

Apuntes sobre el

Cambio Climático

en Nicaragua

José Antonio Milán Pérez

Apuntes sobre el

Cambio Climático

en Nicaragua

Prof. Dr. Arq. José Antonio Milán Pérez

N

551.6

M637 Milan Pérez, José Antonio
Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua
/ José Antonio Milan Pérez. – 1a ed.
– Managua: José Antonio Milán
Pérez, 2009
231 p.

ISBN: 978-99924-0-912-1

1. NICARAGUA-CLIMATOLOGIA

2.CAMBIOS CLIMATICOS 3. MEDIO AMBIENTE

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

© José Antonio Milán Pérez. 2010

© José Antonio Milán Pérez, sobre la presente edición

Primera edición

Diseño y diagramación: **Vanessa Arriaza**

Foto de portada: **MARENA**

Edición: Pascal Chaput

Impreso en los talleres de: Bolonia Printing

1,500 ejemplares

Nicaragua, Managua, 2010

La impresión de esta obra ha sido financiada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), a través del FAO Multi Donor Partnership Programme (FMPP).

ÍNDICE

Capítulo: 1: introducción al cambio climático.....	19
i. 1. Introducción	20
i.2. La atmósfera	21
i.2.1. Composición de la atmósfera	23
i.2.2. Balance energético de la atmósfera	29
i.3. Los océanos	31
i.4. La criosfera	32
i.5. La biosfera	33
i.6. La geosfera.....	34
i.7. El clima	35
i.7.1. El clima y su relación con el medio	36
i.7.2. Temperatura	38
i.7.3. Precipitación	39
i.7.4. La circulación atmosférica	41
i.7.5. Clasificación climática	43
i.7.5.1. Clasificación climática de Koppen	44
i.7.5.2. Sistema de zona de vida de Holdridge.....	46
i.7.6. Confort higro-térmico	48
i.7.7. Variabilidad climática	49
i.8. Principales acciones internacionales sobre cambio climático	53
i.9. Conclusiones	55
i.10. Glosario de los principales términos usados en el primer capítulo	57
Capítulo: 2: Bases del cambio climático.....	63
ii. 1. Emisiones de gases de efecto invernadero y calentamiento de la	64
ii.1.1. Emisiones globales de gases de efecto invernadero	64
ii.1.2. Los escenarios de emisiones	66
ii.1.3. Emisiones de gases de efecto invernadero en Nicaragua	70
ii. 2. Observaciones, probabilidades e incertidumbres	72
ii.2.1. Observaciones y probabilidades sobre el comportamiento del clima global	72
ii.2.2. Incertidumbres sobre el clima global	75
ii.2.3. Observaciones sobre el cambio climático en Nicaragua	76
ii.2.3.1. Tendencia de las temperaturas.....	76
ii.2.3.2. Evaluación de las precipitaciones.....	77
ii. 3. Proyecciones climáticas	79
ii.3.1. Proyecciones mundiales.....	79
ii.3.2. Limitaciones de los modelos.....	80
ii.3.3. Proyecciones del clima futuro en Centroamérica y Nicaragua	80
ii.3.3.1. El clima futuro en Centroamérica	81
ii.3.3.2. El clima futuro en Nicaragua	82
ii.4. Conclusiones	85
ii.5. Glosario de los principales términos utilizados en el segundo capítulo.....	87
Capítulo 3: Riesgos del cambio climático en Nicaragua	91
iii. 1. Introducción general	92
III.1.1. Introducción al estudio del impacto y riesgo del cambio climático	92
III.1.2. Impacto ambiental del cambio climático.....	92

III.1.3. Riesgos del cambio climático	99
III.1.3.1. Riesgo, amenaza y vulnerabilidad	99
III.1.3.2. Factores que caracterizan la vulnerabilidad.....	106
III.1.3.3. Mitigación y adaptación.....	109
iii. 2. Elementos generales sobre el riesgo del cambio climático en Nicaragua.....	112
III.2.1. Amenazas actuales relacionadas con el clima en Nicaragua	115
III.2.1.1. Amenaza por huracanes	115
III.2.1.2. Amenaza por inundaciones	120
III.2.1.3. Amenaza por sequía	123
III.2.1.4. Amenaza por ondas de calor.....	124
III.2.1.5. Amenaza por incendios	125
III.2.1.6. Amenaza por elevación del nivel del mar.....	127
III.2.1.7. Resumen de amenazas	129
III.2.2. Elementos de la vulnerabilidad de Nicaragua	135
III.2.2.1. Densidad de población.....	135
III.2.2.2. Niveles de pobreza.....	136
III.2.2.3. Deterioro ambiental en zonas vulnerables	137
iii.3. Conclusiones	138
iii.4. Glosario de los principales términos utilizados en el tercer capítulo	140

Capítulo: 4: Potenciales impactos negativos del cambio

climático en Nicaragua	143
iv. 1. Introducción a los impactos del cambio climático	144
iv.1.1. Hacia la construcción de un escenario socio-económico de línea base	145
iv.2. El cambio climático y los recursos hídricos.....	148
iv.2.1. Impacto del cambio climático en los recursos hídricos de Nicaragua.....	150
iv.2.1.1. Aguas superficiales	150
iv.2.1.2. Aguas subterráneas	151
iv.3. El cambio climático y la agricultura	155
iv.4. El cambio climático, los recursos naturales y la biodiversidad	160
iv.4.1. Impactos a la biodiversidad.....	162
iv.4.2. Impactos a los ecosistemas de aguas continentales	165
iv.4.3. Impactos a los ecosistemas marinos y costeros.....	166
iv.4.4. Impactos a los ecosistemas montañosos	167
iv.4.5. Impactos a los endemismos y corredores biológicos	169
iv.5. El cambio climático y los asentamiento humanos.....	169
iv.5.1. Ordenamiento ambiental y territorial.....	170
iv.5.2. Accesibilidad	170
iv.5.3. Distribución espacial de las ciudades respecto a las fuentes de peligro (exposición)	171
iv.5.4. Redes técnicas y contaminación.....	172
iv.5.5. Estado técnico de las edificaciones de salud	174
iv.5.6. Morbilidad	175
iv.5.7. Analfabetismo	176
iv.5.8. Migración, marginalidad y género	176
iv.5.9. Vulnerabilidad de las comunidades indígenas	176
iv.6. El cambio climático y la elevación del nivel del mar	177
iv.7. El cambio climático y la salud	179
iv.8. Conclusiones.....	183
iv.9. Glosario de los principales términos utilizados en el cuarto capítulo.....	184

Capítulo 5: Hacia la adaptación al cambio climático en Nicaragua.....	187
v. 1. Adaptación: un camino posible y necesario.....	188
v. 2. Las negociaciones internacionales.....	191
v.3. Principales acciones en Centroamérica.....	195
v.4. Objetivos de adaptación al cambio climático en Nicaragua	197
v.5. Medidas generales de adaptación al cambio climático por sectores.....	201
v.5.1. Medidas generales de adaptación en las costas.....	201
v.5.2. Medidas generales de adaptación en la agricultura	202
v.5.3. Medidas generales de adaptación para los recursos naturales	205
v.5.4. Medidas generales de adaptación para los recursos hídricos	207
v.6. Acciones ciudadanas de adaptación al cambio climático	208
v.7. Más información.....	211
v.8. Conclusiones	212
v.9. Glosario de los principales términos usados en el quinto capítulo	214
 Bibliografía.....	 217

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Capítulo: 1. Introducción al cambio climático

Figura 1.1: Concepto de clima global.....	21
Figura 1.2: Capas que integran a la atmósfera y su relación con el clima.....	22
Figura I.3. El mecanismo de retro-efecto	24
Figura I.4. El efecto invernadero	25
Figura I.5. La figura izquierda muestra una planta de producción de energía termo-eléctrica y derecha, una foto de la circulación vehicular.....	28
Figura I.6. La quema de cultivos y bosques son una importante fuente de emisión de CO2.....	29
Figura I.7. Balance energético	30
Figura I.8. El proceso de elevación del nivel del mar ocasionado por el cambio climático	32
Figura I.9. Las erupciones volcánicas también contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero, aunque estas emisiones no se comparan con las que son generadas por las actividades humanas.	35
Figura I.10. Esquema que representa el modelo de circulación general simplificado de la atmosfera	42
Figura I.11. Mapa de zonas de vida de Holdridge para Nicaragua.	47
Figura I.12. Gráfico de sensación climática de bienestar en función de la temperatura y la humedad relativa.....	48
Figura I.13. El esquema muestra la condición normal de temperatura y presión atmosférica en la región inter-tropical de los océanos Índico y Pacífico (sin presencia de El Niño)	50
Figura I.14. El esquema muestra la condición de cambio en la temperatura y presión atmosférica en la región inter-tropical de los océanos Índico y Pacífico bajo una condición de El Niño.	50
Figura I.15. Valores de anomalías registradas en los últimos 10 años.	51
Tabla I.1: Principales características de los gases de efecto invernadero.....	26
Tabla I.2. Incidencia del medio natural en el clima.....	36
Tabla I.3. Incidencia del medio construido en el clima	37
Tabla I.4. Síntesis de algunas clasificaciones climáticas	43
Tabla I.5. Clasificación climática de Koppen	45

Capítulo: 2. Bases del cambio climático

Figura II.1. Emisiones anuales mundiales de GEI antropógenos entre 1970	64
Figura II.2. Porcentaje de las emisiones mundiales	65
Figura II.3. Fases o etapas para la proyección del cambio climático	66
Figura II.4. Promedios multi-modelos mundiales de calentamiento para los escenarios A2, A1B y B1.	68
Figura II.5. Balance de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO2 eq) en Gigagramos (Gg). Nicaragua, 2000	70
Figura II.6 La figura muestra la tasa de reducción del hielo marino en el hemisferio norte durante el período 1979-2007	72
Figura II.7. La gran cinta transportadora de energía en los océanos	73
Figura II.8. La NASA ha generado un instrumento denominado Climate Time Machine, mediante el cual se puede conocer la evolución del calentamiento.....	74
Figura II.9. : El mapa muestra la tendencia de las precipitaciones por decenios en el periodo correspondiente 1900-1994	75
Figura II.10 Algunos signos: disminución de caudales en los ríos (Rio Viejo de Matagalpa) e incremento de los incendios forestales (incendio en la Reserva de Biosfera de Bosawás).....	78

Figura II.11. Los huracanes están aumentando su fuerza destructora en Nicaragua. En la foto se presenta una imagen de las secuelas dejadas por el huracán Félix en una comunidad de la Región Autónoma del Atlántico Norte.....	79
Figura II.12. Cambios de temperatura proyectados para principios y finales del siglo XXI con respecto al período 1980–1999	81
Tabla II.1. Escenarios de estabilización propuestos por el IPCC	69
Tabla II.2. Emisiones de Centroamérica para el período 1994-2000	71

Capítulo: 3. Riesgos del cambio climático en Nicaragua

Figura III.1: El cambio climático desde un enfoque de gestión de riesgo	100
Figura III.2. La figura muestra el incremento registrado en el último año en los desastres meteorológicos (incluyen tormentas y ciclones), climatológicos (temperaturas extremas, nevadas, incendios forestales y fuertes vientos) y los hidrológicos (incluye inundaciones y movimientos de masas de tierras o deslizamientos).....	112
Figura III.3. La figura muestra el incremento registrado en el último año en relación número de víctimas y las víctimas per capita por cada 100, 000 habitantes	113
Figura III.4. La figura muestra las trayectorias de los huracanes que han azotado a Nicaragua en los últimos 100 años	117
Figura III.5. Impacto del huracán Félix (septiembre 2007) en la Región del Atlántico Norte de Nicaragua	118
Figura III.6. Imagen del huracán Mitch tomada el 26 de octubre de 1998 por un satélite de la Agencia Nacional de la Atmósfera y los Océanos (NOAA) de los EE.UU. a su paso por América Central	119
Figura III.7. Imagen que muestra las inundaciones originadas por el huracán Félix en el sector costero de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN, Nicaragua)	122
Figura III.8. Niveles de amenaza por inundación en Nicaragua	122
Figura III.9. Mapa de las normas histórica de los incendios forestales en Nicaragua	126
Figura III.10. El mapa de relieve de Nicaragua, donde se muestra en línea roja las zonas de costas que poseen muy baja elevación sobre el nivel del mar, tanto en la costa Caribe, como en el Pacífico	127
Figura III.11. Esta figura es una imagen de un satélite que realizó mediciones sobre la altura del nivel del mar en junio del 2008	128
Figura III.12. Esta figura muestra algunos puntos críticos del puerto de Corinto (Pacífico de Nicaragua) ante la elevación del nivel del mar.....	129
Figura III.13. Existen otros tipos de riesgos que están muy relacionados con los eventos meteorológicos, o que se producen como consecuencia de éstos, como son los deslizamientos de masas de tierra en laderas que presentan alta susceptibilidad.	134
Figura III.14. Mapa de densidad de población	136
Figura III.15 Mapa de pobreza de Nicaragua	137
Figura III.16. Imagen de satélite que muestra las transformaciones en el uso del suelo del golfo de Fonseca en el período 1987-1999.....	137
Tabla III.1. Características de los impactos generados por el cambio Climático.....	93
Tabla III.2. Impactos observados y pronosticados por el IPCC para América Latina	94
Tabla III.3. Impactos observados y pronosticados para Nicaragua.....	96
Tabla III.4. Principales riesgos identificados por el IPCC, 2007 en relación al calentamiento global.....	103
Tabla III.5. Algunos factores que intervienen en la vulnerabilidad según los sistemas y tipos de amenazas.....	108

Tabla III.6. Resultados de evaluaciones de desastres ocurridos en Nicaragua que han sido hechas por la CEPAL	114
Tabla III.7. Ciclones tropicales que han afectado a Nicaragua en los últimos 106 años	116
Tabla III.8. Cuencas hidrográficas de Nicaragua.....	120
Tabla III.9. Resumen del nivel de amenaza por municipios de los principales peligros inducidos por el cambio climático.....	129

Capítulo: 4. Potenciales impactos negativos del cambio climático en Nicaragua

Figura IV.1. Mapa del índice de escasez del agua para dos escenarios en el año 2030	152
Figura IV.2. Las lagunas cratéricas (de origen volcánico) son importantes reservas de agua superficiales del Pacífico de Nicaragua, sin embargo podrían ser severamente impactadas por el cambio climático si no se adoptan medidas para protegerlas de la contaminación.	153
Figura IV.3. Foto de la presa Las Canoas en el año 2004	154
Figura IV.4. Uso potencial del suelo de Nicaragua	156
Figura IV.5. Mapa que muestra los cambios proyectados en la agricultura debido al cambio climático para el año 2080	156
Figura IV.6. La imagen muestra el tradicional procedimiento utilizado en la agricultura	159
Figura IV.7. La frecuencia de los huracanes en la Costa Caribe, incluso está afectando los procesos de regeneración natural de los bosques, además de ser un detonante para el cambio del uso del suelo.....	162
Figura IV.8. El desarrollo de la ganadería extensiva en suelos que no tienen vocación para este uso, será un verdadero reto ante el cambio climático muy difícil de sostener	163
Figura IV.9. La quema como técnica de cultivo destruye los nutrientes de los suelos y es una práctica cultural ancestral que debe ser corregida	164
Figura IV.10. La mayoría de los humedales que se desarrollan en zonas continentales están recibiendo severos impactos por la deforestación y el uso indiscriminado de sus recursos	165
Figura IV.11. La imagen muestra un sector de la costa del mar en el Atlántico. Observe la poca altura de la costa, respecto al nivel del mar.	167
Figura IV.12. La foto muestra el inicio de un proceso de deforestación basado en tala y raza en un sector al sur del Cerro Silva.	168
Figura IV.13. Mapa que ilustra la red vial de Nicaragua. Observe la diferencia de densidad de vías entre el Pacífico y el Atlántico	171
Figura IV.14. Los asentamientos humanos no deben consolidarse en zonas que tengan alta exposición al viento de los huracanes, ni en las llanuras de inundación.	172
Figura IV.15. Las laderas de los volcanes y cerros, así como la proximidad a los cauces, son zonas con alta exposición para construir viviendas e infraestructuras.....	172
Figura IV.16. La figura muestra dos imágenes de los cauces que atraviesan la ciudad de Managua a la llegada de cada invierno.....	173
Figura IV.17. Las imágenes muestran la forma de disposición final de los desechos sólidos que se usa tradicionalmente en el país.	174
Figura IV.18. Foto de hospital improvisado en Puerto Cabezas durante el paso del huracán Félix	175
Figura IV.19. La foto muestra un sector bajo de la Costa Atlántica, próximo a Sandy Bay, bajo los efectos del huracán Félix	178

Tabla IV.1. Tabla de Indicadores para conformar un escenario socio-económico de línea base para Nicaragua	146
Tabla IV.2. Potencial y demanda de agua por sector usuario en millones de metros cúbicos por año (MMC/Año) 10.....	149
Tabla IV.3. Estimación del índice de escasez como indicador de la impacto sobre los recursos hídricos	152
Tabla IV.4. Caracterización de impactos agronómicos, capacidad adaptativa y resultados sectoriales.....	157
Tabla IV.5 Resumen de los efectos del tiempo y el clima sobre la salud	180
Tabla IV.6 Enfermedades sujetas a vigilancia epidemiológica	181
Tabla IV.7. Muertes sujetas a vigilancia epidemiológica en el año 2007.....	182
Cuadro IV.1. Relación de algunos indicadores socio-económicos a nivel Mundial.....	145
Cuadro IV.2. Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad.....	161

Capítulo: 5. Hacia la adaptación al cambio climático en Nicaragua

Figura V.1. Compromiso de reducción de emisiones contraído por los países desarrollados a través del protocolo de Kioto	192
Figura V.2. Uno de los objetivos de adaptación más importante consiste en disminuir la superficie de suelo que está siendo sobre utilizado (44, 344.05 km ²), lo cual ocurre en las zonas de mayores de pendientes	200
Figura V.3. En los casos donde las condiciones locales lo permitan se pueden construir obras de defensa contra la penetración del mar.	202
Figura V.4.a. Sistema de camellones en contorno para aprovechar el agua	204
Figura V.4.b. Siembra en terrazas según las curvas de nivel para evitar la Erosión	204
Figura V.5.a. Construcción de surcos para la captación de agua	204
Figura V.5.b. Enriqueciendo el suelo con materia orgánica de los desechos de cultivo	204
Figura V.6.a. Cortina rompe-viento para evitar la erosión eólica en zonas de fuertes vientos	204
Figura V.6.b. La diversificación de cultivos protege al suelo de la erosión y mejora la cobertura vegetal	204
Figura V.7.a. Ejemplo de sistemas silvopastoriles	206
Figura V.7.b. Ejemplo de sistemas agroforestales	206
Figura V.8.a. Ejemplo de cosecha de agua en fincas	207
Figura V.8.b. Sistemas de regadío que sirven para controlar inundaciones	207
Figura V.9.a. Ejemplo de dissipador de energía de las corrientes de agua	208
Figura V.9.b. Ejemplo de sistemas de retención de sedimentos.....	208
Tabla V.1. Algunos objetivos de adaptación al cambio climático en Nicaragua	198
Cuadro V.1. Principales medidas por sistema propuestas por el IPCC, 2007	189

PRÓLOGO

En los últimos años, donde parecen haberse acentuado los desastres naturales en Nicaragua, con recurrentes manifestaciones volcánicas, sísmicas, derrumbes, sequías, inundaciones, huracanes y otros fenómenos similares, y no obstante los esfuerzos de varias agencias del Estado para reducir la vulnerabilidad de la población ante estos embates naturales y mitigar sus efectos, la gente parece descartar la posibilidad que algo peor pueda sobrevenir.

Algunos piensan que como Nicaragua no es un país industrializado, el incremento de los gases de efecto invernadero responsables de los cambios climáticos, su mitigación debería concernir únicamente a los países más desarrollados y que, en todo caso, nuestra contribución a la solución del problema es de poca eficacia y menos compromiso. Si bien estos cambios tienen un alcance mundial, nosotros no podemos desatenderlos, porque como habitantes de un mismo planeta nos envuelve su atmósfera por todos lados, nos rodean mares comunes y vivimos en un solo continente.

Aún en nuestra modesta escala también coadyuvamos a empeorar el proceso, a través de acciones tales como la deforestación, la quema de pastos y tala de árboles, la dependencia exagerada de combustibles fósiles y un bajo nivel tecnológico que nos impide aprovechar el gran potencial de nuestros bosques tropicales para capturar el exceso de dióxido de carbono, o de generar formas de energía por métodos no convencionales, ya que Nicaragua goza de abundante luz del sol, frecuentes vientos, ríos caudalosos, y la existencia de yacimientos geotérmicos sub-explotados.

En realidad, podemos ayudar más de lo que creemos o debemos, porque como país del tercer mundo somos altamente vulnerables a sufrir las consecuencias de los cambios climáticos, cuyas primeras alteraciones ya se han manifestado, afectando la climatología del país, de la cual dependen tantas formas de producción y desarrollo territorial, así como de salud y supervivencia poblacional.

Por eso, resultan muy oportunas las serias investigaciones realizadas por el profesor y doctor José Antonio Milán Pérez, expresadas en esta obra que titula “Apuntes sobre el cambio climático en Nicaragua”, un estudio muy completo basado en datos y factores comprobados. Su obligada lectura en todas las organizaciones públicas y privadas de Nicaragua debe alertarnos para tomar medidas preventivas y urgentes que se deben adoptar desde ahora para afrontar los amenazantes retos del futuro inmediato, que cada día que pasa se vuelven más del presente.

La universalidad analítica del Dr. Milán Pérez, un geocientífico, quien desde el primer capítulo nos hace ver la estrecha relación entre la atmósfera (aire), la hidrósfera (aguas), la geósfera (tierras), la criósfera (hielos) y la biósfera (seres vivos), nos señala cómo la humanidad, en su creciente desarrollo tecnológico, no siempre en armonía con el medio ambiente, está afectando todo el sistema físico-natural del planeta y poniendo en peligro la propia supervivencia del hombre, al atentar contra las leyes naturales en una forma sorprendentemente rápida, lo cual ha conducido a cambios globales en pocas décadas, jamás experimentados en la Tierra desde el surgimiento de la civilización.

Pero quizás la parte más interesante de esta obra, por no decir preocupante, es la que se refiere a los análisis, observaciones, probabilidades e incertidumbres de cómo Centroamérica en general

y Nicaragua en particular podrán ser afectadas por los esperados cambios climáticos; cuáles serían los riesgos y amenazas a confrontar; cuán vulnerables somos en este país a la presencia de dichos fenómenos; cómo mitigar sus efectos y adaptarnos a las nuevas condiciones, sin estar debidamente prevenidos, informados o preparados para responder a dichas emergencias.

Entre las amenazas naturales de los cambios climáticos sobre nuestro territorio se enumeran los huracanes y tormentas tropicales más frecuentes e intensos; inundaciones en lugares planos y bajos, en riberas de ríos y costas lacustres; derrumbes y avalanchas desde cumbres y laderas en zonas montañosas, inviernos más crudos; sequías frecuentes y extensas; cambios de temperaturas locales con registros extremos de máximos y mínimos; elevación paulatina del nivel del mar y su avance sobre costas y litorales inundables, sin mencionar enormes pérdidas en las diversas infraestructuras.

Pero los efectos también repercutirán negativamente en los sistemas agrarios y naturales, tales como la zonificación agropecuaria la producción alimenticia, la biodiversidad, los ecosistemas naturales, así como en los asentamientos humanos, desplazamientos poblacionales, la contaminación ambiental, la escasez de agua, la salud y seguridad de los pobladores y el incremento de los niveles de pobreza.

Esta valiosa obra debe ser conocida, consultada y comentada no sólo en el mundo académico, sino en todos los niveles de decisión y acción que tengan que ver con el desarrollo integral y sostenible de Nicaragua y con el derecho que tenemos todos los nicaragüenses de vivir en seguridad y paz.

JAIME INCER

Presidente de la Fundación Nicaragüense del Desarrollo Sostenible. (FUNDENIC. S.O.S)

INTRODUCCIÓN AL LIBRO

*Si hemos de sobrevivir como humanidad,
necesitamos cambiar drásticamente
nuestra forma de pensar.*

Albert Einstein

Esta obra tiene como finalidad crear un espacio para generar reflexiones, intercambios de ideas y conocimientos sobre el cambio climático, sus potenciales riesgos y efectos en Nicaragua, para contribuir a la toma de conciencia sobre el tema, complementando de esta forma, otros esfuerzos que se están generando a nivel nacional desde el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales y en el ámbito de los territorios, como es el caso del departamento de Matagalpa donde se han desarrollado dos foros departamentales de cambio climático durante el 2008-2009.

Debido a los diversos y complejos problemas que plantea el cambio climático y la necesidad de que el tema comience a difundirse, se ha preparado este trabajo que resume un poco el conocimiento mundial y algunos hallazgos e investigaciones que se han realizado en el país; por tal razón el ámbito para el cual se ha enfocado este trabajo es el sector profesional, en las universidades y diferentes instituciones que necesitan información científica actualizada para incorporar las consideraciones del cambio climático en la planificación y en la formulación de los proyectos en el territorio nacional, para de esta forma incorporar acciones que nos permitan preservar la vida, las comunidades humanas y sistemas naturales, y con ello mover voluntades nacionales para implementar acciones de adaptación, apoyando a los más amenazados.

Esta obra debe verse como una oportunidad para crear un compromiso social que permita trabajar sobre un tema que nos concierne y nos implica a todos, abriendo una puerta para elaborar otros materiales dirigidos a grupos poblacionales específicos de acuerdo con sus propios requerimientos e intereses.

Nicaragua es un país con grandes recursos naturales, debido a la calidad de los suelos, la abundancia de agua, la significativa biodiversidad terrestre y marina, la presencia de minerales y fuentes de energía renovables para la producción de energía, entre otros. Sin embargo la visión ancestral del modelo económico tradicional del país ha estado basado en el uso intensivo e irracional de sus recursos naturales generando importantes desequilibrios ambientales en el ámbito nacional, que se pueden resumir en los siguientes aspectos: (MARENA, 2008)

1. La deforestación iniciada hace más de 300 años ha provocado importantes daños a los bosques tropicales secos y los bosques húmedos, lo que ocasiona la degradación de los suelos, déficit en la disponibilidad de agua, mayor vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático disminución del potencial ecoturístico del país y también pone en riesgo la generación de energía hidroeléctrica.

2. La contaminación de los cuerpos de agua se debe principalmente a vertidos directos de aguas residuales y/o sustancias peligrosas, e incluso por desechos sólidos provenientes de actividades económicas de la industria, agroindustria y agricultura, y de las viviendas de los asentamientos humanos urbanos y rurales que no tienen acceso a servicios higiénicos de inodoro o letrina ni tampoco a sistemas de saneamiento.
3. La basura se ha convertido en uno de los más graves problemas de contaminación ambiental de Nicaragua. El deficiente manejo de los residuos sólidos se origina en los territorios con mayor densidad de población, provocando diversos impactos ambientales negativos para los ecosistemas terrestres y acuáticos como fuentes de agua potable y uso turístico.
4. La alta vulnerabilidad de las familias que habitan en viviendas ubicadas en espacios peligrosos, tanto a nivel urbano como rural, se exponen a riesgos más altos ante desastres y aumentan la contaminación ambiental.

Estos problemas se convierten en el principal reto para la sostenibilidad ambiental del país, por tanto, la prioridad para la acción debe de considerar un cambio por completo de nuestros hábitos y conductas en relación al acceso, uso y conservación del medio ambiente, contribuyendo a construir una sociedad basada en nuevos valores para enfrentar los desafíos del cambio climático adaptándonos a sus efectos.

El cambio climático, al cual se refiere la mayoría de la literatura de este siglo, es un efecto acumulativo desde que la humanidad inició la Revolución Industrial (se toma como referencia 1750) y con ella se iniciaron las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la quema de combustibles fósiles. Por ello, se habla de un cambio climático de origen antropogénico (ocasionado por el ser humano), sin dejar de reconocer una serie de componentes naturales que también influyen.

Las emisiones de gases de efecto invernadero, que son la causa principal del cambio climático, están relacionadas con las formas de producción, las formas de circulación o transporte, y las formas de consumo y de distribución de la riqueza que se genera. Aquellas sociedades cuyos estilos de vida han estado basados en un uso intensivo de la energía y de los recursos, son las que han contribuido a los mayores volúmenes de emisiones de gases de efecto invernadero. Por tal razón, los países altamente desarrollados han originado este problema y tienen una responsabilidad histórica con el mismo.

Las emisiones de Nicaragua, apenas entran en las estadísticas mundiales, pues representan el 0.01% de las emisiones totales y actualmente EE.UU. la Federación Rusa, China, Alemania, Reino Unido y Japón concentran más del 50% de las emisiones mundiales.

Incluso, tal y como se puede comprobar en una publicación reciente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, 2008, Nicaragua es el país de Mesoamérica que reporta la menor cantidad de emisiones per capita y se encuentra entre los cuatro países de América Latina con las menores emisiones per capita.

Por tanto, las emisiones de Nicaragua son estadísticamente despreciables, en comparación con el importante servicio ambiental prestado por el país, desde 1750 hasta épocas recientes, como sumidero (almacén o depósito) porque captaba más CO₂ (dióxido de carbono, principal gas de efecto invernadero) del que emitía. Sin embargo, hoy cuando se habla de reducción de emisiones en los países altamente industrializados, es de vital importancia resaltar el rol jugado por los bosques tropicales cuyos servicios ambientales no han sido tomados en consideración. Para Nicaragua, la principal prioridad debe ser la adaptación para enfrentar la elevada vulnerabilidad que tiene el país ante los efectos del cambio climático y los frecuentes cambios que se manifiestan de un año a otro debido a la variabilidad climática natural (eventos de El Niño y La Niña) que se convierten en una carga adicional, y la reducción de emisiones puede ser lograda como una sinergia del proceso de adaptación o de aquellos programas que se desarrollen para el mejoramiento ambiental.

Mesoamérica, América Central y Nicaragua como parte de esta geografía son zonas de alta vulnerabilidad, caracterizadas por ser parte de los territorios más susceptibles del mundo a sufrir los efectos adversos del cambio climático global y de la variabilidad climática, debido al nivel de exposición de vastas zonas a las diferentes amenazas e impactos de los eventos vinculados al cambio global y a la variabilidad, unido al predominio de ecosistemas frágiles, altos índices de pobreza y un uso inadecuado de la tierra (carencia de planificación). Tanto la región, como el país, también presentan altos niveles de sensibilidad ante los diferentes estímulos climáticos tales como la frecuencia, simultaneidad, intensidad y alcance de múltiples amenazas, en particular las inundaciones, aumento del nivel del mar, eventos meteorológicos extremos, deslizamientos de tierra, sequías e incendios forestales, entre otros. Por lo que las pérdidas son importantes tanto en términos de vidas humanas, así como en daños sociales, ambientales y económicos.

Estas realidades nos llevan a reflexionar que la adaptación al cambio climático no es una opción, sino es un camino forzoso.

Para referirse al tema, el señor Kofi Anan, ex Secretario General de Naciones Unidas expresó: *los países más vulnerables son los menos capaces de protegerse a sí mismos. También son los que menos contribuyen a las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Si no se toman medidas, pagarán un alto precio por las actividades de otros.* PNUD, 2007.

Muchos países y sociedades del mundo han sufrido en el pasado los efectos adversos de la variabilidad natural del clima, lo que ha forzado a esas sociedades humanas a la búsqueda de respuestas de adaptación para atenuar los impactos originados por esos cambios. Un ejemplo de ello sucedió en el pasado con la civilización Maya, una de las culturas ancestrales más relevante de América, sin embargo sufrió los efectos periódicos de la sequía ocasionado por variabilidad natural del clima y ello en cierta forma permitió que esta sociedad desarrollara técnicas adaptativas autóctonas, creando importantes mecanismos preventivos y de respuestas a los efectos negativos del clima, que no pueden soslayarse y por el contrario, deben de rescatarse de nuestra milenaria cultura. A esto es lo que algunos autores le denominan el *sincretismo tecnológico*.

Nicaragua tiene muchas oportunidades para trabajar en la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático mediante un grupo de acciones, algunas de las cuales no dependen de importantes recursos financieros, como por ejemplo introducir la evaluación del riesgo ante el cambio climático

antes de realizar cualquier inversión pública (hospitales, escuelas, etc.), la educación sobre el tema y la creación de una **conciencia adaptativa** son temas importantes en el marco de la adaptación. Por supuesto otras medidas de carácter estructural necesitan importantes recursos para la adaptación al cambio climático

En el país, se ha trabajado en los últimos años en importantes proyectos que contribuyen a reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático; por ejemplo, el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales acaba de elaborar una estrategia nacional para la adaptación al cambio climático, también desde el gobierno se han elaborado materiales educativos, tales como “El ABC del cambio climático” y “Guía para comprender el cambio climático”, se trabaja en la inclusión del tema en la transformación curricular de la educación secundaria, se han efectuado asistencia técnica a productores que están aplicando los sistemas productivos sostenibles de cara al cambio climático dentro de las áreas protegidas y reservas de Biósfera, se está trabajando en más de trece proyectos de manejo sostenible de la tierra en León y Jinotega, que permiten crear capacidades para garantizar la producción sostenible de alimentos y la seguridad alimentaria en zonas secas ante los efectos del cambio climático, así como el cambio de la matriz energética es otro de los grandes desafíos en los que se trabaja en la actualidad.

También en los territorios, como en la Región Autónoma del Atlántico Sur, se están obteniendo muy buenos resultados con la producción de abono orgánico para el enriquecimiento de suelos que han perdido su fertilidad y la diversidad de cultivos.

Es importante reconocer también algunas organizaciones no gubernamentales que trabajan de forma sostenida en muchas comunidades sobre este tema de cambio climático y con ello contribuyen al desarrollo de capacidades locales.

En el ámbito centroamericano, Nicaragua ha trabajado en la búsqueda de un consenso regional junto al resto de los países del Istmo de cara al desarrollo de acciones concertadas entre todos los países y en torno a la construcción de posiciones compartidas ante las negociaciones internacionales de cambio climático.

Un hito importante fue la celebración de la Cumbre de Presidentes Centroamericanos sobre Cambio Climático celebrada en San Pedro Sula, Honduras en mayo del 2008, donde los mandatarios de la Región instruyen a los diferentes órganos de integración regional y nacional a la adopción de un grupo de lineamientos estratégicos, en los cuales existe una voluntad nacional de avanzar.

Sin embargo, a pesar de lo que se ha hecho, todavía es largo el camino a transitar y esto involucra a todos por igual; el gobierno y sus instituciones deben encabezar esta batalla en la adaptación al cambio climático, identificando **qué hay que hacer y cómo se debe hacer**, pero todos debemos participar; la Asamblea Nacional impulsando leyes que son muy importantes para reducir la vulnerabilidad, los municipios priorizando las obras de reducción de vulnerabilidad e implementando planes de desarrollo urbano que se cumplan, las universidades investigando y generando nuevos conocimientos a la sociedad, el sector privado implementando medidas de adaptación e introduciendo mecanismos de desarrollo limpios en sus empresas que impliquen no contaminar y reducir de forma efectiva el consumo de recursos, los productores implementando

técnicas de cultivo sostenibles (no quema, manejo sostenible de la tierra y erradicar el uso de sustancias químicas peligrosas en la agricultura) y nosotros los ciudadanos, no botando la basura en cualquier lugar y no contaminando por doquier.

En los últimos foros internacionales sobre Cambio Climático se habla reiteradamente de lograr como objetivo la estabilización de la temperatura global por debajo de los dos grados centígrados en el presente siglo y para ello las concentraciones de CO₂ no deben ser superiores a 400 ppm. Esto es lo que muchos denominan como un cambio climático No Peligroso. Sin embargo todas las propuestas de reducción de emisiones y medidas propuestas hasta ahora conducen a que la temperatura global en este siglo supere los 3 grados centígrados pudiendo generarse un cambio climático muy peligroso.

Tal y como se trata en el último capítulo de esta obra, si se llegara a estabilizar la temperatura global en los dos grados centígrados, aún para Nicaragua se producirían impactos ambientales significativos

Al cierre de esta obra, concluyó en la Dinamarca la XVI Conferencia de las Partes (COP), mecanismo establecido por el Protocolo de Kioto que busca compromisos reales y significativos para la reducción de los gases efecto invernadero, la que a pesar de los esfuerzos realizados por el pueblo y gobierno Danés no logró significativos avances en las negociaciones internacionales tal y como se comenta en esta obra.

Nicaragua debe apoyar la búsqueda de un nuevo modelo en relación a los procedimientos actuales de los Mecanismos de Desarrollo Limpio, los cuales se basan en los mercados de emisiones. Por ejemplo, en el año 2007, el dinero para el desarrollo de proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) basado en los mercados de carbono se distribuyó de la siguiente forma: Asia 50% (China 15% seguida de la India y otros países), 45% en América Latina (los que se distribuyen entre México y Brasil) y 2% para África del Sur.

Estas y otras cifras demuestran que el procedimiento actual, basado en el mercado de emisiones es inefectivo en el logro de la integridad ambiental para nuestro país y muy negativo en la equidad social, geográfica e inter-generacional.

El presente libro ha sido estructurado en cinco capítulos que están muy interrelacionados para lograr una secuencia lógica de aproximación y conocimiento de la base del problema. El primer capítulo desarrolla algunos conocimientos sobre el clima global y local: sus componentes, el efecto invernadero y sus causas. También se expone una cronología sobre los principales hitos relacionados con el cambio climático.

En el segundo capítulo, se aborda una síntesis de los principales conocimientos básicos sobre el cambio climático, enfatizando en aquellos aspectos que han sido confirmados científicamente y los niveles de incertidumbres que han sido expresados por el cuarto informe del Panel Intergubernamental de Expertos de Cambio Climático (IPCC), así mismo desarrolla información sobre los resultados de diferentes evaluaciones de los escenarios climáticos para Centroamérica y Nicaragua hasta el año 2100 aplicando modelos utilizados por el IPCC, con la participación de

INETER y MARENA. Por supuesto lo que se presenta en ese capítulo, como toda evaluación anticipada, puede tener desviaciones en el comportamiento con respecto a la vida real, donde se manifiestan muchas variables que no pueden ser introducidas en las computadoras y es muy importante tomar en consideración que estas evaluaciones calculan o estiman el comportamiento del clima futuro en el supuesto de que se continúen emitiendo los volúmenes actuales de gases de efecto invernadero, porque aún estamos a tiempo para evitar la mayoría de los efectos adversos que pudieran sobrevenir, si los países desarrollados son capaces de reducir significativamente las emisiones en los plazos de tiempo acordados antes del años 2020.

El tercer capítulo realiza un enfoque de evaluación de los riesgos del cambio climático, partiendo de un reconocimiento de algunas amenazas que ya habían sido evaluadas por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) desde el año 2001 a través de mapas de amenazas, así como el análisis de nuevas amenazas como la elevación del nivel del mar, para la cual prácticamente no tenemos registros de monitoreo y se abordan algunos aspectos relacionados con la vulnerabilidad. Esto permite determinar aquellos territorios (municipios) a los cuales debe prestarse mayor atención debido a los niveles de multi-amenazas.

En el cuarto capítulo, se realiza una valoración sobre los probables efectos negativos que pudiera causar el cambio climático en diferentes períodos de tiempo para los sectores de recursos hídricos, agricultura, recursos naturales y biodiversidad, asentamientos humanos e infraestructuras, costas y salud humana partiendo del supuesto que los niveles de calentamiento sean los pronosticados, sobre el criterio de que las emisiones continúen sus ritmos actuales. Estos llamados sectores obedecen a la nomenclatura que utiliza la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, en las evaluaciones de vulnerabilidad, tomando en consideración la población, su infraestructura y los principales medios de vida.

El quinto capítulo expone de forma breve el instrumento internacional de negociación ante el cambio climático (el protocolo de Kioto) y otros instrumentos que se están utilizando y finalmente se proponen algunas medidas generales de adaptación por sectores y aquellas que debemos asumir todos los ciudadanos. Estas medidas no sustituyen el conjunto de acciones nacionales que deben elaborarse como resultado de la elaboración de un Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático bajo el liderazgo del MARENA.

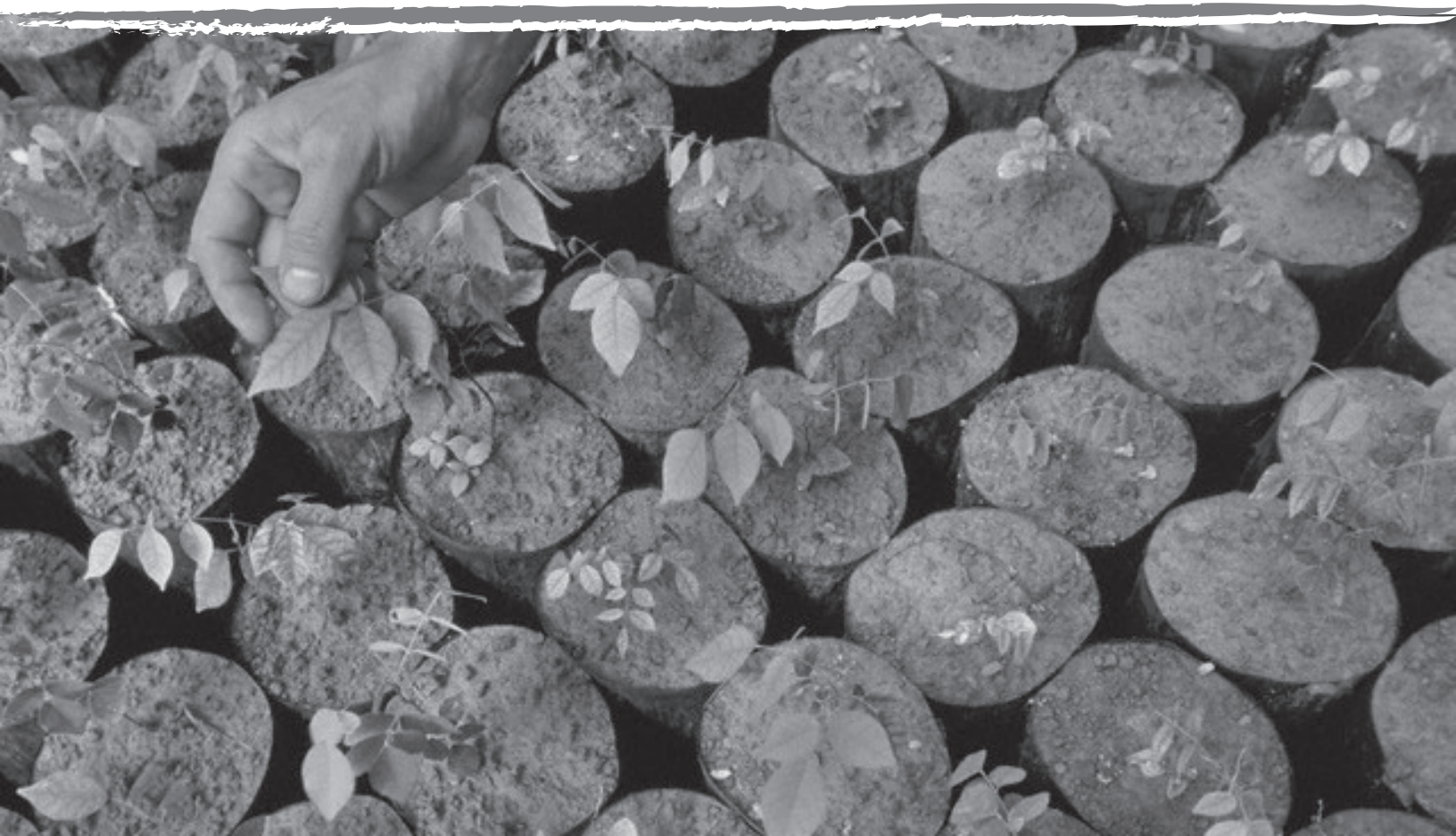
Finalmente, quiero dejar explícito mis más sinceros agradecimientos a mí querida hermana, María del Carmen, por ayudarme a procesar y mantenerme informado del tema en las noticias internacionales y por cuidar de los altos y bajos de mi salud, a mi amiga Vanessa Arriaza por el excelente trabajo de Diseño y Diagramación del libro, al Dr. Jaime Incer Barquero, maestro emérito de varias generaciones de nicaragüenses y a quien le profeso sentimientos de admiración y respeto, por sus bonitas palabras en el prologo de la obra y a la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en Nicaragua, por su generoso apoyo en la revisión y financiamiento de este trabajo.

