emisiones de CO₂, Escenario de Crecimiento Moderado (Gg)

Subsector	1990 Real	2000	2010	2020	2030
Industria energética	228.58	695	1156.77	1532.68	2170.37
Industria manufacturera y construcción	810.19	1289	1855.8	2449.67	3480.87
Transporte	2122.02	4923	6936.73	9152.87	13005.73
Otros (Residencial, Comercial)	576.99	650	734.21	968.86	1377.28
Total	3737.78	7557	10683.51	14104.08	20034.25

Fuente: Proyecto Cambio Climático - Fundación Solar (2000)

El subsector transporte sigue siendo uno de los más importantes consumidores de combustibles fósiles y responsable por más del 64% de las emisiones totales para 2030. El incremento en las emisiones de CO₂ en la industria energética se debe a que la electricidad es generada principalmente con combustibles fósiles.

10.6.3 Emisiones en el Escenario de Política de Reducción de Emisiones

El escenario de reducción de emisiones está basado en la meta de mejorar un 10% la eficiencia en el sector energía permite obtener un 12.3% de reducciones de emisiones de CO₂ respecto del escenario de crecimiento moderado (Tabla 10.8). Los valores deben considerarse como representativos de políticas energéticas institucionales y sus efectos sectoriales.

Tabla 10.8
Emisiones de CO₂, Escenario de Mitigación (Gg)

Subsector	1990	2000	2010	2020	2030
Industria energética	228.58	695	800.97	1056.6	1503.28
Industria manufacturera y construcción	810.19	1289	1669.7	2203.6	3131.88
Transporte	2122.02	4923	6243.4	8237.9	11702.4
Otros (Residencial, Comercial)	576.99	650	661	873	1239
Total	3737.78	7557	9375.07	12371.1	17576.56

Fuente: Proyecto Cambio Climático - Fundación Solar (2000)

10.6.4 Emisiones Procedentes de la Quema de Leña

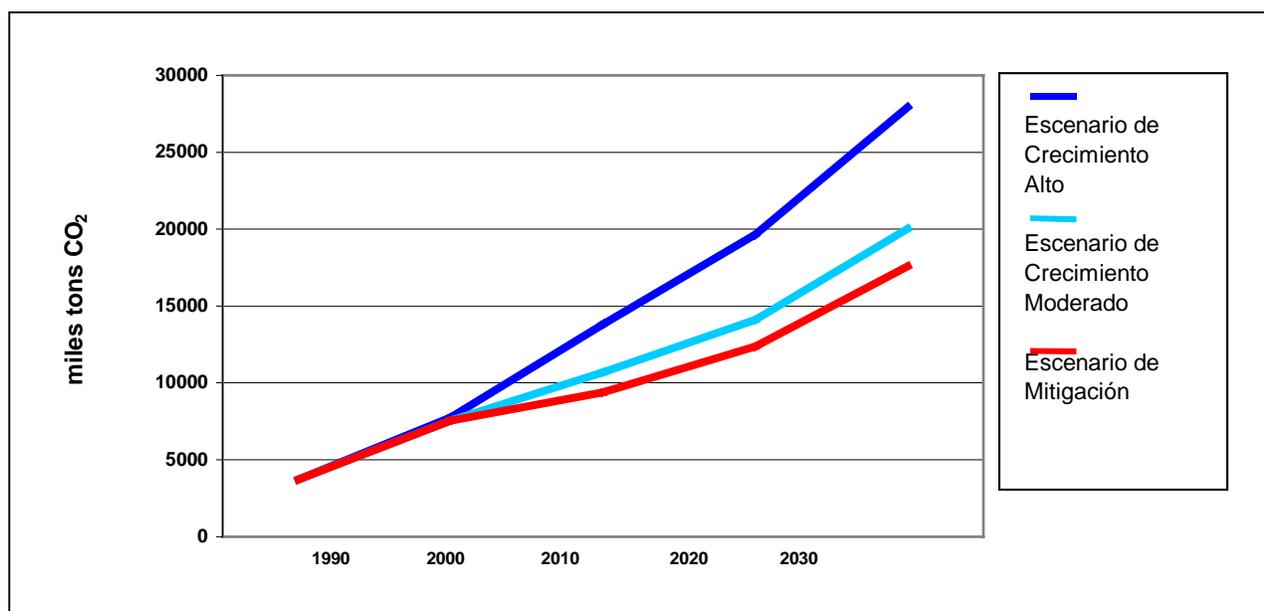
La comparación de las emisiones de CO₂ para cada escenario de consumo de leña (Tabla 10.9) muestra la importancia de implementar políticas de eficiencia energética en el consumo de leña que permitan lograr un crecimiento moderado.