A Dios por darme las fuerzas y guiarme por camino seguro todos los días de mi vida, pues gracias a él todo lo puedo.

José Antonio Milán Pérez

CAPITULO 1

Introducción al cambio climático



I. 1. INTRODUCCIÓN

Desde la revolución industrial hasta los días actuales, se ha producido un aumento aproximado de un 25% en la concentración atmosférica de dióxido de carbono (CO₂), también un 19% de óxidos nitrosos, un 100% de metano y más de un 200% de los peligrosos clorofluorocarburos (CFC). Todos estos gases son los causantes del llamado “efecto invernadero”. Esto ha traído como consecuencia que la temperatura media del planeta se ha elevado 0.8 grados centígrados con respecto a los niveles que existían antes de la revolución industrial y los expertos advierten de que “si suben las temperaturas globales por encima de la variabilidad natural del clima, será imposible detener y evitar impactos, en ocasiones catastróficos y sobre todo desconocidos”. (IPCC, 2007)

En febrero del 2007, el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) integrado por más de 2,500 científicos del mundo calificó el cambio climático como un fenómeno “inequívoco” y algunos de sus efectos son ya irreversibles.

Este prestigioso grupo de científicos ha citado importantes ejemplos que indican los impactos del cambio climático, tales como el aumento de las muertes durante las olas de calor, la propagación de las enfermedades tropicales (sobre todo aquellas causadas por vectores como los mosquitos y las ratas), las amenazas a los hábitats de muchas especies y el riesgo creciente de incendios forestales, así como la desaparición de muchos sistemas biológicos.

Actualmente es aceptado el término *cambio climático no peligroso*, si se llegara a elevar la temperatura global de la tierra en dos grados o menos durante este siglo, lo cual podría ser posible si las concentraciones de Dióxido de Carbono se mantienen igual o por debajo de las 400 partes por millón, en relación a las emisiones registradas en el año 1990. En el año 2005 esas concentraciones eran de 379 partes por millón, a inicios del 2010 las concentraciones estaban en 380 partes por millón (Web NASA), valores nunca antes registrados en la atmosfera (por lo menos en los últimos 250 millones de años).

Sin embargo en marzo del 2007, un informe publicado por la Administración Nacional Oceánica (NOAA) de los EE.UU. revelaba que el penúltimo invierno (diciembre del 2006 a febrero del 2007) en el hemisferio norte había sido el más cálido desde 1880, ya que las temperaturas fueron 1.3 grados superiores a la media del siglo XX. (NOAA, 2007).

Para entender el cambio climático y su relación con el incremento de la temperatura global, se hace imprescindible conocer cómo funciona el clima en el planeta y cuáles son aquellos aspectos que están interconectados con el clima.

La definición más general del clima global es aquella que reconoce la relación que existe entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielos (criosfera), los organismos vivos (biosfera) y los suelos, sedimentos y rocas (geosfera). Sólo si se considera al sistema climático bajo esta visión holística, es posible entender los flujos de materia y energía en la atmósfera y finalmente comprender las causas del cambio global. En la siguiente figura se ilustra el concepto de clima global:

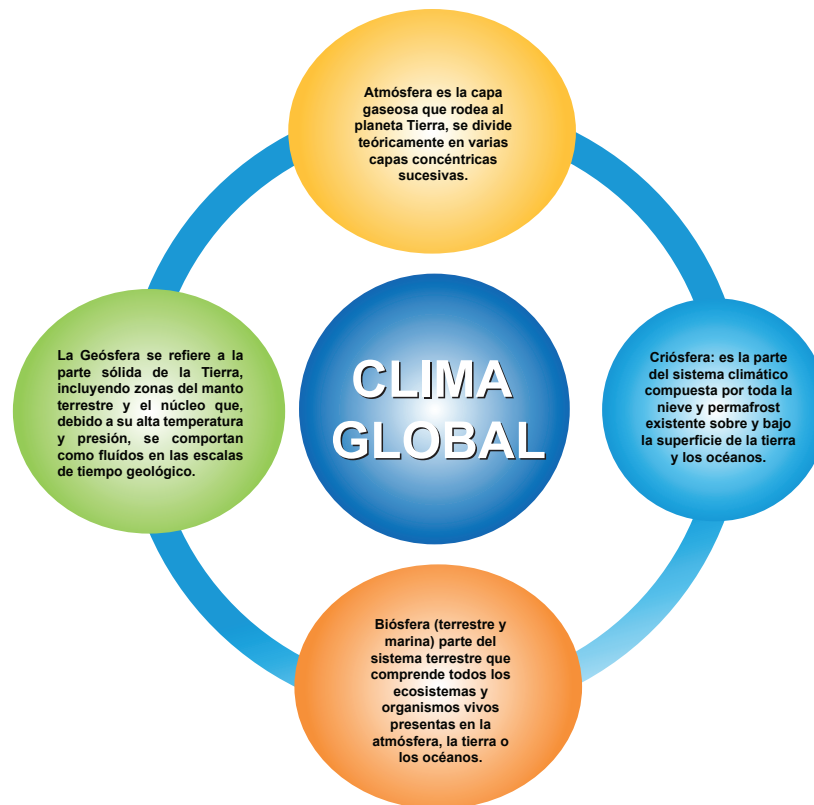


Figura I.1: Concepto de clima global

Como se podrá apreciar, cada uno de los componentes que interactúa dentro del sistema climático global tiene sus propias características que se describen a continuación.

I.2. LA ATMÓSFERA

La atmósfera terrestre es la envoltura gaseosa que rodea la tierra y su capa más importante es la troposfera, ya que contiene el aire que hace posible la vida en la tierra y en ella se producen los fenómenos meteorológicos que determinan el clima debido a los procesos convectivos que son establecidos por el calentamiento de gases superficiales, que se expanden y ascienden a niveles más altos de la troposfera donde nuevamente se enfrían. (GCCIP, 1997)

Los diferentes gases que integran la atmósfera se encuentran bien mezclados, sin embargo, esa mezcla no es físicamente uniforme pues tiene variaciones significativas en temperatura y presión, en relación a la altura sobre el nivel del mar.

La troposfera es la capa de la atmósfera que está en contacto directo con la superficie terrestre y se extiende hasta los 11 kilómetros sobre el nivel medio del mar (Miller, 1991), variando su grosor desde los 8 kilómetros en los polos, hasta 16 kilómetros en el ecuador, debido a la diferencia que existe en el aporte de energía entre los polos y el ecuador

La troposfera contiene el 75% de la masa de gases totales que componen la atmósfera. Está compuesta en un 99% por 2 gases: 78% de nitrógeno y el oxígeno (O₂) en un 21%. El 1% restante contiene argón (Ar) en 1% y dióxido de carbono (CO₂) en 0,035%. (WMO, 1964).

El aire de la troposfera incluye además vapor de agua en cantidades variables de acuerdo a las condiciones locales, desde 0,01% en los polos hasta 5% en los trópicos (Miller, 1991).

Otras capas que forman la atmósfera son: la tropopausa, estratosfera, estratopausa, mesosfera y termosfera.

Después del límite superior de la troposfera, aparece la tropopausa, sobre la cual la temperatura se mantiene constante antes de comenzar nuevamente a aumentar por encima de los 20,000 metros sobre el nivel medio del mar. Esta condición térmica evita la convección del aire en capas más altas y por tanto confina el clima en la troposfera (GCCIP, 1997).

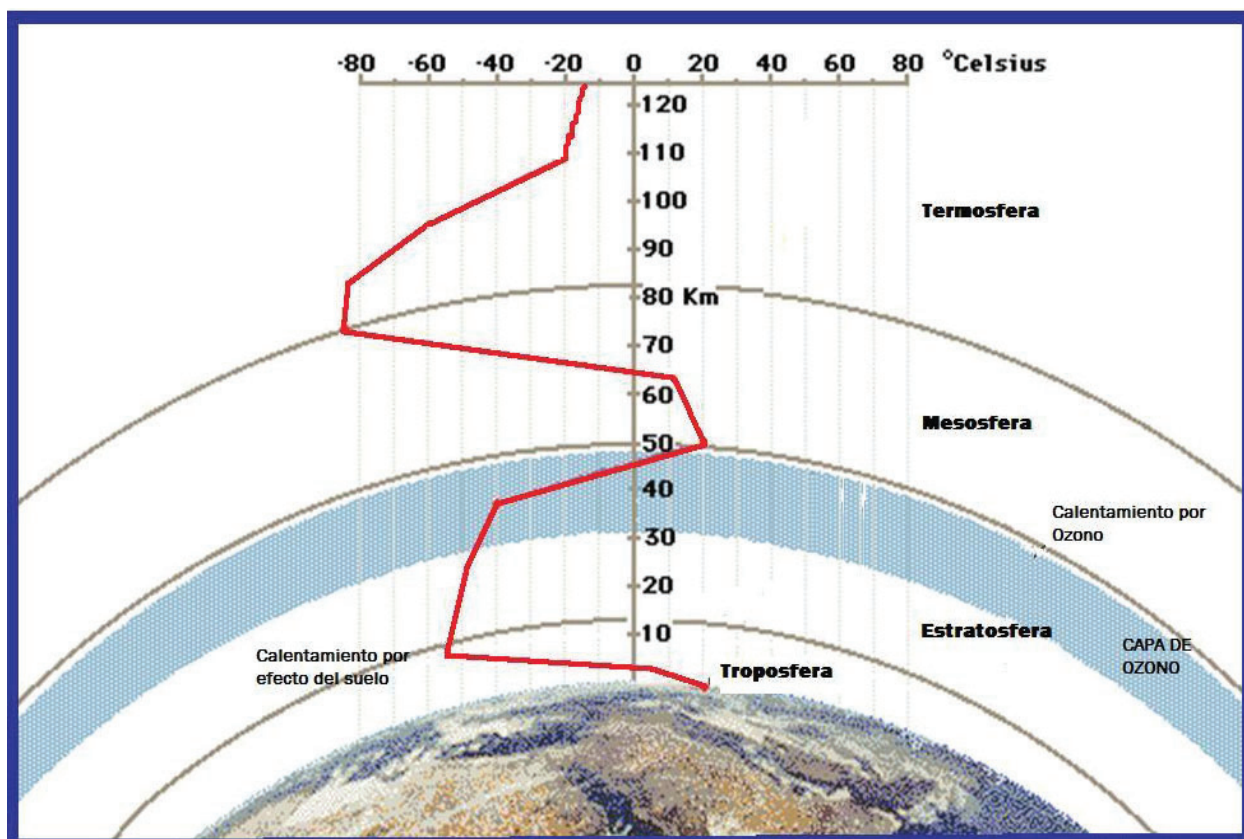


Figura I.2: Capas que integran la atmósfera y su relación con el clima

La capa que se encuentra sobre la tropopausa donde la temperatura comienza a ascender se llama estratosfera, una vez que se alcanzan los 50 kilómetros de altura, la temperatura ha llegado a los 0°C. Esta capa contiene pequeñas cantidades de los gases de la troposfera en densidades decrecientes proporcional a la altura (a medida que se va subiendo). Incluye también cantidades bajísimas de ozono (O₃) que filtran el 99% de los rayos ultravioleta (UV) provenientes de las radiaciones solares (Miller, 1991).

Debido a la absorción de los rayos ultravioleta, la temperatura asciende hasta cerca de los 0°C. Debe tenerse en cuenta que la temperatura disminuye con la altura, en promedio 6.5° C por kilómetro.

Según Miller, (1991), este perfil de temperaturas permite que la estratosfera sea muy estable y evita turbulencias, algo que caracteriza a esta capa, la que a su vez está cubierta por la estratopausa, que causa otra inversión térmica a los 50 kilómetros.

La mesosfera se extiende por encima de los 50 kilómetros y la temperatura desciende hasta -100 °C a los 80 kilómetros, que es su límite superior.

Por encima de los 80 kilómetros sobre el nivel medio del mar, se extiende la termosfera, donde la temperatura asciende continuamente hasta sobre los 1,000 °C. Por la baja densidad de los gases que existen en esas altitudes, no son condiciones de temperatura comparables para que se desarrolle la vida, tal y como la conocemos hoy en la tierra (GCCIP, 1997).

I.2.1. Composición de la atmosfera

Como ya lo mencionamos, la atmosfera está compuesta por una mezcla de varios gases y también aerosoles que son partículas sólidas y líquidas en suspensión, lo que permite mantener las adecuadas condiciones para la vida sobre la tierra.

Según IPCC (2007), el clima terrestre medio mundial se determina por la energía que proviene del Sol, así como por las propiedades de la Tierra y su atmósfera, o sea por el comportamiento de la reflexión, absorción y emisión de energía dentro de la atmósfera y en la superficie.

Si bien es cierto que las cantidades de energía solar que recibe la tierra pueden variar debido a las variaciones en la órbita terrestre alrededor del Sol, lo que afecta tanto las entradas, como las salidas de energía de la Tierra. También, las propiedades de la superficie terrestre y de la atmósfera son importantes, ya que estas propiedades pueden verse afectadas por los llamados retro-efectos climáticos, que consisten en un mecanismo de interacción entre los procesos de todo el sistema que compone el clima, de forma tal que, cuando el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso, este, a su vez, influye en el proceso inicial. (GCCIP, 1997)

En el siguiente gráfico, se puede apreciar el mecanismo de retro-efecto, el cual involucra a la atmosfera, la biosfera, la geosfera y la criosfera. También, se puede apreciar las principales cadenas de interacciones que se producen como consecuencia del desequilibrio energético que causan los gases de efecto invernadero en la atmosfera.

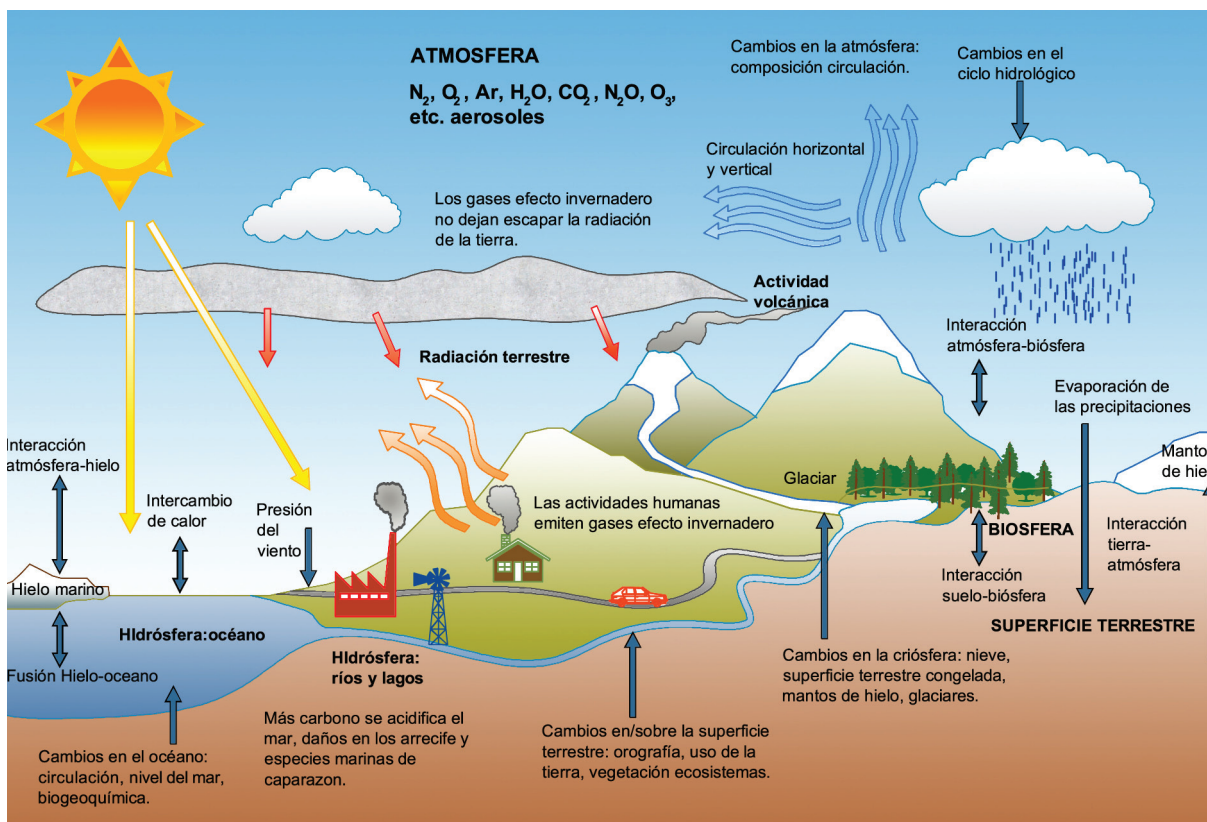


Figura I.3. El mecanismo de retro-efecto. (Fuente modificada de IPCC, 2007)

En su cuarto informe de Consenso Científico, el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambios Climático (IPCC, 2007) expresa que se han producido cambios en varios aspectos de la atmósfera y la superficie del planeta que modifican el presupuesto de energía mundial de la Tierra y que, por lo tanto pueden cambiar el clima. Entre estos cambios se encuentran el aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero que sirven principalmente para aumentar la absorción atmosférica de la radiación emitida, y el aumento de los aerosoles (partículas o gotas microscópicas presentes en el aire) que actúan para reflejar o absorber la radiación solar reflejada y cambian las propiedades radiativas de las nubes.

Tales cambios originan un forzamiento radiactivo del sistema climático. El forzamiento radiactivo es una medida de la influencia que tiene un factor para modificar el equilibrio de la energía entrante y saliente en el sistema atmosférico de la Tierra y representa un índice que mide la importancia como mecanismo potencial del cambio climático. (IPCC, 2007)

Los agentes del forzamiento radiactivo pueden variar considerablemente en cuanto a su magnitud, así como en cuanto a características espaciales y temporales. Este forzamiento radiactivo positivo y negativo explica el aumento o disminución de la temperatura media superficial mundial y con ello la variación del clima. (GCCIP, 1997).

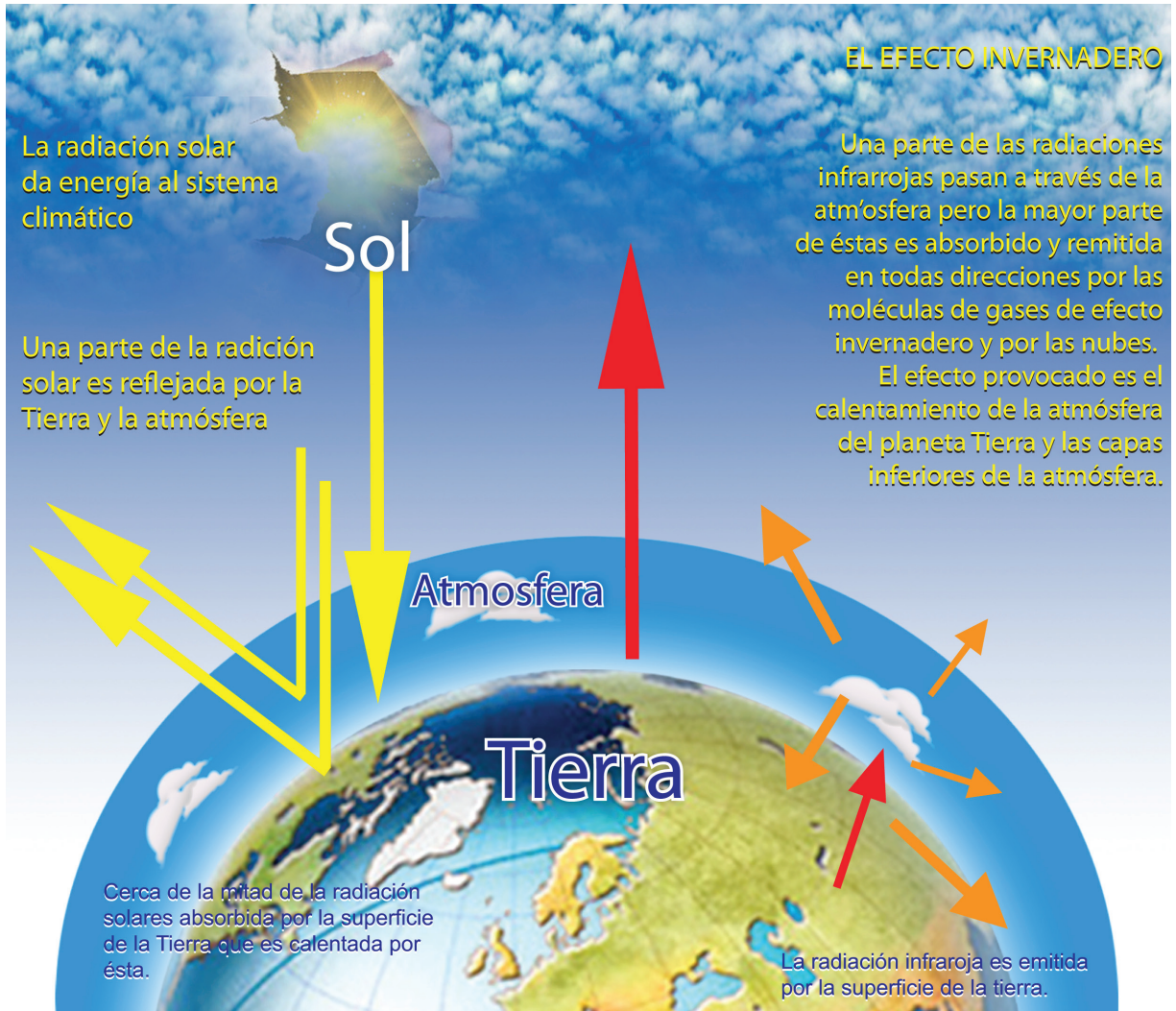


Figura I.4. El efecto invernadero

En la figura anterior, la radiación solar calienta la superficie de la tierra porque la atmósfera es “transparente” a los rayos del sol y al calentarse, el planeta emite radiación terrestre. Los gases de efecto invernadero que existen en la atmosfera absorben y re-emiten la radiación terrestre (esta radiación es infrarroja o sea contiene calor) y la atmósfera se calienta. Gracias a esto la temperatura de la tierra es de 15°C y no de -18°C, por tanto el efecto invernadero es natural y beneficioso.

Sin embargo, lo que está sucediendo es que las diversas actividades humanas han incrementado a cifras preocupantes las concentraciones de estos gases en la atmosfera dando como resultado la pérdida del equilibrio o balance natural de radiaciones y por tanto, gran parte de las radiaciones emitidas por la tierra en forma de calor (radiación infrarroja), están retornando de nuevo a la tierra, pues los gases de efecto invernadero actúan como una especie de barrera.

Todo proceso relacionado con la emisión de cualquier sustancia a la atmósfera lleva implícito el análisis de tres aspectos que son:

- ▶ **La fuente:** que se refiere al punto o lugar donde un gas, o contaminante, es emitido o sea donde entra a la atmósfera.
- ▶ **El sumidero o reservorio:** es un punto o lugar en el cual el gas es removido de la atmósfera, o por reacciones químicas o por absorción en otros componentes del sistema climático, incluyendo océanos, hielos y tierra.
- ▶ **El ciclo de vida:** es el período de tiempo promedio durante el cual una molécula de contaminante se mantiene en la atmósfera. Esto se determina por las velocidades de emisión y de captación en los reservorios o sumideros.

En el siguiente cuadro, se brinda información sobre los principales gases de efecto invernadero, así como de sus fuentes, reservorios y ciclos de vida.

Tabla I.1: Principales características de los gases de efecto invernadero

Nombre del gas	Breve descripción	Emisión natural	Emisión antropogénica	Sumidero	Tiempo de vida
Dióxido de carbono	Se libera desde el interior de la Tierra a través de fenómenos tectónicos y a través de la respiración, procesos de suelos, combustión de compuestos con carbono y la evaporación oceánica. También, el Co ₂ es disuelto en los océanos y consumido en procesos fotosintéticos.	Respiración, escomposición de materia orgánica, incendios forestales naturales.	Quema de combustibles fósiles, cambios en el uso de los suelos (principalmente deforestación), quema de biomasa, industrias y producción de energía termo-eléctrica, etc...	Absorción por las aguas oceánicas, y organismos marinos y terrestres, pecialmente bosques y fitoplanctón.	Entre 50 y 200 años.
Metano	El metano es producido principalmente a través de procesos anaeróbicos tales como los cultivos de arroz o la digestión animal. Es destruido en la baja atmósfera por reacción con radicales hidroxilo libres (-OH).	Naturalmente a través de la escomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas; también en los sistemas digestivos de termitas y rumiantes.	A través de cultivos de arroz, quema de biomasa, quema de combustibles fósiles, basureros a cielo abierto, quema de biomasa y el aumento de rumiantes como fuente de carne.	Reacción con radicales hidroxilo en la troposfera y con el monóxido de carbono (CO) emitido por acción humana.	10 años
Óxido nítrico	El óxido nítrico (N ₂ O) es producido por procesos biológicos en océanos y suelos.	Producido naturalmente en océanos y bosques lluviosos.	Procesos antropogénicos que incluyen combustión industrial, gases de escape de vehículos de combustión interna, etc...	Es destruido toquímicamente en la alta atmósfera.	120 años

Nombre del gas	Breve descripción	Emisión natural	Emisión antropogénica	Sumidero	Tiempo de vida
Ozono	En la estratosfera filtra los rayos ultravioleta dañinos para las estructuras biológicas, es también un gas invernadero que absorbe efectivamente la radiación infrarroja.	Se forma a través de reacciones fotoquímicas que involucran radiación solar, una molécula de O ₂ y un átomo solitario de oxígeno	Puede ser generado por complejas reacciones fotoquímicas asociadas a emisiones antropogénicas y constituye un potente contaminante atmosférico en la troposfera superficial	Es destruido por procesos fotoquímicos que involucran a radicales hidroxilos, NO _x y cloro (Cl, ClO)	Días o semanas
Halocarbonos	Clorofluorocarbonos: compuestos mayormente de origen antrópico, que contienen carbono y halógenos como cloro, bromo, flúor y a veces hidrógeno.	Existen fuentes naturales en las que se producen compuestos relacionados como los metilhaluros.	Los clorofluorocarbonos (CFC) comenzaron a producirse en los años 30 para la refrigeración. Posteriormente, se usaron como propulsores para aerosoles, en la fabricación de espuma, etc...	Los CFC emigran a la estratosfera donde se degradan por acción de los rayos ultravioleta, momento en el cual liberan átomos libres de cloro que destruyen el ozono.	
	droclorofluorocarbonos (HCFC) e Hidrofluorocarbonos (HFC):		Compuestos de origen antrópico que están usándose como sustitutos de los CFC, sólo considerados como transicionales, pues también tienen efectos de gas invernadero.	Estos se degradan en la troposfera por acción de fotodisociación	Por la larga vida que poseen, son gases invernadero miles de veces más potentes que el CO ₂ .
Aerosoles	La variación en la cantidad de aerosoles afecta también el clima. Incluye polvo, cenizas, cristales de sal oceánica, esporas, bacterias, etc... Sus efectos sobre la turbidez atmosférica pueden variar en cortos períodos de tiempo, por ejemplo luego de una erupción volcánica.	Las fuentes naturales se calculan que son 4 a 5 veces mayores que las antropogénicas. Tienen el potencial de influenciar fuertemente la cantidad de radiación de onda corta que llega a la superficie terrestre.			

FUENTE: Elaborado según IPCC, 2007

El vapor de agua es un componente natural de la atmósfera, en una proporción del 1% por volumen, aunque con variaciones significativas según el tiempo y el lugar. Por su abundancia es el gas de efecto invernadero de mayor importancia, jugando un rol vital en el balance global energético de la atmósfera.

Los gases de efecto invernadero de larga vida (conocidos como GEILV), entre los cuales se encuentran el CO₂, el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), persisten en la atmósfera durante períodos de tiempo que van desde décadas hasta siglos o más; por tanto, estos gases influyen en el clima a largo plazo. (Ver tabla anterior)

Debido a su larga vida, estos gases se mezclan bien en la atmósfera, mucho más rápido de lo que se eliminan, por eso los datos de sus concentraciones mundiales no se pueden calcular con exactitud.



Figura 1.5. La figura izquierda muestra una planta de producción de energía termo-eléctrica y derecha, una foto de la circulación vehicular. Ambas fuentes son grandes productoras de CO₂.

También existen gases que son contaminantes del aire, denominados de corta vida, los cuales permanecen en la atmósfera durante días o semanas y tienen una gran influencia en el clima de la tierra. Entre los contaminantes del aire denominados de corta vida se encuentran: el smog de carbón mineral, ozono de baja latitud, nitratos y sulfatos. Cada tipo de contaminante influye de forma diferente en la temperatura de la superficie de la tierra, que van desde el enfriamiento que producen las partículas de sulfatos y nitratos las cuales tienden a reflejar la luz solar, hasta los gases que contribuyen al calentamiento como el smog de carbón mineral y el ozono de baja latitud.



Figura I.6. La quema de cultivos y bosques son una importante fuente de emisión de CO₂.

Según un reporte de NOAA 2008, para el año 2050, los cambios proyectados en las concentraciones de contaminantes de corta vida, en dos de los tres estudios realizados, serán responsables de aproximadamente el 20% del calentamiento global anual simulado.

I.2.2. Balance energético de la atmosfera

La Tierra recibe, desde el sol, radiación electromagnética que se traduce en la superficie del planeta en radiación ultravioleta y radiación visible. Por su parte, la tierra emite radiación infrarroja en forma de calor. Estos dos grandes flujos energéticos deben estar en equilibrio.

Sin embargo, el estado de la atmósfera se relaciona con este balance, de tal forma que los gases de efecto invernadero permiten que la radiación de onda corta solar penetre sin ningún impedimento hacia la Tierra, pero absorben la mayor parte de la emisión de ondas largas terrestres, influyendo significativamente en el balance de los flujos energéticos, lo que determina el estado de los climas y los factores relacionados con ellos a escala global. (GCCIP, 1997)

De esta forma, en la medida que crece la concentración de gases de efecto invernadero, aumenta la capacidad de la atmósfera para absorber y re-emitir ondas infrarrojas hacia la Tierra produciéndose un forzamiento radiactivo del sistema climático, que se traduce en el aumento de la temperatura superficial. Este fenómeno se mide en watts por metro cuadrado (W/m²). (Glynn y Heinke 1999).

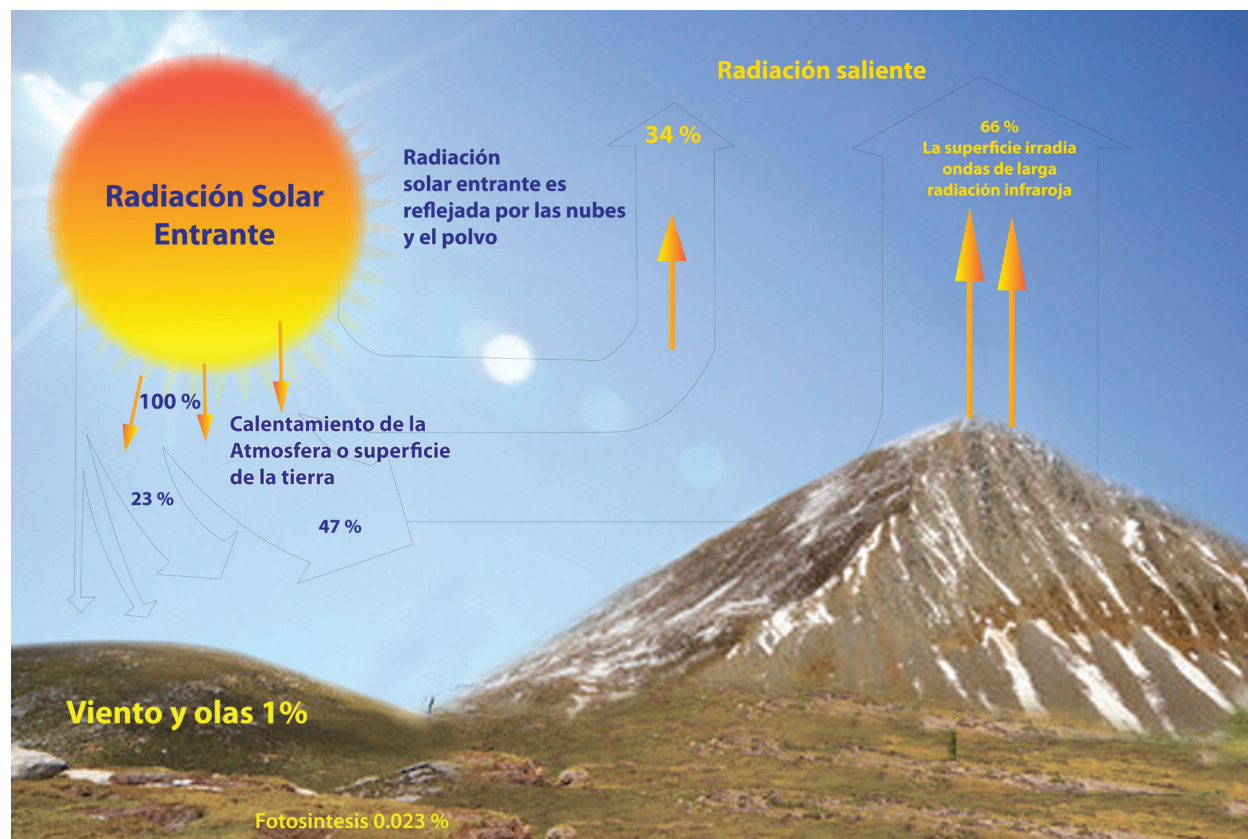


Figura I.7. Balance energético

Las temperaturas del aire en los océanos y continentes están supeditadas a procesos de calentamientos y enfriamientos desiguales producidos por la radiación solar y la radiación infrarroja saliente del planeta. Esto explica los conocidos cambios de temperatura durante un día cualquiera y entre una estación y otra, así como la razón por la cual los trópicos son calientes y los polos son fríos. El transporte de calor por los vientos y las corrientes oceánicas también afecta la temperatura del aire. (IPCC, 2007)

Según Glynn y Heinke (1999), la intensidad media real (el promedio de 24 horas) de radiación solar a nivel del suelo varía desde alrededor de 250 W/m^2 en los desiertos sub-tropicales hasta 80 W/m^2 en las áreas sub-polares nubladas. Por supuesto, la intensidad es cero durante la noche y los valores durante el día son considerablemente mayores que el promedio. En ocasiones, con tiempo despejado y cuando el Sol está en dirección casi vertical, sobre un área se registran valores cercanos a la constante solar ($1,368 \text{ W/m}^2$) durante períodos muy cortos de tiempo. En áreas de latitud media, los valores medios están entre 130 y 160 W/m^2 con base en 24 horas.

Por consiguiente, para acumular 1 Kw de energía solar se necesita un área de 6 a 8 m^2 , si se logra una absorción perfecta, lo que explica que la radiación solar tiene poca energía por unidad de área y por tanto es muy costoso transformarla para usos que requieren una alta temperatura.

El proceso de la radiación solar anteriormente explicado permite comprender por qué las temperaturas son diferentes en otras latitudes del planeta y a diferentes horas, lo que conjuntamente con los movimientos de las masas de aire y la humedad relativa, dan origen a los diferentes tipos de climas.

I.3. LOS OCEANOS

Los vientos superficiales imprimen movimiento a las corrientes oceánicas superficiales globales las que coadyuvan a la transferencia de calor que se lleva a cabo en los océanos, facilitando de esta manera que las aguas cálidas se movilicen hacia los polos y viceversa. La energía también es transferida a través de la evaporación y el agua que se evapora desde la superficie oceánica almacena calor que luego es liberada cuando el vapor se condensa, formando nubes y precipitaciones.

Los océanos almacenan mucha más energía que la atmósfera, lo que se demuestra por su capacidad calórica (4.2 veces mayor a la de la atmósfera) y su mayor densidad (1,000 veces mayor a la de la atmósfera). (GCCIP, 1997)

La estructura vertical de los océanos puede dividirse en dos capas, que difieren en su escala de interacción con la atmósfera: la capa inferior que involucra las aguas frías y profundas, donde se encuentra el 80% del volumen oceánico y la capa superior que está en contacto íntimo con la atmósfera. Es la capa que se conoce como frontera estacional y contiene un volumen mezclado que se extiende sólo hasta los 100 metros de profundidad en los trópicos, pero llega a varios kilómetros en las aguas polares. Sólo esta capa almacena 30 veces más energía que la atmósfera. De esta manera, un cambio de contenido de calor en el océano redundará en un cambio por lo menos 30 veces mayor en la atmósfera. Por tal razón, los pequeños cambios en el contenido energético de los océanos pueden tener un efecto considerable sobre el clima global y sobre la temperatura global (GCCIP, 1997).

El intercambio de energía también ocurre verticalmente, entre la capa frontera de la atmósfera y las aguas profundas. La sal contenida en las aguas marinas se mantiene disuelta en ella al momento de formarse el hielo en los polos, esto aumenta la salinidad del océano. Estas aguas frías y salinas son particularmente densas y se hunden, transportando en ellas considerable cantidad de energía. Para mantener el equilibrio en el flujo de masas de agua, existe una circulación global termo-salina, que juega un rol muy importante en la regulación del clima global y en el nivel del mar. (Miller, 1991)

La circulación termo-salina es entonces la circulación a gran escala de los océanos, determinada por la densidad del agua y causada por diferencias de temperatura y salinidad. En el Atlántico Norte, la circulación termo-salina es una corriente superficial de agua cálida que fluye hacia el norte y una corriente profunda de agua fría que fluye hacia el sur, que sumadas dan como resultado un transporte neto de calor hacia los polos. (IPCC, 2007).

Las observaciones mundiales evidencian que el calor capturado por los océanos implica un cambio importante del balance de energía anteriormente descrito. Esta cantidad de energía incorporada por las capas superiores del océano desempeña una función clave en las variaciones climáticas, en períodos desde estacionales hasta interanuales, así como en la elevación del nivel del mar debido a la dilatación. (NOAA, 2008)

En el siguiente gráfico se muestra cómo interactúa cada uno de los factores anteriormente señalados y su relación con la elevación en el nivel del mar que ocasiona el cambio climático.

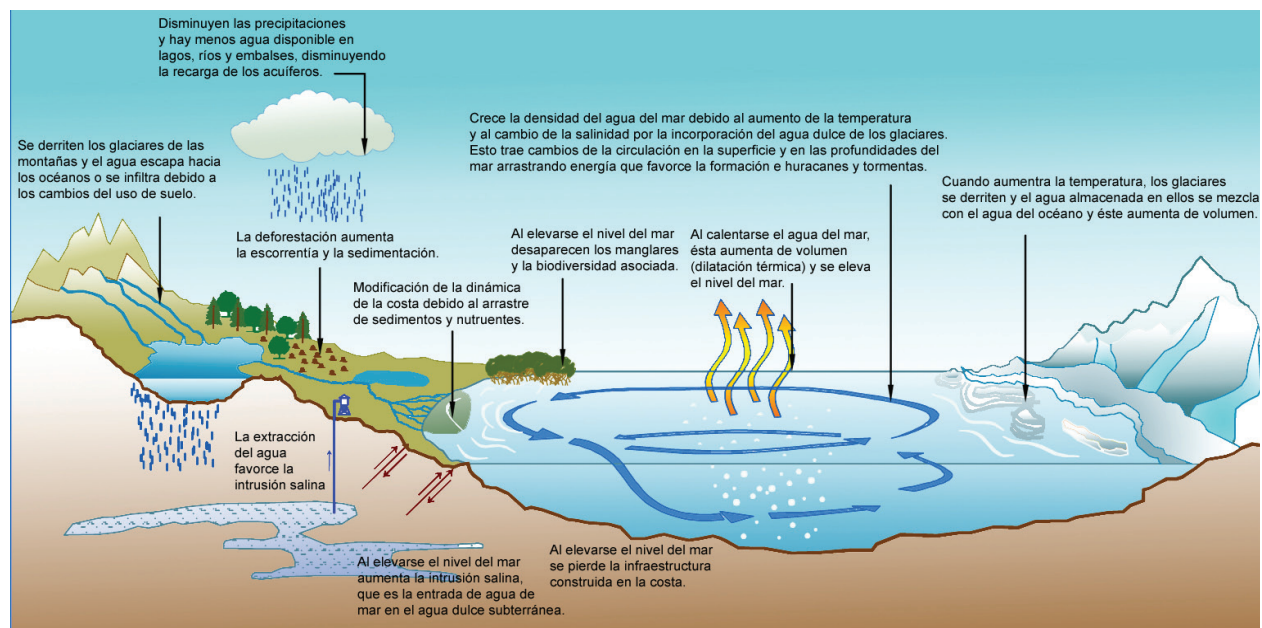


Figura I.8. El proceso de elevación del nivel del mar ocasionado por el cambio climático. (Fuente: modificada del IPCC, 2007)

Es comprensible que la vida marina depende de la situación bio-geoquímica del océano y esta situación se ve afectada por los cambios en la física del agua (temperatura) y de la circulación de las aguas. También, el CO₂ es disuelto en los océanos y consumido en procesos fotosintéticos; por tanto, en la medida en que el océano absorba grandes cantidades de CO₂, las condiciones químicas del mar pueden variar, incluida toda la vida que este contiene.

I.4. LA CRIOSFERA

La criosfera está formada por las regiones que están cubiertas por nieve o hielo, ya sean en la tierra o en el mar. Está incluida en la criosfera, la Antártida, el Océano Ártico, Groenlandia, el norte de Canadá, el norte de Siberia y la mayor parte de las cimas más altas de las cadenas montañosas.

La nieve y el hielo tienen un alto albedo ¹, por ello, algunas partes de la Antártida reflejan hasta un 90% de la radiación solar incidente, comparado con el promedio global que es de un 31%. Sin la criosfera, el albedo global sería considerablemente más bajo, se absorbería más energía a nivel de la superficie terrestre y consecuentemente la temperatura atmosférica sería más alta. Esto explica por qué aumentaría adicionalmente la temperatura del planeta, si el hielo se derrite. (Miller, 1991)

Los mantos de hielo son masas de hielo gruesas y extensas formadas principalmente por la consolidación de la nieve. Los mantos de hielo se extienden bajo los océanos polares por su propio peso y transfieren masas hasta sus márgenes donde se pierden principalmente por la escorrentía del agua que se fusiona en la superficie o por el fraccionamiento de los “icebergs” hacia las márgenes de mares o lagos.

En la actualidad, el hielo cubre permanentemente un 10% de la superficie terrestre y solamente una mínima fracción se encuentra fuera de la Antártida y Groenlandia. Además, el hielo cubre aproximadamente el 7% de los océanos como promedio anual. A mediados del invierno, la nieve cubre aproximadamente el 49% de la superficie terrestre del hemisferio norte. (IPCC, 2007)

La criosfera almacena aproximadamente el 75% del agua dulce del planeta, por tal razón las variaciones en las cubiertas de nieve de las montañas, glaciares y pequeños casquetes de nieve, desempeñan una función importante en la disponibilidad de agua dulce, pues cuando estas fuentes se derriten, se convierten en la principal fuente de abastecimiento de agua en ciertas regiones próximas a estas reservas. Por tanto, el hielo es un componente del sistema climático sujeto a cambios abruptos, después de un calentamiento considerable. (GCCIP, 1997)

Según afirma el IPCC (2007), los estudios demuestran que un calentamiento oceánico de 1°C podría afectar el proceso a través del cual las plataformas de hielo se funden en 10 mm año⁻¹, pero el poco conocimiento de las cavidades que son inaccesibles en las plataformas de hielo, reduce la exactitud de los cálculos sobre las reservas reales que existen de hielo.

I.5. LA BIOSFERA

La participación de la biosfera en el clima global es también muy importante porque esta afecta el albedo de la Tierra, tanto en la parte terrestre, como en los océanos y eso se traduce en el balance energético del clima.

Los bosques continentales tienen bajo albedo comparado con otras regiones que no tienen vegetación, como es el caso de los desiertos. El albedo de un bosque deciduo es de aproximadamente 0.15 a 0.18, mientras que un bosque de coníferas tiene un albedo entre 0.09 y 0.15 y el bosque tropical lluvioso refleja menos aún, pues tiene un albedo entre 0.07 y 0.15. (GCCIP, 1997).

1 El albedo es la fracción de radiación solar reflejada por una superficie o un objeto, por tal razón las superficies cubiertas de nieve tienen un albedo alto; el albedo de los suelos varía entre alto y bajo; las superficies cubiertas de vegetación y los océanos son de albedo bajo.

Es evidente que la presencia de bosques afecta el presupuesto energético del sistema climático en relación al albedo.

Sin embargo, la biosfera juega un papel muy importante en la regulación de los flujos de ciertos gases de efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono y el metano. De igual manera, el plancton de las superficies oceánicas utiliza el dióxido de carbono disuelto para la fotosíntesis, realizando una fijación natural de CO₂. Esta productividad primaria reduce en un factor de 4 la concentración atmosférica del dióxido de carbono y debilita significativamente el efecto invernadero terrestre de forma natural. (Miller, 1991)

Por ejemplo, se estima que hasta el 80% del oxígeno producido por la fotosíntesis es resultado de la acción de las algas oceánicas, especialmente en las áreas costeras. Por ello, la contaminación acuática y la sedimentación en las costas podrían ser muy dañinas en la producción de oxígeno y en la absorción de dióxido de carbono.

La biosfera también influye en la cantidad de aerosoles en la atmósfera. Billones de esporas, virus, bacterias, polen y otras especies orgánicas diminutas son transportadas por los vientos y afectan la radiación solar incidente, influenciando el presupuesto energético global. La productividad primaria oceánica produce compuestos conocidos como dimetilsulfitos, que en la atmósfera se oxidan para formar sulfatos aerosoles que sirven como núcleos de condensación para el vapor de agua, ayudando así a la formación de nubes. Las nubes, a su vez, tienen un complejo efecto sobre el presupuesto energético climático; por lo que cualquier cambio en la productividad primaria de los océanos puede afectar indirectamente el clima global. (GCCIP, 1997).

La absorción y almacenamiento del carbono en la biosfera terrestre resulta de la diferencia entre la absorción debida al crecimiento de la vegetación, los cambios en la reforestación y en el secuestro de carbono, así como las emisiones debidas a la respiración heterotrófica, las cosechas y los suelos. El aumento o la disminución de la frecuencia de incendios en diferentes regiones afecta la captación neta del carbono y en las regiones boreales, aumentaron las emisiones debido a incendios durante las últimas décadas. (IPCC, 2007)

Existen por supuesto muchos otros mecanismos de la biosfera y procesos que afectan y que están acoplados al resto del sistema climático global.

I.6. LA GEOSFERA

El otro componente que interactúa con el clima global está integrado por los suelos, sedimentos y rocas de las masas de tierras, corteza continental y oceánica, y en última instancia, el interior de la Tierra cuya interacción varía según las escalas temporales.

Los cambios en la forma de las cuencas oceánicas y el tamaño de las cadenas montañosas continentales, influyen en las transferencias energéticas del sistema climático. (GCCIP, 1997)

En escalas de tiempo menores, ciertos procesos químicos y físicos afectan algunas características de los suelos, tales como la disponibilidad de humedad, la escorrentía y los flujos de gases de

efecto invernadero y aerosoles hacia la atmósfera y los océanos. El vulcanismo, aunque es impulsado por el lento movimiento de las placas tectónicas, ocurre regularmente en escalas de tiempo menores. Las erupciones volcánicas agregan dióxido de carbono a la atmósfera y emiten además, grandes cantidades de polvo y aerosoles. (GCCIP, 1997)

Las erupciones volcánicas explosivas aumentan en gran medida la concentración de aerosoles de azufre en la estratosfera. Una simple erupción puede enfriar el clima medio mundial durante algunos años. Este es un ejemplo de cómo los aerosoles volcánicos afectan a los balances de energía radiactiva tanto de la estratosfera como de la superficie.



Figura I.9. Las erupciones volcánicas también contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero, aunque estas emisiones no se comparan como las que son generadas por las actividades humanas. **La foto del Dr. Jaime Incer muestra el volcán Concepción en la Isla Ometepe, Nicaragua.**

Todo cambio importante que se produzca en el balance de radiación, afecta el balance de calor y humedad de la superficie de la tierra y por lo tanto, el ciclo hidrológico a través de los cambios en la cantidad de aerosoles, los que a su vez pueden afectar el comportamiento del régimen de precipitaciones y la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas.

También, la cantidad de energía depositada en la superficie de la tierra afecta la evaporación y la transferencia de calor creando una importante incidencia en el clima.

I.7. EL CLIMA

El clima se define como todos los estados atmosféricos que predominan en una localidad determinada, mientras que el estado del tiempo es el comportamiento momentáneo de la

atmósfera. Luego, el concepto de clima lleva implícito las características a largo plazo de las variables que definen el tiempo en una localidad, mediante la descripción estadística en términos de valores medios y de variabilidad de las cantidades parámetros de interés durante un período que puede abarcar desde algunos meses hasta miles o millones de años; por tal razón, su estudio tiene un alto componente estadístico porque la mayoría de sus variables se mide y se pronostica a partir de series. Por eso, el valor medio y la desviación son los principales parámetros estadísticos que se utilizan para reflejar el comportamiento de cualquier variable, asociándose siempre a la frecuencia de ocurrencia de ciertos valores. El valor medio siempre expresa un 50% de probabilidad de ocurrencia. (WMO, 2009)

Desde el punto de vista ambiental, cada día se le atribuye mayor importancia al clima porque sus variables - como son la temperatura, la humedad, régimen de viento, precipitación, etc... – ejercen una notable influencia sobre otros factores ambientales como sucede con el tipo de suelo y la vegetación, lo que a su vez influye en el uso de la tierra. (Milán, 2004)

El clima también se relaciona con el relieve (altitud), por lo que ambos afectan la forma de ocupación del espacio por parte de la población, debido a que ésta siempre prefiere las ventajas de un clima y una topografía favorables. Otro aspecto importante del clima se relaciona con la actividad física del ser humano y su bienestar mental, pudiendo estimular o disminuir las actuaciones humanas según la influencia que ejerce este factor ambiental. (Milán, 2004)

Los gases de efecto invernadero, como se ha visto, crean modificaciones climáticas a escala global; sin embargo, el desarrollo urbano y el cambio de uso del suelo suelen producir alteraciones micro y meso-climáticas que pueden estar originadas por la destrucción de la vegetación debido a la tala, por la presencia de nuevas superficies asfaltadas o impermeables, por la posibilidad de crear corredores o “barreras” donde se encausa o detiene el viento, así como por la aparición del llamado fenómeno “isla de calor” que se suele producir en las grandes ciudades. (Milán, 2004)

1.7.1. El clima y su relación con el medio

Los aspectos de un territorio que pueden modificar las características climáticas generales de toda una región pueden variar según el uso del suelo. Así por ejemplo, en los territorios no urbanizados con predominio de un medio natural, los principales aspectos que pueden modificar las características climáticas son:

Tabla 1.2. Incidencia del medio natural en el clima

Aspectos del territorio que modifican el clima	Tipo de incidencia en el clima
Características del relieve (barreras montañosas, valles y depresiones).	Pueden modificar los regímenes de vientos, las precipitaciones, la humedad y las temperaturas.

Aspectos del territorio que modifican el clima	Tipo de incidencia en el clima
Orientación o latitud. (posición de una zona respecto al norte geográfico).	Modifica directamente la radiación, tanto en cantidad como en tiempo, y a partir de ella, el resto de las variables climáticas por su influencia en la vegetación.
Presencia de cursos o masas de agua.	Estas modifican la humedad relativa de las zonas próximas y la evaporación del agua provoca un enfriamiento local del aire.
Constitución del suelo y tipo de cubierta vegetal.	La cubierta del suelo modifica la temperatura a nivel local.
Altitud.	Influye especialmente sobre la temperatura y la precipitación. La altitud provoca una disminución de la temperatura media. Esto se debe a la disminución, que se registra con la altura, del contenido de agua y partículas en suspensión, las que absorben y difunden la radiación solar.

Fuente: (Milán, 2004)

Los espacios transformados por los seres humanos (las ciudades), influyen también notablemente sobre el clima local, a través de los siguientes aspectos:

Tabla I.3. Incidencia del medio construido en el clima

Aspectos de los asentamientos humanos que modifican el clima	Tipo de incidencia en el clima
Topografía.	Influye tanto en la temperatura como en la precipitación.
Morfología urbana.	La disposición y forma del asentamiento humano respecto a la dirección de los vientos predominantes, influye en la temperatura ambiente.
Densidad de construcciones.	Altas densidades de construcciones suponen mayor cantidad de fuentes de generación de calor.
Tipología de las construcciones, textura y color.	La forma, los materiales y el color influyen en los valores de reflexión e inciden en la cantidad de calor liberado. Ello supone cambios de temperatura.
Densidad de infraestructura vial y volumen de circulación vehicular.	Las superficies oscuras de los pavimentos absorben mayor cantidad de calor y las emisiones de los vehículos también son fuentes de calentamiento (variación del albedo).
Superficie de áreas verdes.	Tienen una importante incidencia en el clima local porque disminuyen la temperatura y contribuyen a la disponibilidad de agua en la atmósfera con la evapotranspiración.
Densidad industrial.	Son importantes fuentes puntuales de producción de calor y emisión de contaminantes al aire.

Fuente: (Milán, 2004)

En los estudios del clima se utiliza un grupo importantes de variables, tales como la temperatura, la humedad relativa, las precipitaciones, el viento, la evapotranspiración y muchas otras. Sin embargo, en esta obra, se hará énfasis en la temperatura y las precipitaciones por ser dos variables claves para el estudio del cambio climático.

I.7.2. Temperatura

La temperatura atmosférica es el indicador de la cantidad de energía calorífica acumulada en el aire, la cual se suele medir en grados centígrados ($^{\circ}$ C). (MOPT, 1992)

Debido a la influencia que ejerce en el ser humano, en la vegetación, en la fauna y en muchos otros factores ambientales, la temperatura, conjuntamente con la humedad relativa, son las variables climáticas más importantes, incluso la temperatura es una variable básica para establecer las clasificaciones climáticas a cualquier escala. (MOPT, 1992)

La temperatura depende de diversos factores, por ejemplo, la inclinación de los rayos solares, el tipo de sustratos (la roca absorbe energía, el hielo la refleja), la dirección y fuerza del viento, la latitud, la altura sobre el nivel del mar y la proximidad de masas de agua.

Factores que intervienen en la temperatura

Para realizar un análisis climático, es necesario tomar en consideración las variaciones que experimenta la temperatura en un mismo lugar, tanto a lo largo de un día como de una estación, porque son estas variaciones de un territorio a otro, las que definen los meso o micro-climas. (Milán, 2004)

Variación diurna

Se define como el cambio de temperatura entre el día y la noche, producido por la rotación de la Tierra. Durante el día, la radiación solar es en general mayor que la terrestre, por lo tanto la superficie de la Tierra es más caliente, mientras que durante la noche, en ausencia de la radiación solar, solo actúa la radiación terrestre y por tal razón la superficie se enfría. Este enfriamiento continúa hasta la salida del sol, que es cuando llega a ocurrir la temperatura mínima.

Variación estacional

Esta variación se debe a la inclinación del eje terrestre y el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol. El ángulo de incidencia de los rayos solares varía estacionalmente de forma diferente para los dos hemisferios.

El hemisferio norte es más cálido en los meses de junio, julio y agosto, en tanto que el hemisferio sur recibe más energía en diciembre, enero y febrero.

Variación con la latitud

La mayor inclinación de los rayos solares en altas latitudes, hacen que estos entreguen menor energía solar sobre estas regiones, siendo mínima dicha energía en los polos. Sin embargo, en el ecuador, los rayos solares llegan perpendiculares, por tanto es máxima la radiación en esta zona.

Variación con el tipo de superficie

La distribución de continentes y océanos produce un efecto muy importante en la variación de la temperatura, debido a sus diferentes capacidades de absorción y emisión de la radiación.

Las grandes masas de agua tienden a minimizar los cambios de temperatura, mientras que los continentes permiten altas variaciones. Ello se debe a las diferentes coberturas del suelo: en efecto, los suelos pantanosos, húmedos y las áreas con vegetación espesa tienden a atenuar los cambios de temperaturas, mientras que las regiones desérticas o áridas permiten grandes cambios.

Variaciones con la altura

En la primera parte de la atmósfera, llamada troposfera, la temperatura decrece con la altura. Este decrecimiento se define como gradiente vertical de temperatura y es en promedio de $6.5^{\circ} \text{C}/1,000 \text{ m}$. Sin embargo, ocurre a menudo que se registra un aumento de la temperatura con la altura que se llama inversión de temperatura.

La determinación del modo de variación de la temperatura facilita predecir los valores para zonas donde no existen datos, tomando como referencia los datos conocidos de un determinado lugar.

I.7.3. Precipitación

La precipitación es uno de los componentes del clima que sirve como regulador del ciclo hidrológico en un territorio e influye en el carácter de la ecología, el paisaje y los usos del suelo.

Toda forma de precipitación significativa proviene de nubes formadas por elevación. El aire húmedo que asciende se enfría de manera adiabática hasta por debajo del punto de rocío. Existen dos grandes grupos de familias de nubes: las que se deben a una elevación lenta y oblicua, llamadas nubes de capa que son típicas de las tormentas ciclónicas y pueden tener un espesor de 5 a 8 Km, produciendo precipitaciones ciclónicas o frontales. El otro grupo de nubes es producto de una rápida elevación convectiva de columnas de aire en condiciones inestables, llamadas cúmulos o cúmulo nimbos que producen precipitaciones convectivas. (WMO, 1964)

Este segundo grupo de nubes se producen por la rápida elevación de columnas pequeñas (del orden de 0.5 a 100 km^2 de sección transversal), variando desde las pequeñas fumaradas de cúmulos, que son típicas en un día con buen tiempo, hasta enormes masas de cúmulo nimbos que se alcanzan hasta más de 15 Km de altura. Estas producen chubascos cortos y violentos y son la causa predominante de lluvia en los trópicos y en el verano de latitudes medias. Las precipitaciones más fuertes suelen ir acompañadas de relámpagos y truenos. (WMO, 2009)

También existen las *precipitaciones orográficas*, que se producen por el choque de una masa de aire húmedo contra una montaña, lo que provoca su ascenso hasta alcanzar su nivel de condensación. Habitualmente, el desarrollo de estas nubes es horizontal, se llaman estratos y originan una precipitación por contacto de tipo horizontal.

Finalmente existen las *precipitaciones frontales*, las cuales se producen en un frente o zona de contacto entre dos masas de aire de distinta temperatura y humedad. Las dos masas se comportan como sistemas aislados, por lo que no se mezclan sino que chocan y en la zona de contacto entre ellas, es decir en el frente, se libera la energía originada por la diferencia de temperaturas en forma de lluvias o de vientos.

Durante el transcurso de una tormenta, se forman iones de partículas que contiene la atmósfera. Los iones positivos en la parte alta y los negativos en la parte baja de las nubes. Además, la tierra también se carga de iones positivos.

Todo ello genera una diferencia de potencial de millones de voltios que acaba originando fuertes descargas eléctricas entre distintos puntos de la nube, entre nubes distintas o entre la nube y la tierra: a dicha descarga eléctrica se le conoce como rayo. El relámpago es el fenómeno luminoso asociado a un rayo, aunque también suele darse este nombre a las descargas eléctricas producidas entre las nubes. (WMO, 2009).

El calor producido por la descarga eléctrica calienta el aire y lo expande bruscamente y después se contrae al enfriarse, dando lugar a ondas de presión que se propagan como ondas sonoras. Estas ondas sonoras que se propagan a la velocidad del sonido (300 m/seg) son el denominado trueno.

El régimen de precipitación es una variable de alta relevancia porque: (Milán, 2004)

- ▶ Conjuntamente con la temperatura y la humedad, se pueden establecer clasificaciones climáticas a las que se subordinan diferentes formas de vida, por lo que es un indicador muy importante para los ecosistemas.
- ▶ El régimen de precipitación, junto a la topografía y otras variables hidrológicas, permite determinar los riesgos de inundaciones en un territorio.
- ▶ Conjuntamente con la evapotranspiración permite conocer la disponibilidad de agua de cierto territorio para ser utilizado en la agricultura.
- ▶ El régimen de precipitación influye decisivamente en las formas de uso del suelo.
- ▶ El régimen de precipitaciones, asociado a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas, permite conocer la disponibilidad de agua para el consumo humano, así como determinar la vulnerabilidad a la contaminación de esas formas de agua.

Al expresar la precipitación, existen una serie de datos que se extraen directamente de los registros en las estaciones meteorológicas o que se pueden deducir a partir de los registros.

Frente, ciclón y anticiclón (Mcil Veen, J. R. 1986)

Cuando dos grandes masas de aire con temperaturas distintas y uniformes se encuentran, se produce un choque que genera una variación brusca de la humedad y de la temperatura. La línea de choque se llama *frente*.

El frente es frío cuando el aire frío avanza hacia el caliente y el frente es caliente si el aire caliente se abre paso hacia el frío. La zona que se altera como consecuencia del choque se llama ciclón o depresión. Mientras la zona donde la atmósfera es más estable, con altas presiones, se llama anticiclón.

El ciclón es una zona de baja presión atmosférica rodeada por un sistema de vientos que, en el hemisferio norte, se mueven en sentido opuesto a las agujas del reloj, y en sentido contrario en el hemisferio sur.

Un anticiclón es una zona donde la presión atmosférica es más alta que en las zonas circundantes.

I.7.4. La circulación atmosférica (Mcil Veen, J. R. 1986)

El aire que se calienta en el ecuador, es ligero y asciende, mientras que el aire frío en los polos es pesado y desciende.

Si no fuera por la rotación terrestre, se establecería una corriente de aire desde los polos hasta el ecuador al nivel del suelo y una corriente en dirección contraria en altura, sin embargo la conservación del momento angular (la fuerza de Coriolis) impide que esto sea así, ya que desvía estas corrientes, y entonces surgen tres zonas o células, con descendencias sobre los 30 ° de latitud y ascensiones sobre los 60 °, además de la ascensión ecuatorial y la descendencia polar. (Ver esquema) Glynn y Heinke (1999).

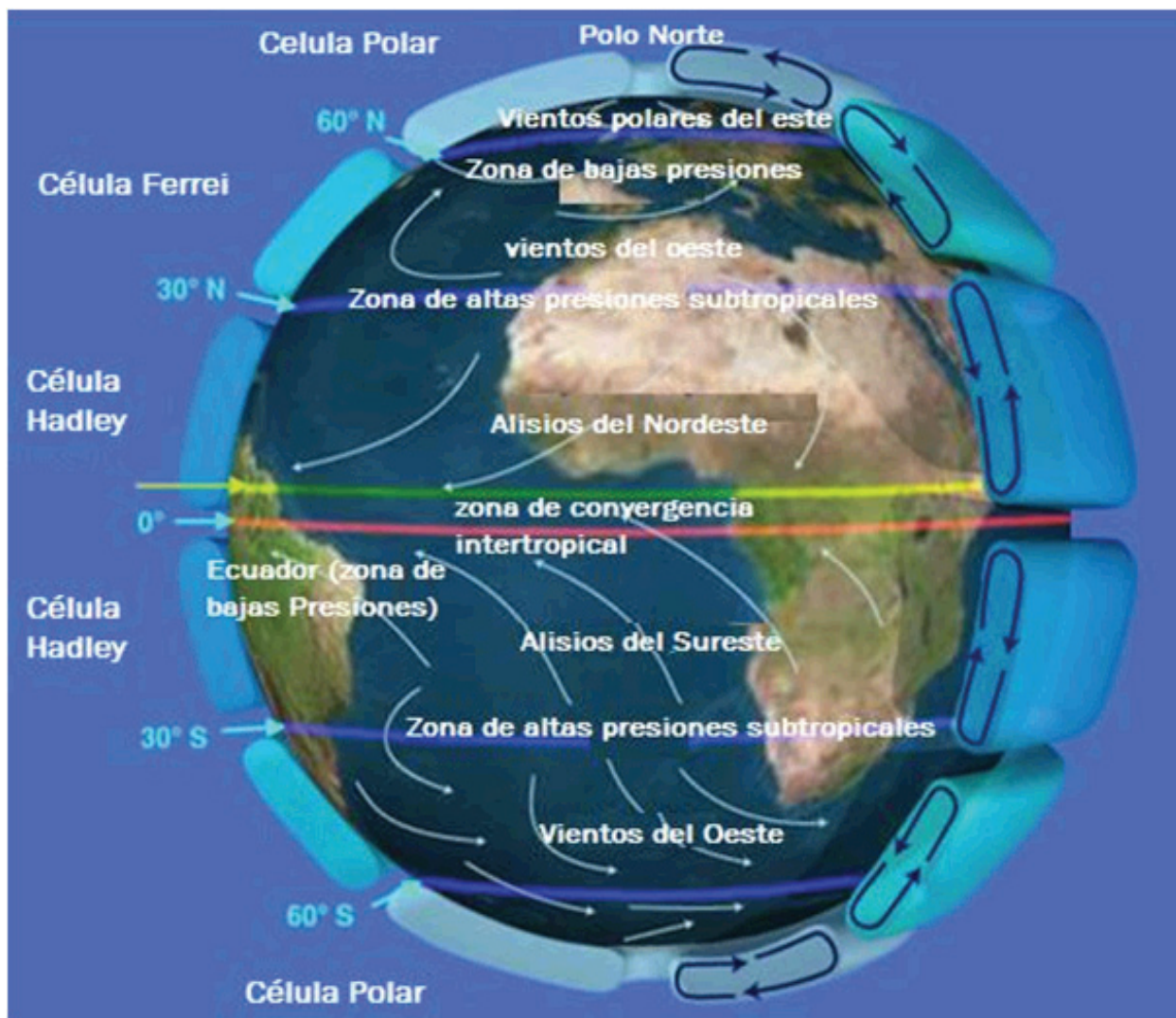


Figura I.10. Esquema que representa el modelo de circulación general simplificado de la atmósfera

Vientos polares

Se originan en las altas latitudes y en ocasiones descienden hasta los trópicos. Estas masas de aire, que poseen en sus inicios una temperatura muy baja, escasa humedad específica y una gran estabilidad, se calientan en la base durante su desplazamiento hacia el sur, haciéndose cada vez más “inestables”, lo que favorece el desarrollo de las nubes de convección, cúmulos y cúmulo nimbos, y cielos “variables” que lo caracterizan.

Vientos alisios

Estos son originarios de las latitudes tropicales y llegan frecuentemente hasta las latitudes medias. Este aire, desplazándose hacia el norte, se enfría por su base y se vuelve cada vez más “estable” y por ello, cuando llega a las regiones templadas, va acompañado de nieblas, brumas o nubes estratificadas, (estratos o estrato cúmulos), seguidas muy a menudo de lloviznas.

Si el aire tropical es de origen marítimo, posee una gran humedad específica, aportando nubes con tormentas.

Centros de presión

En las zonas de baja presión, el aire es cálido y, por tanto, al ser más ligero asciende. Esto hace que el aire de las zonas circundantes se desplace en superficie hacia el centro de las zonas de baja presión para llenar el vacío creado por el aire que se eleva, se condensa formando nubes que provocan precipitaciones, con ello surge una zona de “mal tiempo”.

Por el contrario, en las zonas de alta presión, el aire es más frío y pesado, baja de las partes más altas de la troposfera y realiza un desplazamiento en superficie que lo aleja del centro de altas presiones. En este caso, el aire que desciende se calienta progresivamente y apenas se forman nubes. Es una zona de “buen tiempo”.

1.7.5. Clasificación climática

Muchas de las variables relacionadas con el clima han sido utilizadas por diversos autores para establecer clasificaciones de tipos de climas o para la determinación de índices que están en función de la temperatura, humedad, precipitación, evapotranspiración u otros.

Las clasificaciones climáticas pueden tener diversos fines y escalas de alcances. En el siguiente cuadro, se muestra una síntesis de algunas de las clasificaciones climáticas más usadas.

Tabla I.4. Síntesis de algunas clasificaciones climáticas

Tipos de clasificaciones o autor	Principales variables	Comentario
Clasificación de Papadakis (1966)	Se basa en los regímenes de temperatura y humedad anual.	Se sintetiza en 10 tipos de climas y se subdivide en 6 tipos climáticos. Tiene caracterización por tipos de cultivos y paisajes.
Thornthwaite (1931)	Precipitación efectiva que es un índice en función de la precipitación y la temperatura, así como la efectividad térmica, que es otro índice que se deduce de la temperatura.	
Clasificación basada en el bienestar humano (Terjung, 1966)	Se basa en el índice de bienestar y el enfriamiento por el viento.	La clasificación está basada en el confort humano y los índices son deducidos básicamente de la temperatura (bulbo seco y húmedo). Se establecen rangos climáticos de bienestar.
Thornthwaite (1948)	Está basada en la evapotranspiración potencial y la precipitación.	Se determina índices para establecer los tipos climáticos, tales como índice de humedad e índice de aridez.

Tipos de clasificaciones o autor	Principales variables	Comentario
Koppen (1938)	Está basado en las medias mensuales y anuales de temperatura y la precipitación, seleccionadas como valores críticos para la vegetación.	Establece 12 tipos climáticos y utiliza la vegetación como indicadora del clima.
Clasificaciones climáticas a partir de la vegetación	Existen diversas clasificaciones, que se basan en las relaciones entre los factores climáticos y episodios o fenómenos periódicos en la vida vegetal o animal.	Por lo general, se basa en la selección de especies indicadoras y se utilizan episodios tales como, foliación, maduración de frutos, defoliación, salida de espigas o recolección.
Sistema de Holdridge (1978).	Está basado en zonas de vida que son divisiones de calor, precipitación y humedad equivalentemente ponderadas. El calor se expresa como biotemperatura, que es una medida de calor efectivo en el crecimiento de la planta (0-30 grados Celsius). La precipitación es la precipitación total anual y la humedad efectiva es una combinación de biotemperatura y precipitación.	Las zonas de vidas son áreas de paisajes naturales homogéneas en cuanto a clima, por tanto es una clasificación climática con una fuerte base ecológica que se interrelaciona con diversos factores del medio ambiente.

Fuente: Elaborada según MOPT (1992)

La clasificación climática de un territorio ésta inter-relacionada con otros factores como son el uso del suelo, la altitud, la topografía y otros factores ambientales. La clasificación climática puede expresarse mediante mapas cartográficos referenciados con símbolos o manchas que después se superponen con otros tipos de datos.

En Nicaragua, las clasificaciones climáticas más conocidas son la de Koppen (1938) y la de zonas de vida de Holdridge (1978). Por tal razón se describirán brevemente.

1.7.5.1. Clasificación climática de Koppen

Koppen (1938), establece límites de doce tipos climáticos. De esta forma el límite entre el tipo húmedo y el semi-árido se establece por medio de la relación entre la precipitación y la temperatura anual según lo siguiente:

$$R = 0,44 T - N$$

Donde

N = constante que depende de la distribución estacional de las precipitaciones que toma los siguientes valores:

- En climas con verano seco, N = 14
- Cuando la distribución de la precipitación es uniforme, N = 8.5
- Para climas con inviernos secos, N = 3.5

Si la media de precipitación anual es menor que el valor de R, la región es a la vez árida y semi-árida. Cuando la cantidad anual de lluvia es menor que la mitad del valor de R, la región es árida y cuando la precipitación se encuentra entre R y $\frac{1}{2} R$, la región es semi-árida.

En opinión del autor, esta clasificación brinda datos útiles y exactos a nivel macro-climático, de países o regiones.

Tabla I.5. Clasificación climática de Koppen

Primeros dos símbolos	Tipo	Criterio para el primer símbolo	Segundo símbolo	Criterio para el símbolo
Af	Selva tropical	T > 64.4. grados F en el mes más frío	f	Sin estación seca – R > 30 mm todos los meses.
Am			s	Estación seca en verano.
Aw	Sabana tropical		w	Estación seca en invierno.
Bs	Semi-árido o de estepa	R < 0.44 T- N	m	Precipitación del mes más seco superior a 3.94 R/25.
Bw	Árido o desértico	R < $\frac{1}{2}$ (0.44 T- N)	T	Mayor de 34 grados F para el mes más cálido.
Cf	Húmedo subtropical		E	Menor de 34 grados F para el mes más cálido.
Cs	Sub-tropical con verano seco	T > 26.6 grados F < 64.4. grados F en el mes más frío	a	El mes más cálido por encima de 71.6 grados F.
Cw	Sub-tropical con invierno seco		b	El mes más cálido por debajo de 71.6 grados F.
Df	Clima húmedo frío	T > 26.6 grados F para el mes más frío y T > 50 grados F para el mes más cálido	c	El mes más cálido por debajo de 71.6 grados F. Menos de 4 meses por encima de 50 grados F.
Dw	Clima frío con invierno seco		d	Mes más frío por debajo de 36.4 grados F.
ET	Clima de tundra	Menos de 50 grados F para el mes más cálido	h	Temperatura media anual por encima de 64.4 grados F.
EF	Clima de hielo perpetuo		k	Temperatura media anual por encima de 64.4 grados F.

FUENTE: MOPT (1992)

I.7.5.2. Sistema de zona de vida de Holdridge

La clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978) está basada en datos climáticos que se representan gráficamente mediante un conjunto tridimensional de zonas de vida en regiones y fajas altitudinales.

En el sistema de Holdridge, las posiciones climáticas organizan las zonas de vidas basales (al nivel del mar), desde el ecuador hasta el polo norte o el polo sur, mientras que al considerar el diagrama verticalmente, éste muestra las posiciones relativas y las dimensiones en altura de las diferentes zonas de vidas altitudinales que se superponen a las zonas de vida basales de cada región latitudinal.

La clasificación de Holdridge (1978) representa las zonas de vidas como un conjunto de barras de 6 lados (hexágonos) que se extienden desde el ecuador hacia los polos con cierta curvatura para adaptarse a la forma de la tierra.

Datos básicos de la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978)

Las tres variables ambientales en que se basa ésta clasificación son:

- El calor.
- La precipitación.
- La humedad.

La medida de calor utilizada por Holdridge (1978) es la biotemperatura anual promedio, que consiste en un promedio de las temperaturas en grados centígrados, dentro de unos valores en los que ocurre el crecimiento vegetativo y tiene un rango que varía de 0 °C como mínimo a 30 °C como máximo.

Sin embargo la mayoría de la información disponible de temperatura se registra en promedios mensuales, para ello el autor desarrolló una fórmula empírica que convierte la temperatura promedio mensual a biotemperatura promedio mensual. La fórmula es la siguiente:

$$T_{bio} = t - \frac{(3 \times \text{grados de latitud}) \times (t-24)^2}{100}$$

Donde:

T_{bio} = biotemperatura promedio mensual en °C

t = temperatura promedio mensual en °C

Los valores de biotemperatura aumentan logarítmicamente, desde la base hacia la parte superior de la zona de vida, y las líneas discontinuas horizontales representan los valores de biotemperatura promedio anual de 1.5°, 3, 6°, 12° y 24°. Estas líneas guías tienen dos significados: primero, demarcan los límites entre las regiones latitudinales cuyos nombres aparecen en la parte izquierda del diagrama, y segundo, estas líneas también demarcan las zonas altitudinales que aparecen en la parte derecha del gráfico.

La segunda variable climática utilizada por Holdridge (1978) es la precipitación. En el gráfico de zonas de vida de Holdridge, estos valores aumentan de izquierda a derecha y las líneas guías de precipitación promedio anual atraviesan el diagrama desde la parte inferior izquierda hasta la superior derecha, formando un ángulo de 60 grados con las líneas guías de biotemperatura.

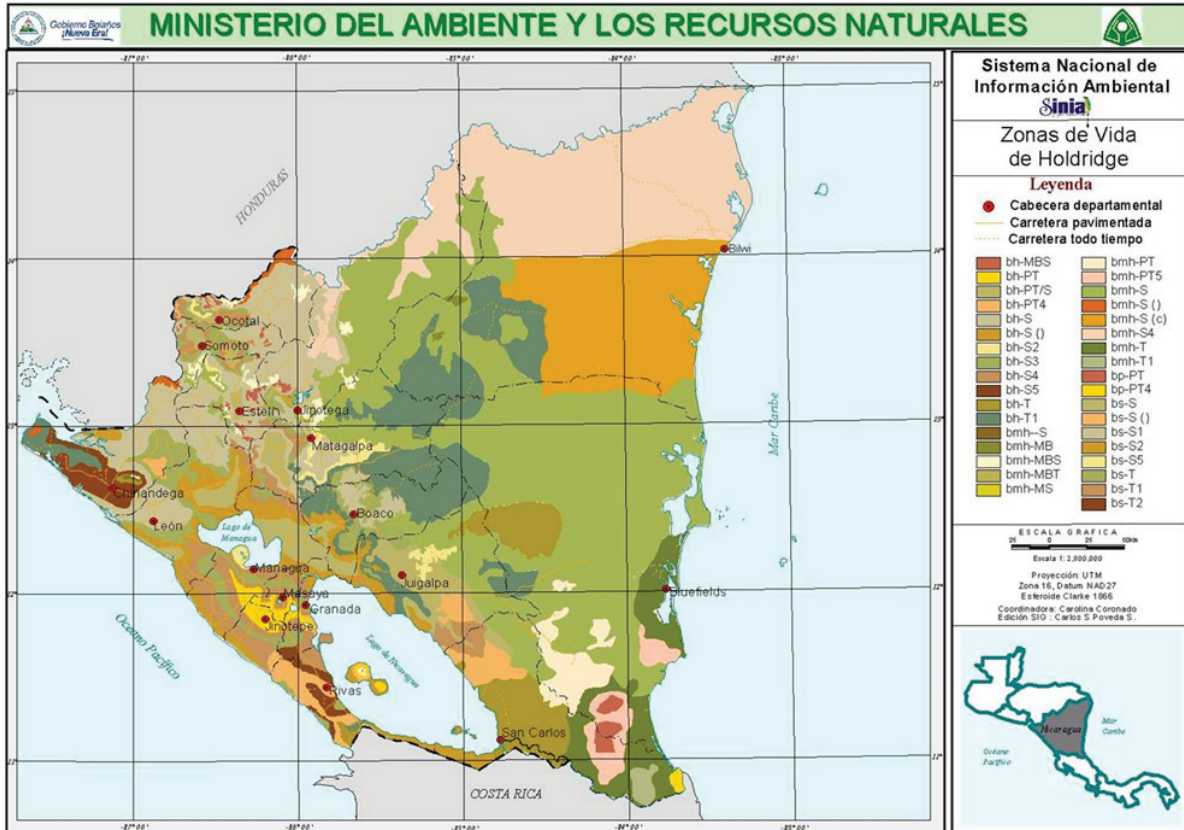


Figura I.11. Mapa de zonas de vida de Holdridge para Nicaragua. (Fuente SINIA-MARENA, 2000)

La tercera variable climática utilizada por Holdridge (1978) es la humedad. Sin embargo, el autor ha considerado más factible expresar la relación temperatura y precipitación en función de la evapotranspiración potencial y no en base a la humedad relativa. En tal sentido, el autor considera que tanto la evaporación como la transpiración están directamente correlacionadas con la temperatura, si los otros factores son iguales, entonces la evapotranspiración promedio anual para cualquier sitio puede determinarse multiplicando la biotemperatura promedio anual por el factor 58.93.

Todo lo anterior confirma que la distribución de las diferentes formas de vida tiene una alta dependencia de las condiciones climáticas y cualquier cambio importante en las condiciones climáticas traerá cambios en las zonas de vida.

I.7.6. Confort higro-térmico

Dentro de las variables climáticas más importantes que determinan la relación entre el hábitat del ser humano y su medio ambiente, se encuentra el confort higro-térmico, entendido éste como los rangos de temperatura y humedad que producen una sensación de bienestar a las personas. Es imposible definir condiciones universales para lograr el confort higro-térmico, sin embargo se puede trabajar para lograr condiciones de temperatura y humedad confortables para un determinado ambiente, eliminando la sensación de frío o calor basado en la ecuación universal de equilibrio térmico. (Milán, 2004)

Cuando la temperatura y la humedad ambiental son elevadas y el viento es casi nulo, se produce una verdadera acumulación de calor en el cuerpo humano, que resulta peligrosa, y si llega a ser excesiva es probable que se produzca un golpe de calor y hasta la muerte. Estas condiciones se pueden dar sin necesidad de estar expuesto directamente a los rayos del sol. (Milán, 2004)

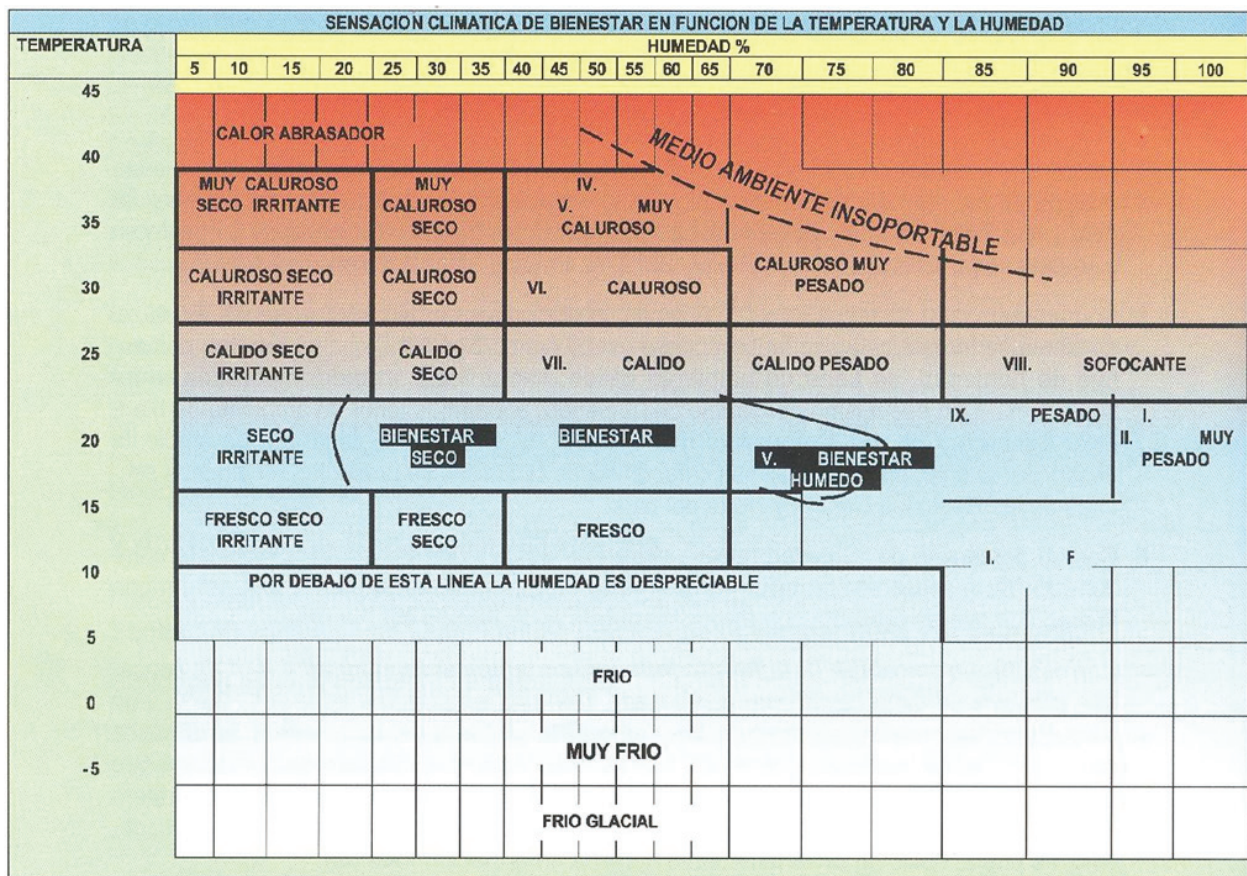


Figura I.12. Gráfico de sensación climática de bienestar en función de la temperatura y la humedad relativa. (Fuente: INETER, 2001)

En el gráfico anterior, se pueden apreciar aquellos rangos de temperatura y humedad que integran el confort higro-térmico.

Las ondas de calor causan tensiones en el cuerpo humano, que afectan a las personas enfermas, en estado de gestación y ancianos, provocando la muerte. También los niños son un grupo muy vulnerable a sufrir los efectos de un golpe de calor, en especial los niños menores de un año. En ambos casos, los centros nerviosos que regulan el calor humano, el sistema circulatorio y la resistencia física no funcionan de forma óptima. (Mcil Veen, J. R. 1986)

Como se ha podido ver, tanto las clasificaciones climáticas, como la forma que se organizan las formaciones vegetales en la tierra dependen del régimen de precipitaciones y de temperatura, por tanto cualquier variación de estos parámetros, por muy pequeños que sean, implicarán importantes cambios en todas las formas vivas que existen en la superficie terrestre y esto permite entender los severos impactos que puede ocasionar un cambio brusco en pocas décadas de estas variables climáticas sobre los ecosistemas y los sistemas humanos.

También, hay se debe mencionar que en el pasado la humanidad ha registrado cambios en el clima que han sido ocasionados por causas naturales. Los grandes períodos de sequías y excesos de precipitaciones han impactado severamente a muchas civilizaciones desde la antigüedad ocasionando escasez de alimentos, enfermedades y otros daños debido a la variabilidad natural del clima.

I.7.7. Variabilidad climática

La variabilidad del clima se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc...) del clima, en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. (IPCC, 2007)

Un ejemplo de variabilidad climática son los episodios de **El Niño** y **La Niña**. Aunque muchas personas creen que los fenómenos de El niño y la Niña se deben al cambio climático, esto no es así. La variabilidad climática que se produce debido a los fenómenos de El Niño y La Niña es de carácter natural y sus manifestaciones han estado presentes desde mucho antes de los efectos que hoy se atribuyen al cambio del clima.

Los efectos de la variabilidad climática no son un fenómeno nuevo, pues varios autores reportan que las condiciones de sequía afectaron a las sociedades precolombinas de Centroamérica, siendo uno de los principales factores en la sostenibilidad de esas sociedades pasadas.