Tabla 10.9
Emisiones de CO₂, Quema de Leña (Gg)

	1990	2000	2010	2020	2030
Escenario CA	13466.70	14385	17535	21376	26057
Escenario CM	13466.70	14385	17535	21376	26057
Escenario de Mitigación	13466.7	14385	15780.66	19237.02	23449.54

Fuente: Proyecto Cambio Fundación Solar (2000)

Figura 10.3
Emisiones de CO₂ según Escenarios de Crecimiento



10.7 Emisiones de Otros Gases de Efecto Invernadero

Para cada uno de los escenarios de crecimiento del consumo de energía (escenario de crecimiento alto, moderado y de mitigación) se estimaron las emisiones de los otros GEI. En particular se estimaron las emisiones de metano, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (Tablas 10.10). Los valores fueron calculados considerando las guías metodológicas del IPCC.

XI. Lineamientos Básicos Para la Reducción de Emisiones en los Recursos Forestales

Las actividades de Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, específicamente las relacionadas con la Conversión de Bosques y Sabanas, emitieron 3244.553 Gg de dióxido de carbono (CO₂) equivalentes al 43.3% del total de emisiones del país. Los cambios en los bosques y reservas leñosas absorbieron 37871.929 Gg de CO₂, las tierras agrícolas abandonadas absorbieron 2967.733 Gg de CO₂ y las absorciones netas del suelo ascendieron a 2064.065 Gg de CO₂. Las absorciones netas del sector fueron 39659.174 Gg de CO₂.

11.1 Principales Opciones de Reducción de Emisiones

La cobertura boscosa es el principal sumidero de gases de efecto invernadero, específicamente dióxido de carbono y cumple una función importante en la dinámica de flujo de los GEI en la atmósfera terrestre; asimismo, colabora en el balance climático nacional y regional. Las opciones de reducción de emisiones incluyen el mantenimiento y aumento de las reservas de carbono y el desarrollo de actividades bioenergéticas.

11.1.1 Mantenimiento de las Reservas de Carbono

- a. Protección y conservación de los bosques: Conservación del carbono captado por el suelo y por la vegetación forestal a través de actividades que incluyen protección de vida silvestre, conservación y mejoramiento de suelos, protección de mantos acuíferos, protección contra incendios, plagas y enfermedades.
- b. Incremento de la Eficiencia del Manejo Forestal, Cosecha y Utilización de Productos: Implementación de acciones que mejoren la eficiencia en el manejo de bosques naturales y en los procesos industriales, la diversificación de la producción forestal (productos no maderables) y la utilización de residuos.

11.1.2 Aumento de las Reservas de Carbono

- a. Aumento de la Cobertura Boscosa: Reforestación, aforestación, incremento de la regeneración natural y prácticas de agroforestería y forestería urbana y comunitaria.
- b. Aprovechamiento de Productos Forestales: Aumento de la oferta de productos forestales como leña, madera de aserrío, pulpa y papel.
- c. Promoción de Servicios Ambientales: Protección de suelos, fuentes de agua y recreación.

11.1.3 Actividades Bio-energéticas

Puesta en marcha de políticas y proyectos que tiendan a mejorar la utilización del recurso biomásico como fuente de energía. En particular se consideran medidas de eficiencia energética en el consumo de biomasa y en la sustitución de los combustibles fósiles por recursos biomásicos.

11.2 Propuesta de Reducción de Emisiones y Aumento de Absorciones

El Plan de Reducción de Emisiones consiste en la identificación y puesta en operación de mecanismos técnicos y financieros que disminuyen las emisiones de GEI generadas por el sector forestal, aumenten la oferta boscosa, que revaloricen las funciones económicas y ambientales del bosque y que atenúen los impactos negativos que un cambio climático pueda tener sobre los recursos forestales del país.

11.2.1 Contexto para el Plan de Reducción de Emisiones

El plan debe estar inmerso en las políticas nacionales de uso y conservación de los recursos forestales del país y en el marco de las estrategias ambientales. La implementación del plan debe fortalecer las estrategias y programas nacionales de aprovechamiento de los recursos forestales, tanto para el logro de objetivos climáticos (disminuir la emisión de GEI) como para coadyuvar en el uso sostenido de estos recursos.

11.2.2 Principios del Plan de Reducción

Los principios que deben tomarse en cuenta en la estructuración del plan incluyen:

- Protección y conservación de la biodiversidad
- Ordenamiento del uso del suelo sobre la base de su uso potencial y el fortalecimiento del proceso de asignación de los usos del suelo sobre la base del uso potencial más adecuado
- Apoyo a la administración pública, privada y comunal de los recursos naturales
- Reducción de la pérdida de cobertura forestal por procesos de cambio de uso de la tierra
- Incentivos para la repoblación forestal tanto para fines productivos como de protección
- Fomento de la reforestación y del manejo forestal en bosques privados, estatales y comunales para fines económicos y ambientales
- Promoción del manejo sostenible de los bosques como mecanismo para lograr su protección y conservación

11.3 Objetivos del Plan de Reducción de Emisiones

11.3.1 Generales

Disminuir la emisión de GEI generados por el sector forestal restituyendo la cobertura forestal del país y mitigando los impactos de un posible cambio climático sobre los recursos forestales del país.

11.3.2 Ambientales

Favorecer la protección y conservación de los bosques naturales y demás reservas de biodiversidad y de germoplasma para mantener el balance natural de los ecosistemas nacionales. Asegurar la obtención de los servicios ambientales que los bosques proveen a través de su manejo racional y sostenible.

11.3.3 Económicos

Integrar la mayor cantidad de bosques naturales y plantaciones forestales a la producción de bienes económicos y servicios ambientales. Fortalecer los procesos productivos de los bosques tanto para la producción de bienes como de servicios ambientales en tierras de vocación forestal.

11.3.4 Sociales

Facilitar el acceso de la población a la utilización de los recursos forestales bajo los principios de sostenibilidad ambiental y económica. Fortalecer la organización social para la utilización racional de los recursos forestales en la obtención de bienes y servicios ambientales y económicos.

11.3.5 Institucionales

Fortalecer las instituciones del Estado en la administración de los recursos forestales y de su uso sostenido. Estimular a las organizaciones sociales, instituciones estatales y no estatales, iniciativa privada, etc. en la gestión y administración de los recursos forestales a su cargo.

11.4 Contenido Temático del Plan de Reducción de Emisiones

El Plan de Reducción de Emisiones debe plantear una transformación de las tendencias actuales del uso de los recursos forestales a través de un ordenamiento territorial orientado bajo los lineamientos de sostenibilidad y de desarrollo económico. El Plan de Reducción podría estar constituido por componentes y acciones basadas en los tres elementos principales que cubren las modalidades de conservación y utilización de los recursos forestales (Tabla 11.1).

Tabla 11.1
Componentes y Líneas de Acción

Componentes	Líneas de Acción
Protección y conservación de los bosques naturales existentes	Financiamiento para la protección forestal de bosques naturales dentro y fuera de áreas protegidas. Financiamiento para el manejo de bosques naturales dentro y fuera de áreas protegidas. Prevención control y combate de incendios forestales. Apoyo técnico y financiero a la administración forestal pública, comunal y privada. Desincentivo del cambio de uso de la tierra a través del estímulo económico de la producción forestal en bosques naturales.
Incremento de la cobertura forestal productiva	Financiamiento para la reforestación en tierras de vocación forestal dentro y fuera de áreas protegidas. Apoyo técnico y económico para los usuarios interesados en la reforestación con fines productivos. Financiamiento para la reforestación con fines productivos y/o de protección en tierras públicas, privadas o comunales.
Eficiencia en el manejo forestal y en la utilización de los productos del bosque	Financiamiento para el manejo forestal productivo de los bosques naturales dentro y fuera de áreas protegidas. Financiamiento para el manejo forestal productivo de las plantaciones forestales dentro y fuera de áreas protegidas. Fomento de la certificación de los productos de los bosques. Fomento del uso de fuentes renovables de energía en la industria y la generación de energía eléctrica. Apoyo técnico y financiero para la utilización de las mejores técnicas de manejo forestal productivo para silvicultores privados, comunales, empresariales, etc.