El Niño-Oscilación Austral (ENOA) se define como una corriente de agua cálida que fluye periódicamente a lo largo de la costa del Ecuador y del Perú, perturbando la pesca local. Este fenómeno oceánico se asocia con una fluctuación de las características de la presión en superficie y la circulación en la región inter-tropical de los océanos Índico y Pacífico, denominada Oscilación Austral. (NOAA, 2009)

Cuando se produce un episodio de El Niño, los alisios que soplan en ese momento disminuyen y la contra-corriente ecuatorial se intensifica y ello hace que las aguas cálidas de la superficie del mar, en la región de Indonesia, fluyan hacia el este y se superpongan a las aguas frías de la corriente del Perú. Este fenómeno crea grandes efectos en el viento, la temperatura de la superficie del mar y las precipitaciones en la zona tropical del Pacífico (donde se sitúa Centroamérica y parte de América del Sur). Por esa razón la zona del Pacífico de Nicaragua sufre con mucha frecuencia las sequías y disminución de la pesca que acompañan a la corriente de El Niño. La fase opuesta de un fenómeno de El Niño se denomina La Niña. (NOAA, 2009)

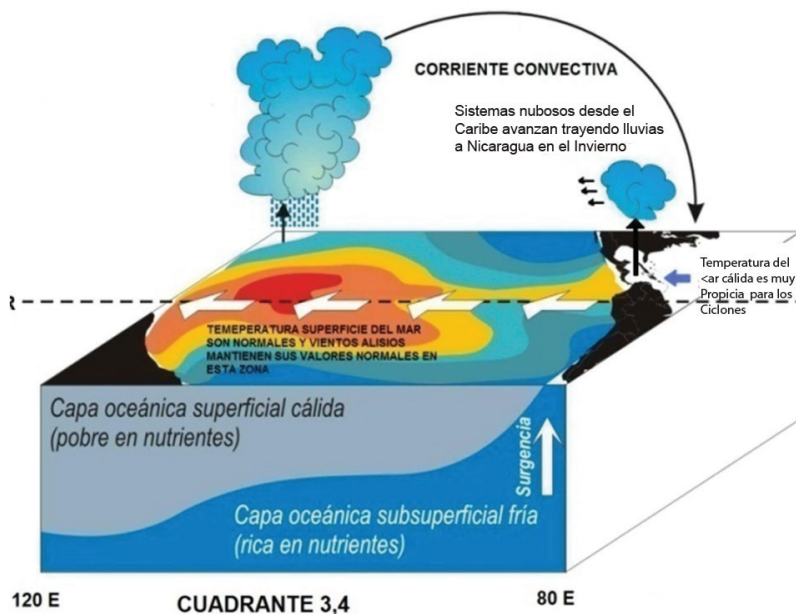


Figura I.13. El esquema muestra la condición normal de temperatura y presión atmosférica en la región inter-tropical de los océanos Índico y Pacífico (sin presencia de El Niño)

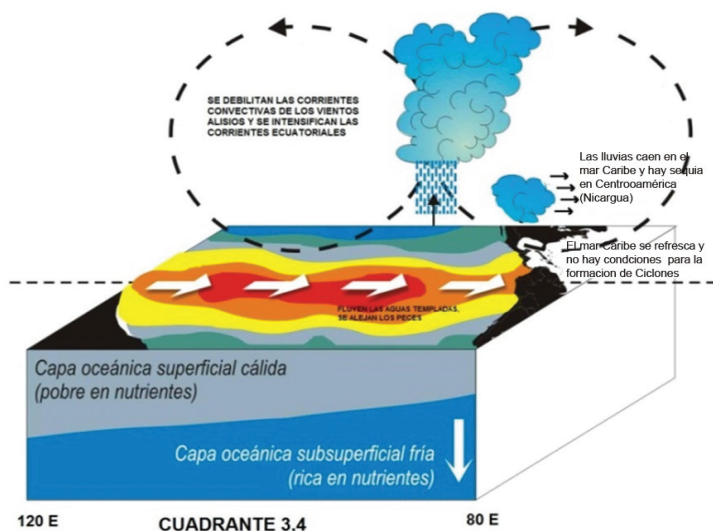


Figura I.14. El esquema muestra la condición de cambio en la temperatura y presión atmosférica en la región inter-tropical de los océanos Índico y Pacífico bajo una condición de El Niño.

Las constantes mediciones de la temperatura sobre el nivel del mar (TSM) y la presión atmosférica permiten determinar cuándo se presentan anomalías climáticas que indican la aparición de El Niño o de su fenómeno inverso, La Niña.

La anomalía climática se define como la diferencia en más (+) o en menos (-) que se observa en un lugar, respecto a su condiciones normales desde el punto de vista climático. (NOAA, 2009)

Luego, las anomalías en la temperatura en relación a El Niño indican lo siguiente:

- ▶ Valores de temperatura iguales a la norma histórica significa *condición neutra* (o sea no existe ni El Niño ni La Niña).
- ▶ Valores de temperatura positivos (temperaturas reales por encima de la norma histórica), es una anomalía positiva y cuando el índice de la anomalía alcanza cierto valor positivo, se está en *presencia del fenómeno de El Niño*.
- ▶ Valores de temperatura negativos (temperaturas reales por debajo de la norma histórica), es una anomalía negativa y cuando el índice de la anomalía alcanza cierto valor negativo se está en *presencia del fenómeno de La Niña*.

Para determinar la presencia de El Niño o la Niña, se utiliza el Índice de Oscilación Austral (IOA) o Índice de Oscilación del Sur (SOI por su sigla en inglés). Este se define como la diferencia normalizada de la presión atmosférica a nivel del mar en la región del cuadrante 3.4 y es una medida de la fuerza de los vientos alisios. La región del cuadrante 3.4 abarca un territorio de la superficie del mar entre las islas de Tahití (Polinesia Francesa) y Darwin (Australia). (NOAA, 2009)

La fuerza de estos vientos determina parcialmente el flujo de zonas de alta a baja presión atmosférica, por tanto un valor alto del índice (gran diferencia de presión atmosférica) se asocia a vientos alisios más fuertes de lo normal y a una fase de La Niña. Un valor bajo del índice (diferencia de presión atmosférica pequeña) se asocia a vientos alisios más débiles de lo normal y a condiciones del evento de El Niño. (NOAA, 2009)

Los cambios que se producen en los valores del índice SOI en la región 3.4 es el principal indicador para el monitoreo, evaluación y predicción de El Niño, el cual se define como el cambio de la temperatura superficial del mar en la región especificada, mediante la evaluación de registros durante tres meses.

Basado en lo anterior, la NOAA reconoce el fenómeno El Niño caracterizado por un valor positivo del SOI igual o mayor de 0.5 grados Celsius y el fenómeno de La Niña caracterizado por un valor negativo de SOI igual o inferior de 0.5 grados Celsius. (NOAA, 2009)

En resumen las condiciones de El Niño o La Niña pueden ocurrir cuando los registros mensuales en el sector 3.4 son iguales o exceden $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ junto con características atmosféricas constantes y las anomalías han sido pronosticadas para persistir por 3 meses consecutivos.

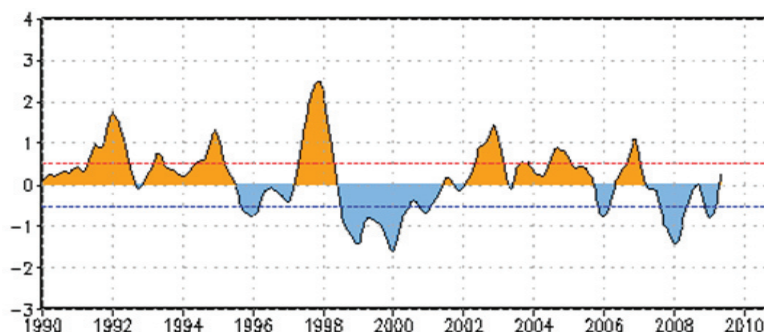


Figura I.15. Valores de anomalías registradas en los últimos 10 años. (Fuente NOAA, 2009).

A este fenómeno se le debe prestar mucha atención en Nicaragua, donde los efectos de El Niño no han sido suficientemente documentados.

Se conoce que la influencia del fenómeno de El Niño, en el período 1997-1998, causó efectos severos para el país en cuanto a sequía. Los sistemas de alta presión, ubicados sobre los océanos Atlántico y Pacífico, presentaron un comportamiento anómalo.

Cada evento de El Niño impacta significativamente en la disminución de las precipitaciones y con ello, se afecta la agricultura de secano que es muy dependiente de factores climáticos, así como la disminución de las reservas de agua superficial y subterránea para diversos usos.

En los registros de la NOAA, se ha podido reconstruir el comportamiento de los índices de SOI en los últimos cincuenta años, lo que permite explicar ciertos fenómenos anómalos en relación a El Niño en Nicaragua. Los datos indican lo siguiente:

1. No hay meses específicos de cambio o inicio de una condición (hay casos de inicio en abril, mayo, julio o agosto).
2. En mayo de 1997, inició una condición de El Niño cuyo valor de SOI alcanzó hasta 2.5, finalizando en mayo de 1998 e inmediatamente inició una condición de La Niña que se mantuvo hasta febrero del 2001. Precisamente fue en 1998 que apareció el huracán Mitch, bajo una condición de La Niña, después de haber salido de una condición de sequía muy dura (1997-1998).
3. También en abril, mayo y junio del 2002 se inicia una condición de El Niño, que culmina en el 2003, inmediatamente se inicia otra condición de El Niño en el 2004, que concluye en el 2005. Luego se inicia otra condición de El Niño en julio-agosto-septiembre del 2006 y concluye en diciembre del 2006-enero del 2007. En agosto-septiembre inicia un período de La Niña y es en ese período (septiembre del 2007) que ocurre el huracán Félix y el conjunto de tormentas que afectaron el Pacífico de Nicaragua.
4. Las continuas oscilaciones de El Niño originan un desgaste de carácter acumulativo sobre los ecosistemas que se traduce en una reducción de la cantidad de precipitación acumulada, y de repente se producen, bajo la condición de La Niña, períodos excesivamente lluviosos que originan inundaciones y desequilibrios ecológicos. Este fenómeno se está convirtiendo en un elemento muy dañino para la economía del país que amerita un análisis detallado.

De los datos anteriores surgen algunas interrogantes que no tienen respuesta científica:

- a. ¿Se están haciendo más frecuentes los fenómenos de El Niño en Nicaragua? Parece ser que sí, pero no son suficientes las evidencias que científicamente lo explican.
- b. ¿Cada vez que hay una transición de El Niño hacia La Niña, ocurren huracanes devastadores o tormentas poderosas? No hay suficientes evidencias, pero así sucedió con el huracán Mitch, el huracán Félix y las tormentas tropicales que afectaron el Pacífico de Nicaragua.
- c. ¿Guardan algún tipo de relación estos fenómenos con el cambio climático? Tampoco son suficientes las evidencias científicas.

- d. ¿Bajo una condición de El Niño disminuye el riesgo de huracanes? Parece que sí, pero tampoco existen suficientes evidencias, pues se han registrado huracanes bajo el fenómeno de El Niño.
- e. ¿Las frecuentes oscilaciones de El Niño están produciendo efectos acumulativos adversos sobre los ecosistemas o constituyen una ayuda a la adaptación de condiciones climáticas más cálidas y con menos precipitaciones? Parece que sí, pero las evidencias no son contundentes.

En relación a estas interrogantes, el IPCC (2007) concluye de la siguiente forma: *Existen algunos procesos climáticos importantes que tienen un efecto significativo en el clima regional, pero para los que la respuesta de cambio climático todavía no se conoce con exactitud. Éstos incluyen los ENSO, NAO, el bloqueo atmosférico, la circulación termosalina y los cambios en la distribución de los ciclones tropicales.*

I.8. Principales acciones internacionales sobre cambio climático

En los años sesenta, se inician los contactos internacionales con las primeras advertencias de los científicos sobre los peligrosos efectos derivados del cambio climático.

Los eventos más significativos en relación al tema cambio climático en el mundo se enumeran cronológicamente en el siguiente cuadro:

Años	Eventos/acciones
1960	Se celebra en Londres la tercera sesión de la Comisión de Climatología de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), considerada la primera reunión sobre el efecto invernadero porque se aborda el tema como eje central.
1972	Se desarrolla en Estocolmo la primera Conferencia Internacional de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano, en la que se suscribe la "Declaración de Estocolmo", Carta Magna del Derecho Internacional Ambiental, y se acuerda la creación en 1973 del Programa de la ONU para el Medio Ambiente (PNUMA).
1979	Se realiza la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima en Ginebra y se aborda el tema de cambio climático.
1983	Se crea la Comisión sobre Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (CNUMAD).
1988	Se crea el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que agrupa a miles de científicos prestigiosos en el tema.
1990	El IPCC publica en Sundsvall, Suecia, el primer informe de evaluación sobre el clima global que confirma científicamente ciertas evidencias sobre el cambio climático.
1992	Se adopta el Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, una declaración de principios que entra en vigor el 21 de marzo de 1994. En junio, se celebra en Río de Janeiro (Brasil) la Cumbre de la Tierra, en la que se firma el Convenio Marco que compromete a los países firmantes a adoptar medidas para mitigar las emanaciones de gases responsables del calentamiento atmosférico.

Años	Eventos/acciones
1996	Se celebra en Ginebra, Suiza, la Segunda Conferencia de las Partes (COP2), en la que ya se habla de “comercio de emisiones”.
1997	<p>Se celebra en Kioto (Japón) la Tercera Conferencia de las Partes (COP3) en la que se adopta el “Protocolo de Kioto”, un acuerdo sin precedentes para frenar la degradación medio-ambiental. El tratado obliga a 38 países industrializados, más la Unión Europea (UE), a reducir las emisiones de seis gases responsables del efecto invernadero sobre los niveles de 1990, entre los años 2008 y 2012.</p> <p>EEUU se comprometa a rebajar un 7% sus emisiones, Japón un 6% y la UE un 8%.</p>
1998	El 16 de marzo, el Protocolo de Kioto se abre a la firma en la sede de Naciones Unidas, en Nueva York. El 29 de abril, los países de la UE, incluida España, firman conjuntamente el Protocolo de Kioto.
2000	Las negociaciones alrededor de la COP6 en La Haya (Holanda) fracasan y se produce un periodo de estancamiento en las negociaciones.
2001	<p>EEUU decide no ratificar el Protocolo de Kioto.</p> <p>Se celebra en Bonn (Alemania) la segunda parte de la COP6 en la que Rusia, Australia, Canadá y Japón se distancian de EEUU, con el que formaban el denominado “grupo paraguas”, y se alían con la Unión Europea para que el Protocolo de Kioto pueda aprobarse conforme a lo previsto.</p>
2002	La UE ratifica unánimemente el Protocolo de Kioto, tras su aprobación en los parlamentos nacionales. Japón (cuarto emisor de CO2 del planeta) también ratifica el tratado, al igual que Canadá y Nueva Zelanda.
2004	Rusia, que representa el 17,4% de las emisiones, aprueba el Protocolo, con lo que queda superado el 55% de emisiones requeridas en el tratado como condición para su entrada en vigor.
2005	<p>El 16 de febrero entra en vigor el Protocolo de Kioto con la ausencia de países contaminantes como EEUU y Australia. China e India, que junto con los anteriores, son los países que más contaminan el mundo, han ratificado el tratado, pero no están obligados a recortar sus emisiones por ser países en vías de desarrollo.</p> <p>Se inaugura en Oslo la primera bolsa mundial para la compra-venta de emisiones de CO2.</p>
2007	<p>En marzo, la Unión Europea decide unilateralmente reducir sus emisiones un 20% en 2020, respecto al nivel de 1990.</p> <p>El 17 de noviembre, se presenta en Valencia (España) el IV informe de síntesis del IPCC que afirma que el cambio climático es un fenómeno “inequívoco” y que algunos de sus efectos son ya irreversibles.</p> <p>El 3 de diciembre, Australia ratifica el Protocolo de Kioto.</p> <p>Del 3 al 14 de diciembre, se celebra en Bali (Indonesia) la XIII Conferencia de la ONU sobre Cambio Climático.</p>
2008	Se celebra en Poznan, Polonia, la XIV Conferencia de las Partes COP 14

Durante la celebración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, conocida como “Cumbre de la Tierra” en Río de Janeiro, Brasil, se creó la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Su objetivo último así como el de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes según su artículo 2 era:

“...la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.”

Los tratados sobre el cambio climático son indiscutiblemente los acuerdos más complejos y ambiciosos sobre medio ambiente y desarrollo sostenible que se han aprobado, estableciendo los principios, instituciones y normas para abordar el calentamiento mundial. Instituyen un régimen que es dinámico y orientado a la acción.

La Convención exige a todos los países el compromiso de limitar sus emisiones, reunir la información pertinente, elaborar estrategias de adaptación al cambio climático y cooperar en la investigación y en la tecnología. También pide a los países desarrollados que tomen medidas destinadas a restablecer sus emisiones en los niveles de 1990.

En su artículo 3, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático reconoce como principio las responsabilidades comunes pero diferenciadas en torno al calentamiento global. Los países industrializados asumen el compromiso de reducir sus emisiones, y transferir recursos financieros y técnicos a los países en desarrollo para que éstos puedan cumplir con sus obligaciones.

Sobre los objetivos de la convención y la estabilización de las emisiones se harán mayores precisiones en los próximos capítulos.

I.9. CONCLUSIONES

- ▶ **Todo está inter-relacionado:** El comportamiento del clima en el planeta está inter-relacionado con la *atmósfera* que es la capa gaseosa que rodea al planeta Tierra, el balance de energía que a través de ella se registra; con la *criosfera* que es la parte del sistema climático compuesta de toda la nieve, hielo y permafrost existente sobre y bajo la superficie de la tierra y los océanos; con la *biosfera* (terrestre y marina) que es parte del sistema que comprende todos los ecosistemas y organismos vivos presentes en la atmósfera, la tierra o los océanos; y con la *geosfera* que se refiere a la parte sólida de la Tierra, incluyendo zonas del manto terrestre y el núcleo que, debido a su alta temperatura y presión, se comportan como fluidos en escalas de tiempo geológico.

- ▶ **El balance energético:** Existe un equilibrio entre la radiación solar que recibe la Tierra y la parte que se traduce en energía infrarroja que devuelve la tierra hacia la atmósfera. Sin embargo, el estado de la atmósfera influye en este balance, de tal forma que los gases de

efecto invernadero permiten que la radiación de onda corta solar penetre sin impedimento hacia la Tierra, pero absorben la mayor parte de la emisión de ondas largas terrestres, influyendo significativamente en el balance de los flujos energéticos lo que determina el estado de los climas y los factores que influyen sobre ellos a escala global. Por tal razón son considerados los causantes del cambio climático.

- ▶ **Gases de efecto invernadero:** Los principales gases de efecto invernadero causantes del reforzamiento radiactivo son el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso, el ozono, los clorofluorocarbonos y los hidroclorofluorocarbonos.
- ▶ **Las actividades humanas incrementan el cambio climático:** De esta forma, en la medida que crece la concentración de gases de efecto invernadero debido a las emisiones humanas, a la deforestación y al cambio de uso de suelos, aumenta la capacidad de la atmósfera para absorber y re-emitir ondas infrarrojas hacia la Tierra, produciéndose un forzamiento radiactivo del sistema climático, que se traduce en el aumento de la temperatura superficial.
- ▶ **Variables climáticas:** Las principales variables climáticas son la temperatura y las precipitaciones, ya que ellas son determinantes para las demás variables ambientales. Por tanto, la variación de la temperatura y el régimen de precipitaciones que acarrearán el cambio climático plantean importantes interacciones sobre el planeta para lo cual es necesario prepararse.
- ▶ **Variabilidad climática:** Se refiere a las variaciones en el estado medio y otros datos estadísticos (como las desviaciones típicas, la ocurrencia de fenómenos extremos, etc...) del clima en todas las escalas temporales y espaciales, más allá de fenómenos meteorológicos determinados. Un ejemplo de variabilidad climática son los episodios de El Niño y La Niña. Aunque muchas personas creen que los fenómenos de El Niño y La Niña se deben al cambio climático, esto no es así. La variabilidad climática que se produce debido a los fenómenos de El Niño y La Niña es de carácter natural y sus manifestaciones han estado presentes desde mucho antes de los efectos que hoy se atribuyen al cambio del clima.
- ▶ **Acciones internacionales:** Desde 1970, se vienen desarrollando esfuerzos y sumando voluntades internacionales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y preparar a los países para las consecuencias de las concentraciones de gases efecto invernadero acumuladas en la atmósfera. En Nicaragua, se han desarrollado acciones nacionales como parte de los compromisos adquiridos en la Convención Mundial de Cambio Climático de las Naciones Unidas, aunque la principal limitación en el país es el desarrollo de conocimiento y la toma de conciencia sobre el problema y sus efectos.

I.10. GLOSARIO DE LOS PRINCIPALES TERMINOS USADOS EN EL PRIMER CAPITULO

Fuentes: IPCC, 2002, IPCC, 2007, Wikipedia, Enciclopedia Encarta, 2004

Adiabático: En termodinámica, cualquier proceso físico en el que magnitudes como la presión o el volumen se modifican sin una transferencia significativa de energía calorífica hacia el entorno o desde éste. Un ejemplo corriente es la emisión de aerosol por un pulverizador, acompañada de una disminución de la temperatura del pulverizador. La expansión de los gases consume energía, que procede del calor del líquido del pulverizador. El proceso tiene lugar demasiado rápido como para que el calor perdido sea reemplazado desde el entorno, por lo que la temperatura desciende.

Aerosoles: Conjunto de partículas sólidas o líquidas en suspensión en el aire, cuyo tamaño oscila generalmente entre 0.01 y 10 µm y que permanecen en la atmósfera como mínimo durante varias horas. Los aerosoles pueden ser de origen natural o antropógeno. Los aerosoles pueden influir en el clima de dos maneras: directamente mediante la dispersión y la absorción de la radiación e indirectamente, al actuar como núcleos de condensación para la formación de nubes o al modificar las propiedades ópticas y el período de vida de las nubes.

Aguas subterráneas o hidrogeología: El agua subterránea es el agua dentro de la tierra que abastece manantiales, pozos y cursos de agua. Específicamente, agua en la zona de saturación, donde llena las cavidades del suelo y de las rocas.

Aguas superficiales o hidrología: Agrupa las diferentes formas de aguas que circulan o se encuentran presentes en la superficie de la tierra

Albedo: Fracción de radiación solar reflejada por una superficie o un objeto, a menudo expresada como porcentaje. Las superficies cubiertas de nieve tienen un albedo alto; el albedo de los suelos varía entre alto y bajo; las superficies cubiertas de vegetación y los océanos son de albedo bajo. El albedo de la Tierra varía principalmente de acuerdo con los cambios en la nubosidad, la nieve, el hielo, la superficie foliar y la cubierta del suelo.

Anaeróbico: Condición de crecimiento o desarrollo bajo la ausencia de oxígeno libre.

Antropógeno: Resultante de la actividad del ser humano o producido por éste.

Balance de energía: El balance de energía del sistema climático, calculado como promedio de todo el planeta y a lo largo de extensos períodos de tiempo, debe mantenerse en equilibrio. Debido a que el sistema climático obtiene toda su energía del Sol, este balance significa que, en todo el planeta, la cantidad de radiación solar incidente debe ser, en promedio, igual a la suma de la radiación solar reflejada saliente y de la radiación infrarroja saliente emitida por el sistema climático. Cualquier perturbación de este balance de radiación mundial, por causas naturales o inducidas por el hombre, se llama forzamiento radiactivo.

Bioma: Un bioma es un ecosistema que se desarrolla sobre una gran extensión de la superficie del planeta, puede ser terrestre o acuática (por ejemplo la sabana). Podría decirse también que se trata de una formación biogeográfica junto con los organismos que viven en ella. Bioma es el resultado de la unión de biotopo y biocenosis.

Se agrupan todos los ecosistemas de estructura y organización semejantes bajo el concepto de “bioma”, está compuesta por varias poblaciones; una población es un conjunto de seres vivos de la misma especie, denominados individuos.

Biosfera (terrestre y marina): Parte del sistema terrestre que comprende todos los ecosistemas y organismos vivos presentes en la atmósfera, la tierra (biosfera terrestre) o los océanos (biosfera marina), incluida la materia orgánica muerta derivada de ellos, como la basura, la materia orgánica del suelo y los detritos oceánicos.

Cambio climático: Variación estadísticamente significativa, ya sea de las condiciones climáticas medias o de su variabilidad, que se mantiene durante un período prolongado (generalmente durante decenios o por más tiempo). El cambio del clima puede deberse a procesos naturales internos, a un forzamiento externo, o a cambios antropógenos duraderos en la composición de la atmósfera o en el uso de la tierra.

La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), en su artículo 1, define el cambio climático como: “cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. La CMCC hace pues una distinción entre “cambio climático”, atribuible a actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera, y “variabilidad del clima”, atribuible a causas naturales.

Cambios en el uso de la tierra: Se trata de la gestión de las tierras por los seres humanos, que pueden provocar cambios en la cubierta del suelo. Los cambios en la cubierta del suelo o en el uso de la tierra pueden influir en el albedo, la evapotranspiración, las fuentes y los sumideros de gases de efecto invernadero, o en otras propiedades del sistema climático, y en consecuencia tener un impacto en el clima, a nivel local o mundial. Véase también el informe del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000).

Carbón mineral: Sustancia fósil, dura, bituminosa y térrea, de color oscuro o casi negro, que resulta de la descomposición lenta de la materia leñosa, y arde con menos facilidad, pero dando más calor que el carbón vegetal.

Circulación termosalina oceánica: Circulación a gran escala de los océanos, determinada por la densidad y causada por diferencias de temperatura y salinidad. En el Atlántico Norte, la circulación termosalina consiste en una corriente superficial de agua cálida que fluye hacia el norte y una corriente profunda de agua fría que fluye hacia el sur, que sumadas dan como resultado un transporte neto de calor hacia los polos. El agua de la superficie se hunde en zonas muy restringidas de flujo descendente ubicadas en latitudes altas.

Combustibles fósiles: Sustancias ricas en energía que se han formado a partir de la descomposición de plantas y micro-organismos enterrados durante mucho tiempo. Los combustibles fósiles, que incluyen el petróleo, el carbón y el gas natural, proporcionan la mayor parte de la energía que mueve la moderna sociedad industrial

Confort higro-térmico: Entendido éste como los rangos de temperatura y humedad que producen una sensación de bienestar a las personas. Es imposible definir condiciones universales para lograr el confort higro-térmico, sin embargo se puede trabajar para lograr condiciones de temperatura y humedad confortables para un determinado ambiente eliminando la sensación de frío o calor. Entre los índices que tratan de predecir el confort humano desde el punto de vista higro-térmico en un espacio con características definidas, se encuentra el desarrollado por Givoni (1976), así como el índice de temperatura efectiva de la ASHARE, llamado Índice de Tensión Térmica (ITT).

Controladores del cambio climático: Los controladores del cambio climático más conocidos son la precipitación y la temperatura.

Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMCC): Esta Convención se aprobó el 9 de mayo de 1992 en Nueva York y fue firmada por más de 150 países y la Comunidad Europea en la Cumbre para la Tierra, celebrada en Río de Janeiro en 1992. Su objetivo último es “lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático”. Establece obligaciones para todas las partes. Con arreglo a la Convención, las partes incluidas en el anexo I se fijaron el objetivo de lograr que las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal de 1990 volvieran a los niveles que tenían en 1990 para el año 2000. La Convención entró en vigor en marzo de 1994. Véase: Protocolo de Kioto

Ecosistema: Sistema de organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico, que también es parte del sistema. Los límites de lo que podría llamarse un ecosistema son algo arbitrario y dependen del centro de interés o del objeto principal del estudio. En consecuencia, la extensión de un ecosistema puede abarcar desde escalas espaciales muy pequeñas hasta, por último, toda la Tierra.

Evapotranspiración: Proceso en el que se combina la evaporación de la superficie de la Tierra con la transpiración de la vegetación.

Forzamiento (forzamiento externos e inducidos): El sistema climático evoluciona con el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y debido a forzamientos externos como las erupciones volcánicas, las variaciones solares y los forzamientos inducidos por el ser humano, como los cambios en la composición de la atmósfera y los cambios en el uso de la tierra.

Forzamiento radiactivo: El forzamiento radiactivo es un cambio en la irradiancia vertical neta (expresada en Watts por metro cuadrado: Wm^2) en la tropopausa, a raíz de un cambio interno o de un cambio en el forzamiento externo del sistema climático, como por ejemplo un cambio

en la concentración de dióxido de carbono en la energía emitida por el Sol. El forzamiento radiactivo se calcula generalmente después de dejar un margen para que las temperaturas de la estratosfera se reajusten a un estado de equilibrio radiactivo, pero manteniendo constantes todas las propiedades troposféricas en sus valores no perturbados. El forzamiento radiactivo se llama instantáneo si no se registran cambios en la temperatura estratosférica.

Fotosintéticos (Fotosíntesis): Proceso en virtud del cual las plantas toman el CO₂ del aire (o bicarbonato del agua) para constituir carbohidratos, liberando oxígeno. Hay diversas formas de fotosíntesis que responden de manera diferente a las concentraciones de CO₂ en la atmósfera

Halocarbonos: Compuestos que contienen cloro, bromo o flúor y carbono. Estos compuestos pueden actuar como potentes gases de efecto invernadero en la atmósfera. Los halocarbonos que contienen cloro y bromo son también una de las causas del agotamiento de la capa de ozono en la atmósfera.

Isolíneas: Líneas o curvas que unen puntos que tienen igual valor en un mapa.

Plancton: Término colectivo utilizado para denominar a una serie de organismos marinos y dulceacuícolas que van a la deriva o que flotan en la superficie del agua. Debido a su minúsculo tamaño y a la dificultad de desplazarse contracorriente, su movimiento depende de las mareas, las corrientes y los vientos. Cuando los componentes del plancton son bacterias, algas y hongos microscópicos, se llama fitoplancton. El otro componente del plancton es el zooplancton, que comprende protozoos y pequeños crustáceos, medusas, gusanos y moluscos, además de huevos y larvas de muchas especies animales marinas y de agua dulce.

Productividad primaria: Es la velocidad de almacenamiento de los productores en forma de materia orgánica. Puede dividirse en productividad bruta o productividad neta; La productividad bruta es aquella que considera la totalidad de la energía química almacenada por los productores en forma de materia orgánica (incluida la consumida en la respiración); mientras que la productividad neta es aquella que sólo toma en cuenta el aumento final de biomasa de los productores.

Protocolo de Montreal: El Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono fue aprobado en Montreal en 1987, y posteriormente ajustado y enmendado en Londres (1990), Copenhague (1992), Viena (1995), Montreal (1997) y Beijing (1999). Controla el consumo y la producción de sustancias químicas con contenido de cloro y bromo que destruyen el ozono estratosférico, como los CFC, el metilcloroformo, el tetracloruro de carbono y muchos otros.

Radiación solar: Radiación emitida por el Sol. Se le llama también radiación de onda corta. La radiación solar tiene una gama de longitudes de onda (“espectro”) distintiva, determinada por la temperatura del Sol.

Radiación infrarroja: Radiación emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes. Es conocida también como radiación terrestre o de onda larga. La radiación infrarroja tiene una gama de longitudes de onda (“espectro”) distintiva, más larga que la longitud de onda del color rojo de la parte visible del espectro. El espectro de la radiación infrarroja es, en la práctica,

diferente al de la radiación solar o de onda corta, debido a la diferencia de temperaturas entre el Sol y el sistema Tierra.

Radicales libres: Compuestos altamente reactivos que interaccionan rápida y agresivamente con otras moléculas. Químicamente, son moléculas en cuya última órbita existe un electrón impar, inestable, altamente reactivo, que necesita “robar” o “donar” un electrón a otro átomo que, a su vez, se transforma en un radical libre, lo que genera una reacción en cadena.

Respiración autotrófica: Los autótrofos son los organismos productores, que realizan su función mediante la fijación de la energía luminosa, consumo de sustancias inorgánicas de estructura simple y la constitución de moléculas de estructura cada vez más compleja. Es decir, se trata de plantas verdes capaces de ejercer la fotosíntesis (transformación de sustancias inorgánicas en compuestos orgánicos por medio de la luz).

Respiración heterotrófica: Proceso de conversión de materia orgánica en CO₂ por organismos distintos de las plantas. Los heterótrofos son los consumidores que utilizan, reestructuran y consumen materiales complejos

Retroefectos climáticos (Retroacción climática): Mecanismo de interacción entre procesos del sistema climático. Se llama retroacción climática cuando el resultado de un proceso inicial desencadena cambios en un segundo proceso que, a su vez, influye en el proceso inicial. Un efecto de retroacción positivo intensifica el proceso original, y uno negativo lo atenúa.

Rumiantes: Nombre genérico de determinados ungulados de dedos pares (mamíferos con pezuñas que incluye al ganado vacuno, los cerdos, las cabras, las jirafas, los camellos, los ciervos, los antílopes y los hipopótamos), que se caracterizan por rumiar la comida, es decir, tragar el alimento sin masticar, que sufre una pre-digestión en el estómago, después vuelve a la boca como rumia o bolo alimenticio y, ya en la cavidad bucal, se mastica y se traga.

Tiempo de vida: Tiempo de vida es un término general que se utiliza para designar diversas escalas temporales que caracterizan la duración de los procesos relacionados con la concentración de los gases trazas. Pueden distinguirse los siguientes tiempos de vida: Tiempo de renovación (T) es la relación entre la masa M de un reservorio (por ejemplo, un compuesto gaseoso en la atmósfera) y el tiempo total de eliminación S del reservorio; $T = M/S$. Pueden definirse distintos tiempos de renovación para cada proceso de eliminación en particular. En la biología del carbono del suelo, a esto se le llama Tiempo de Permanencia Media TPM. ■

CAPITULO 2

Bases del cambio climático



II. 1. EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y CALENTAMIENTO DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA

II.1.1. Emisiones globales de gases de efecto invernadero

Las investigaciones realizadas sobre muestras de hielo polar desde épocas remotas, antes de iniciar la Revolución Industrial (1750), evidencian que la composición atmosférica contenía concentraciones de gases de efecto invernadero muy por debajo de los valores actuales. Por ejemplo, en la era pre-industrial, las concentraciones de CO₂ eran de 270 ppm (partes por millón), mientras que en el año 2005, las concentraciones habían aumentado hasta 379 ppm. (IPCC, 2007)

El aumento del CO₂ en la atmosfera se debe principalmente al uso de combustibles fósiles y a los efectos del cambio en los usos del territorio.

Según reporta el IPCC, 2007, las emisiones de CO₂ han continuado ascendiendo en los últimos decenios, el incremento promedio es de 6.4 ± 0.4 GtC año⁻¹ en el decenio de 1990 a 7.2 ± 0.3 GtC año⁻¹ en el período de 2000 a 2005. Con las concentraciones actuales de CO₂, la tendencia de calentamiento se acelera, contribuyendo al aumento de la temperatura media en el mundo en 0.2°C cada diez años.

Como se puede apreciar en el siguiente grafico, las dos terceras partes de las emisiones de CO₂ se deben a la combustión de combustibles fósiles y un tercio son emisiones que se deben al cambio en el uso de la tierra. Aproximadamente un 45% de este CO₂ permanece en la atmósfera, mientras que un 30% permanece en los océanos y el resto está en la biosfera terrestre.

También, se estima que la mitad del CO₂ emitido hacia la atmósfera se elimina en una escala de tiempo de 30 años; otro 30% se elimina en pocos siglos y el 20% restante permanecerá en la atmósfera durante miles de años. (IPCC, 2007)

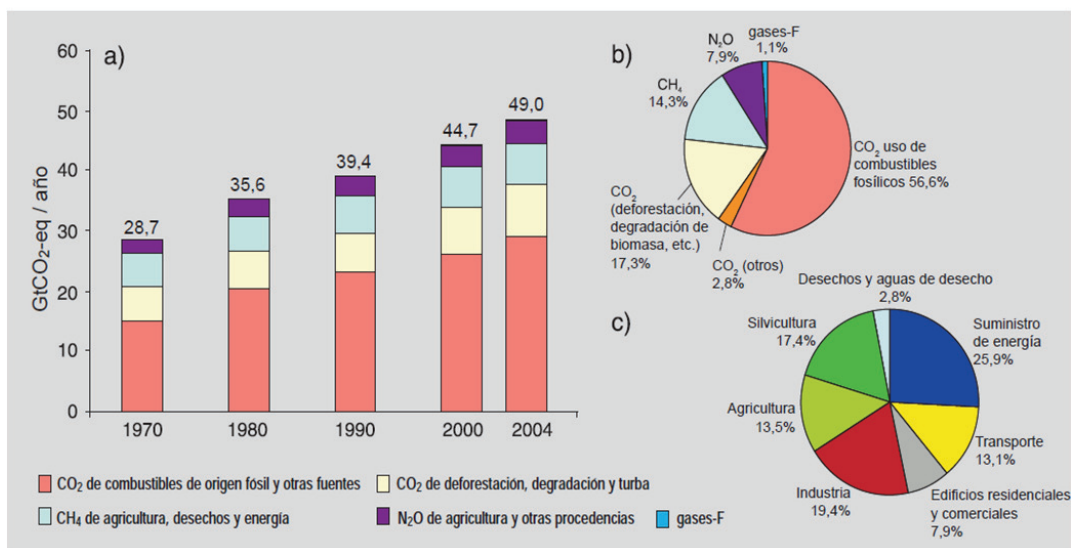


Figura II.1: Emisiones anuales mundiales de GEI antropogénicos entre 1970 y 2004. (Fuente IPCC, 2007)

Por otro lado, se estima que los sumideros (reservorios) naturales que absorben el CO₂ en la biosfera eliminan aproximadamente de un 50 a 60% de las emisiones antropogénicas (o sea, las emisiones de CO₂ debidas a la quema de combustibles fósiles y al cambio del uso de los terrenos), por lo tanto la preservación o incremento del bosque es una forma de evitar emisiones de CO₂. Sin embargo, la deforestación causa un gran daño, pues no solo implica un aumento de emisiones, al cambiar el uso del suelo, sino también por la pérdida de los reservorios o sumideros que absorben CO₂. (IPCC, 2007)

Las emisiones de gases de efecto invernadero están relacionadas con las formas de producción, las formas de circulación o transporte, y también con las formas de consumo y de distribución de la riqueza que se genera. Los estilos de vida con mayor derroche de energía y recursos son los que han contribuido a los mayores volúmenes de emisiones de gases de efecto invernadero. Por tal razón los países altamente desarrollados han contribuido decisivamente a este problema y tienen una responsabilidad histórica con el mismo. Aunque ello no exime la responsabilidad diferenciada que puedan tener las llamadas economías emergentes, cuyos ritmos de emisiones se están incrementado, debido principalmente a la deforestación.

Las emisiones históricas acumulan 1,100 ton de CO₂ entre Gran Bretaña y EE.UUU, por su parte China acumula 66 toneladas per cápita y la India 23 toneladas per cápita. Este es un aspecto de mucha trascendencia porque las emisiones acumuladas de tiempos pasados son la que están provocando los efectos del cambio climático actual, por tanto la capacidad para asumir las absorciones de las emisiones futuras está en función de la capacidad restante (residual) de las emisiones que se hicieron en el pasado (téngase en cuenta el concepto de tiempo de vida del gas explicado anteriormente). O sea la capacidad de absorción del futuro depende del espacio que se haya dejado en la capacidad de los ecosistemas. (PNUD, 2007)

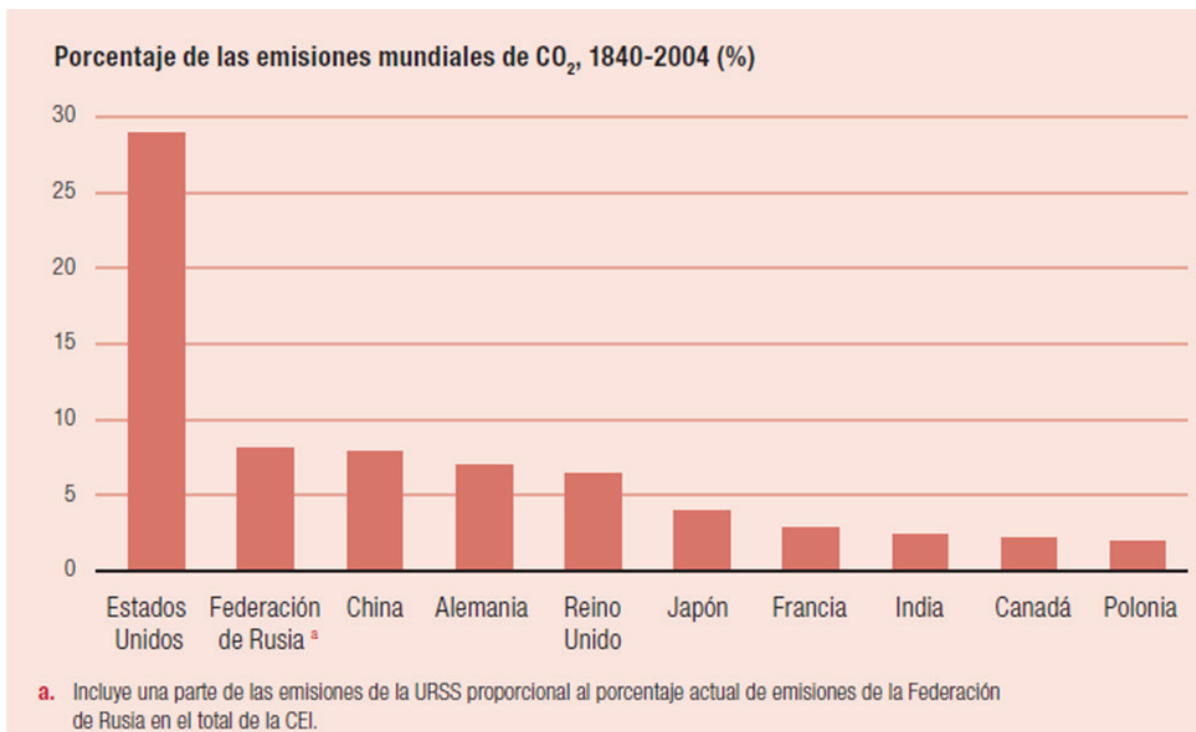


Figura II.2 Porcentaje de las emisiones mundiales. (Fuente: Informe de desarrollo humano. PNUD, 2008)

Como se observa en el gráfico, existe una alta concentración de las emisiones en un pequeño grupo de países. Estados Unidos, la Federación Rusa, China, Alemania, el Reino Unido y Japón concentran más del 50% de las emisiones mundiales.

Después de las emisiones producto de la quema de combustibles fósiles, la segunda causa de emisiones es la deforestación (figura 1b). Si se incluye en esta lista de emisiones aquellos países con alto grado de deforestación, entonces en el gráfico pueden aparecer otros países que no son altamente desarrollados y cuyos bosques tropicales se deterioran muy rápidamente.

La relación entre la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera y el incremento de las temperaturas se determina mediante la aplicación de modelos matemáticos que operan en fases. En la siguiente figura se muestran las fases de un proceso de modelación del cambio climático.