Fuente: Proyecto Cambio Climático-CONFORSA (2001)

11.4.1 Protección y Conservación de los Bosques Naturales Existentes

Enfatiza la importancia ambiental de los bosques como proveedores de servicios ambientales y económicos a la vez que se constituyen en centros de conservación de la biodiversidad y en particular del germoplasma forestal. Incluye acciones encaminadas a la conservación de las áreas protegidas (según su categoría de manejo) así como de los bosques para fortalecer sus servicios ambientales de protección del ciclo hidrológico, protección de suelos, captura de GEI, etc.

11.4.2 Incremento de la Cobertura Forestal Productiva

Implica la búsqueda de una productividad económica basada en el uso potencial del suelo. Se promueve la reforestación de los suelos forestales del país para integrar esos nuevos bosques al ciclo productivo del bosque, tanto para la producción de bienes económicos como ambientales.

11.4.3 Eficiencia en el Manejo Forestal y en la Utilización de los Productos del Bosque

Incluye la consideración de aspectos técnicos y tecnológicos orientados al mejoramiento de los procesos de administración y manejo de los bosques (silvicultura, producción diversificada, etc.) así como de la industrialización de los productos forestales.

11.5 Estrategias de Implementación del Plan de Reducción de Emisiones

11.5.1 Para la Protección y Conservación de la Cobertura Forestal

El manejo sostenido de los bosques es la mejor herramienta para su protección y conservación. Las acciones del plan se orientan a la utilización óptima pero sostenible de los recursos forestales existentes (bosques naturales dentro y fuera de áreas protegidas). Elemento importante es la determinación de la capacidad productiva del bosque con base a sus características biológicas y económicas. Esta calificación productiva de los bosques se deberá desarrollar sobre los principios de sostenibilidad y técnicas silviculturales.

11.5.2 Para el Incremento de la Cobertura Forestal Nacional

Está basada en el postulado que todas aquellas tierras de vocación forestal, atendiendo a su uso predeterminado (en el caso de áreas protegidas), podrán ser utilizadas para el establecimiento de plantaciones forestales productivas. Las plantaciones forestales deberán llevar un proceso de manejo forestal basado en principios técnicos y con objetivos económicos.

El objetivo de esta estrategia es restituir la cobertura forestal de manera que aumente la capacidad de fijación de carbono. La recuperación de la cobertura forestal permitirá el establecimiento de una producción forestal permanente para los mercados nacionales e internacionales.

11.5.3 Para la Eficiencia en el Manejo y Uso de los Productos del Bosque

La estrategia se basa en el fortalecimiento de las técnicas de manejo forestal productivo y en el mejoramiento de los procesos de transformación de los productos del bosque. Las acciones específicas podrían estar orientadas hacia apoyo técnico para manejo de bosques y plantaciones, apoyo técnico y económico a las industrias de transformación de productos forestales y apoyo técnico para la certificación y diversificación de los productos forestales, incluyendo la comercialización de los mismos.

11.5.4 Para la Participación y Coordinación entre Actores

Los actores del sector forestal (Estado, los Organismos Internacionales, las Organizaciones No Gubernamentales, la iniciativa privada nacional e internacional y los grupos de la sociedad civil) deben involucrarse en la identificación e implementación de las estrategias del plan. La participación de todos los actores, a través de procesos de consulta y concertación en todas las instancias aporten y todas a su vez reciban beneficios de la interacción, constituye un elemento esencial para el éxito del plan. Además, la coordinación interinstitucional permitirá una implementación eficiente y ordenada de las actividades propuestas por el plan.

11.5.5 Para la Evaluación y Monitoreo

Los mecanismos de control y monitoreo permitirán la evaluación permanente y el alcance de objetivos propuestos en el plan. El desarrollo de un programa de mediciones periódicas así como la comparación de logros versus objetivos deberá desarrollarse durante la implementación del plan. Los principales indicadores para el proceso de evaluación incluyen cobertura, productividad, distribución, evolución de las tasas de deforestación y reforestación, administración, balance de captura de dióxido de carbono y otros GEI, análisis de la actividad humana, etc.