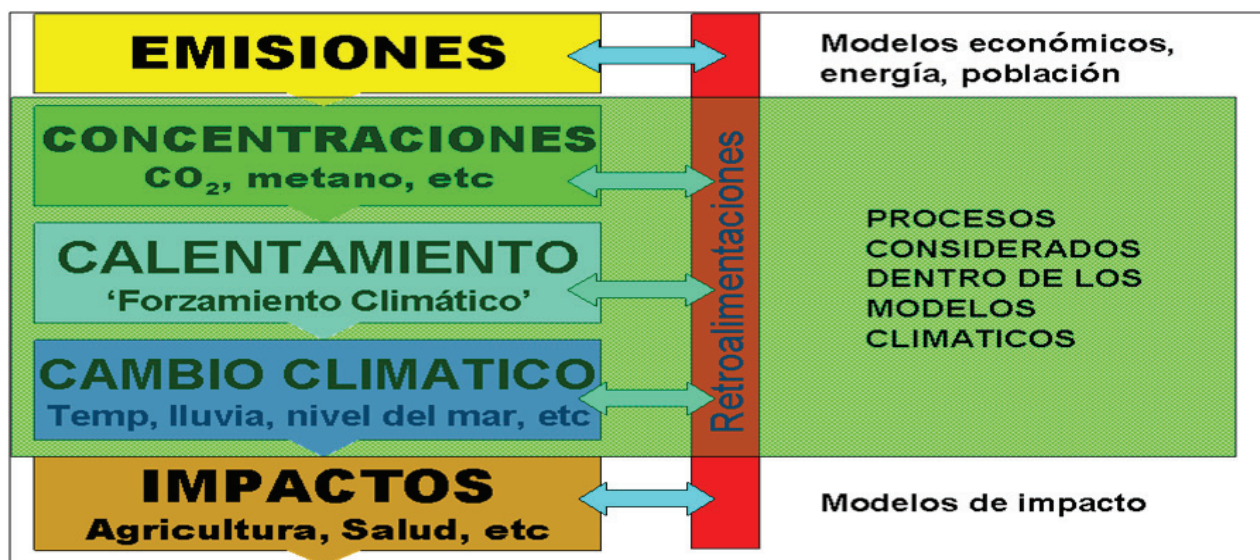


Figura II.3. Fases o etapas para la proyección del cambio climático. (Fuente: Centella A. 2008)

Estos modelos han evolucionado considerablemente, tanto en complejidad, como en la adición de nuevas variables. Por ejemplo, en 1975, los modelos sólo estaban dirigidos al análisis de la atmósfera. Mientras que los modelos que se utilizan desde el año 2000 en adelante, incorporan además los siguientes tipos de análisis: superficie terrestre, océanos e hielo, aerosoles de sulfatos, otros aerosoles, ciclo del carbono, química de la atmósfera, entre otros. También la resolución espacial de los modelos ha mejorado considerablemente en los últimos años.

El proceso de modelación del clima futuro utiliza herramientas que permiten construir escenarios futuros de desarrollo socio-económico, tecnológico y ambiental.

II.1.2. Los escenarios de emisiones

Los escenarios son una proyección verosímil de la evolución futura de las emisiones de sustancias que pueden ser radiativamente activas (como los gases de efecto invernadero y los aerosoles), tomando como base una serie homogénea e intrínsecamente coherente de hipótesis sobre las fuerzas determinantes (como el crecimiento demográfico, el desarrollo socio-económico y el

cambio tecnológico) y las relaciones fundamentales entre ellas. Los escenarios de concentración, derivados de los escenarios de emisiones, se utilizan en los modelos climáticos como elemento introducido para el cálculo de proyección climática. Para realizar las proyecciones contenidas en el cuarto informe del IPCC, se utilizaron los escenarios de emisiones ideados por Nakicenovic y otros (2000) citados por IPCC (2007).

Se conoce como familia de escenarios aquellos que tienen una línea evolutiva similar en lo que respecta a sus características demográficas, sociales, económicas y de cambio tecnológico. La serie de escenarios consta de cuatro familias de escenarios que son: A1, A2, B1 y B2.

También se conoce como grupo de escenarios aquellos que pertenecen a una misma familia y que reflejan una variación uniforme de la línea evolutiva. La familia de escenarios A1 comprende cuatro grupos, denominados A1T, A1C, A1G y A1B, que exploran diversas estructuras posibles de los sistemas de energía futuros.

Tipos de escenarios: (IPCC, 2007)

A1: Se describe un mundo futuro con rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su valor máximo a mediados de siglo XXI y disminuye posteriormente y una rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. Sus características más distintivas son la convergencia entre regiones, la creación de capacidades e interacciones sociales y culturales, acompañada de una notable reducción de las diferencias regionales en cuanto al ingreso por habitante. Esta familia de escenarios se divide en tres grupos que se diferencian por su orientación tecnológica:

- A1FI: utilización intensiva de combustibles de origen fósil.
- A1T: Utilización de energía no fósil.
- A1B: utilización equilibrada de todo tipo de fuentes de energía.

A2: Se describe un mundo futuro muy heterogéneo. Sus características distintivas son la auto-suficiencia y la conservación de las entidades locales. Las pautas de fertilidad convergen muy lentamente por lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas.

B1: Este escenario describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza su valor máximo hacia mediados de siglo XXI y desciende posteriormente como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios en las estructuras económicas orientados a una economía de servicio y de información acompañado de una utilización menos intensiva de los materiales y la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella, se da preponderancia a las soluciones de orden mundial, a la sostenibilidad económica, social y ambiental así como a una mayor igualdad pero sin iniciativas adicionales en relación con el clima.

B2: Se describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y ambiental. Es un mundo cuya población aumenta a un ritmo menor que en A2 con niveles de desarrollo económico intermedios y con un cambio tecnológico más lento y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario también está orientado a la protección del medio ambiente y la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional.

Estos escenarios son utilizados para realizar las proyecciones de calentamiento global, tal y como se podrá apreciar más adelante.

La temperatura mundial promedio se ha convertido en una medida aceptada del estado del clima y este valor ha crecido en los últimos 100 años aproximadamente 0.7°C (13°F). Según el IPCC, 2007, once de los últimos doce años se ubican entre los años más cálidos registrados desde 1850, las tasas de calentamiento superficial aumentaron a mediados de la década de los 70 y la superficie terrestre mundial se calienta aproximadamente el doble de la tasa de calentamiento de la superficie oceánica desde esa época.

El calentamiento previsto para este siglo ha sido pronosticado por el IV Informe de Consenso Científico del IPCC en el año 2007 como se puede ver en el siguiente gráfico.

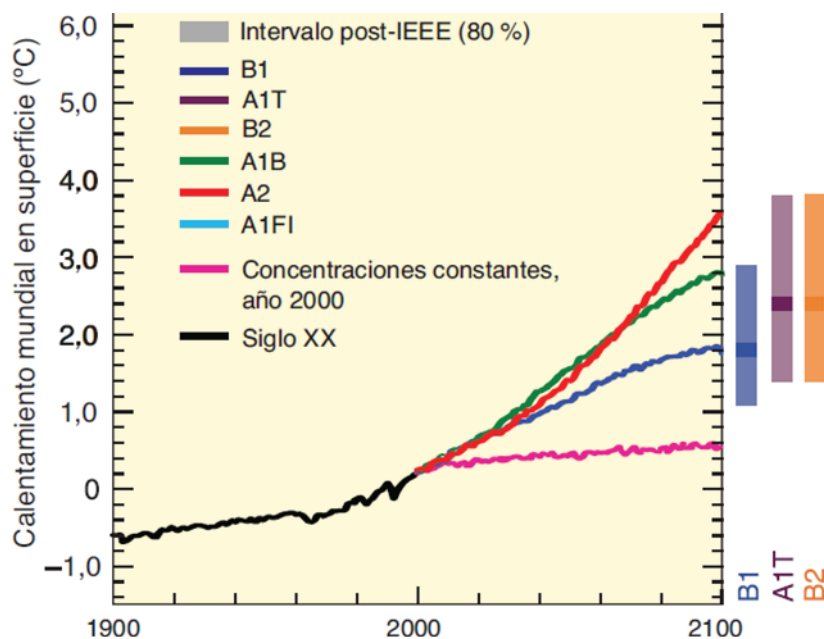


Figura II.4. Promedios multimodelos mundiales de calentamiento para los escenarios A2, A1B y B1. La línea color rosa no es un escenario, sino los resultados que se obtienen a través de los modelos en el caso de que las concentraciones se mantengan constantes para los valores del año 2000. Las barras de la derecha indican la estimación óptima y los valores de intervalos para los seis escenarios evaluados. (Fuente: IPCC, 2007)

Como se puede apreciar, los diferentes escenarios desarrollados por el IPCC prevén calentamientos que van desde muy cerca de los 2 grados centígrados, hasta más allá de los 3 grados centígrados.

En este sentido, existe un consenso científico y un creciente ámbito social que, para lograr un cambio climático no peligroso para la humanidad, es necesario que la tendencia de la temperatura promedio en el mundo no sobrepase 0.2°C cada diez años. O sea, lograr un aumento máximo de la temperatura en 2°C como límite máximo razonable en cien años y este límite es muy probable que se pueda lograr si las concentraciones de CO_2 se mantienen durante este siglo por debajo de 400 ppm (parte por millón). Aunque algunos autores plantean que este nivel de concentraciones no es económicamente viable.

El IPCC ha planteado que los niveles de reducción calculados pudieran estar subestimados debido a la no inclusión de los retroefectos del ciclo de carbono. No obstante, en la siguiente tabla, se muestran los escenarios de estabilización publicados por el IPCC, 2007.

Tabla II.1. Escenarios de estabilización propuestos por el IPCC. (Fuente: IPCC, 2007)

Categoría	Concentración de Co2 en el punto de estabilización (2005= 379ppm)	Concentración de Co2 equivalente en el punto de estabilización incluidos los GEI y aerosoles (2005= 375 ppm)	Año de magnitud máxima de emisiones de Co2	Variación de las emisiones de Co2 mundiales en 2050 (en porcentaje de emisiones del 2000)	Promedio mundial de aumento de la temperatura respecto a los niveles pre-industriales en condiciones de equilibrio basándose en una estimación óptima de la sensibilidad climática	Promedio mundial de aumento de l aumento del nivel del mar respecto al nivel pre-industrial en condiciones de equilibrio por dilatación térmica únicamente	Número de escenarios evaluados
	ppm	ppm	año	porcentaje	grado centígrado	metros	
I	350-400	445-490	2000-2015	-85 y -50	2.0 - 2.4	0.4 - 1.4	6
II	400-440	490-535	2000-2020	-60 y -30	2.4 - 2.8	0.5 - 1.7	18
III	440-485	535-590	2010-2030	-30 y +5	2.8 - 3.2	0.6 - 1.9	21
IV	485-570	590-710	2020-2060	+10 y +60	3.2 - 4.0	0.6 - 2.4	118
V	570-660	710-855	2050-2080	+25 y +85	4.0 - 4.9	0.8 - 2.9	9
VI	660-790	855-1113	2060-2090	+90 y +140	4.9 - 6.1	1.0 - 3.7	5

Es importante significar que para lograr estabilizar las concentraciones de CO₂ en 445 ppm con respecto a las emisiones del 2005 (como lo muestra la categoría I), la magnitud de las máximas emisiones deben registrarse entre el 2000 y el 2015, representando un promedio de aumento de la temperatura entre 2.0 y 2.4 grados centígrados. Mientras, que si se logra estabilizar las concentraciones de gases en 490 ppm, los años de magnitud máxima de emisiones deben ser entre el 2000 y el 2020, con la probabilidad de que la temperatura se eleve entre 2.4 y 2.8 grados centígrados en este siglo, lo cual puede ser peligroso para la Tierra.

Sin embargo, todavía existe una gran oportunidad para la humanidad si se logra cumplir la meta acordada en materia de reducciones de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero entre el 81-71% en el año 2050 para todos los países con respecto a 1990, de forma tal que el riesgo de incremento en la temperatura media mundial sea de 2°C ó menos con respecto a 1750, lo que significa un nivel de riesgo muy bajo o bajo, y lograr de esta forma, un nivel de estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un máximo de 400 ppm CO₂ eq². Los países desarrollados deberán contribuir con una reducción de sus emisiones absolutas de al menos el 40% en el año 2020 y de al menos 90% en el año 2050 con respecto al año 1990, incluyendo el pico máximo de las emisiones mundiales entre los años 2010 y 2013 y una tasa anual máxima de reducción de 4-5% entre 2015 y 2020³.

De todas formas, si no aumentaran significativamente las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles después de un período de cambio, el sistema climático continuaría brindando respuestas debido a la inercia térmica de los océanos y al largo tiempo que necesita la atmosfera para asimilar los cambios. (IPCC, 2007).

² Partes por millón de dióxido de carbono equivalente.

³ Baer P 2006 "The worth of an ice sheet". Baer P 2006 "High stakes: designing emission pathways to reduce the risk of dangerous climate change". Meinshausen M 2006 "On the risk of Overshooting 2°C".

II.1.3. Emisiones de gases de efecto invernadero en Nicaragua

El resultado del Inventario de Gases de Efecto Invernadero elaborado por el MARENA, para el año 2000 en Nicaragua, indica un saldo positivo en las emisiones de 49,202.84 Gg de CO₂, como resultado entre la fijación de -94,489 Gg de CO₂ y la emisión de 139,869 Gg de CO₂. Las principales contribuciones a este saldo son los cambios del uso del suelo (UT-CUTS) y la generación de energía termo-eléctrica. (MARENA-ONDL, 2008).

Según la fuente anterior, las emisiones de metano alcanzaron 289.3 Gg, de las cuales el 55.7% fue debido a las actividades agrícolas, el 29.7% atribuido al cambio de uso de la tierra y el 14.6% restante fue generado por los sectores energía y desechos sólidos.

Las emisiones netas anuales de dióxido de carbono (CO₂) del sector energía, se incrementaron en un 32.5% en el año 2000 con respecto a 1994; pasando de 2,373.54 Gg a 3,516.99 Gg. (MARENA-ONDL, 2008)

En la siguiente figura, se presentan para cada uno de los cinco sectores del inventario nacional, las emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq), referidas al año 2000.

El inventario que se desarrolló tomando como base la información socio-económica del año 2000 reconoce que el incremento de las emisiones se atribuye principalmente al aumento de la conversión de tierras forestales a otros usos, es decir la deforestación en primer lugar y en segundo lugar la quema de combustibles fósiles para la producción de energía eléctrica basada en fuentes termo-eléctricas desarrolladas como política de gobierno durante esos años. El aumento de absorciones se debe al incremento de áreas bajo plantaciones, reforestación y conversión de otras tierras a tierras forestales (tierras en descanso). En cuanto a la categoría “abandono de tierras”, el cambio fue incremental en 26%, esto se debe al aumento de áreas de tierras en abandono que se reportaron para el año 2000.

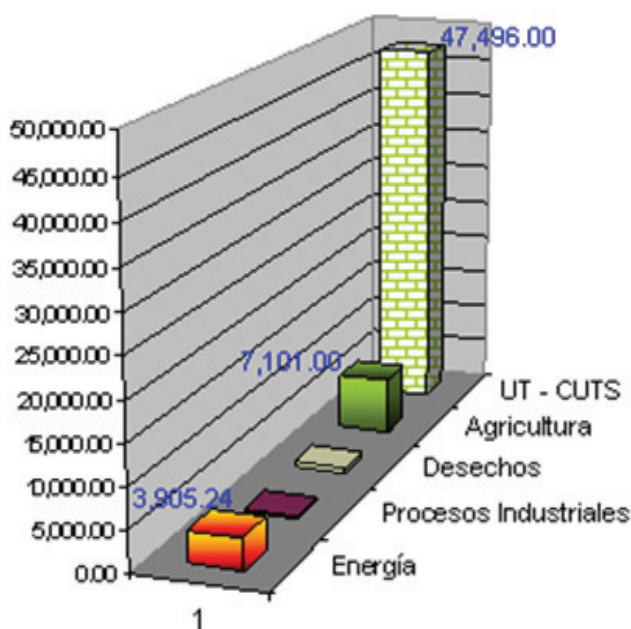


Figura II.5. Balance de emisiones de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) en gigagramos (Gg). Nicaragua, 2000. (Fuente: MARENA-ONDL, 2008)

Para muchos de los sectores económicos que fueron objeto de inventario, existen importantes incertidumbres debido al uso de factores de emisión por defecto que fueron empleados en el cálculo de las emisiones de acuerdo a la metodología del IPCC (versión revisada en 1996).

Siempre existen sectores donde la información oficial disponible no estaba completa para esa época como sucede en el cálculo del metano procedente de las aguas residuales. También el inventario del sector “uso de la tierra-cambio en el uso de la tierra” y silvicultura (UT-CUTS), presenta mayores incertidumbres debido a la escasa información disponible en fuentes nacionales para esa época y por los diversos factores de emisión-absorción utilizados. La tasa de conversión de los bosques y sabanas, las áreas quemadas en tierras forestales, el volumen de madera para leña y las áreas bajo regeneración natural, son variables que crean un alto nivel de incertidumbre en las emisiones-remociones calculadas y ello influye en el resultado del inventario.

A pesar de las incertidumbres, Nicaragua es el país de Centroamérica que reporta el menor nivel de emisiones, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla II.2. Emisiones de Centroamérica para el período 1994-2000

Volumen de emisiones de los países centroamericanos años 1994-2000						
Países	MtCO ₂ eq Año 1994	% del total mundial	Ton CO ₂ por persona	MtCO ₂ eq Año 2000	% del total mundial	Ton CO ₂ por persona
Guatemala	5.1	0.08%	0.6	12.2	0.03%	1.0
Honduras	2.6	0.04%	0.5	7.6	0.02%	1.1
Nicaragua	2.6	0.04%	0.7	4.0	0.01%	0.7
Costa Rica	2.9	0.03%	1.0	6.4	0.02%	1.5
Belice	0.3	(,,)	1.6	0.8	(,,)	2.9
El Salvador	2.6	0.03%	1.8	6.2	0.02%	1.0
Panamá	3.1	0.03%	1.3	5.7	0.02%	1.8

Fuente: Indicadores de Desarrollo Humano 2007. PNUD, 2007

En una publicación reciente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, 2008, donde se comparan las emisiones en América Latina, Nicaragua es el país de Mesamérica que reporta menor cantidad de emisiones per cápita y se encuentra entre los cuatro países de América Latina con las menores emisiones per cápita.

Dos objetivos importantes para el desarrollo sostenible de Nicaragua son el cambio de la matriz energética que se está impulsando actualmente y tomar medidas eficaces para detener la acelerada deforestación que ha afectado al país, con mayor énfasis desde los años 90. Estas medidas tienen una clara orientación adaptativa, pero además contribuyen a una reducción significativa de las emisiones.

II. 2. OBSERVACIONES, PROBABILIDADES E INCERTIDUMBRES

El comportamiento del clima está sujeto a muchas variables, algunas de ellas muy poco conocidas, por tanto su predicción futura siempre puede tener un margen importante de error. Sin embargo, en este tópico, se pretende desarrollar algunas evidencias o datos que han sido confirmados por el IPCC, 2007 en su cuarto informe. Así mismo también se describen las principales incertidumbres para las cuales todavía no hay respuestas.

II.2.1. Observaciones y probabilidades sobre el comportamiento del clima global

El IPCC, 2007 en su cuarto informe ha confirmado los siguientes hallazgos:

1. Ha disminuido la extensión de la capa de nieve en el hemisferio norte.
2. La cantidad de hielo sobre la Tierra está disminuyendo. Desde finales del siglo pasado, se ha producido una masiva retirada de los glaciares de las montañas.
3. Está aumentando la pérdida de masa en los glaciares y el manto de hielo de Groenlandia.
4. Ha aumentado la temperatura en la superficie de la capa de permafrost a 3°C desde la década de los 80 en el Ártico. Los cambios en las condiciones del permafrost pueden afectar la escorrentía de los ríos, el suministro de agua, el intercambio de carbono y la estabilidad del paisaje y puede dañar la infraestructura. La base del permafrost se derrite a razón de 0.04 m año⁻¹ en Alaska y 0.02 m año⁻¹ en la meseta tibetana.
5. Ha disminuido la extensión máxima de terreno congelado estacionalmente en aproximadamente un 7% en el hemisferio norte desde 1900.



Figura II.6 La figura muestra la tasa de reducción del hielo marino en el hemisferio norte durante el período 1979-2007.

6. La salinidad de los océanos está cambiando, con refrescamientos en las regiones subpolares e incrementos de la salinidad en la parte más baja de los trópicos y subtropicos. Estas tendencias se corresponden con los cambios en las precipitaciones y con una supuesta transferencia mayor de agua hacia la atmósfera de latitudes bajas a altas y del Atlántico al Pacífico.

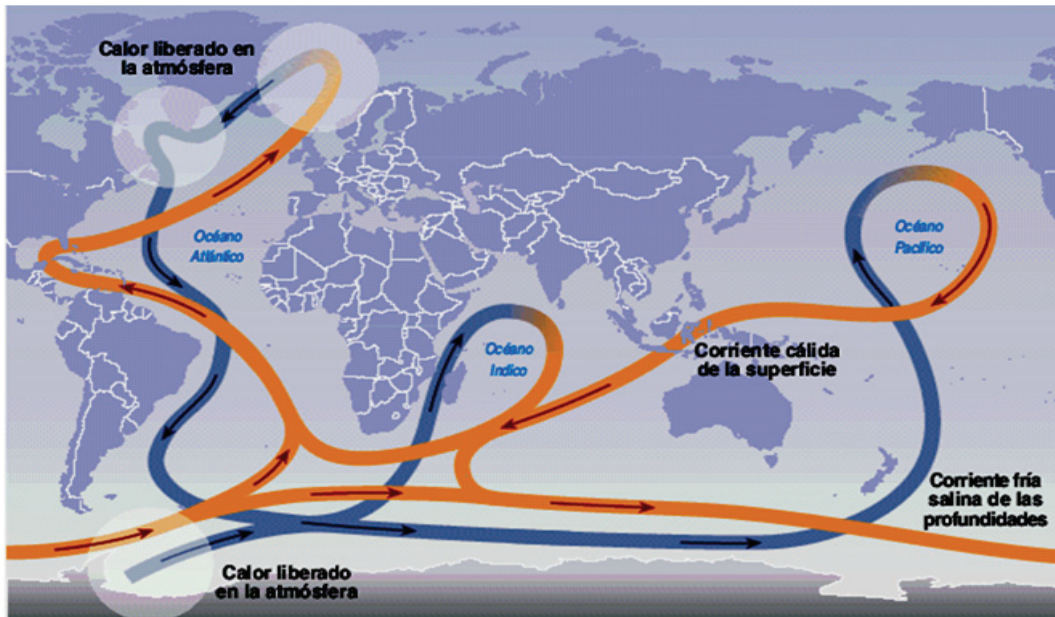


Figura II.7 La gran cinta transportadora de energía en los océanos. (Fuente: Climate Change, 1995)

7. La dilatación térmica oceánica y la pérdida de masa de los glaciares y casquetes de hielo contribuyeron considerablemente al aumento del nivel del mar observado.
8. La tasa media mundial del aumento del nivel del mar medido por el satélite, desde 1993 hasta 2003, es de 3.1 ± 0.7 mm año⁻¹. Esta tasa observada en el período actual se acerca al cálculo total de 2.8 ± 0.7 mm año⁻¹ para los aportes climáticos debido a la dilatación térmica (1.6 ± 0.5 mm año⁻¹) y cambios en el hielo terrestre (1.2 ± 0.4 mm año⁻¹).
9. La incorporación del carbono antropogénico, a partir de la Revolución Industrial, provocó una mayor acidez oceánica, con un promedio de disminución superficial de pH de 0.1 unidades. La incorporación oceánica de CO₂ cambia su equilibrio químico, pues al aumentar el CO₂ disuelto, disminuye el pH (es decir, el océano se vuelve más ácido). El cambio total del pH se calcula mediante estimaciones de la incorporación del carbono antropogénico y modelos oceánicos sencillos.
10. Las observaciones directas de acidez en los océanos llevadas a cabo durante los últimos 20 años muestran tendencias de disminución a una tasa de aproximadamente 0.02 unidades de pH por decenio.
11. El intercambio de agua entre los océanos y otros reservorios (por ejemplo, los mantos de hielo, los glaciares de montaña, los reservorios terrestres de agua y la atmósfera) puede cambiar la masa oceánica y por ende, contribuir a los cambios en el nivel del mar. El cambio en el nivel del mar no es geográficamente uniforme porque los procesos de cambios en la circulación oceánica no son uniformes a nivel mundial.

12. Es muy probable que el forzamiento debido a los gases de efecto invernadero causará gran parte del calentamiento mundial observado durante los últimos 50 años. Sólo el forzamiento de estos gases durante la mitad del siglo pasado probablemente hubiesen provocado un calentamiento mayor que el observado, si no hubiera existido una compensación del efecto de enfriamiento del aerosol y otros forzamientos.
13. Se observan sequías más intensas y largas en ciertas áreas.
14. Existen pruebas de observaciones sobre el aumento de la intensidad de la actividad ciclónica tropical en el Atlántico Norte desde aproximadamente 1970, aunque no existe una tendencia evidente de la cantidad anual de ciclones tropicales. Sin embargo, cálculos del potencial de destrucción de los ciclones tropicales muestran un valor ascendente importante a partir de mediados de 1970, con preponderancia hacia períodos de vida más largos y de mayor intensidad. Las variaciones del número de ciclones tropicales total se deben al fenómeno de El Niño y a la variabilidad decenal, que además, provoca una redistribución de la cantidad y las trayectorias de las tormentas tropicales. La cantidad de huracanes en el Atlántico Norte se comportó por encima de lo normal (basado en 1981–2000) en nueve de los diez años del período de 1995 a 2005.

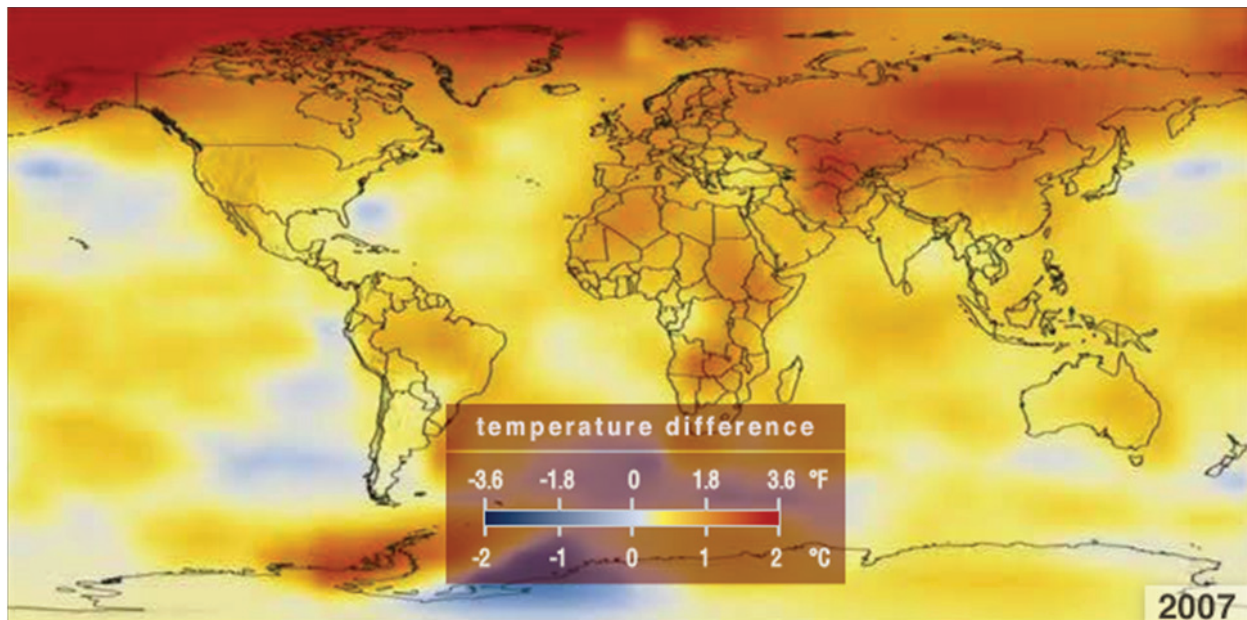


Figura II.8. La NASA ha generado un instrumento denominado “Climate Time Machine”, mediante el cual se puede conocer la evolución del calentamiento. En la lámina se muestra las diferencias de temperaturas registradas para el 2007. (Fuente: www.nasa.gov)

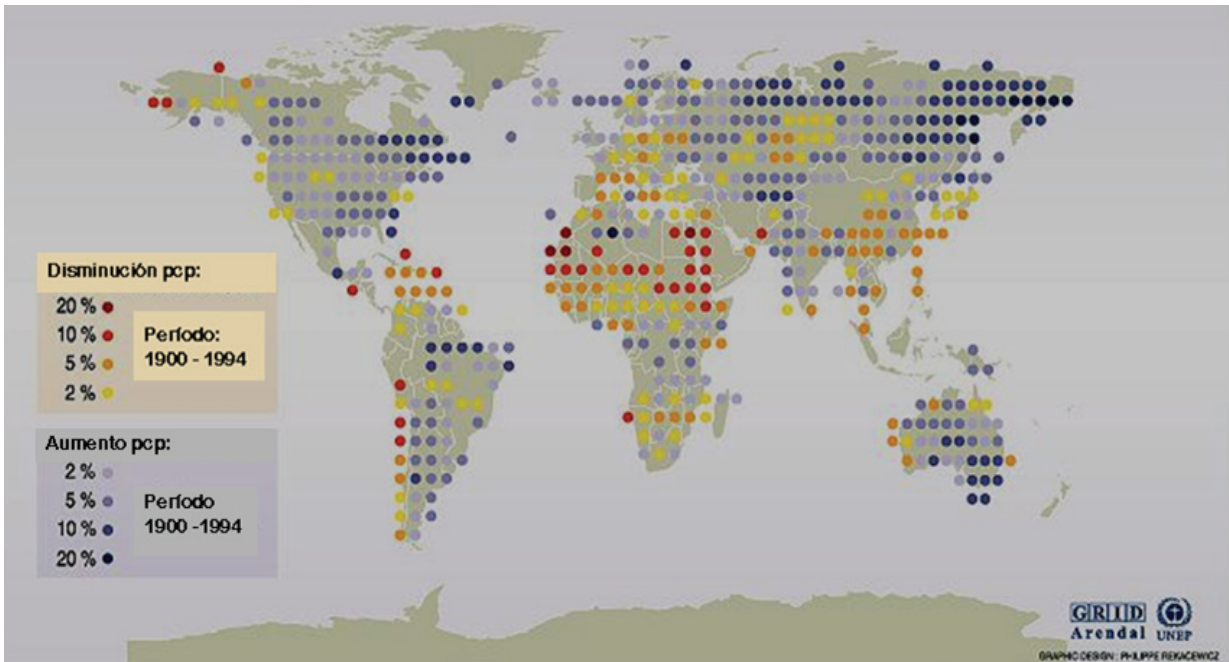


Figura II.9. : El mapa muestra la tendencia de las precipitaciones por decenios en el período correspondiente 1900-1994. (Fuente: Climate Change, UNEP, 1995)

II.2.2. Incertidumbres sobre el clima global

Tal y como se han publicado en el cuarto informe del IPCC, 2007, existen importantes hallazgos y evidencias en relación al cambio del clima, pero este informe también ha identificado importantes incertidumbres para las cuales todavía no existen respuestas científicas.

A continuación se describen algunas de las principales incertidumbres:

1. No existe una adecuada cuantificación de las propiedades de la superficie de la tierra y de las interacciones tierra-atmósfera que provocan el calentamiento.
2. No existen pruebas suficientes para determinar si existen tendencias de incremento de los tornados, granizos, relámpagos y tormentas de polvo en pequeñas escalas espaciales.
3. No existen suficientes datos para llegar a conclusiones sobre las tendencias del grosor del hielo marino antártico.
4. El cálculo del equilibrio de masa para las plataformas de hielo y los mantos de hielo, específicamente para la Antártida, se ve limitado por la medición y la validación de los cambios descubiertos por la altimetría de satélite y las mediciones de gravedad.
5. Las incertidumbres en los cálculos de la pérdida de masa glaciar se derivan de datos limitados del inventario mundial, relaciones incompletas área-volumen y desequilibrio en la cobertura geográfica.
6. La confianza en la atribución de algunos fenómenos del cambio climático a influencias antropogénicas se ve limitada en la actualidad debido a incertidumbres en el calentamiento y en los retroefectos, así como en las observaciones.

7. La atribución a escalas menores que las continentales y a escalas de tiempo de menos de 50 años se ve limitada debido a que existe una variabilidad climática mayor en escalas menores, por incertidumbres en los detalles a pequeña escala del forzamiento externo y por respuestas simuladas de modelos, así como por incertidumbres en la simulación de la variabilidad interna en pequeñas escalas, incluida en la relación con modos de variabilidad.
8. A pesar de las mejoras en el conocimiento, las incertidumbres en la variabilidad climática interna simulada en modelos limitan algunos aspectos de los estudios de atribución. Por ejemplo, existen diferencias evidentes entre los cálculos de la variabilidad del contenido oceánico de calor de modelos y las observaciones.

II.2.3. Observaciones sobre el cambio climático en Nicaragua

Para brindar una perspectiva sobre el comportamiento del clima en Nicaragua en los últimos 60 años se ha resumido la información de dos artículos publicados por INETER ⁽⁴⁾ en su página Web titulados: Tendencias de las temperaturas en Nicaragua (Guerrero J.F, 2003) y Evaluación de las precipitaciones en Nicaragua (Guerrero J.F, s/f).

II.2.3.1. Tendencia de las temperaturas

Según Guerrero J.F, (2003), desde 1895, se han registrado en Nicaragua las primeras observaciones meteorológicas. Inicialmente, se medía únicamente la lluvia; sin embargo a partir de 1932 se empezó a determinar la temperatura media del aire. Muchas de las observaciones hechas en los primeros años han sido perdidas. Sin embargo, en INETER, se conserva la memoria de datos de temperatura desde 1957. Estos datos tienen un gran valor, ya que permiten evaluar, sobre escalas de tiempo razonables, la evolución del clima en el país y determinar su vínculo con el cambio climático.

El INETER, en el año 2003, realizó un análisis donde se utilizaron los datos de temperaturas, máxima y mínima, absolutas del aire de 10 estaciones meteorológicas principales, ubicadas en la región del Pacífico: Chinandega, Managua, Masatepe y Nandaime; en la región norte: Condega y Jinotega; en la región central: Muy Muy y Juigalpa; y en la región del Atlántico: Puerto Cabezas y Bluefields. Las mediciones en dichas estaciones empezaron entre 1957 y 1970, y se dispone a la fecha de la información diaria de estos parámetros.

Del análisis temporal que se realizó de los valores mensuales de las temperaturas máxima y mínima absolutas del aire en 10 estaciones meteorológicas, tomadas como representativas de los diferentes regímenes climáticos que predominan en las diferentes regiones del país, se derivan las siguientes conclusiones:

1. Los valores mensuales de las temperaturas máxima y mínima absolutas del aire presentaron aumentos progresivos con el tiempo en la mayoría de las estaciones.
2. En todas las estaciones, los datos de temperatura mínima absoluta mostraron incrementos, entre décadas extremas, que varían de 0.2°C a 1.6°C. Aumentos similares presentaron las temperaturas máximas absolutas, con excepción de Chinandega y Masatepe que mostraron descensos del orden de -0.3°C y -0.8°C, respectivamente.

4 () INETER: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (www.ineter.gob.ni)

3. La tendencia de las temperaturas extremas en las estaciones de Masatepe y Chinandega, es ascendente para las temperaturas mínimas absolutas y descendente para las temperaturas máximas absolutas; lo que indica que los valores de temperatura mínima se han incrementado a partir de la década de los 70, manifestándose una reducción en la amplitud anual de la temperatura del aire, dentro del período de los 39 años estudiados (enero 1964 a diciembre del 2002).
4. Las mejores estimaciones del aumento mundial de la temperatura del aire, de 1861 a 1989, presentan un rango de $+0.3^{\circ}\text{C}$ a $+0.6^{\circ}\text{C}$ (Organización Meteorológica Mundial y el Calentamiento Global, 1990). Los datos del IPCC (2007) corroboraron después que el calentamiento real registrado fue de 0.7 grados por década. En este rango de magnitudes, se ubican la mayoría de los incrementos registrados en los valores mensuales de temperatura para las diferentes regiones de Nicaragua para esa época; por lo que los análisis realizados son consistentes con esos resultados.
5. En general, la magnitud de las temperaturas extremas absolutas se han incrementado en los últimos dos decenios del Siglo XX.

El Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, a través de su cuarto informe de consenso ha expresado: “Se prevé que continúe la variabilidad interanual de El Niño (ENSO por sus siglas en inglés) en todos los modelos, aunque los cambios difieren de un modelo a otro. Las grandes diferencias en los cambios proyectados en la amplitud de El Niño y la variabilidad inherente en una escala de tiempo de siglos, de este fenómeno en los modelos, descarta una proyección definitiva de tendencias en la variabilidad de El Niño”. IPCC, 2007

II.2.3.2. Evaluación de las precipitaciones

Según Guerrero J.F, (s/f), para la realización del análisis de las precipitaciones, se utilizaron los datos pluviométricos de dos estaciones meteorológicas, ubicadas en la región del Pacífico; las del Ingenio San Antonio y de Granada. Las mediciones en Granada empezaron en una estación propiedad de Nicaragua Sugar Estate desde su inicio en 1895. En estas dos estaciones, disponen de registros continuos desde aproximadamente el inicio del siglo XX. Con los registros de estas estaciones, se realizó un análisis de tendencia, donde se ha calculado la precipitación promedio en los 30 primeros años de registro, y en los 30 últimos años de registro, para evaluar la modificación eventual de las precipitaciones en este siglo.

La primera conclusión del análisis anterior es que las precipitaciones disminuyen de manera relativamente significativa, pues al calcular la diferencia porcentual entre inicios del siglo XX, en estos últimos 30 años, se encuentra una diferencia de -10% en el Ingenio San Antonio, y de -6% en Granada. La reducción es notable, pero limitada.

En estudios similares, se ha encontrado una reducción de las precipitaciones en el área de un 10% desde la segunda mitad de este siglo (IPCC 1995).

También se realizó un análisis sumario de correlación entre el Índice de Oscilación de El Niño (anteriormente mencionado como NOI) y la disminución de las precipitaciones. Los resultados indican, que existe una correlación de 0.38 y 0.29 entre NOI y la reducción de las precipitaciones en el Ingenio San Antonio y en Granada, respectivamente. Por lo tanto, se puede afirmar que existe una relación matemática entre estos eventos y la precipitación medida en estas dos estaciones. Estos análisis pueden explicar que la reducción de las precipitaciones en Nicaragua ha estado asociada a la variabilidad natural inducida por El Niño.

En resumen, Nicaragua puede estar sufriendo las consecuencias del cambio climático, unido a la variabilidad natural del clima, lo que se manifiesta en:

- Aumento de la temperatura que varían de 0.2°C a 1.6°C., valores que se encuentran dentro de los rangos de calentamiento pronosticados en el pasado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).
- Disminución de las precipitaciones entre un 6 y un 10% en dos estaciones meteorológicas del Pacífico, cuyos rangos coinciden con las predicciones realizadas en el pasado por el IPCC, aunque el número de muestra no puede ser considerado como representativo del país.
- Existe correlación entre el Índice de Oscilación del Sur (NOI) y las precipitaciones registradas en estas dos estaciones, lo que coincide con las predicciones del IPCC donde se estima que el fenómeno de El Niño es más frecuente de lo normal al final del siglo XX, y que esta inusitada frecuencia pudiera estar ligada al cambio climático, aunque esta afirmación no es conclusiva. La variabilidad climática natural ha producido importantes eventos de sequía para Nicaragua en el pasado.
- Según los registros históricos, en los últimos 33 años, se aprecia un considerable aumento en la incidencia de huracanes. El IPCC (2007) ha afirmado que, a medida que se calienta el planeta, es probable que se incrementen los fenómenos extremos en algunas regiones.

Algunos efectos relacionados con el comportamiento del clima en Nicaragua se muestran en las siguientes imágenes.



Figura II.10. Algunos signos: disminución de caudales en los ríos (Rio Viejo de Matagalpa) e incremento de los incendios forestales (incendio en la Reserva de Biosfera de Bosawás).

Otras informaciones importantes que pudieran aportar criterios sobre el comportamiento del clima y el nivel del mar en Nicaragua se ven limitadas por las escasas investigaciones e información disponibles en el país. Por ejemplo, el monitoreo del nivel de mar no se realiza para la Costa Caribe y son muy escasos los mareógrafos situados en el Pacífico que contengan información representativa.



Figura II.11. Los huracanes están aumentando su fuerza destructora en Nicaragua. En la foto se presenta una imagen de las secuelas dejadas por el huracán Félix en una comunidad de la Región Autónoma del Atlántico Norte.

II. 3. PROYECCIONES CLIMATICAS

II.3.1. Proyecciones mundiales

El cuarto informe de consenso científico del IPCC, 2007, publicó las siguientes proyecciones: Los diferentes escenarios previstos para el Siglo XXI suponen, en cualquier caso, subidas de la temperatura media global y del nivel del mar.

1. La temperatura global media en superficie se espera que aumente entre 1.4 y 5.8°C en el período que va desde 1990 hasta 2100. La amplitud de la estimación se debe a:
 - a. El nivel de emisión de gases de efecto invernadero supuesto en cada escenario.
 - b. La predicción particular de cada modelo informático utilizado.
2. La estratosfera se enfriará significativamente.
3. El calentamiento superficial será mayor en las altas latitudes en invierno, pero menores durante el verano.
4. La precipitación global aumentará entre 3 y 15%.
5. Habrá un aumento en todo el año de las precipitaciones en las altas latitudes, mientras que algunas áreas tropicales, experimentarán pequeñas disminuciones.

6. Es muy probable que el ritmo de calentamiento previsto sea el mayor de, al menos, los últimos 10.000 años.
7. Es muy probable que la casi totalidad de las tierras emergidas sufran un calentamiento más rápido que el de la media global, particularmente aquellas situadas a alta latitud norte y durante la estación fría.
8. Se espera un incremento en la magnitud de ciertos fenómenos extremos. Sin embargo no existe suficiente información para realizar estimaciones precisas acerca de otros fenómenos extremos que pudieran darse.
9. En el hemisferio norte, se prevé una reducción aún mayor de la cobertura nivosa y de los hielos marinos, así como de los glaciares y otras capas de hielo. Es probable que la capa de hielo antártico aumente de masa mientras que se reduzca la de Groenlandia.
9. Se espera que el nivel del mar se eleve entre 9 y 88 cm de 1990 a 2100, a causa principalmente de la expansión térmica y de la pérdida de hielo. Esta variabilidad tan grande en la estimación se debe a incertidumbres en los modelos.

Como se puede apreciar según las predicciones anteriores, la velocidad del cambio climático es mayor que en cualquier otro momento de la historia de la Tierra. Si los países no toman conciencia y adoptan medidas eficaces para detener las emisiones de gases de efecto invernadero, es muy probable que el mundo experimente numerosos efectos negativos como consecuencia del cambio climático futuro y que los más afectados serán aquellos países más vulnerables.

II.3.2. Limitaciones de los modelos

La previsión de cambios, en los próximos 100 a 150 años, se basa íntegramente en modelos de simulación. En este sentido, el propio IPCC (2007) reconoce que la gran mayoría de los modelos se ha concentrado sobre los efectos de la contaminación antrópica de la atmósfera por gases de efecto invernadero, y en menor grado, en los aerosoles atmosféricos, ya que la mayor preocupación actual, es determinar cuánto se calentará la Tierra en un futuro cercano. Todo esto lleva implícito cierto nivel de incertidumbre que ya ha sido abordada con anterioridad.

II.3.3. Proyecciones del clima futuro en Centroamérica y Nicaragua

De la siguiente figura producida por el IPCC (2007), se puede deducir que para Nicaragua las temperaturas proyectadas para la década 2020-2029, podrían incrementarse entre 0.5 y 1.0°C para los escenarios A2 y B1. Sin embargo, para la década 2090-2099, es probable que las temperaturas se incrementen significativamente: para el escenario A2, el rango podría ser de 4.0 a 4.5 °C y un poco más moderado en el B2, de 2.0 a 2.5 °C.

En las proyecciones anteriores la escala de análisis para Centroamérica es prácticamente un punto y el ámbito de países prácticamente no se observa y ello es congruente con el planteamiento del IPCC, a saber que el análisis en escalas menores de continentes puede generar muchas incertidumbres, sobretodo porque la variabilidad climática a estas escalas puede generar resultados contradictorios.

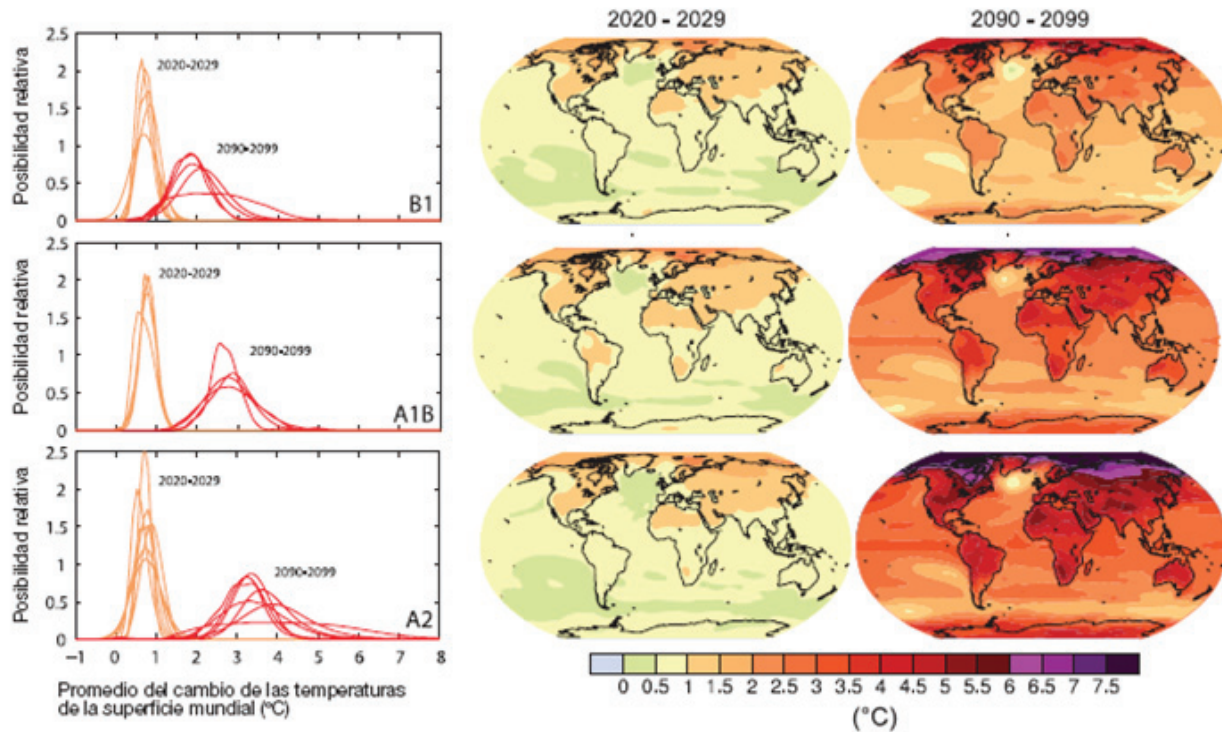


Figura II.12. Cambios de temperatura proyectados para principios y finales del siglo XXI con respecto al periodo 1980–1999. Los paneles central y el derecho muestran el promedio de las proyecciones multimodelos MCGAO para los escenarios IE-EE I B1 (arriba), A1B (en el medio) y A2 (abajo) promediados en las décadas 2020–2029 (centro) y 2090–2099 (derecha). Los paneles a la izquierda muestran las incertidumbres correspondientes como probabilidades relativas del calentamiento medio mundial estimado en varios estudios de MCGAO y del Modelo del Sistema Terrestre de Complejidad Intermedia para los mismos períodos. Algunos estudios sólo presentan los resultados de un sub-conjunto de escenarios del IE-EE, o de varias versiones de los modelos. Por tanto, la diferencia en el número de curvas mostradas en los paneles de la izquierda sólo se debe a diferencias en la disponibilidad de los resultados. (Fuente IPCC, 2007)

II.3.3.1. El clima futuro en Centroamérica

Son diversos los estudios desarrollados para el ámbito centroamericano en los últimos años, por tal razón se hará una breve descripción de los diferentes estudios y de sus principales resultados.

En un estudio reciente (Aguilar, E., et Al., 2006), sobre las tendencias observadas en los extremos climáticos en la región de América Central y Sudamérica septentrional, se identificaron y analizaron los cambios en las temperaturas extremas y en la precipitación. El estudio indica que las temperaturas extremas y la oscilación entre ellas están cambiando en la región, y que el calentamiento puede ser más notable en el verano y otoño del hemisferio norte (coincidente con la época de lluvia en Centroamérica). En este modelo, los totales de lluvia no muestran aumentos significativos, pero las intensidades indican una tendencia a incrementarse significativamente.

Sin embargo, otro estudio (IMN-MINAE-CRRH, 2006), de alcance regional (América Central), utilizó el modelo MAGICC-SCENGEN para los escenarios de emisiones A2 y B2, con el propósito de estimar los cambios promedios en la temperatura y la precipitación. Para ello el territorio de Centroamérica se dividió en dos partes: la región norte (N) que abarca desde Guatemala hasta la parte septentrional de Costa Rica, incluyendo a Nicaragua; y la región sur (S) que se extiende desde la parte central de Costa Rica hasta Panamá.

Dicho estudio indica que la magnitud del cambio de la temperatura media del aire es ligeramente mayor en la región sur con respecto a la norte, particularmente después del año 2050. Al comparar ambos escenarios de emisiones (A2 y B2), se observa que, entre 2010 y 2050, los cambios en la temperatura son ligeramente mayores en el B2 que en el A2; mientras para el horizonte de tiempo 2100 el comportamiento es inverso, valores mayores en A2 respecto a B2, es decir A2 sería el escenario no deseado. (MARENA 2008)

En cuanto a la precipitación media anual para la región norte en todos los horizontes (2010, 2020, 2050 y 2100) y para ambos escenarios (con valores menores de A2, respecto a B2), se espera que la precipitación disminuya ligeramente entre 2010 y 2050, entre -1.08% y -4.29% en A2; y de -1.20 hasta -4.40% en B2. Para el año 2100, se esperaría una reducción de los totales anuales de precipitación entre -8.20% (B2) y -11.49% (A2). Como se podrá notar, los valores esperados de reducción de los totales anuales de precipitación, son bastante conservadores; incluso menores que la variabilidad natural del clima en Nicaragua. (MARENA 2008)

Otro estudio, titulado “Fomento de las capacidades para la etapa II de adaptación al cambio climático en Centroamérica, México y Cuba”, (2006) realizó un análisis de varios modelos y en particular de aquellos utilizados por el IPCC. Para este caso, los escenarios de temperatura y precipitación se generaron utilizando los modelos Hadley, NCAR, CCC, GFDL, ECHAM, CCSR y CSIRO, que son esencialmente los modelos utilizados en el tercer informe de evaluación del IPCC. Se elaboraron escenarios para los períodos 2010-2039, 2040-2069 y 2070-2099; tomando en cuenta tanto el valor promedio (ensamble) de todos los modelos, así como la dispersión entre ellos. Para este modelo, las proyecciones de la temperatura media en las próximas décadas indican que los aumentos serán mayores hacia las latitudes sub-tropicales. A nivel centroamericano, en la costa del Pacífico cerca de Guatemala, El Salvador y Nicaragua, se observa que los aumentos podrían ser mayores a los enunciados anteriormente. Esta proyección, que resulta de los modelos de circulación general, es consistente con lo registrado utilizando datos del modelo IPCC, 2007. Los rangos de los incrementos en la temperatura media están entre 1 y 2° C para las primeras décadas (2020-50), pero para finales de siglo los incrementos podrían alcanzar los 3 o 4° C. También, en este estudio, las precipitaciones muestran disminuciones en la mayor parte de la región de Centroamérica y México, pero con mayor énfasis en Nicaragua (-40%); aunque el rango de proyecciones en algunos países y para ciertos modelos sugiere que hay probabilidades de que las precipitaciones aumenten entre 5 y 10%.

Una regionalización del modelo Hadley muestra la tendencia local de proyectar menor precipitación en la parte norte y central de Centroamérica y una mayor precipitación hacia el sur, entre Costa Rica y Panamá, así como en la zona del Golfo de México.

II.3.3.2. El clima futuro en Nicaragua ⁽⁵⁾

Recientemente, en el marco del proyecto para la elaboración de la “Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático” (Elaborada por MARENA, 2008), se realizó una nueva investigación con el objetivo de actualizar los escenarios climáticos del país desarrollados por MARENA y financiado por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Se utilizaron los resultados del sistema de modelación regional PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies), obteniéndose las informaciones de las proyecciones climáticas futuras para Nicaragua con una resolución espacial de 50 kilómetros. Esto marca un logro sin precedentes a nivel de país, pues permitirá que las investigaciones se puedan desarrollar a escalas de los departamentos.

5 () Evaluación de escenarios 2008. Información disponible en MARENA e INETER.

Estas nuevas proyecciones sugieren la ocurrencia de un clima mucho más cálido que las proyecciones realizadas con anterioridad, mientras que el patrón de precipitaciones indica la ocurrencia de una reducción de lluvias sobre la región Atlántica, donde la incertidumbre es relativamente menor. En la zona sur de Nicaragua, las proyecciones indican un posible incremento de las lluvias, relacionado con el permanente incremento observado en las precipitaciones en una amplia zona que abarca Costa Rica Panamá y Colombia, coincidente con las proyecciones del modelo regional del IPCC, 2007.

Para la evaluación de las diferencias que se observaron entre las simulaciones realizadas para el período 1961-1990 y el “clima observado”, se utilizaron los datos provenientes de la climatología desarrollada por New (et al, 1999) citado por MARENA, 2008, conocida comúnmente como la base de datos CRU (Climate Research Unit). Este análisis permite hacer una evaluación de la habilidad conjunta que poseen el modelo global y el modelo regional para simular el clima en Nicaragua, incluyendo las variaciones espaciales y temporales durante el período considerado. (MARENA 2008)

Los resultados obtenidos para los dos modelos (HADCM3 y ECHAM4) estuvieron a cargo de prestigiosos investigadores del Instituto de Meteorología de Cuba, pertenecientes al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de ese país y bajo los dos escenarios de emisiones (SRESA2 y SRESB2), muestran que la temperatura media del aire en Nicaragua pudiera aumentar de forma notable.

Para el período entre los años 2071 y 2099, el incremento de la temperatura podría estar entre 3.0°C y 4.0°C. Puede notarse además, cómo el calentamiento proyectado por el modelo ECHAM4 resulta mayor, principalmente para el escenario SRESA2, lo cual es totalmente consistente con el perfil de emisiones más intenso de ese escenario. Así mismo, los dos modelos coinciden en que los mayores valores de la temperatura media se prevé que ocurran durante la estación lluviosa. Para el escenario de emisión B2 y los dos modelos (ECHAM4 y HADCM3), el aumento de la temperatura media es más moderado con valores en un rango de 2.0°C a 4.0°C, siendo las zonas de mayor impacto similares a las de A2. (MARENA, 2008)

Estas condiciones podrían hacer del período lluvioso el más caliente, contribuyendo negativamente en las condiciones ambientales de muchas regiones, pues esto acelera la evapotranspiración y eleva la biotemperatura para el crecimiento vegetativo de las plantas.

Las estimaciones futuras de las temperaturas extremas ofrecen resultados similares a los de la temperatura media. Sin embargo, en el caso del modelo ECHAM4 para el escenario SRESA2, el patrón de incremento de las temperaturas mínimas muestra el área de mayores incrementos desplazada hacia la región del Pacífico del territorio nacional. Este patrón puede indicar una reducción importante de la oscilación térmica diaria, independientemente de que las temperaturas máximas, si bien muestran un cambio apreciable, no resulten tan intensas. Es decir, en la región del Pacífico de Nicaragua, se podría incrementar el estrés térmico sobre la población y la sensación de calor se sentiría prácticamente durante todo el día. (MARENA, 2008)

En el caso de las precipitaciones, las proyecciones son más divergentes entre los modelos. Para el modelo ECHAM4, resalta el potencial incremento de la variabilidad climática con períodos en los cuales la precipitación llega a alcanzar incrementos del orden de 40% a 60%. No obstante, para finales de siglo, se aprecia un predominio de la reducción de las precipitaciones, que resulta más significativo en las salidas que produce el modelo HadCM3 (o HadAMH3), donde las reducciones llegan a estar en el intervalo de 50%-60% para el período 2071-2099. (MARENA, 2008)

El patrón espacial del cambio de la precipitación muestra diferencias importantes. Según los resultados del modelo ECHAM4, se aprecia una zona de incremento de las precipitaciones entre 0% y 50% al oeste del meridiano 85, que se contrapone con la reducción de la lluvia para la región Atlántica, la cual es más marcada en el período seco del año. Este comportamiento se hace evidente en los períodos lluvioso y anual; mientras que, en el período poco lluvioso, la tendencia futura de los valores de lluvia presenta incrementos cercanos al 10% o reducciones próximas a 10%-30%. (MARENA, 2008)

Los resultados de estas proyecciones climáticas sugieren que el número de días con lluvias mayores a 0.1 mm presenta una tendencia a la reducción en el territorio nacional. Sólo los resultados del modelo ECHAM4 proyectan incrementos en una pequeña zona cercana al lago Cocibolca para el régimen anual y la estación relativamente seca. Este patrón parece contradictorio con el incremento de precipitaciones que se proyecta para algunas áreas del país. Sin embargo, a pesar de que la cantidad general de días con lluvia tiende a ser menor, se produce un aumento de la frecuencia de días con lluvia, cuyos valores son superiores a 10 mm. No obstante, las proyecciones sugieren que los días con lluvias más intensas (superiores a los 50-100 mm) no serán más frecuentes y por lo tanto, el incremento en la intensidad de las precipitaciones probablemente sea muy bajo.

De los análisis anteriores, se pueden obtener las conclusiones siguientes acerca del clima futuro en Nicaragua:

1. De mantenerse los niveles de emisiones actuales, es probable que la temperatura media del aire se incremente de manera sustancial y para finales de siglo pudieran ser superiores a los 3.0°C. El cambio podría ser mucho más intenso en las temperaturas máximas, con incrementos mayores a 4.0°C en algunas zonas del país. El cambio en la temperatura mínima puede ser más agudo, indicando una posible reducción en la oscilación térmica diaria y el consecuente aumento del estrés térmico en la población.
2. Para la precipitación, los resultados muestran una mayor discrepancia. El modelo ECHAM4 tiende a producir, durante casi todo el año, incrementos que varían entre el 10 y el 70%, principalmente en la mitad occidental de Nicaragua. En el modelo HadCM3, las proyecciones para los escenarios A2 y B2 muestran una reducción de los volúmenes de lluvia en casi todo el país, con el predominio de valores que están entre -30% y -50%.
3. A pesar de la discrepancia entre las proyecciones de la precipitación, los resultados de ambos modelos coinciden en mostrar un incremento de las precipitaciones anuales en la zona sur del país y sobre la costa del mar Caribe. Esta coincidencia se hace mucho más evidente durante el período lluvioso del año.
4. El número de días con lluvias superiores a 10 mm muestra un patrón consistente con los resultados obtenidos para los totales anuales de precipitación. A pesar de esto, no se apreció la existencia de una mayor frecuencia en los días con precipitaciones superiores a 50 mm, lo cual podría estar relacionado con un incipiente incremento en la intensidad de las precipitaciones.

Si estos incrementos de temperatura y reducción de precipitaciones que han sido modelados para ciertos escenarios de emisiones se llegaran a producir, pueden presentarse importantes impactos ambientales para los ecosistemas, la población y sus medios de vida.

II.4. CONCLUSIONES

1. **Las emisiones antropogénicas** a nivel mundial representan entre un 50% y un 60% del CO₂ acumulado en la atmósfera. De ellas, las principales emisiones se deben a la quema de combustible fósil y al cambio del uso de las tierras.
2. **Las emisiones de gases de efecto invernadero** están relacionadas con las formas de producción y las formas de circulación o transporte, también se relacionan con las formas de consumo y de distribución de la riqueza que se genera. Por tanto, el problema ha sido originado por los países altamente desarrollados, quienes tienen una responsabilidad histórica con este problema, debido a la alta concentración de las emisiones en un pequeño grupo de países. Estados Unidos, la Federación Rusa, China, Alemania, Reino Unido y Japón concentran más del 50% de las emisiones mundiales.
3. **La alta dependencia de sus recursos naturales**, en los países pobres, genera un acelerado proceso de deforestación y cambio del uso del suelo, que disminuye de forma acelerada la capacidad de captura de CO₂, incrementando las probabilidades de convertirse en emisores, con una sustancial diferencia respecto a los países altamente desarrollados.
4. **Los escenarios son una proyección verosímil** de la evolución futura de las emisiones de sustancias que pueden ser radiactivamente activas (como los gases de efecto invernadero y los aerosoles), sobre la base de una serie homogénea e intrínsecamente coherente de hipótesis acerca de las fuerzas determinantes de la sociedad (como el crecimiento demográfico, el desarrollo socio-económico y el cambio tecnológico).
5. **Para lograr un cambio climático no peligroso** para la humanidad, es necesario que la tendencia de la temperatura promedio en el mundo no sobrepase 0.2°C cada diez años, o sea lograr un aumento máximo de la temperatura en 2°C como límite máximo razonable en cien años. Este límite se puede lograr si las concentraciones de CO₂ se mantienen en este siglo por debajo de 400 ppm, aunque ya se ha mencionado que algunos autores lo consideran económicamente inviable.
6. **El balance neto anual de emisiones-absorciones de gases de efecto invernadero** en Nicaragua para el año 2000, indica que se emitieron 49,202.84 Gg de CO₂, como resultado del balance entre la fijación de -94,489 Gg de CO₂ y la emisión de 139,869 Gg de CO₂ se debió a los cambios del uso del suelo (UT-CUTS), principalmente. La fijación y absorción de CO₂ se debió a los procesos de regeneración natural de la cobertura boscosa, cambios en bosques; así como por el abandono de las tierras cultivadas sobre el territorio nacional.
7. **Existen una serie de evidencias científicas** que se relacionan con un cambio en el comportamiento del clima, tales como la pérdida de la capa de nieve en el hemisferio norte, la pérdida de masa en los glaciares y el manto de hielo de Groenlandia, el aumento del nivel del mar, la incorporación del carbono antropogénico a partir de la Revolución Industrial provocó una mayor acidez oceánica, se observan sequías más intensas y duraderas, mientras existen observaciones que evidencian el aumento de la intensidad en la actividad ciclónica tropical del Atlántico Norte desde aproximadamente 1970 tal y como se ha publicado en el cuarto informe del IPCC, 2007.
8. **También importantes hallazgos** y evidencias han identificado significativas incertidumbres para las cuales todavía no existen respuestas científicas.

9. Nicaragua puede estar sufriendo las consecuencias del cambio climático debido a:

- a. Aumentos de la temperatura que varían de 0.2°C a 1.6°C., valores que se encuentran dentro de los rangos de calentamiento pronosticados en el pasado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).
- b. Disminución de las precipitaciones entre un 6 y un 10% en dos estaciones meteorológicas del Pacífico, cuyos rangos coinciden con las predicciones realizadas en el pasado por el IPCC.
- c. Existe correlación entre el Índice de Oscilación del Sur (NOI) y las precipitaciones registradas en estas dos estaciones, lo que coincide con las predicciones del IPCC donde se estima que el fenómeno de El Niño es más frecuente de lo normal en el final del siglo XX, y que esta inusitada frecuencia pudiera estar relacionada con el cambio climático.
- d. Como se ha evidenciado anteriormente, en los últimos 33 años, se aprecia un considerable aumento de la incidencia de huracanes, aunque es muy probable que esto esté relacionado con la variabilidad natural del clima.

10. Los diferentes escenarios previstos por el IPCC para el siglo XXI suponen, en cualquier caso, subidas de la temperatura media global y del nivel del mar.

11. Sobre la base de los estudios científicos realizados en Nicaragua se pudieran presentar los siguientes cambios del clima:

- a. Se espera que la temperatura media del aire pudiera incrementarse de manera sustancial y para finales de siglo, pudiera ser superior a los 3.0°C. El cambio podría ser mucho más intenso en las temperaturas máximas, con incrementos mayores a 4.0°C. En algunas zonas del país, el cambio en la temperatura mínima puede ser más agudo, indicando una posible reducción en la oscilación térmica diaria y el consecuente aumento del estrés térmico en la población.
- b. Para la precipitación, los resultados muestran una mayor discrepancia. El modelo ECHAM4 tiende a producir, durante casi todo el año, incrementos que varían entre el 10 y el 70%, principalmente en la mitad occidental de Nicaragua. En el modelo HadCM3, las proyecciones para los escenarios A2 y B2 muestran una reducción de los volúmenes de lluvia en casi todo el país, con el predominio de valores que están entre -30% y -50%.
- c. A pesar de la discrepancia entre las proyecciones de la precipitación, los resultados de ambos modelos coinciden en mostrar un incremento de las precipitaciones anuales en la zona sur del país y sobre la costa del mar Caribe. Esta coincidencia es más evidente durante el período lluvioso del año.
- d. El número de días con lluvias superiores a 10 mm muestra un patrón bastante consistente con los obtenidos para los totales anuales de precipitación. A pesar de esto, no se apreció la existencia de una mayor frecuencia en los días con precipitaciones superiores a 50 mm, lo cual podría estar relacionado con un incipiente incremento en la intensidad de las precipitaciones, es decir no resultaría importante.

II.5. GLOSARIO DE LOS PRINCIPALES TERMINOS UTILIZADOS EN EL SEGUNDO CAPITULO

Fuentes: IPCC, 2002, IPCC, 2007, Wikipedia, Enciclopedia Encarta, 2004

Altimetría: Técnica utilizada para medir la altura de la superficie del mar, la tierra o el hielo. Por ejemplo, la altura de la superficie del mar (con respecto al centro de la Tierra o, en términos más convencionales, con respecto a un “elipsoide de revolución” estándar) puede medirse desde el espacio con precisión, empleando las técnicas más modernas de altimetría por radar que existen actualmente. La altimetría tiene la ventaja de que sus mediciones tienen un marco de referencia geocéntrico, en lugar de referirse al nivel del suelo, como las mediciones del nivel del mar que realizan los mareógrafos, y permite una cobertura casi mundial.

Anomalía climática: La diferencia en más (+) o en menos (-) que se observa en un lugar, respecto a su norma climática. Si es más, se denomina anomalía positiva; si es menos, anomalía negativa.

Combustible fósil: Los combustibles fósiles son tres: petróleo, carbón y gas natural, y se formaron hace millones de años, a partir de restos orgánicos de plantas y animales muertos. Durante miles de años de evolución del planeta, los restos de seres que lo poblaron en sus distintas etapas se fueron depositando en el fondo de mares, lagos y otros cuerpos de agua. Allí fueron cubiertos por capa tras capa de sedimentos. Fueron necesarios millones de años para que las reacciones químicas de descomposición y la presión ejercida por el peso de esas capas transformasen a esos restos orgánicos en gas, petróleo o carbón.

Deforestación: Conversión de una extensión boscosa en no boscosa.

Dilatación térmica: En relación con el aumento de nivel del mar, este término denota el aumento de volumen (y la disminución de densidad) que tiene lugar cuando el agua se calienta. El calentamiento del océano conlleva una dilatación de su volumen y, por consiguiente, un aumento de nivel del mar.

Dióxido de carbono equivalente: Concentración de CO₂ que produciría el mismo nivel de forzamiento radiactivo que una mezcla dada de CO₂ y otros gases de efecto invernadero

Eficiencia energética: Es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad.

Emisión: Expulsión de todo fluido gaseoso, puro o con sustancias en suspensión; así como toda forma de energía radioactiva, electromagnética o sonora, que emanen como residuos o productos de la actividad humana.

Fenómeno meteorológico extremo: Se define como un fenómeno meteorológico raro en un lugar y época del año determinados. Aunque hay diversas definiciones de “raro”, la rareza de un fenómeno meteorológico extremo sería normalmente igual o superior a la de los percentilos 10 ó 90 de la función de densidad de probabilidad observada. Por definición, las características de un

estado del tiempo extremo pueden variar en función del lugar en sentido absoluto. Un fenómeno meteorológico extremo no puede ser atribuido directamente a un cambio climático antropógeno, ya que hay siempre una probabilidad finita de que haya sobrevenido de manera natural. Cuando una pauta de actividad atmosférica extrema persiste durante cierto tiempo (por ejemplo, durante una estación), puede clasificarse como episodio climático extremo, especialmente si arroja un promedio o un total que es en sí mismo un valor extremo (por ejemplo, sequías o precipitaciones intensas a lo largo de una temporada).

Fermentación entérica del ganado: De las cuatro cavidades digestivas que poseen los animales rumiantes, las primeras dos cavidades se encuentran unidas formando el retículo-rumen. Allí el alimento es fermentado por micro-organismos (bacterias, protozoos y hongos) anaeróbicos que pueden utilizar la fibra (especialmente celulosa) para obtener energía. La mayor parte de la glucosa es utilizada por las bacterias generando ácidos grasos volátiles, principalmente ácidos acéticos, ácido propiónico y ácido butírico. Éstos son la principal fuente de energía de los rumiantes. En este proceso de fermentación se desprende dióxido de carbono y metano que son gases de efecto invernadero.

Incertidumbre: Grado de desconocimiento de un valor (por ejemplo, el estado futuro del sistema climático). La incertidumbre puede derivarse de la falta de información o de las discrepancias en cuanto a lo que se sabe o incluso en cuanto a lo que es posible saber. Puede tener muy diversos orígenes, desde errores cuantificables en los datos hasta ambigüedades en la definición de conceptos o en la terminología, o inseguridad en las proyecciones del comportamiento humano.

Inercia térmica de los océanos: Inercia es la propiedad de la materia que hace que ésta se resista a cualquier cambio en su movimiento, ya sea de dirección o de velocidad. El océano tiene una tendencia a mantener su calentamiento, aun después de cesar las causas que lo originan, por un período de tiempo.

Mareógrafo: Aparato colocado en un lugar de la costa (y en algunos puntos en alta mar) que mide continuamente el nivel del mar con respecto a la tierra firme adyacente. El promedio de los distintos valores del nivel del mar medidos de esa manera durante un período de tiempo determinado indica los cambios seculares observados en el nivel relativo del mar.

Modelo climático: Representación numérica del sistema climático sobre la base de las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, sus interacciones y procesos de retroacción, que toma en cuenta todas o algunas de sus propiedades conocidas. El sistema climático puede representarse con modelos de distinta complejidad, de manera que, para cada componente o combinación de componentes, se puede identificar una jerarquía de modelos, que difieren entre sí en aspectos como el número de dimensiones espaciales, el grado de detalle con que se representan los procesos físicos, químicos o biológicos, o el grado de utilización de parámetros empíricos. Los modelos acoplados de circulación general atmósfera-océano-hielo marino (MCGAO) permiten hacer una representación integral del sistema climático. Hay una evolución hacia modelos más complejos, con participación activa de la química y la biología. Los modelos climáticos se utilizan como método de investigación para estudiar y simular el clima, pero también con fines prácticos, entre ellos las predicciones climáticas mensuales, estacionales e interanuales.

Nivel relativo del mar: Nivel del mar medido con un mareógrafo tomando como punto de referencia la tierra firme sobre la que está ubicado. El nivel medio del mar se define normalmente como el promedio del nivel relativo del mar durante un mes, un año o cualquier otro período lo suficientemente largo como para que se pueda calcular el valor medio de elementos transitorios como las olas.

Permafrost: Suelo permanentemente helado en profundidad. Existen grandes zonas de permafrost a lo largo de Canadá, Alaska, norte de Europa, Asia y la Antártida. Groenlandia está cubierta casi en su totalidad por permafrost. Se pueden encontrar pequeñas zonas de este suelo tan al sur como el paralelo 50 en Canadá y el paralelo 45 en Siberia.

Predicción climática (pronóstico del clima): Es el resultado de un intento de establecer la descripción o la estimación más probable de la forma en que realmente evolucionará el clima en el futuro, ya sea a escalas temporales estacionales o interanuales o incluso a más largo plazo.

Proyección climática: Es la respuesta del sistema climático a los escenarios de emisiones o de concentración de gases de efecto invernadero y aerosoles, o a escenarios de forzamiento radiactivo, a menudo basada en simulaciones realizadas con modelos climáticos. Las proyecciones climáticas se distinguen de las predicciones climáticas en el hecho de que las proyecciones climáticas dependen del escenario de emisiones, concentración o forzamiento radiactivo utilizado.

Potencial de calentamiento de la Tierra: Índice que describe las características radiactivas de los gases de efecto invernadero mezclados de forma homogénea y que representa el efecto combinado de los distintos períodos de permanencia de estos gases en la atmósfera y su relativa eficacia en cuanto a absorber radiación infrarroja saliente. Este índice aproxima el efecto de calentamiento integrado en el tiempo de una masa unitaria de un determinado gas de efecto invernadero en la atmósfera actual, en relación con la del dióxido de carbono.

Reservorio: Componente del sistema climático, excluida la atmósfera, que tiene la capacidad de almacenar, acumular o liberar una sustancia de interés, como el carbono, un gas de efecto invernadero o un precursor. Los océanos, los suelos y los bosques son ejemplos de reservorios de carbono.

Resiliencia: Capacidad de un sistema social o ecológico para absorber una alteración sin perder ni su estructura básica o sus modos de funcionamiento, ni su capacidad de auto-organización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio.

Revolución Industrial: Período de rápido crecimiento industrial, con consecuencias sociales y económicas de gran alcance, que comenzó en Gran Bretaña en la segunda mitad del siglo XVIII, extendiéndose después a Europa y, posteriormente, a otros países, entre ellos Estados Unidos. El invento de la máquina de vapor fue uno de sus principales desencadenantes. La Revolución Industrial señala el comienzo de un fuerte aumento de la utilización de combustibles fósiles y de las emisiones, particularmente de dióxido de carbono de origen fósil. Se toma como referencia el año de 1750.

Simulación: La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a cabo experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias, dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos, para el funcionamiento del sistema. ■

CAPITULO 3

Riesgos del cambio climático en Nicaragua



III. 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

III.1.1. Introducción al estudio del impacto y riesgo del cambio climático

Si se considera que la causa principal del cambio climático está asociada a las emisiones antropogénicas, pudiendo generar diversos tipos de eventos como son inundaciones, sequías, inundaciones costeras, incendios forestales y otros, lo que a su vez genera efectos diversos en los sistemas naturales (bosques, biodiversidad, suelos, ciclo hidrológico, etc...); entonces se puede afirmar que el cambio climático es un riesgo originado por un tipo de contaminación ambiental.⁶

O sea, el cambio climático genera un conjunto de riesgos como consecuencia de diversas amenazas que están relacionadas con las emisiones de gases de efecto invernadero debido a la producción de energía, la deforestación, inadecuadas prácticas agrícolas, el incremento de las unidades de transporte, el acelerado desarrollo de la producción bobina, deficientes sistemas de eliminación de aguas residuales y desechos sólidos, así como otras acciones. Los eventos que surgen o se refuerzan como consecuencia del cambio climático se traducen en impactos por los diversos efectos que causan a los sistemas humanos y sus medios de vida, a los recursos naturales y a otros componentes ambientales.

III.1.2. Impacto ambiental del cambio climático

La mayoría de los autores asocia el término impacto ambiental a un efecto ambiental que tiene importancia para la sociedad, por lo que este se define como cualquier alteración significativa en el medio ambiente provocada por una acción humana. Es importante enfatizar que un impacto ambiental es siempre la consecuencia de una acción de carácter antropogénica, aunque es justo admitir que no todas las consecuencias de una acción humana merecen ser consideradas como impactos ambientales.

Según la literatura internacional, existen diversas clasificaciones de los impactos ambientales, por ejemplo: En Inglaterra se clasifican agrupando los impactos asociados al medio natural y los asociados al medio humano, según J. Catlow y G. Thirlwall, (1975).

Por su parte, en Estados Unidos, dividen los impactos entre: sociales, económicos y físicos según estudios para el ministerio de transporte realizados por J. Skidmore, et. al, (1975).

Este último enfoque es el que prevalece hoy en día, considerando los impactos sociales como aquellos que inciden directamente en los individuos, en la comunidad, sus esquemas de vida, sus relaciones con el resto de la comunidad (sistema social). Los impactos económicos son los dirigidos a las relaciones económicas de la comunidad (sistema económico) y los físicos son los impactos que actúan sobre el territorio, sobre su estructura material y sobre los seres vivos que residen en él.

6 () Algunos autores consideran que la emisión de Co2 y otros gases de efecto invernadero no es una contaminación ambiental porque muchos de estos gases son indispensables para la vida en la tierra como lo es el CO2. Sin embargo la definición más utilizada de contaminación ambiental es la que se conoce como la adición de cualquier sustancia o forma de energía al medio ambiente, en cantidades tales, que cause efectos adversos en los seres humanos, animales, vegetales o materiales que se encuentren expuestos a una concentración en una unidad de tiempo (dosis) capaz de sobrepasar los niveles en que se encuentran regularmente en la naturaleza.

Por tal razón, en la literatura que trata sobre el cambio climático, el término impacto es utilizado para referirse a los efectos que podrían generar los diferentes tipos de eventos asociados a escenarios de calentamiento. Estos efectos pueden reflejarse en los asentamientos humanos, la industria, la infraestructura, los bienes y servicios ambientales, en la función de los ecosistemas, en los recursos naturales (agua, suelo, bióticos, paisaje) y en los medios de vida de la población.

La significación que pueden tener estos impactos está relacionada con las características de las causas (evento generador) y los efectos (daño o beneficio).

Las principales características de los impactos generados por el cambio climático pueden definirse en el siguiente cuadro:

Tabla III.1. Características de los impactos generados por el cambio climático

Atributo que caracteriza el impacto	Expresión
Por la variación de calidad ambiental	Positivo
	Negativo
Por el grado de destrucción o beneficio (intensidad)	Muy alto
	Extremo
	Total
Por el momento en que se manifiesta	Inmediato
	De larga manifestación
Por su persistencia	Pertinaz: de 4 a 10 años
	Permanente: más de 10 años
Por su capacidad de recuperación	Mitigable
	Irreversible
	Recuperable
Por la relación causa-efecto	Directo
	Indirecto
	Sinérgico
	Acumulativo
Por la probabilidad de aparición	Probable o dudoso
	Cierto

Fuente: Milán, 2000

El IPCC ha sugerido que según se considere o no el proceso de adaptación, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales. Los impactos potenciales, son todos aquellos que pudieran sobrevenir en relación a un cambio proyectado del clima, sin tener en cuenta la adaptación. Mientras que los impactos residuales son aquellos impactos que sobrevendrán después de la adaptación IPCC, 2007.

Los impactos potenciales del cambio climático para América Latina, donde también se encuentran incluida Centroamérica y Nicaragua, pueden ser diversos, perjudiciales para algunas zonas y países, pero también pueden beneficiar a ciertos territorios.

En la siguiente tabla, se resume la información publicada por el IPCC, 2007 sobre los impactos del cambio climático en América Latina.

Tabla III.2. Impactos observados y pronosticados por el IPCC para América Latina

Observaciones y proyecciones	Impactos ambientales
<p>En los últimos decenios, se han observado importantes cambios en la precipitación y aumentos de temperatura.</p>	<p>Los aumentos de la precipitación en el sudeste de Brasil, Paraguay, Uruguay, la pampa argentina y algunas partes de Bolivia han provocado efectos en el uso de los terrenos y el rendimiento de los cultivos, y han aumentado la intensidad y frecuencia de las inundaciones. Por otra parte, se observó una tendencia a la disminución de la precipitación en Chile meridional, el sudoeste de Argentina, Perú meridional y América Central.</p> <p>Se han observado aumentos en la temperatura de aproximadamente 1°C en Mesoamérica y Sudamérica y de 0.5°C en Brasil. Como consecuencia del aumento de las temperaturas, la tendencia a la reducción de los glaciares se acelera. Esta situación es crítica en Bolivia, Perú, Colombia y Ecuador, donde la disponibilidad de agua ya está en riesgo, tanto para el consumo, como para la generación de energía hidroeléctrica. Se prevé que estos problemas de suministro aumenten en el futuro, volviéndose crónicos si no se planifican y aprueban las medidas de adaptación apropiadas. En los próximos decenios es muy probable que desaparezcan los glaciares andinos intertropicales, lo cual afectaría a la disponibilidad de agua y la generación de energía hidroeléctrica. Es probable también que, para la década de 2020, entre 7 y 77 millones de personas sufran la falta de abastecimiento apropiado de agua, mientras que en la segunda mitad del siglo la posible reducción de la disponibilidad de agua y la creciente demanda de una población cada vez mayor en la región, pudieran elevar estas cifras hasta los 60 millones y 150 millones.</p>
<p>Los cambios en el uso de los terrenos han intensificado el uso de recursos naturales y han empeorado muchos de los procesos de degradación de la tierra</p>	<p>Los procesos de degradación afectan de manera moderada o grave a casi tres cuartos de la superficie seca de la tierra. Los efectos combinados de la actividad del ser humano y del cambio climático han provocado una disminución de la capa terrestre natural, la cual continúa disminuyendo a tasas muy altas. En concreto, las tasas de deforestación de los bosques tropicales han aumentado durante los últimos cinco años. Existen pruebas de que los aerosoles de la quema de biomasa pueden cambiar la temperatura y precipitación regionales en la parte meridional del Amazona. La quema de biomasa también afecta la calidad regional del aire, lo cual implica daños a la salud humana. La acción sinérgica de los cambios en el uso de los terrenos y de los cambios climáticos aumentará considerablemente el riesgo de incendios en la vegetación.</p> <p>La mayoría de las proyecciones de los modelos indica anomalías en la precipitación mayores que las actuales (positivas y negativas) para las partes tropicales de América Latina y menores para la parte extra-tropical de América del Sur. Los cambios en la temperatura y en la precipitación tendrán efectos graves en los lugares de gran actividad ya vulnerables. Además, es probable que aumente en el futuro la frecuencia de aparición de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos, así como la frecuencia e intensidad de los huracanes en la Cuenca del Caribe.</p>

Observaciones y proyecciones	Impactos ambientales
<p>El cambio climático futuro pone en peligro de extinción a especies importantes en muchas zonas tropicales de América Latina.</p>	<p>Se prevé que los bosques tropicales se conviertan en sabanas gradualmente, a mediados de siglo, en la zona este del Amazona y en los bosques tropicales de México central y meridional, y que la vegetación semi-árida pase a ser árida en partes del nordeste de Brasil y en la mayoría de la zona central y septentrional de México, debido a los aumentos de temperatura y a las disminuciones asociadas del agua de los suelos.</p> <p>Para el decenio de 2050, es muy probable que el 50% de las tierras agrícolas se enfrente a la desertificación y a la salinización en algunas zonas.</p> <p>Existe un riesgo de pérdida importante de la biodiversidad debido a la extinción de especies en muchas zonas tropicales de América Latina. En América Latina se encuentran siete de las veinticinco regiones más críticas del mundo con concentraciones altas de especies endémicas y estas zonas están padeciendo la pérdida del hábitat. Se han aplicado o planificado reservas biológicas y corredores ecológicos a fin de mantener la biodiversidad en ecosistemas naturales. Esto puede servir como medida de adaptación para ayudar a proteger los ecosistemas ante el cambio climático.</p>
<p>Es probable que haya reducciones generalizadas en el rendimiento del arroz para el decenio de 2020, así como aumentos en el rendimiento de las semillas de soja en las zonas templadas, si se toman en cuenta los efectos del CO₂.</p>	<p>Para otros cultivos (trigo, maíz), la respuesta proyectada al cambio climático es más errática y depende del escenario seleccionado. Si se asumen bajos efectos de fertilización por CO₂, es probable que la cantidad adicional de personas en riesgo de hambruna en el escenario A2 ascienda a 5, 26 y 85 millones en 2020, 2050 y 2080, respectivamente.</p> <p>Es probable que disminuyan la productividad de la ganadería y los productos lácteos debido al aumento de las temperaturas.</p>
<p>Es muy probable que los aumentos previstos en el nivel del mar, la variabilidad meteorológica y climática, y los fenómenos extremos afecten a las zonas costeras.</p>	<p>Durante los últimos 10 o 20 años la tasa de aumento del nivel del mar aumentó de 1 a 2-3 mm/año en el sudeste de América del Sur. En el futuro, se proyecta que la subida del nivel del mar aumente los riesgos de inundaciones en zonas bajas. Se podrían observar efectos adversos en</p> <ul style="list-style-type: none"> • zonas bajas (por ejemplo en El Salvador, Guayana y la costa de la provincia de Buenos Aires), • edificios y turismo (por ejemplo en México y Uruguay), • morfología costera (por ejemplo en Perú), • manglares (por ejemplo en Brasil, Ecuador, Colombia y Venezuela), • disponibilidad de agua potable en la costa del Pacífico de Costa Rica, Ecuador y el estuario del Río de La Plata. <p>Se prevé que el aumento de la temperatura de la superficie del mar debido al cambio climático tenga efectos adversos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • por blanqueamiento de los arrecifes de corales en la región mesoamericana (por ejemplo México, Belice y Panamá), • en la ubicación de las poblaciones de peces en el sudeste del Pacífico (por ejemplo Perú y Chile).
<p>Impactos en el bosque tropical.</p>	<p>El aumento de 2°C y la reducción del agua en el suelo podrían conducir a una sustitución de los bosques tropicales por sabanas en la Amazonia oriental y en los bosques tropicales del centro y sur de México, simultáneamente con el reemplazo de la vegetación semi-árida por árida en regiones del noreste de Brasil y la mayor parte del centro y sur de México.</p>

Fuente IPCC, 2007, Informe del grupo de trabajo II. Adaptación y Vulnerabilidad

Sobre la base de las observaciones anteriores, así como de los resultados de la evaluación de los escenarios de riesgo futuro para Nicaragua, y las vulnerabilidades actuales, se ha hecho la siguiente proyección nacional utilizando el método de escenarios comparados.

El modelo económico tradicional de Nicaragua ha estado basado en el uso intensivo de sus recursos naturales, generando importantes desequilibrios ambientales en el ámbito nacional, que unido al cambio climático pudieran acarrear impactos ambientales significativos.