Bibliografía

- Banco de Guatemala. 1990. Memoria de Labores. Guatemala, Guatemala.
- Banco de Guatemala. 1996. Memoria de Labores. Guatemala, Guatemala.
- De la Cruz, J.R. 1982. Clasificación de Zonas de Vida de Guatemala a nivel de Reconocimiento. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. Guatemala, Guatemala
- Feenstra, J y Burton I et al. 1998. Handbook on Method for Climate Change Impact Assessment and Adaptation Strategies. United Nations Environmental Programme.
- Golovina, E.G. y Trubina, M.A. 1999. La Atmósfera y la Salud Humana. En Boletín de la Organización Meteorológica Mundial. Vol 48, No. 1
- Guevara A, Ortíz P, León A. 1998. Infecciones Respiratorias Agudas y Variabilidad Climática Mensual en La Habana. Revista Cubana de Meteorología, volumen 6. La Habana, Cuba.
- Hulme M. 1996. Climate Change and Southern Africa: An exploration of some Potential Impacts and Implications ins the SADC Region. Breckland Print Limited. Norfolk, UK
- Hume, M, Jiang, T. and Wigley T. 1995. A Climate Change Scenario Generator: A user Manual. Climate Change Unit, UEA. Norwich, UK.
- Instituto Nacional de Estadística. 1990. Proyección de la Población Urbana de Guatemala para el Año 1990. Guatemala, Guatemala.
- Instituto Nacional de Estadística. 1996. Proyección de la Población Urbana de Guatemala para el Año 1994. Guatemala, Guatemala.
- IPCC. 1997. Guías Revisadas de 1996 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero. IPCC, OECD, EIA. Bracknell, United Kingdom.
- Kalkstein, L.S et al. 1996. The Philadelphia Hot Water-Health Watch Warning System: Development and applications. Summer 1995. Bulletin American Meteorological Society 77
- Lecha L. y Méndez T. 1977. Relación entre Cardiopatías Isquémicas y una Selección de Parámetros Meteorológicos. Editorial Academia, La Habana. Cuba
- Ministerio de Energía y Minas. 1990. Balance Energético Nacional. Guatemala, Guatemala
- Naranjo, L. y Centella, A. 1998. Recent Trends in Climate in Cuba. Weather, Vol. 35, No. 3.
- Organización Latinoamericana de Energía. 1998. Balance de Energía de Guatemala. Quito, Ecuador.
- Ortiz P. 1997 a. La Experiencia Cubana en el Pronóstico Biometeorológico. Libro Resumen. CATHALAC. Panamá, Panamá.
- Ortiz P. 1997 b. Modelos para la Simulación del Comportamiento Semanal del Asma Bronquial y de las Infecciones Respiratorias Agudas y su Pronóstico a través de Series de Tiempo. Memorias 8avo. Congreso Internacional de Biomatemática. Panamá, Panamá.
- Ortiz P et al. 1998 a. Model for Setting up a Biometeorological Warning System over a Populated Area in La Habana. Book Urban Ecology. Springer-Verlag, Germany.
- Ortíz P, Guevara V, Pérez A, Díaz M. 1998 b. A Bioclimatic Index to Evaluate the Impact of Climate Change in Health. Informe de Investigación. INMET. Cuba.
- Piedra Santa, J. 1996. Geografía Visualizada de Guatemala. Editorial Piedra Santa. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático. 2000 a. Resumen del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático. 2000 b. Estimación del Potencial de Gases de Efecto Invernadero Utilizando el Potencial de Calentamiento Global. CONAMA, GEF, PNUD. Guatemala, Guatemala.
- Proyecto Cambio Climático-Centella, A, Herrera y Asociados. 1999. Nueva Climatología de Temperaturas y Precipitación para Guatemala (Línea Base). CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala

- Proyecto Cambio Climático-Centella, A, Herrera y Asociados. 2000. Escenarios de Cambio Climático para Guatemala. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático-CONFORSA. 1999. Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala.
- Proyecto Cambio Climático-CONFORSA. 2000. Vulnerabilidad de los Recursos Forestales al Cambio Climático. CONANA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala.
- Proyecto Cambio Climático-CONFORSA. 2001. Opciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en los Recursos Forestales. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana. 1999 a. Escenarios Socio Económicos 2000-2020. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala.
- Proyecto Cambio Climático-Consult Centroamericana. 1999 b. Escenarios Ambientales. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala.
- Proyecto Cambio Climático-Consultores Asociados. 1999. Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero, Agricultura. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala.
- Proyecto Cambio Climático-Corporación Química del Istmo. 1999. Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero, Desechos. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático-Fundación Solar. 1999. Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero, Energía. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala.
- Proyecto Cambio Climático-Fundación Solar. 2000. Opciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Energía. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático-Grupo de Asesores Ambientales. 1999. Inventario Sectorial de Gases de Efecto Invernadero, Procesos Industriales. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático-Herrera y Asociados. 2000. Vulnerabilidad de la Producción de Granos Básicos al Cambio Climático. CONANA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático-Hidroconsult. 2000. Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos al Cambio Climático. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala
- Proyecto Cambio Climático-Ortiz P, SOPASAL. 2000. Vulnerabilidad de la Salud al Cambio Climático. CONAMA, PNUD, GEF. Guatemala, Guatemala.
- Santer, B. D., TML. Wigley, M. Schlesinger and Mitchel J. 1990. Developing Climate Scenarios from Equilibrium GMC results. Max Planck Institut fur Meteorologie Report. Hamburg, Germany
- SEGEPLAN; PNUD (GUA/87/010). 1991. Manual de Capacitación: Análisis de Recursos Naturales para su Integración. Alfíl. Guatemala, Guatemala.
- Toledo H. 1992. Estudio de la Factibilidad para Pronosticar los Incrementos de las Consultas por Asma Bronquial. Tesis de Doctorado. Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana. Cuba
- Trenberth K. 1990. Recent Observed Interdecadal Climate Change in the Northern Hemisphere. Bulletin American Meteorological Society.
- Wigley, M, T.M.L. 1994. MAGGIC (Model for the Assessment of Green House Gas Induced Climate Change: User's Guide and Scientific Reference Manual. National Center at Atmospheric.

ABREVIATURAS Y ACRONIMOS

°C	Grados Centígrados	IRA	Infección Respiratoria Aguda
Bep	Barriles equivalentes de petróleo	IS92 a-f	Escenarios de emisión de GEI elaborados por el IPCC
CFC	Clorofluorocarbono	kg	Kilogramos
CH4	Metano	kha	kilo Hectárea
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático	km	Kilómetro
CO	Monóxido de Carbono	km ²	kilómetro cuadrado
CO2	Dióxido de Carbono	Kton	kilo Tonelada
CO2-e	Emisiones Agregadas expresadas en unidades equivalentes de CO2	KW	Kilovatios
CONALFA	Comité Nacional de Alfabetización	MAGICC	Model for the Assessment of Green House gas Induced Climate Change
CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente	MCG	Modelo de Circulación General
CONFORSA	Consultora Forestal Sociedad Anónima	MEM	Ministerio de Energía y Minas
COP	Conferencia de las Partes	MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano	ms	materia Seca
ECA	Escenario de Crecimiento Alto	msnm	metros sobre el nivel del mar
ECCG	Escenario de Cambio Climático para Guatemala	MW	Mega Vatios
ECCG_C	Escenario de Cambio Climático de Guatemala, Normal	N ₂ O	Oxido Nitroso
ECCG_HA	Escenario de Cambio Climático de Guatemala, Húmedo Alto	NOX	Óxidos de Nitrógeno
ECCG_SA	Escenario de Cambio Climático de Guatemala, Seco Alto	OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
ECHAM3TR	Modelo de circulación general de 19 niveles atmosféricos acoplado a modelo oceánico de 11 niveles desarrollado en Alemania	OMM	Organización Meteorológica Mundial
ECM	Escenario de Crecimiento Moderado	ONG's	Organizaciones No Gubernamentales
EDA	Enfermedad Diarreica Aguda	PEA	Población Económicamente Activa
ENOS	Evento El Niño/Oscilación del Sur	PIB	Producto Interno Bruto
ETP	Evapotranspiración Potencial	PNUD	Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo
GEI	Gases de Efecto Invernadero	PNUMA	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
Gg	Gigagramos	PRONADE	Programa Nacional de Desarrollo de la Educación
hab	Habitante	Ro	Índice de Aridez
HADCM2	Modelo de circulación general utilizando modelo atmosférico de 11 niveles acoplado con modelo oceánico de 20 niveles desarrollado en el Reino Unido	SCENGEN	Scenario Generator
INAB	Instituto Nacional de bosques	SO2	Dióxido de Azufre
INDE	Instituto Nacional de Electrificación	TJ	Terajulios
INE	Instituto Nacional de Estadística	Ton	Tonelada (1,000 Kg.)
INSIVUMEH	Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología	UKHI	Modelo de circulación general realizado en el Reino Unido utilizando modelo atmosférico acoplado con modelo oceánico de capa mezclada
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático	UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
		US\$	Dólares de los Estados Unidos de América