Tabla III.3. Impactos observados y pronosticados para Nicaragua

Observaciones y proyecciones	Impactos ambientales
<p>En los últimos decenios, se han observado importantes cambios en la precipitación y aumentos de temperatura y se prevé que estos cambios continuarán en la medida que el clima se caliente.</p>	<p>En Nicaragua, se ha registrado una reducción de las precipitaciones, la que está asociada a la variabilidad climática natural fundamentalmente en el Pacífico, y el aumento de las temperaturas está provocando efectos negativos en el uso de los terrenos y el rendimiento de los cultivos.</p> <p>Se pudiera presentar escasez de agua para la población urbana y rural, debido principalmente a la reducción de las precipitaciones, deforestación y contaminación, incidiendo en mayores costos e inversiones para llevar y garantizar el agua potable para consumo humano, el agua para riego de cultivos para producir alimentos y también pone en riesgo la generación de energía hidroeléctrica.</p> <p>Estos fenómenos, donde se combina lo natural con lo humano, han ocasionando la degradación de los suelos, déficit en la disponibilidad de agua, mayor vulnerabilidad ante los impactos del cambio climático y disminución del potencial ecoturístico en algunas regiones del país.</p> <p>El posible aumento en el número de días con precipitaciones mayores de 10 mm que puede producir el cambio climático, hará más compleja la vulnerabilidad de los asentamientos humanos del Pacífico de Nicaragua, pudiendo generar impactos negativos en las comunidades y viviendas expuestas a estas amenazas, aunque las evaluaciones indican que no habrá aumento en las precipitaciones mayores de 50 mm. Pero estos aspectos no pueden manejarse aislados de un eventual aumento de la actividad ciclónica.</p> <p>Se prevé que estos problemas de escasez de agua en la región de occidente se incrementen unidos a la alta intensidad de uso agrícola que actualmente existe en el recurso agua para regadío.</p> <p>La contaminación de los cuerpos de agua se debe principalmente a vertidos directos de aguas residuales y/o a sustancias peligrosas, e incluso a desechos sólidos provenientes: de actividades económicas de la industria, agroindustria y agricultura y de las viviendas de los asentamientos humanos urbanos y rurales que no tienen acceso a servicios higiénicos de inodoro o letrina, ni tampoco a sistemas de saneamiento.</p> <p>La contaminación biológica y por sustancias químicas como mercurio, cloro, plomo, cromo, cianuro y plaguicidas, tiene un impacto negativo sobre la salud de la población y sobre la disminución del potencial de uso de todos los cuerpos de agua, especialmente el lago Xolotlán y el lago Cocibolca como fuentes de agua potable y de turismo. El control y regulación de estas sustancias, unidos a programas que incentiven el uso de agentes biológicos como fertilizantes y control de plagas, es una buena medida para la protección de los suelos y de las fuentes de agua.</p>

Observaciones y proyecciones	Impactos ambientales
<p>Los cambios en el uso de los terrenos han intensificado el uso de recursos naturales y han empeorado muchos de los procesos de degradación de la tierra.</p>	<p>Los efectos combinados de la actividad del ser humano y del cambio climático han provocado una disminución de la capa terrestre natural, la cual continúa disminuyendo a tasas muy altas provocando acelerados procesos de sedimentación en las desembocaduras de los ríos, lo que cambia la dinámica de ciertos sectores costeros.</p> <p>La deforestación ha causado importantes daños a los bosques de Nicaragua, según reporta el INAFOR (Instituto Nacional Forestal) en el inventario nacional forestal (2009), la cobertura de bosques en Nicaragua, tomando como punto de referencia el año 1950, era de 6,450,000 ha. Actualmente, este inventario reporta unas 3,254,145 ha de bosques, lo que indica una diferencia de 3,195,855 ha, presumiendo un ritmo de pérdida de la cobertura boscosa de 55,100 ha/año, como promedio de los 58 últimos años.</p> <p>Además de la deforestación, el INAFOR (2009) reporta que, al valorar las condiciones fitosanitarias del bosque en general, en la categoría de árboles sanos, se encontró un 75.45%, mientras el 24.55% se encuentra en estado enfermo, incluyendo en esta categoría un 11.31% de daños mecánicos provocados por el huracán Félix.</p> <p>Los cambios en la temperatura y en la precipitación que se están estimando pueden tener importantes impactos en los bosques y su biodiversidad en el futuro, incluyendo la frecuencia de aparición de fenómenos meteorológicos extremos, así como la frecuencia e intensidad de los huracanes en la Costa del Caribe.</p> <p>Esto puede explicar los potenciales impactos futuros del cambio del clima sobre los bosques, tanto por las enfermedades, como por los daños ocasionados por los huracanes.</p> <p>También, se pudieran incrementar los riesgos de incendios, sobretodo durante las épocas secas. La quema de biomasa vegetal también afecta la calidad del aire, lo cual implica daños a la salud humana. La acción sinérgica de los cambios en el uso de los terrenos y de los cambios climáticos puede aumentar considerablemente el riesgo de incendios en la vegetación.</p> <p>El inventario nacional forestal menciona que existen casi dos millones de hectáreas de tierras que están siendo sobre-utilizadas, generalmente en actividades agropecuarias, respecto al uso potencial de los suelos y sugiere que unas 5, 224,714.46 ha tienen vocación forestal, por ello una buena medida de adaptación debe considerar cómo incorporar una parte importante de estas tierras al uso forestal. INAFOR (2009)</p>

Observaciones y proyecciones	Impactos ambientales
<p>El cambio climático futuro pone en peligro de extinción a especies importantes en muchas zonas de Nicaragua.</p>	<p>Bajo los escenarios de cambios predichos, es probable que los bosques tropicales se conviertan en sabanas, gradualmente a mediados de siglo, en la zona del Pacífico occidental de Nicaragua, debido a los aumentos de temperatura y a las disminuciones asociadas del agua de los suelos, produciendo importantes cambios en las zonas de vidas.</p> <p>Para períodos posteriores al año 2050, es muy probable que una parte importante de las tierras agrícolas actuales se enfrenten al riesgo de desertificación y a la salinización en algunas zonas debido al importante descenso de la evapotranspiración por la reducción de las lluvias (sobre todo en las zonas secas del Pacífico).</p> <p>La deforestación, comercio ilegal interno de fauna y flora silvestre y aumento de pobreza contribuyen a la degradación y pérdida de la biodiversidad.</p> <p>Esto ha ocasionando la reducción de la cantidad y calidad de las poblaciones de fauna silvestre, afectando una de las fuentes alimenticias de la población rural. El efecto final es una menor oferta y calidad de paisajes naturales y de la fauna silvestre para el ecoturismo y una destrucción del hábitat de especies de interés económico y ecológico.</p> <p>Tal y como demuestra el inventario nacional forestal, no debe permitirse la pérdida del bosque ya que el inventario registró en cuanto a la biodiversidad arbórea 276 géneros y 461 especies; de las cuales 386 se registraron en áreas de bosque y solamente 75 en áreas fuera del bosque (INAFOR, 2009).</p>
<p>Es probable que haya reducciones generalizadas en el rendimiento de los suelos para el cultivo de cereales, para el decenio del 2020, como efectos del posible incremento de las temperaturas unido a la variabilidad climática.</p>	<p>Según WRI, 2007, Nicaragua produce 1,789 toneladas de cereales por hectárea de tierra arable (basado en cifras del año 2005), lo que denota que todavía existe la oportunidad de mejorar la productividad de los cultivos, como mínimo al doble, basado en la gran fertilidad de los suelos en el Pacífico y en la presencia de importantes recursos de agua superficial. Esta sería la forma más efectiva de enfrentar la reducción en la producción que pudiera ocasionar la variabilidad natural del clima. Es decir producir más en menor cantidad de tierra, diversificar los cultivos y el uso de semillas mejoradas.</p> <p>Para otros cultivos (trigo, maíz), la respuesta proyectada al cambio climático tiene muchas incertidumbres, debido a la variabilidad climática local y depende del escenario seleccionado.</p>
<p>Es muy probable que los aumentos previstos en el nivel del mar, la variabilidad climática y los fenómenos extremos afecten a las zonas costeras de Nicaragua.</p>	<p>En el futuro, se proyecta que la subida del nivel del mar aumente los riesgos de inundaciones en zonas bajas. Se podrían observar efectos adversos en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • zonas bajas en la costa Pacífica de Nicaragua en la región de occidente (desde Salinas Grande hasta el Golfo de Fonseca), • edificios y turismo (por ejemplo, en San Juan del Sur, Corn Island, Bilwi y Bluefields), • daños a manglares (en el Pacífico y el Atlántico), • falta de disponibilidad de agua potable en la costa del Pacífico, en la región de occidente y en el Atlántico. <p>Las áreas de los ecosistemas del mangle y de los humedales han sido fuertemente deterioradas por el uso inadecuado que se ha hecho de ellas, especialmente por las malas prácticas de los productores de la industria camaronera en las áreas protegidas del Pacífico norte de Nicaragua. Según las observaciones, se sugiere un aumento de la temperatura de la superficie del mar debido al cambio climático en los arrecifes coralinos del Atlántico de Nicaragua y una drástica disminución de la langosta.</p> <p>La pesquería de langosta del Caribe de Nicaragua está siendo sobre explotada 2.4 veces sobre su capacidad de pesca, lo que no permite la utilización sostenible del recurso. (INPESCA, 2008). Dichos niveles se deben al exceso de participantes y a la pesca ilegal del recurso.</p> <p>La pesca artesanal en el Pacífico está siendo afectada por los cambios de corrientes en el mar que está produciendo el fenómeno de El Niño, cambiando las zonas de afloramientos.</p>

Muchos de los problemas ambientales que actualmente enfrenta el país contribuyen a una vulnerabilidad, que ya es alta, antes de considerar los impactos que pueda generar el cambio climático. Por tal razón, es indispensable trabajar de forma acelerada en la corrección de muchos impactos y en la determinación de los riesgos, para implementar medidas de adaptación, comenzando por la toma de conciencia de la población y en especial de aquellas comunidades y sectores más vulnerables.

III.1.3 Riesgos del cambio climático

Los riesgos están asociados con una amenaza o peligro, así como a una vulnerabilidad o susceptibilidad a recibir daño y ello implica que las opciones para enfrentar el problema son:

- ▶ La mitigación que se centra en reducir las fuentes que generan el peligro.
- ▶ La adaptación que busca reducir la vulnerabilidad de los sistemas susceptibles a recibir daños.

Esta terminología que procede del IPCC, no es del todo compatible con la que se utiliza tradicionalmente en la gestión del riesgo. Sin embargo, para los fines de esta obra es conveniente no enfatizar en tales diferencias que pueden hacer más difícil la comprensión del problema y la implementación oportuna de respuestas.

III.1.3.1. Riesgo, amenaza y vulnerabilidad

En términos técnicos, el riesgo trata de medir o determinar la posibilidad y la magnitud en la cual un territorio puede ser afectado por un fenómeno peligroso, ya sea de origen natural o humano (antrópico), derivándose de los mismos, consecuencias sociales y económicas catastróficas. Por ello el concepto “riesgo” implica una evaluación que está relacionada con el peligro o amenaza y la vulnerabilidad.

El PNUD (2007) asegura que todos se ven afectados por el riesgo: las personas, las familias y las comunidades están expuestas constantemente a riesgos que amenazan su bienestar. Los problemas de salud, delitos violentos o cambios repentinos de las condiciones del mercado, pueden afectar a todos.

Desde las primeras definiciones de riesgo, se ha avanzado significativamente en la base científica de su abordaje. Ya desde 1986, Cardona propuso la ecuación: **Rie = (Ai, Ve) t**.

El riesgo (Rie) se presenta como la posibilidad de que se presente una pérdida sobre el elemento e como resultado de la ocurrencia de un suceso con una intensidad i.

Y donde se parte del conocimiento de una amenaza, Ai, la cual se define como la probabilidad de que se presente un suceso con una intensidad igual o mayor a i, durante un periodo de tiempo de exposición t, y conocida la vulnerabilidad Ve, entendida como la predisposición intrínseca de un elemento e a ser afectado o susceptible a recibir daño como consecuencia de un suceso con una intensidad i.

El siguiente gráfico ilustra el cambio climático visto desde un enfoque de gestión del riesgo.

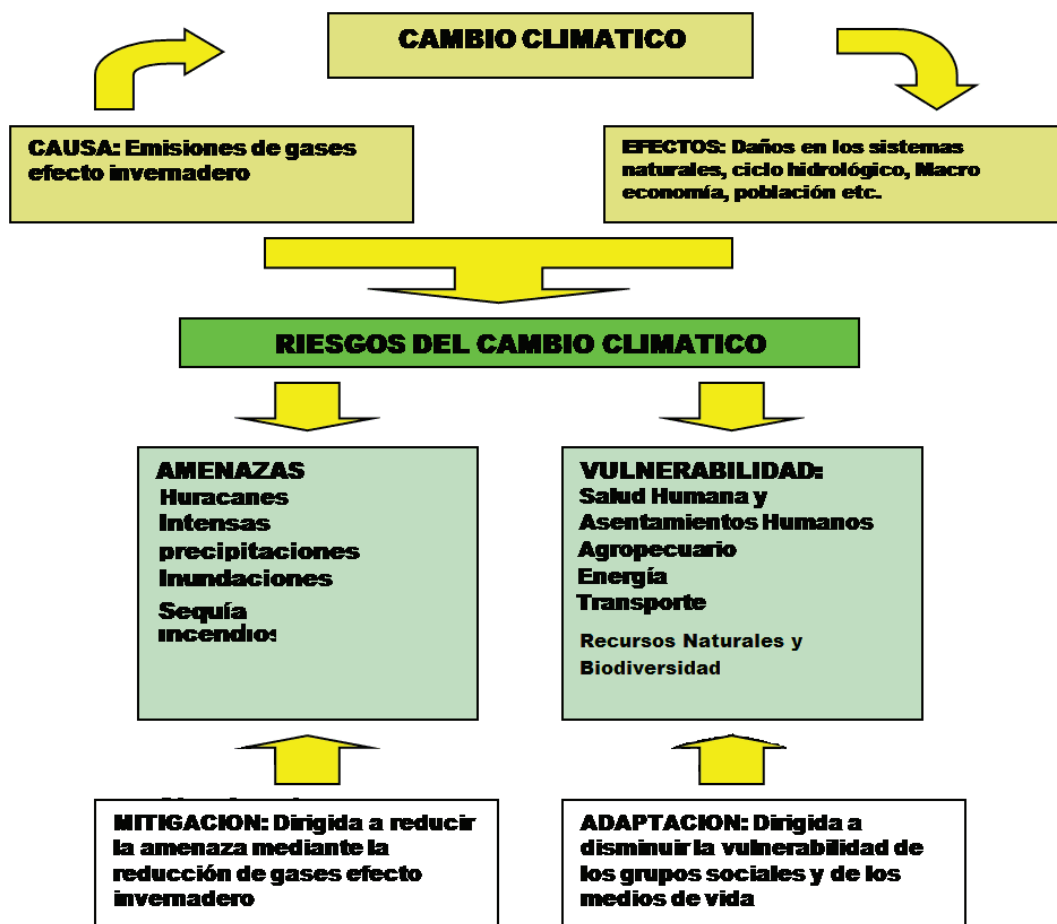


Figura III.1: El cambio climático desde un enfoque de Gestión de Riesgo. Fuente MARENA 2008

Nótese que la intensidad i es una propiedad intrínseca de la amenaza, mientras que la exposición es una propiedad de la vulnerabilidad.

Varios autores reconocen que la evaluación del riesgo implica un proceso complejo de pensamiento, pues supone dos cosas:

1. Evaluar algo que no es cuantificable.
2. Los resultados llevan siempre un alto nivel de incertidumbre porque se encuentra dentro del rango de las probabilidades.

Sin embargo los elementos anteriores no son suficientes para renunciar a la necesidad de las evaluaciones de riesgo como instrumento al servicio de la planificación del desarrollo. Como expresa Cardona (2001-2003): *la necesidad de hacer manifiesto el riesgo es fundamental para incidir en las decisiones, para que se le reconozca y se convierta en una preocupación para alguien*. El citado autor reafirma que: *es necesario hacer una descripción comprensiva o integral de la vulnerabilidad, reconociendo que hay aspectos de la vulnerabilidad que son dependientes de la amenaza y otros que no lo son, pero que agravan la situación, y que la valoración se puede hacer mediante indicadores o proxies con fines de seguimiento, desde la perspectiva del control y no de la verdad física*.

Apesar de que la literatura que trata sobre el término vulnerabilidad ha aumentado considerablemente en los últimos años, incluyendo algunos artículos claves a partir de perspectivas de desarrollo, tales como: Bohle y Watts (1993) y Chambers (1989). Vínculos de la vulnerabilidad relacionada con las amenazas naturales incluyen a: Blaikie et al. (1994), Clark et al. (1998) y Stephen y Downing (2001). Estudios sobre cambio climático incluyen a: Adger y Kelly (1999), Bohle et al. (1994), Downing et al. (2001), Handmer et al. (1999), Kasperson et al. (2002), y Leichenko y O'Brien (2002). Sin embargo, no se puede asegurar que exista una definición de vulnerabilidad aceptada universalmente. Por ejemplo la literatura acerca de los riesgos, las amenazas del clima, la pobreza y el desarrollo se relaciona con el sub-desarrollo y la exposición a la variabilidad climática, entre otros disturbios. Desde este punto de vista, la vulnerabilidad es sistémica y es una consecuencia que depende del estado de desarrollo que con frecuencia se manifiesta en algún aspecto de la condición humana, tal como la desnutrición, la pobreza o la falta de vivienda y muchos otros.

Por su parte, el IPCC (2002) define la *vulnerabilidad* como: “el grado hasta el cual un sistema es susceptible o incapaz de tolerar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los extremos en el clima. La vulnerabilidad es una función del carácter, la magnitud y la velocidad del cambio climático, y de la variación a la que un sistema se expone, su sensibilidad y su capacidad de adaptación” (Mc Carthy et al., 2001, p. 6).

La United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) reconoce que la vulnerabilidad tiene tres componentes:

1. La exposición, que se refiere esencialmente a aquellos componentes o sistemas que están amenazados, en este caso debido a las amenazas que provienen del cambio climático y por lo general esto comprende a: (UNFCCC, 2007).
 - ▮ La población (por ejemplo, personas, especies) que puede ser afectada por el cambio climático.
 - ▮ Los asentamientos y las infraestructuras que pueden ser afectados por el cambio climático.
 - ▮ Los recursos naturales que pueden ser afectados por el cambio climático.
 - ▮ Los principales medios de vida de la población.

No debe reconocerse como un componente de la vulnerabilidad la naturaleza del cambio climático en sí misma (por ejemplo, los cambios en el nivel del mar, la temperatura, los acontecimientos extremos) ya que estos se transforman en amenazas para el sistema. Ni tampoco estos cambios por sí solos pueden concebirse como impactos.

La característica más importante de la exposición a una amenaza está relacionada con el lugar (el medio ambiente local) y se refiere a la ubicación que tienen los sistemas potencialmente expuestos (población, infraestructura, etc...) en relación al peligro. La exposición se puede disminuir si es conocida la trayectoria de la amenaza. Por ejemplo si son conocidas las trayectorias más habituales de los huracanes, entonces una mayor exposición a estas trayectorias supondrán mayores vulnerabilidades.

- La **sensibilidad** es definida por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2002) como “el grado hasta el cual un sistema es afectado, tanto adversamente como beneficiosamente, por estímulos relacionados al clima. Los estímulos relacionados al clima

abarcen todos los elementos del cambio climático, incluyendo características promedio del clima, la variabilidad del clima y la frecuencia y magnitud de los extremos. El efecto puede ser directo (por ejemplo, un cambio en el rendimiento de la cosecha en respuesta a un cambio en la media, en el rango o en la variabilidad de la temperatura) o indirecto (por ejemplo, los daños causados por un aumento en la frecuencia de inundaciones costeras debidos al aumento en el nivel del mar)” (McCarthy et al., 2001, p. 6).

La sensibilidad está muy relacionada con las características internas de los sistemas (poblaciones, asentamientos humanos, infraestructuras, etc...) y de los ecosistemas donde se localizan estos componentes. La sensibilidad puede ser percibida como una propiedad endógena de la vulnerabilidad.

A pesar de la diversidad de opiniones en relación al tema, la mayoría de los autores en materia de gestión de riesgo reconoce la vulnerabilidad como un problema social dependiente de una gran cantidad y diversidad de variables, no así del todo el planteamiento del IPCC, que reconoce la sensibilidad como dependiente de respuestas biofísicas ante la amenaza. La sensibilidad tal y como es definida por el IPCC, 2002 como una variable dependiente del contexto socio-económico, aunque esta se relaciona con una serie de características que se vinculan con la amenaza, al asociarla con factores tales como: características promedio del clima, la variabilidad del clima y la frecuencia y magnitud de los extremos.

De hecho, en materia de gestión del riesgo, todas las definiciones coinciden en sostener que la vulnerabilidad representa una situación adversa, relativa a la estructura social de la población y que por lo tanto no depende del fenómeno natural o antrópico al que se refiere sino del contexto socio-cultural en el que se produce.

- La **capacidad de adaptación** es definida por el IPCC (2002) como “la habilidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluyendo la variabilidad del clima y los extremos), para moderar los daños potenciales, para aprovecharse de las oportunidades, o para enfrentarse a las consecuencias” (McCarthy et al., 2001, p. 6). La capacidad se puede construir mediante la adopción de medidas, acciones y está determinada por:
 - Los recursos económicos,
 - La tecnología,
 - La información y pericia,
 - La infraestructura,
 - Las instituciones,
 - La equidad (Smit et al., 2001).

La capacidad de adaptación tiene relación directa con la reducción de la vulnerabilidad y también influyen prácticas culturales de ciertas poblaciones y la forma en que muchas poblaciones interactúan con los ecosistemas.

Se hace evidente el uso de forma indistinta de términos que por resultar, muchos de ellos emergentes, necesitan equipararse y armonizarse con el propósito de enfrentar los diversos riesgos del cambio climático desde el enfoque tradicional que ha tenido la disciplina de gestión de riesgo y ello facilitará el camino de la adaptación, permitiendo un mejor manejo de los términos.

A nivel mundial, el Grupo de Trabajo II (Cambio climático 2007, impacto, adaptación y vulnerabilidad) ha identificado los siguientes tipos de riesgos por sistemas, a medidas que la temperatura global aumenta.

Tabla III.4. Principales riesgos identificados por el IPCC, 2007 en relación al calentamiento global.

Componente o recurso	Riesgo pronosticado
Recurso agua	Los riesgos del cambio climático en los sistemas de agua se deben principalmente a los aumentos proyectados y observados en la temperatura, evaporación, nivel del mar y variabilidad de la precipitación.
	El aumento del nivel del mar supondrá un aumento de las zonas de salinización de aguas subterráneas y de los estuarios, lo que provocará una disminución de la disponibilidad de agua dulce para los seres humanos y los ecosistemas en las zonas costeras.
	Se prevé que la mayor intensidad y variabilidad de la precipitación aumente el riesgo de inundaciones y sequías en muchas zonas.
	Los efectos adversos del clima en los sistemas de agua dulce agravan los impactos de otros factores de estrés, como el crecimiento demográfico, los cambios en las actividades económicas, el cambio en el uso de los terrenos y la urbanización.
	Es muy probable que las prácticas actuales de gestión hídrica no reduzcan el riesgo respecto a la disponibilidad de agua, el riesgo de inundaciones, la salud humana, la energía y los ecosistemas acuáticos.
Ecosistemas	Es probable que la resistencia de muchos ecosistemas (capacidad de adaptación natural) sea superada de aquí a 2100 por una combinación sin precedentes de cambio climático, alteraciones asociadas (por ejemplo, inundaciones, sequías, incendios, insectos, acidificación de los océanos), y otros controladores del cambio climático mundial (por ejemplo, cambios en el uso de los terrenos, contaminación y sobre-explotación de recursos).
	Es muy probable que el uso extractivo y la fragmentación de hábitat silvestres perjudiquen a la adaptación de las especies.
	Es muy probable que las propiedades principales de los ecosistemas; como la biodiversidad o su modo de auto-regulación (por ejemplo, a través del secuestro de carbono) se vean disminuidas.
Contaminación	El aumento de la temperatura del agua y la intensidad de la precipitación, junto con períodos más largos de flujos bajos, probablemente agraven algunas formas de contaminación de las aguas, lo que influirá en ecosistemas, salud humana, y fiabilidad de los sistemas hídricos. Estas sustancias contaminantes incluyen sedimentos, nutrientes, carbono orgánico disuelto, agentes patógenos, pesticidas, sal y contaminación térmica.

Componente o recurso	Riesgo pronosticado
Infraestructura hidrica	El cambio climático afecta al funcionamiento de las infraestructuras hídricas existentes, así como a las prácticas de gestión hídrica.
Ecosistemas marinos	Muy probablemente haya cambios fundamentales en la estructura y funcionamiento de ecosistemas marinos y terrestres a raíz de un calentamiento mundial de 2 a 3°C por encima de los niveles pre-industriales y del aumento asociado de CO2 atmosférico. Debido a estos o a superiores aumentos de temperatura, probablemente haya cambios importantes en el bioma, incluida la aparición de biomas nuevos y los cambios en la interacción ecológica de las especies, con consecuencias predominantemente negativas para los bienes y los servicios ambientales. Se prevé que la acidificación progresiva de los océanos debido al aumento del CO2 atmosférico, que no se tuvo en cuenta en el pasado, tenga un impacto negativo en los organismos marinos que presentan caparazón (por ejemplo, los corales) y las especies que dependen de ellos.
Alimentos y productos forestales	Los cambios proyectados en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, junto con los impactos del clima medio proyectado, tienen consecuencias importantes en la producción de alimentos y en la silvicultura, así como en la inseguridad alimentaria. Los últimos estudios indican que el aumento de la frecuencia del estrés térmico, las sequías e inundaciones, afectan de manera negativa al rendimiento de cultivos y a la ganadería, aparte de los impactos del cambio climático medio. Esto crea la posibilidad de eventos inesperados, con impactos que son más grandes y ocurren más temprano que las predicciones realizadas teniendo sólo en cuenta los cambios en las variables medias.
	La variabilidad y el cambio climático también modifican el riesgo de incendios, de brotes de plagas y agentes patógenos que afectan de manera negativa a los alimentos y la silvicultura.
	Los pequeños agricultores, pastores, agricultores de subsistencia y pescadores artesanales son propensos a padecer efectos del cambio climático que son complejos y localizados.
	Se pronostican extinciones locales de especies de peces específicas en los extremos del rango de temperatura.

Componente o recurso	Riesgo pronosticado
Zonas costeras y territorios bajos	<p>Las costas experimentan las consecuencias adversas de los peligros relacionados con el clima y el nivel del mar. Las costas son muy vulnerables a los fenómenos extremos tales como las tormentas, lo que supone costos considerables para las comunidades costeras.</p>
	<p>Es muy probable que, en los próximos decenios, las costas estén expuestas a riesgos crecientes, debido a muchos factores combinados de cambio climático. Los cambios climáticos anticipados incluyen: aumento acelerado del nivel del mar de 0.2 a 0.6 m o más para 2100; aumento de las temperaturas superficiales marinas de 1 a 3°C en el futuro; aumento de la intensidad de los ciclones tropicales y extra tropicales; mayores oleajes con olas extremas y tormentas; modificación de la precipitación y escorrentía; y acidificación de los océanos.</p>
	<p>Los países en desarrollo tienen una capacidad de adaptación más limitada debido a su nivel de desarrollo, y al hecho de que la mayoría de las zonas vulnerables están en lugares expuestos o sensibles como pequeños territorios insulares o deltas. Esta situación pone en duda, por una parte, la viabilidad a largo plazo de muchos asentamientos costeros y la infraestructura (turística e industrial) en todo el mundo; y, por otra parte, la tendencia actual al aumento en el uso de las zonas costeras, además de la migración hacia las costas, lo que supone un desafío para la planificación espacial de las costas a largo plazo.</p>
Industria, asentamientos humanos y sociedad	<p>Las vulnerabilidades al cambio climático de la industria, los asentamientos humanos y la sociedad se deben fundamentalmente a fenómenos meteorológicos extremos en vez de cambios climáticos graduales, a pesar de que los cambios graduales se pueden asociar a umbrales por encima de los cuales los impactos se convierten en importantes. Las vulnerabilidades claves de la industria, los asentamientos humanos y la sociedad se relacionan a menudo con:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fenómenos climáticos que superan los umbrales de adaptación, relacionados con la tasa y magnitud del cambio climático, en especial fenómenos meteorológicos extremos y/o cambio climático abrupto; y • Acceso limitado a los recursos (financieros, humanos, institucionales) para hacer frente a los problemas, al depender estos recursos del contexto de desarrollo.

Componente o recurso	Riesgo pronosticado
Salud	Las tendencias proyectadas en las exposiciones relacionadas con el cambio climático de importancia para la salud humana tendrán consecuencias de peso.
	El desarrollo económico es un componente importante de la adaptación, pero por sí sólo, no evitará que la población mundial sufra enfermedades y lesiones a raíz del cambio climático. De importancia crítica es la manera en que se desarrollará el crecimiento económico, la distribución de los beneficios del crecimiento y los factores que conforman directamente la salud de las poblaciones, como la educación, asistencia sanitaria e infraestructura de salud pública.
	Los pueblos indígenas han mostrado capacidad de resistencia a los cambios en sus entornos locales durante cientos de años. Algunas comunidades indígenas se adaptan mediante cambios en regímenes de gestión de la fauna y prácticas de caza. Sin embargo, los factores de estrés, además del cambio climático, unidos a una migración hacia comunidades distantes y pequeñas, al aumento de la implicación en economías de empleo y a los trabajos sedentarios pondrán en riesgo la capacidad de adaptación y aumentarán la vulnerabilidad.

FUENTE: adaptado de “Cambio climático 2007, impacto, adaptación y vulnerabilidad”

La incorporación de la evaluación de la amenaza climática para diferentes escenarios es una valiosa herramienta que puede ser adoptada para la evaluación de los riesgos, pues muchas se hacen con carácter estático para una condición de amenaza y de vulnerabilidad. En este sentido, la UNFCCC 2007, reconoce que las amenazas pueden cambiar para diferentes escenarios, al igual que la vulnerabilidad puede cambiar en el tiempo en la medida que una sociedad desarrolle o mejore su capacidad de adaptación.

III.1.3.2. Factores que caracterizan la vulnerabilidad

Desde el ámbito macro-económico, existen algunos factores que coadyuvan a elevar la vulnerabilidad, entre los que se destacan: (PNUD, 2007)

- ▶ La alta concentración de pobreza en las poblaciones expuestas a las diferentes amenazas del cambio climático.
- ▶ La desigualdad de los ingresos a lo interno de los países.
- ▶ La carencia de infraestructuras de defensa contra las amenazas climáticas.
- ▶ El acceso restringido a seguros.
- ▶ Las desigualdades sociales y de géneros.

Como se puede observar, la vulnerabilidad puede ser reducida porque depende mayoritariamente de factores sociales, en los cuales, la sociedad puede incidir y con ello puede reducir la vulnerabilidad, aumentando la capacidad de adaptación de los grupos humanos a los peligros del cambio climático.

La vulnerabilidad, además de las personas o grupos humanos, se refleja en aquellos sectores de los cuales depende la subsistencia de la población (medios de vida), como son la agricultura, la ganadería y demás actividades económicas que se desarrollan en el ámbito de territorios y que constituyen la base para la subsistencia de la población.

La vulnerabilidad ante el cambio climático debe ser estimada para cada sistema potencialmente expuesto a los peligros, mediante el uso de indicadores que estén relacionados con el tipo de amenaza, pues no todos los indicadores de vulnerabilidad de un territorio son aplicables a las diferentes amenazas.

Con la intención expresa de analizar cuáles son los principales constituyentes de la vulnerabilidad según la percepción de diversos autores, se elaboró una tabla comparativa, en la cual se han seleccionado diversas posiciones, épocas y enfoques con el propósito de identificar de forma preliminar cuáles pueden ser las principales variables relacionadas con la vulnerabilidad que son utilizadas por Chardon (1997), Cardona (2001), Mc Entire (2005), Wilches-Chaux (1989), IPCC (2002).

El resumen arrojó lo siguiente:

Factores físicos:

- Proximidad de personas y propiedades a agentes desencadenantes.
- Construcción inadecuada de edificios.
- Previsión inadecuada en el diseño de la infraestructura.
- Degradación ambiental.

Factores sociales:

- Educación limitada.
- Rutina inadecuada de emergencias y cuidado de la salud.
- Migración masiva y no planificada a áreas urbanas.
- Marginalización de grupos e individuos específicos.

Factores culturales:

- Apatía pública hacia los desastres.
- Desafío a las medidas de precaución y a las regulaciones.
- Pérdida de medidas tradicionales para enfrentar desastres.
- Dependencia y ausencia de responsabilidad personal.

Factores políticos:

- Mínimo apoyo a los programas de desastre.
- Incapacidad de reforzar o fomentar pasos para la mitigación.
- Centralización de la toma de decisiones.
- Debilidad o aislamiento de las instituciones de desastres.

Factores económicos:

- Divergencia creciente en la distribución del ingreso.
- Búsqueda de ganancias sin pensar en las consecuencias.
- Fallas en los sistemas de seguros.
- Recursos disgregados para prevención, planificación y gestión.

Factores tecnológicos:

- Exceso de confianza en los sistemas de alerta.
- Descuido en la producción industrial.
- Falta de previsión respecto a equipos y programas computacionales.

En el siguiente cuadro, se muestra un ejemplo de cómo los factores que forman parte de la vulnerabilidad pueden ser diferentes para cada sistema y algunos tipos de peligros.

Tabla III.5. Algunos factores que intervienen en la vulnerabilidad según los sistemas y tipos de amenazas

Tipo de peligro	Ecosistemas	Biodiversidad	Suelos	Recursos hídricos	Asentamientos humanos	Agricultura y ganadería
Huracanes e inundaciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exposición al peligro. 2. Grado de intervención humana. 3. Crecimiento. 4. Sucesión. 5. Distribución de especies. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exposición al peligro. 2. Grado de intervención humana. 3. Conectividad biológica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exposición al peligro. 2. Tipo de cubierta vegetal. 3. Técnicas de manejo. 4. Taxonomía. 5. Textura. 6. Características hídricas. 7. Pendientes. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fuentes de contaminación. 2. Exposición al peligro. 3. Características del acuífero o forma de agua. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveles de pobreza. 2. Densidad de población. 3. Ordenamiento del territorio. 4. Accesibilidad. 5. Calidad de las edificaciones. 6. Redes de abastecimiento del agua y residuales. 7. Estado técnico de las edificaciones de salud. 8. Exposición al peligro. 9. Red de drenaje superficial. 10. Tratamiento de desechos. 11. Densidad de edificaciones. 12. Defensa contra inundaciones. 13. Seguridad ciudadana. 14. Participación ciudadana. 15. Estructura etarea de la población. 16. Morbilidad local. 17. Mortalidad local. 18. Analfabetismo. 19. Igualdad de derechos y oportunidades . 20. Contaminación ambiental. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exposición al peligro. 2. Grado de dependencia económica del sector. 3. Hábitos alimentarios. 4. Tecnificación del sector. 5. Calidad genética.
Sequía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exposición al peligro. 2. Grado de intervención humana. 3. Conectividad biológica. 		<ol style="list-style-type: none"> 1. Exposición al peligro. 2. Tipo de cubierta vegetal. 3. Técnicas de manejo. 4. Taxonomía. 5. Textura. 6. Características Hídricas 7. Pendientes 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Índice de escasez. 2. Calidad del agua. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niveles de pobreza. 2. Densidad de población. 3. Ordenamiento del territorio. 4. Accesibilidad. 5. Exposición al peligro. 6. Tratamiento de desechos. 7. Seguridad ciudadana. 8. Participación ciudadana. 9. Estructura etarea de la población. 10. Morbilidad local. 11. Mortalidad local. 12. Analfabetismo. 13. Igualdad de derechos y oportunidades. 14. Contaminación ambiental. 	

Como se puede apreciar, los factores que definen la vulnerabilidad varían de acuerdo al sistema que se encuentra potencialmente amenazado y al tipo de amenaza, tomando en consideración que existen eventos climáticos de naturaleza opuesta (por ejemplo: inundación y sequía).

Lo anterior evidencia que una de las líneas prioritarias a desarrollar en Nicaragua, desde la investigación científica, es la elaboración de indicadores nacionales de vulnerabilidad frente a cada tipo de amenaza y sistemas; quizás también se necesite trabajar con indicadores de vulnerabilidad locales, los cuales pueden tener mayor nivel de especificidad en comparación con un indicador nacional para facilitar planes de adaptación local.

III.1.3.3. Mitigación y adaptación

Mitigación

Como su nombre indica, la mitigación contempla el conjunto de medidas que tienen como finalidad reducir las emisiones de gases de efecto invernadero que es la principal causa del cambio climático. La mitigación persigue reducir el peligro, sin embargo el IPCC, 2007 ha afirmado que: *el calentamiento antropógeno y la elevación del nivel del mar continuarán durante siglos debido a las escalas de tiempo asociadas con los procesos climáticos y los retroefectos, incluso si las concentraciones de gases de efecto invernadero llegan a estabilizarse debido a la inercia climática.*

Por otro lado, Nicaragua no es un país con altas emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo posee una gran vulnerabilidad ante el cambio climático debido a las causas anteriormente mencionadas.

Por tal motivo, el país debe centralizar sus esfuerzos para elevar la capacidad de adaptación o disminuir la vulnerabilidad ante las diferentes amenazas inducidas por el cambio climático como una prioridad porque, de hecho, muchas medidas de adaptación pueden implicar mitigación como un beneficio adicional. Un ejemplo de ello es el cambio de la matriz energética que se ha proyectado.

En la disciplina de gestión del riesgo, el concepto mitigación tiene una amplia acepción que incluye la disminución de los efectos adversos de los impactos ambientales. En este caso, la mitigación no busca reducir el peligro porque se considera constante, sino que busca cómo elevar las capacidades de adaptación mediante medidas de prevención o correctivas.

Adaptación

La adaptación es definida por el IPCC, (2007), como: *el ajuste en sistemas naturales y humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados o a sus efectos, que mitiga el daño o aprovecha oportunidades.* Desde la disciplina de gestión del riesgo, el concepto de adaptación necesita ser precisado porque la adaptación, vista como la construcción de una capacidad de resistencia, tiene su mayor pertinencia desde un enfoque preventivo y no necesariamente de mitigar (corregir) el daño. Por supuesto, la actuación o corrección del daño ayuda a generar capacidades para la adaptación, pero esa no debe ser la lógica, porque un daño prevenido mediante la adaptación es un costo evitado.

Por otro lado, la adaptación está relacionada con la resiliencia, tal y como es definida físicamente: la capacidad de oponerse a un impacto.

Siendo consecuente con el reconocimiento de los principales componentes de la vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación), entonces se trata de construir:

- ▶ Capacidad de reducir, disminuir o eliminar la exposición a los peligros.
- ▶ Capacidad de mejorar, resaltar o maximizar las propiedades endógenas de la vulnerabilidad.
- ▶ Capacidad de generar conocimientos, conciencia, conductas y hábitos que permitan enfrentar los eventos y reponerse de sus efectos.

Para implementar programas o medidas de adaptación, deben considerarse algunos aspectos claves tales como: (IPCC, 2007)

1. Los riesgos inducidos por el cambio climático y la variabilidad climática son acumulativos. Este fenómeno se hace particularmente evidente en Nicaragua a través de los recursos naturales y del sector agropecuario que sufren variaciones anuales de condiciones de El Niño (con sus sequías) y de repente se producen cambios a condiciones de La Niña (con sus excesivas precipitaciones).
2. Los riesgos del futuro no sólo dependen de los escenarios climáticos, sino también de la forma de desarrollo que se adopte. La sostenibilidad del desarrollo económico es una premisa básica para reducir la vulnerabilidad al cambio climático en Nicaragua y tomar en consideración que la adaptación no sólo debe contemplar la vulnerabilidad futura, sino incorporar medidas para las condiciones climáticas presentes.
3. Un proceso de adaptación sustentado en bases científico-técnicas necesita iniciar por cuestionar aquellas políticas y técnicas que se han venido utilizando y no han brindado resultados como por ejemplo el mantenimiento de prácticas insostenibles de cultivo que puede aumentar la degradación de la tierra y el uso de recursos, poniendo en peligro la biodiversidad de las especies.

La aplicabilidad de las medidas de adaptación está relacionada con las incertidumbres ya que el nivel de comprensión que tenemos actualmente los seres humanos ante los eventos derivados del clima, en los procesos naturales y socio-económicos, es limitada, y la mayor parte de los sistemas están sujetos a muchas fuerzas diferentes que interactúan.

Debido a estas razones, todo proceso que conlleve a la implementación de medidas de adaptación debe incluir una valoración, que permita determinar el grado de pertinencia de la medida, así como las prioridades para su implementación.

Basado en una experiencia de evaluación de medidas para la adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Centroamérica, Mejías et al, 2007, han propuesto adoptar los siguientes criterios para valorar las medidas:

1. Efectividad: Es el grado en que la medida logra los resultados, objetivos y metas propuestas para un plazo esperado (corto, mediano o largo según lo defina la propuesta). La temporalidad o permanencia dependerá de la medida propuesta; sin embargo, si la medida tiene carácter de permanencia es más valiosa para reducir la vulnerabilidad.

2. Eficiencia: Indica si la medida logra los resultados esperados en un plazo de tiempo y con un uso óptimo de los recursos disponibles; es decir, en el menor tiempo posible y con el menor uso posible de recursos.

3. Nivel de daño anticipado: El daño que la medida pretende prevenir o mitigar, es un indicador del beneficio que se espera obtener de una medida de prevención o mitigación. Entre más alto el daño, más valiosa es la medida. En algunos casos, es necesario desagregar los niveles de daño por sector o sistema.

4. Condición respecto al índice de riesgo (ubicación geográfica): La medida o proyecto adquiere más valor a medida que su acción principal se enfoca hacia las zonas de más alto riesgo.

5. El nivel o carácter de urgencia de la medida: Existen medidas, cuya implementación tienen carácter de urgencia y pueden ser de diferente duración (corto, mediano o largo plazo) pero de implementación inmediata.

6. Factibilidad de ejecución y monitoreo: Cuanta mayor facilidad de ejecución y monitoreo tenga la medida, mejor será ésta. Dicha facilidad va a depender de las características de operación e implementación de la medida.

7. Reducción de la presión sobre los recursos naturales: La medida adquiere valor entre más protección ofrezca a los recursos que se encuentran en estado de vulnerabilidad, por ejemplo la reforestación en la ribera de los ríos ayuda a proteger las riberas, la biodiversidad y el agua.

8. Sinergias con otros procesos, políticas y proyectos: Acción de una medida que obtiene varios o mejores resultados que cuando las medidas actúan de forma independiente. Reduce costos o aumenta beneficios, por ejemplo la introducción de productos agrícolas resistentes a la sequía que, a la vez, reducen la desertificación.

9. Redistribución o incidencia redistributiva (pobreza): Se trata de evaluar la forma en que la medida distribuye los costos y beneficios entre los diferentes sectores o grupos sociales. Entre más distribuya, más alto es el puntaje. Es deseable que minimice las distorsiones en la distribución de costos y beneficios entre los diferentes estratos sociales, y de ser posible, que el balance sea favorable ante todo para los sectores económicamente más débiles.

10. Prioridad nacional: La medida es de aplicación regional o local, pero se considera una prioridad a nivel de los planes de desarrollo y proyectos nacionales.

11. Prioridad local: La medida es una clara prioridad local. Está claro que su foco de acción está definido para una localidad o zona específica para la cual puede ser considerada prioritaria.

Estos criterios pueden ser particularmente útiles al ser ordenados en escalas de jerarquía u otorgarles valores cuantitativos para determinar las prioridades dentro de un conjunto de medidas de adaptación.

III. 2. ELEMENTOS GENERALES SOBRE EL RIESGO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN NICARAGUA

Según J-M. Scheuren, et. al. (2008) en Disaster Statical Review, los desastres meteorológicos se incrementaron en el 2007 comparado con el 2006. Los ciclones tropicales fueron los mayores contribuyentes al incrementar su ocurrencia en el 2007 en un 61% comparado con un 28% de incremento en el período 2000-2006. Pero también los investigadores señalan un significativo aumento del número de víctimas debido a estos eventos en el último año en relación a las registradas en la última década.

En el siguiente gráfico, se muestra el dramático aumento de los desastres en el año 2007.

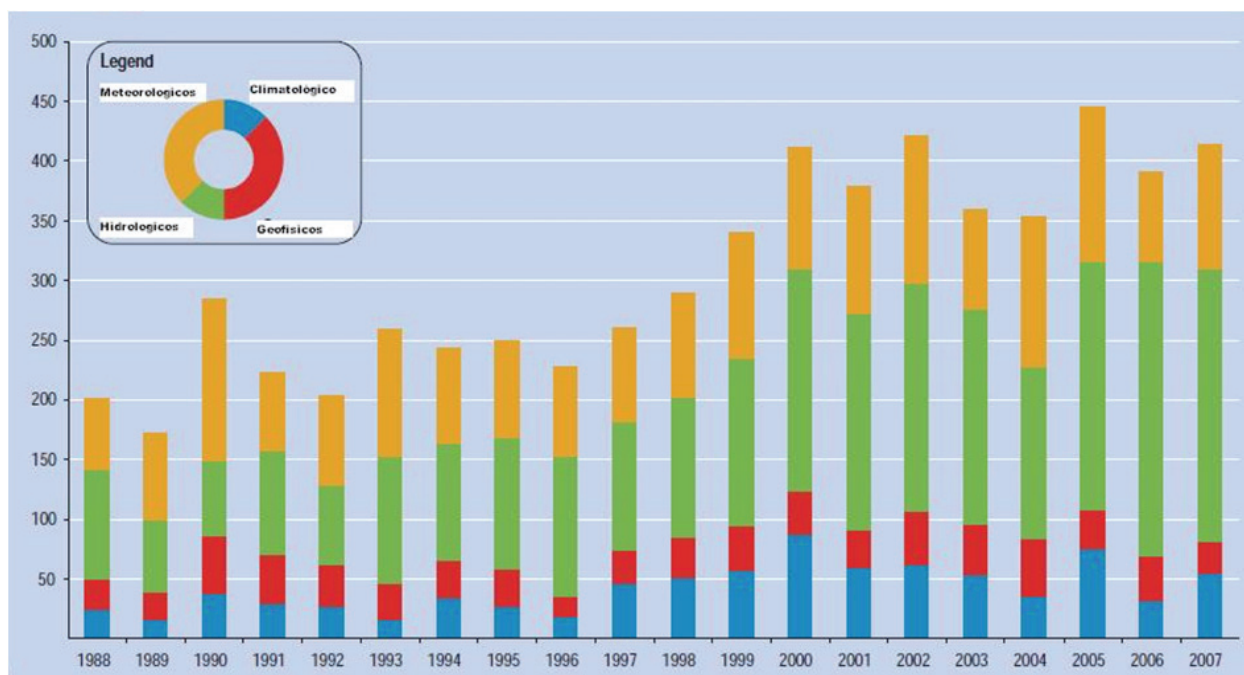


Figura III.2. La figura muestra el incremento registrado en el último año en los desastres meteorológicos (incluyen tormentas y ciclones), climatológicos (temperaturas extremas, nevadas, incendios forestales y fuertes vientos) y los hidrológicos (incluye inundaciones y movimientos de masas de tierras o deslizamientos). (Fuente: J-M. Scheuren, et, al. 2008)

Los desastres causados por los eventos que están relacionados con el clima, están generando impactos significativos en Nicaragua, tal y como se muestra en el siguiente gráfico, donde se aprecia la pérdida de vidas humanas a nivel nacional por cada 100,000 habitantes durante el 2007.

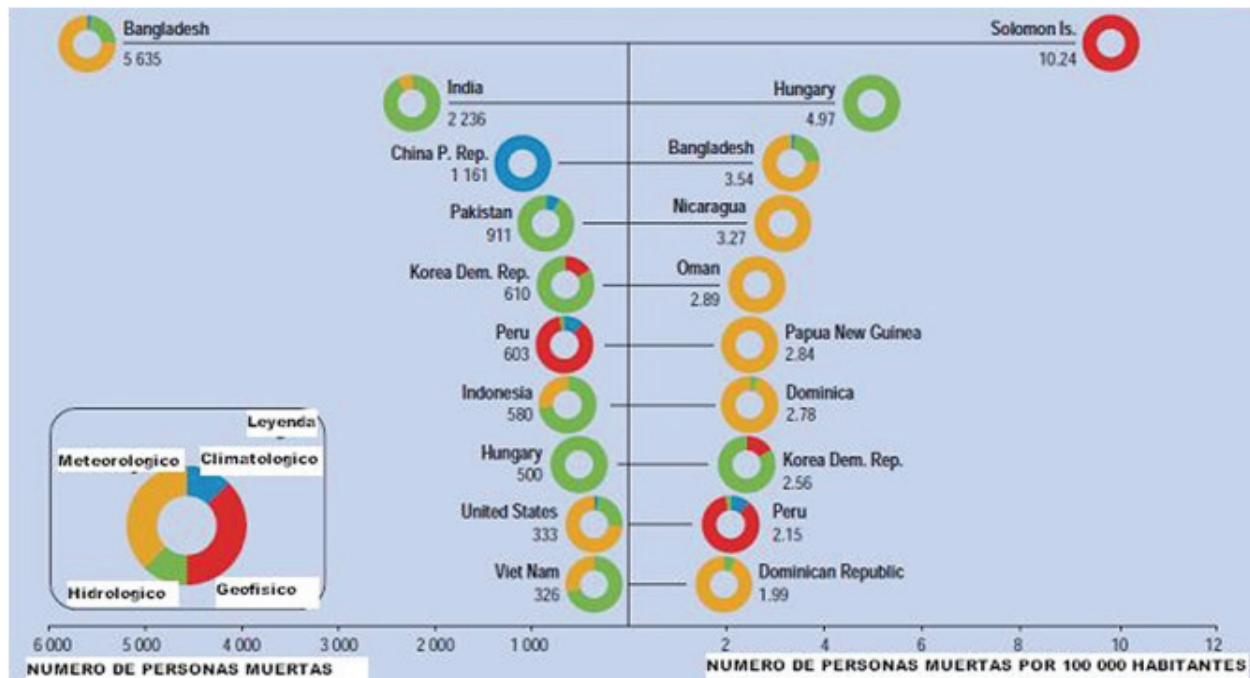


Figura III.3. La figura muestra el incremento registrado en el último año en relación al número de víctimas y a las víctimas per capita por cada 100,000 habitantes. (Fuente: J-M. Scheuren, et, al 2008)

La información anterior permite evidenciar que los desastres, debido a la diferentes eventos asociados al clima, se están incrementando y Nicaragua presenta importantes niveles de exposición y sensibilidad a estos fenómenos por lo que se hace necesario identificar y cuantificar, en la medida de lo posible, los niveles de vulnerabilidad actuales y junto a ello, deben valorarse la cantidad de recursos del Estado que están destinados para el desarrollo socio-económico y de forma repentina, tienen que ser utilizados para hacerle frente a los daños que generan los desastres climáticos, cuyas causas quizás estén asociadas al calentamiento del planeta debido a las emisiones de otros países.

El costo que está pagando Nicaragua debido a los efectos de los eventos climáticos requiere una cuantificación minuciosa y detallada, pues no toda la información en este ámbito se encuentra documentada. Por ejemplo, en la siguiente tabla, se muestra un resumen de los resultados de evaluaciones de desastres ocurridos en Nicaragua que han sido realizadas por la Comisión Económica para América Latina (CEPAL)

Tabla III.6. Resultados de evaluaciones de desastres ocurridos en Nicaragua que han sido hechas por la CEPAL

Fecha	Tipo de evento	Población afectada		Daños totales (millones de dólares corrientes de cada año)		
		Muertos	Damnificados directos (afectación primaria)	TOTALES	Daños (destrucción total o parcial en acervo o capital)	Pérdidas (alteraciones en flujos)
1982, 20-31 de mayo	Inundaciones	80	70,000	357	275	82
1982	Inundaciones (mayo) y sequía (a partir de julio)			350	100	250
1988, 13-26 de octubre	Huracán Joan (vientos de 125 nudos o 217 km/h)	148	550,000	840	745	95
1998	Huracán Mitch (vientos sostenidos de hasta 144 nudos o 285 km/h en su momento de mayor intensidad y precipitaciones superiores a los 600 mm.)	3,045	368,261	988	562	425
2001, 2o. Trimestre	Sequía climática con efectos en Nicaragua, Honduras, Guatemala y El Salvador principalmente	--	250,200	49		49
2007	Huracán Félix	175	162, 373	401	232	169
2007	Inundaciones ocasionadas por las tormentas tropicales 35 y 56	10	31,520	39	25	14
	TOTAL	3458	1, 432, 354	3,024	1,939	1,084

CEPAL, PNUD, 2007.

Nota: En la metodología de valoración empleada por la CEPAL, se denominan “daños a la destrucción parcial o total de acervos”, ya sean naturales o construidos, los daños a la infraestructura tanto productiva como de servicios esenciales y líneas vitales. Las pérdidas se refieren a los flujos afectados por los daños ocurridos, es decir descenso o pérdida de producción, menor disponibilidad de servicios esenciales, tanto sociales como atención de salud o educación, como de transporte y comunicaciones, y los mayores gastos en que se ha incurrido, tanto en la respuesta inmediata en la emergencia, como en la progresiva recuperación de las actividades afectadas.

Un breve comentario de las cifras anteriores se traduce en:

- ▶ Al menos, uno de cada 5 nicaragüenses ha sido damnificado de forma directa por un evento climático en los últimos 27 años.
- ▶ Las pérdidas totales en estos 27 años representan el 53% del PIB del año 2006.
- ▶ Los daños (destrucción total del capital) duplican las pérdidas.

Este breve análisis sólo sirve de introducción a la valoración y cuantificación del daño económico, social y ambiental que los eventos climáticos están ocasionando al país, pues las cifras cuantificadas sólo corresponden a las reportadas por la CEPAL.

En el siguiente tópico, se aborda alguna información que ya se ha elaborado en el país relacionada con las amenazas, llegando a identificar los territorios con mayores niveles de amenaza y se deja abierto a una investigación más detallada el estudio de la vulnerabilidad, sobre todo en aquellas comunidades más densamente pobladas, de escasos recursos económicos y de difícil acceso con el propósito de iniciar proyectos pilotos de adaptación al cambio climático.

III.2.1. Amenazas actuales relacionadas con el clima en Nicaragua

Según se pudo observar en la figura III.1, las principales amenazas naturales que ocasiona de forma directa el cambio climático son:

- ▶ Huracanes
- ▶ Intensas precipitaciones
- ▶ Inundaciones
- ▶ Sequías
- ▶ Incendios
- ▶ Olas de calor
- ▶ Elevación del nivel del mar

De acuerdo a factores geográficos, fisiográficos y de otra índole, estas amenazas no afectan por igual todo el territorio nacional. A continuación, se analiza el comportamiento de esas amenazas en todo el país.

III.2.1.1. Amenaza por huracanes

Los ciclones tropicales son depresiones meteorológicas o sistemas de baja presión sobre aguas abiertas en el trópico, usualmente entre las latitudes 30 ° al norte y 30 ° al sur y se originan en lugares donde cierta inestabilidad de la atmósfera causa diferencias en la cantidad de energía recibida por los polos terrestres.

Los ciclones tropicales obedecen a un ciclo de vida que se divide en desarrollo, intensificación, madurez y decaimiento o modificación. El ciclón tropical es un término asignado a circulaciones ciclónicas originadas sobre aguas tropicales.

Nicaragua, por su posición geográfica frente al mar Caribe, ha estado expuesta a una gran cantidad de ciclones tropicales en los últimos 106 años, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla III.7. Ciclones tropicales que han afectado a Nicaragua en los últimos 106 años

Nro	Fecha	Categoría	Nombre
1	Octubre 1892	Huracán	
2	Julio 1893	Huracán	
3	Octubre 1906	Huracán	
4	Octubre 1908	Tormenta tropical	
5	Septiembre 1911	Huracán	
6	Junio 1913	Huracán	
7	Julio de 1916	Tormenta tropical	
8	Septiembre 1920	Tormenta tropical	
9	Octubre 1922	Tormenta tropical	
10	Junio 1924	Tormenta tropical	
11	Septiembre 1924	Tormenta tropical	
12	Octubre 1926	Tormenta tropical	
13	Junio 1931	Tormenta tropical	
14	Mayo 1933	Tormenta tropical	
15	Noviembre 1933	Tormenta tropical	
16	Octubre 1935	Huracán	
17	Junio 1939	Tormenta tropical	
18	Septiembre 1940	Tormenta tropical	
19	Octubre 1940	Huracán	
20	Septiembre 1941	Huracán	
21	Noviembre 1949	Depresión tropical	
22	Octubre 1950	Tormenta tropical	King
23	Mayo 1953	Tormenta tropical	Alice
24	Septiembre 1954	Huracán	Gilda
25	Julio 1961	Tormenta tropical	
26	Octubre 1964	Tormenta tropical	Isabelle
27	Noviembre 1964	Huracán	
28	Junio 1966	Huracán	Alma
29	Septiembre 1968	Huracán	
30	Septiembre 1970	Depresión tropical	
31	Septiembre 1971	Huracán	Edith
32	Septiembre 1971	Huracán	Irene
33	Septiembre 1974	Huracán	Fi Fi
34	Mayo 1982	Huracán	Alleta
35	Agosto 1985	Huracán	Allen
36	Octubre 1988	Huracán	Joan
37	Septiembre 1993	Tormenta tropical	Gert
38	Agosto 1993	Tormenta tropical	Bret
39	Noviembre 1994	Tormenta tropical	Gordon
40	Julio 1996	Huracán	Cesar
41	Octubre 1998	Huracán	Mitch

Fuente: INETER, 2001

De la tabla anterior, se pueden apreciar dos consideraciones importantes:

1. Las recurrencias de los huracanes son muy cortas, salvo raras excepciones, el período de recurrencia predominante en un siglo ha sido de 2 a 4 años.
2. Si se dividen los 100 años en períodos de 33 años, se aprecia un considerable aumento en la incidencia de los huracanes durante los últimos 30 años. (Desde la década del 70 según lo ha reportado el IPCC, 2007)

La destrucción causada por los huracanes en los pequeños estados insulares del Caribe y en Nicaragua como parte de Centroamérica, en muchos casos, ha modificado la historia y la geografía, y lamentablemente lo seguirán haciendo en el futuro de esta región. PNUD, 2007

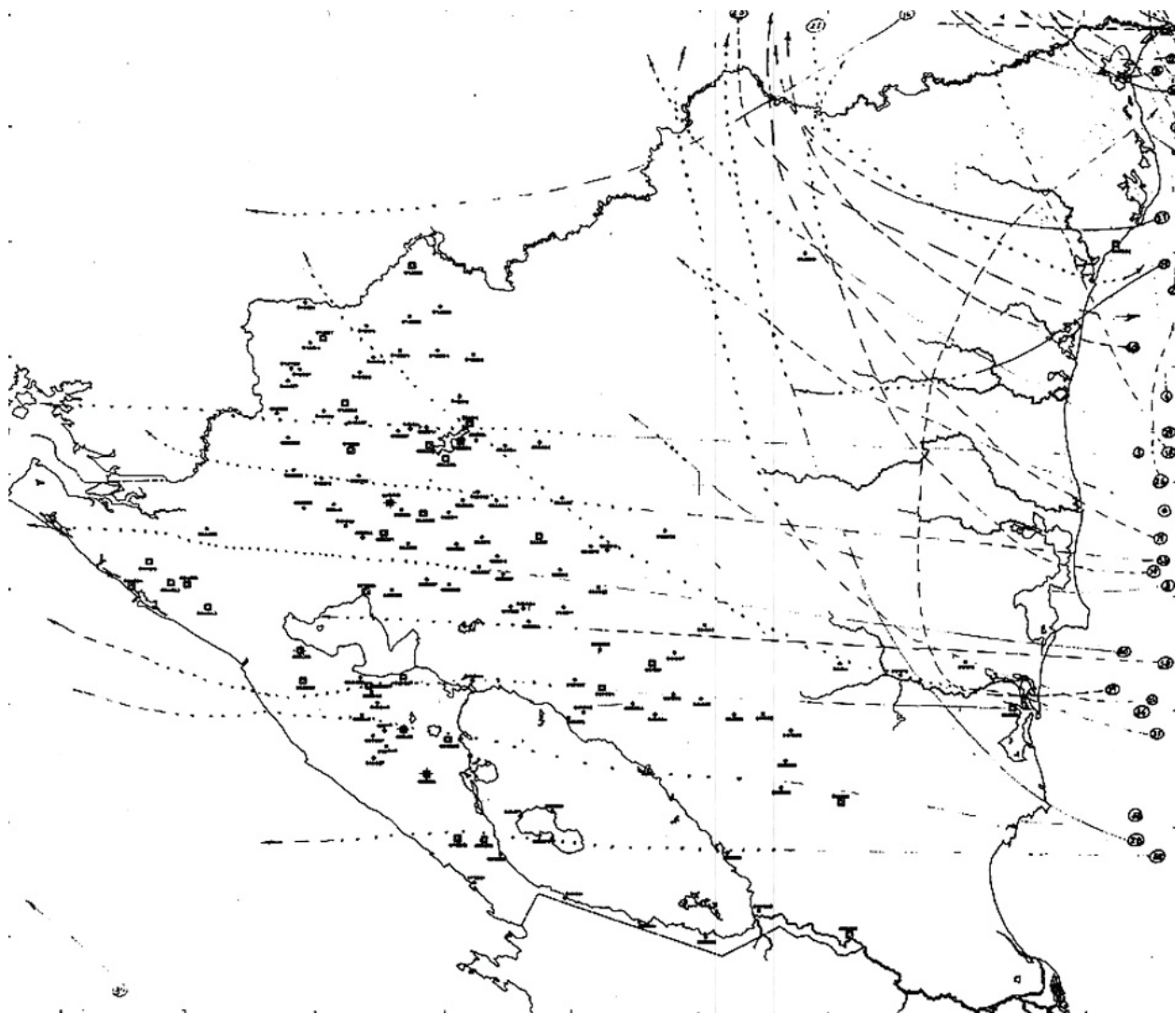


Figura III.4. La figura muestra las trayectorias de los huracanes que han azotado a Nicaragua en los últimos 100 años. (Fuente: Base de mapas SINIA-MARENA)

El peligro tiene su origen en la combinación de factores que caracterizan a las tormentas ciclónicas tropicales, tales como:

- ▶ Elevación del nivel del mar.
- ▶ Vientos violentos.
- ▶ Fuertes precipitaciones.

Estas características peligrosas de los huracanes están dadas por:

- ▶ La destrucción que puede ser causada por el impacto directo del viento o por el material que este acarrea.
- ▶ Las lluvias que acompañan a los huracanes son extremadamente variables y difíciles de predecir. La fuerte precipitación provoca dos tipos de destrucción: la primera se debe a la infiltración del agua en los edificios causando daños estructurales y la segunda, y más generalizada, es la inundación sobre la tierra que pone en riesgo a todos los valles junto con sus infraestructuras e instalaciones de transporte, como las carreteras, los puentes y sistemas de comunicación, así como a la biodiversidad y los hábitat.
- ▶ Las mareas de tormentas, que son elevaciones temporales del nivel del mar causadas por el agua impulsada sobre la tierra, principalmente por la fuerza de los vientos del huracán hacia la costa y sólo de manera secundaria, por la reducción de la presión barométrica a nivel del mar entre el ojo de la tormenta y la región externa. Estas mareas de tormenta representan la mayor amenaza a las comunidades y ecosistemas costeros.



Figura III.5. Impacto del huracán Félix (septiembre 2007) en la Región del Atlántico Norte de Nicaragua.

El impacto de los ciclones tropicales generalmente se extiende sobre una amplia zona creando mortalidad, lesiones y daños a la propiedad resultantes de los fuertes vientos y lluvias, pérdidas de cultivos, daños a la biodiversidad y al hábitat de las especies. En muchos casos, otros eventos secundarios como marejadas, deslizamientos, inundaciones y tornados, exacerbaban los efectos de esos fenómenos. Aunque los mejores sistemas de alerta han evitado o reducido las muertes, en la mayoría de las áreas del mundo propensas a ciclones, el crecimiento de la población y de los asentamientos humanos en las zonas costeras continúan elevando el riesgo de mortalidad y morbilidad relacionado con estos eventos. Noji, E.K. Ed. (2000).

Según INETER (2001), se ha demostrado que los efectos secundarios generados por los huracanes en Nicaragua han sido de mayor significación que los efectos directos, sobre todos aquellos huracanes cuyas trayectorias bordean la costa norte de Honduras o los que se desplazan paralelamente a la costa del Pacífico centroamericano, creando condiciones particulares de vientos muy húmedos que generan lluvias persistentes e intensidad moderada, contribuyendo a una rápida saturación de los suelos lo que provoca inundaciones repentinas.

Aunque los niveles de peligros son muy altos en la costa Caribe, la población se encuentra más dispersa, por tanto los daños se concentran en los recursos naturales. Sin embargo los pequeños centros poblados y comunidades indígenas se encuentran expuestos a elevados niveles de riesgo, por el precario estado de las viviendas, la carencia de infraestructuras, así como por otros factores que influyen en la vulnerabilidad. En esta región también están sometidos a altos niveles de amenaza los recursos naturales y la biodiversidad.

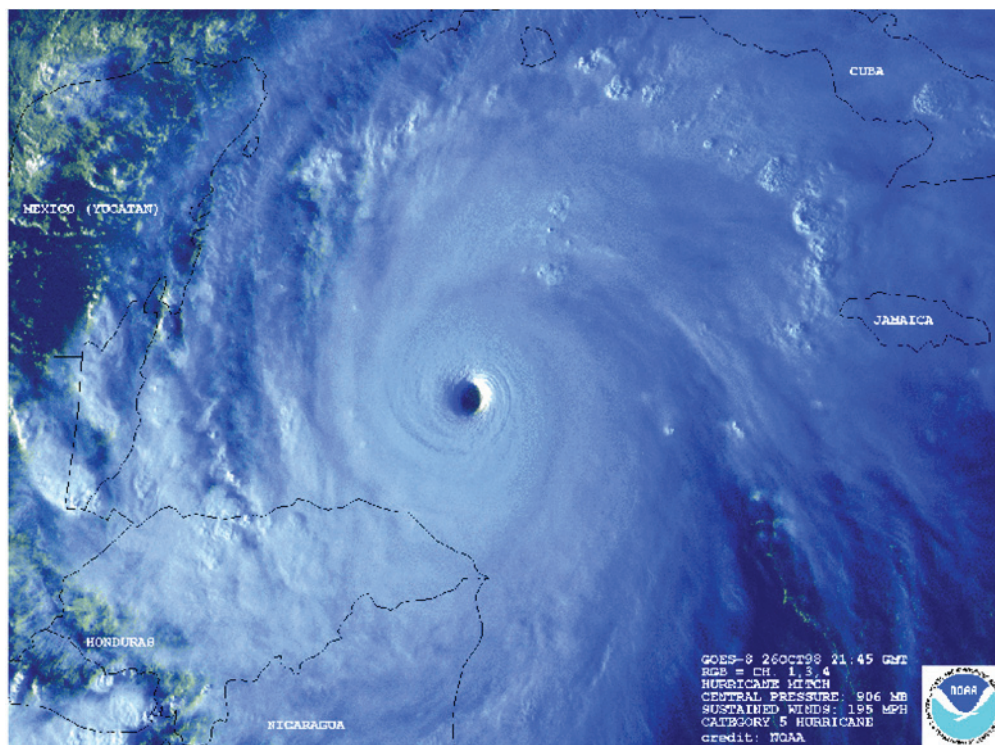


Figura III.6. Imagen del huracán Mitch tomada el 26 de octubre de 1998 por un satélite de la Agencia Nacional de la Atmósfera y los Océanos (NOAA) de los EE.UU. a su paso por América Central. En ese momento el huracán tenía categoría 5, causando la pérdida de miles de vidas humanas en Nicaragua y Honduras. (Fuente: Web NOAA)

III.2.1.2. Amenaza por inundaciones

Las inundaciones son el resultado de fuertes o continuas lluvias que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras y hacen que determinado curso de agua rebalse su cauce e inunde tierras adyacentes.

El área de drenaje de una corriente superficial (río, cauce), es la zona que abarca los elementos geomorfológicos básicos que caracterizan a estos accidentes geográficos y se divide en: (Milán, 2004)

Zona de captura: es aquella donde las precipitaciones pluviales se infiltran o escurren en las zonas generalmente que corresponden a las partes altas de las montañas (parte alta de la cuenca).

Llanura de inundación: donde las aguas descendentes buscan el perfil de equilibrio del río.

Zona de la desembocadura: donde se produce la salida del agua al mar o lago.

La inundación es un evento natural y recurrente para un río en la zona de drenaje. Estadísticamente los ríos igualarán o excederán la inundación media anual cada 2,33 años.

Nicaragua posee 21 cuencas hidrográficas cuyas amenazas de inundación han sido analizadas por INETER, 2001, según las siguientes vertientes:

- ▶ Vertiente del océano Pacífico
- ▶ Vertiente al mar Caribe
- ▶ Vertiente de los lagos

En la siguiente tabla se relacionan las cuencas hidrográficas de Nicaragua

Tabla III.8. Cuencas hidrográficas de Nicaragua

Cuenca	Nombre de la cuenca (río principal)	Área en Km ²	Precipitación media anual en mm
Vertiente al mar Caribe			
45	Río Coco	19,969.00	1,937
47	Río Ulang	3,777.40	2,405
49	Río Wawa	5,371.98	2,820
51	Río Kukalaya	3,910.25	2,800
53	Río Prinzapolka	11,292.40	2,586
55	Río Grande de Matagalpa	18,445.00	2,095
57	Río Kurinwas	4,476.56	2,725
59	Entre R. Kurinwas y R. Escondido	2,034.20	3,564
61	Río Escondido	11,650.00	2,722
63	Entre R. Escondido y R. Punta Gorda	1,592.96	3,710

Cuenca	Nombre de la cuenca (río principal)	Área en Km ²	Precipitación media anual en mm
65	Río Punta Gorda	2,867.42	3,552
67	Entre R. Punta Gorda y R. San Juan	2,,228.86	4,510
69*	Río San Juan	29,824.00	1,694
	Total	117,420.23	
Vertiente al Pacífico			
58*	Río Negro	1,428.00	1,859
60	Río Estero Real	3,690.60	1,682
62	Entre R. Estero Real y volcán Cosiguina	429.00	1,881
64	Entre volcán Cosiguina y Río Tamarindo	2,950.66	1,670
66	Río Tamarindo	317.62	1,175
68	Entre R. Tamarindo y R. Brito	2,768.69	1,357
70	Río Brito	274	1,316
72	Entre Brito y Sapoá	325	1,625
	Total	12,183.57	

Nota: (*) Territorio de la cuenca que corresponde a la parte nicaragüense. (Fuente: INETER, 2001)

La Organización Panamericana de la Salud ha proporcionado valiosa información sobre los impactos de las inundaciones dividiéndola de la siguiente forma: Noji, E.K. Ed. (2000).

- ▶ En una primera fase durante la inundación, se pueden presentar muertes por ahogamiento y en otros casos se evidencian crecientes niveles de estrés físico y emocional, particularmente relacionados con los grandes esfuerzos en la evacuación del área inundada, lo cual incrementa la probabilidad del infarto del miocardio y del paro cardíaco en personas propensas a estas afectaciones. En esta fase también, se suelen producir grandes daños a la propiedad, pérdidas de cosechas, daños a la fauna, biodiversidad y al suelo.
- ▶ En una segunda fase, cuando las personas regresan a sus hogares después de la inundación y comienzan las labores de recuperación y limpieza, se pueden presentar electrocuciones por líneas caídas de alto voltaje, cables eléctricos y manejo inapropiado de herramientas húmedas, lesiones por fuego y explosiones de gas, especialmente cuando se usan fósforos para inspeccionar los daños en estructuras oscuras, se incrementa el riesgo potencial para la transmisión de enfermedades de origen hídrico (por ejemplo, *E. Coli*, enterotoxigénica, *Shigella*, hepatitis A, leptospirosis, giardiasis) y el aumento de los niveles de enfermedades endémicas en las áreas afectadas por la inundación. De igual manera, debe tenerse presente que el hábitat natural de muchos animales silvestres ha podido verse alterado por las inundaciones lo que puede crear importantes desequilibrios en el flora y la fauna.



Figura III.7. Imagen que muestra las inundaciones originadas por el huracán Félix en el sector costero de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN, Nicaragua).

El INETER, 2001 ha creado una clasificación del nivel de amenaza de inundación en una escala de 1 a 10 donde los valores de la amenaza son ascendentes desde un mínimo de 1 hasta un máximo de 10. En el siguiente mapa se muestra el nivel de amenaza de inundación por municipio.

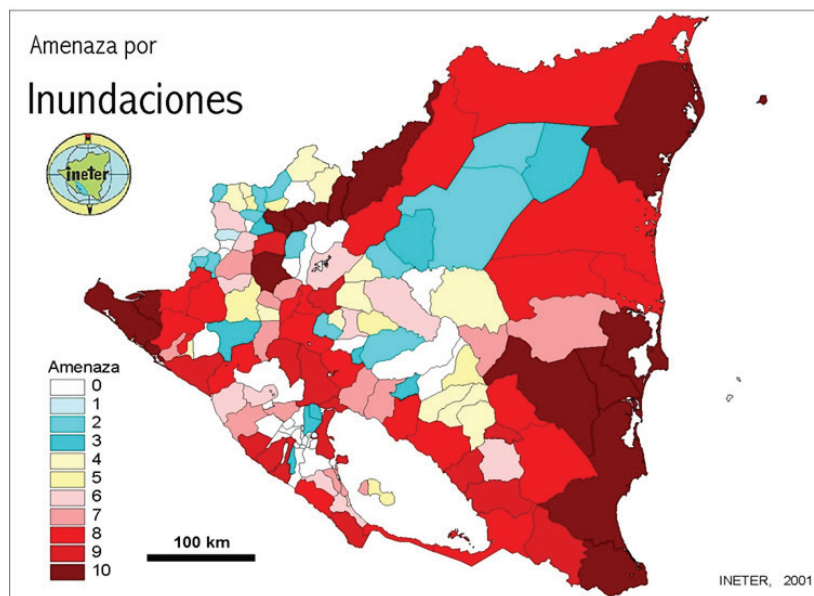


Figura III.8. Niveles de amenaza por inundación en Nicaragua. (Fuente INETER 20017)

- 7 () Los mapas de amenaza naturales fueron elaborados por el INETER en el año 2001, utilizando información estadística y territorial de muchos años para eventos recurrentes. Es probable que estos mapas necesiten revisarse para determinar si han sufrido importantes cambios hasta el presente, tomando en cuenta los acelerados cambios en los usos del suelo.

Según se puede apreciar en el mapa, una significativa parte del territorio nicaragüense está sometida a un alto nivel de amenaza por inundación. También se observa que coinciden altos niveles de amenaza en muchas regiones densamente pobladas del Pacífico y en otras regiones con elevados niveles de pobreza lo que aumenta la vulnerabilidad y por ende el nivel de riesgo para esas poblaciones.

En relación a las inundaciones, desde el huracán Mitch se han aprendido algunas lecciones importantes en relación a este tipo de evento: (INETER, 2001).

1. En la vertiente del Pacífico nicaragüense, sus ríos son de corto recorrido, generando menor caudal respecto al Atlántico. Sin embargo, las inundaciones se presentan con gran rapidez y es donde se concentra la mayor población e infraestructura que puede sufrir potenciales daños.
2. Otra lección aprendida con el huracán Mitch, ante la presencia de lluvias extraordinarias, las zonas climatológicamente áridas se ven severamente afectadas. Este fenómeno requiere mayor investigación, pues quizás deben existir factores relacionados a los tipos y condiciones de los suelos y a la escasez de cobertura vegetal que se conviertan en elementos coadyuvantes de los impactos.
3. Otro fenómeno muy persistente en el Pacífico, ante las intensas precipitaciones, son los deslizamientos de masas de tierras. Esto está asociado a los suelos inestables de origen volcánico, unido a malas prácticas en el uso de estos.
4. Casi todas las ciudades del Pacífico de Nicaragua están expuestas a sufrir grandes impactos por inundaciones, entre otros factores influyen: el crecimiento urbano sin planificación, deficientes sistemas de drenaje pluvial, carencia de inversiones en materia de drenaje pluvial, deficiente control del crecimiento físico de las ciudades en relación al sistema de drenaje y otras vulnerabilidades.

III.2.1.3. Amenaza por sequía

Se conoce la sequía como un fenómeno meteorológico que ocurre durante uno o varios meses cuando hay una ausencia prolongada, una deficiencia marcada o una pobre distribución de la precipitación pluvial que afecta adversamente a las actividades humanas debido al déficit de agua para diversos usos, así como al déficit en la humedad del suelo para el crecimiento de las plantas.

La sequía surge debido a la combinación de insuficiencia de lluvia y evapotranspiración excesiva, lo cual, con un bajo nivel en las técnicas de cultivo, provoca un déficit entre la necesidad de agua de las plantas y la que absorben desde el suelo.

La temperatura alta y la humedad baja del aire condicionan la pérdida de agua y humedad desde la superficie del suelo y la evapotranspiración mayor de las plantas, lo que implica un elevado gasto del agua de la tierra. La reserva de agua del suelo no se repone por las precipitaciones atmosféricas en este período.

En la mayoría de las regiones agrícolas, las sequías traen con frecuencia grandes daños para la población, pudiendo disminuir el rendimiento de los cultivos de un 20% a un 30% y a veces de un 40% a un 50%.

Según información suministrada por INETER, 2001, en Nicaragua, la sequía se manifiesta de diferentes formas, afectando particularmente a las regiones del Pacífico, norte y central del país, aunque no de forma generalizada. Existe una sequía estacional que abarca el período de noviembre a abril y otra intraestacional, la “canícula” (15 de julio al 15 de agosto aproximadamente) en la zona del Pacífico, norte y central del país. En el período lluvioso, también se producen períodos de varios días consecutivos sin lluvias (2, 3, 4, 5, 8 ó más), que se llaman períodos caniculares errantes. Esto ocurre por el dominio de la influencia de los sistemas de altas presiones en esta área, lo que origina una inhibición de los sistemas productores de lluvia.

La sequía se presenta en las regiones del Pacífico, norte y central de Nicaragua, en las cuales se concentran la mayor parte de las tierras que son utilizadas para la agricultura y que son susceptibles a la sequía. Las zonas con mayores frecuencias de déficit de precipitación, son el Pacífico occidental, y parte del Pacífico central (comprendido entre la costa del Pacífico, abarcando hasta las laderas de las sierras de Tepesomoto y las mesetas de Estelí y Estrada); que incluyen las localidades de Santo Tomás del Norte, Achuapa, el Sauce, Santa Rosa del Peñón, Ciudad Darío, Terrabona, y algunas zonas del departamento de Boaco y San Francisco Libre.

Un componente importante de la sequía en Nicaragua es aportado de forma cíclica por la variabilidad climática natural (el fenómeno de El Niño) que, como ya se ha explicado, en el último decenio se está haciendo un fenómeno muy recurrente.

La influencia del fenómeno de El Niño, en el período 1997-1998, causó efectos severos para Nicaragua en cuanto a sequía. Los sistemas de alta presión ubicados sobre los océanos Atlántico y Pacífico, presentaron un comportamiento anómalo, así mismo, el campo del viento en niveles bajos y altos de la tropósfera, lo que favoreció la concentración significativa del humo producido por las quemadas (rastrojos, bosques y basuras) y la combustión de los vehículos en las capas inferiores de la tropósfera, lo que fue más notorio en el mes de abril de 1998.

III.2.1.4. Amenaza por ondas de calor

Según INETER 2001, los meses de abril y mayo son los meses más calurosos del año y el mes de abril es el que presenta las condiciones atmosféricas apropiadas para la aparición de ondas de calor debido a:

- ▶ Influencia marcada del anticiclón marítimo, el cual genera al país un flujo de vientos de componente del sureste, que favorece el transporte de humedad, lo cual es favorable a nublados parciales en las capas bajas y medias de la tropósfera.
- ▶ Gradiente de presión muy débil, debido al poco movimiento del aire, lo que hace que el viento sea calmo, con velocidades débiles, llegando en casos extremos a presentarse valores en la velocidad del viento entre los 6 y 12 km/h.
- ▶ El predominio de altas presiones y el movimiento muy débil del aire, permite condiciones propias a la presencia de temperaturas muy altas entre los 38° y 40°C, las cuales generan mucho calor y con valores menores en las regiones norte y central del país.
- ▶ La contaminación del aire, mediante gases y partículas.
- ▶ Los incendios forestales, las quemadas en el campo, previo a la siembra de primera, son condiciones que favorecen el calor en los meses de marzo, abril y mayo, con más énfasis en abril y mayo, o sea, en el mes que se presenta la transición entre el período seco y el húmedo.

Las temperaturas altas pueden acarrear efectos negativos en las personas con padecimientos de hipertensión, lo cual trae como consecuencia dolores de cabeza severos, vómitos, mareos y en casos agudos puede originar hasta la muerte.

Un golpe de calor puede acarrear la pérdida del conocimiento, agitación y convulsiones. Ante la presencia de calores excesivos los ancianos y niños, principalmente, pueden presentar dolores de cabeza y hasta delirios.

En un ambiente caliente y húmedo, la evaporación y pérdida de agua empeoran y dificultan la regulación térmica, mientras que el esfuerzo físico y las fallas del corazón aumentan la cuota de producción de calor del cuerpo.

Según reporta INETER (2001), en Nicaragua las temperaturas máximas absolutas, oscilan entre los valores puntuales de 30.6°C y 42°C. Su comportamiento es muy variado y complejo, debido a los diferentes accidentes geográficos que presenta el territorio. Las temperaturas máximas absolutas anuales ocurren entre los meses de marzo y mayo, lo cual coincide con el Solsticio de primavera.

En la región del Pacífico, las temperaturas máximas absolutas (42.0°C), se registran entre las localidades de Chinandega en Occidente y San Francisco Libre, al norte del lago de Managua o Xolotlán, abarcando toda la cordillera volcánica del Occidente. En el resto de la región, la temperatura máxima tiene un comportamiento similar entre 37.0°C y 38.0°C. INETER, (2001)

En la Meseta de los Pueblos, los valores de las temperaturas máximas absolutas disminuyen significativamente, hasta alcanzar 35.0°C en la localidad de Masatepe; mostrando una diferencia de 7.0°C con respecto a Chinandega. INETER, (2001)

En las regiones central y norte, se registran los menores valores de las temperaturas máximas, sobre todo en los sectores con mayor elevación. Los valores máximos absolutos en la región norte ocurren en la estación de Condega, siendo el máximo valor de 38.0°C. En la región central, estos valores se presentan en las localidades de Matiguás y La Libertad. INETER, (2001)

La oscilación de las temperaturas máximas anuales en la región Atlántica es de 2.5°C, correspondiéndole el mayor valor a la localidad costera de Puerto Cabezas (38.0°C), disminuyendo hacia el sur, hasta alcanzar los 35.5°C en el sector de Bluefields. INETER, (2001)

Tomando en cuenta los factores que influyen en el comportamiento de la temperatura en Nicaragua, y su posición geográfica, la cual se encuentra en plena zona tórrida (sección norte), se crean las condiciones favorables para que, en el mes de abril, se registren las temperaturas máximas absolutas en el Occidente de la región del Pacífico generando amenazas de ondas de calor.

III.2.1.5. Amenaza por incendios

Los incendios originados por causas naturales (fricción en los bosques de pino u otros similares) tienen la particularidad de surgir bajo condiciones muy específicas y excepcionales de vegetación y clima. Sin embargo, desgraciadamente la mayoría de los incendios de grandes masas de bosques, que muy a menudo se registran en el mundo, es ocasionada por acciones humanas, tales como: (Milán, 2004)

- ▶ Vandalismo.
- ▶ Malas prácticas agrícolas basadas en la quema de los campos antes de iniciar los cultivos.
- ▶ Accidentes.
- ▶ Aumento de la accesibilidad humana a zonas muy vulnerables.

Dada la diversidad y naturaleza de las acciones que generan el peligro de incendios en los bosques y montañas, así como el tipo de variables que intervienen en la vulnerabilidad (condiciones climáticas, topografía, tipo de vegetación y otros), se hace complejo evaluar y predecir el nivel de amenaza de incendios.

No obstante en los últimos años el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA), ha desarrollado un proceso sistemático de seguimientos diarios de los puntos de calor a través del satélite NOAA y las investigaciones han avanzado para el planteamiento de un modelo desarrollado en el país que ha permitido construir un mapa de frecuencias de incendios asociados a la frontera agrícola. A continuación se muestra el mapa de normas históricas de incendios forestales.

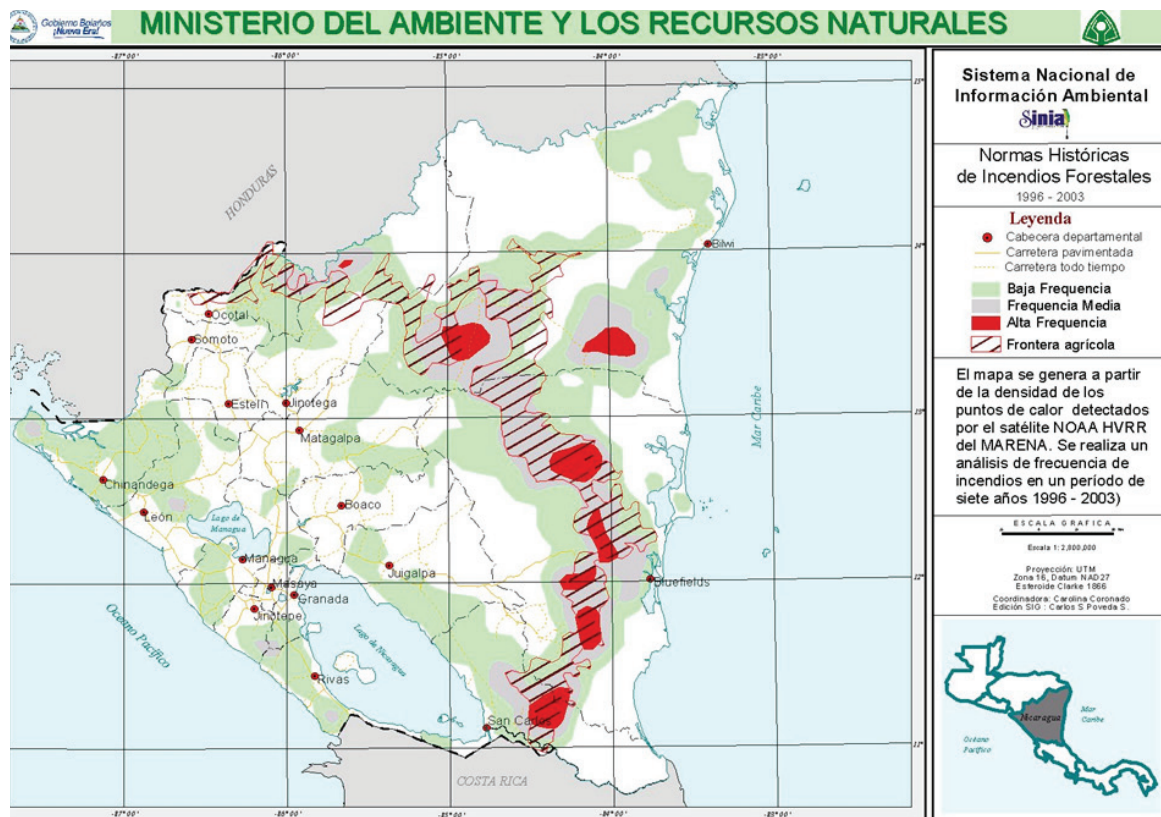


Figura III.9. Mapa de las normas históricas de los incendios forestales en Nicaragua. (Fuente SINIA-MARENA, 2005)

Los incendios en los bosques y suelos agrícolas pueden ocasionar los siguientes efectos ambientales: Noji, E.K. Ed. (2000).

- ▶ Destrucción del hábitat, transformando los ecosistemas.
- ▶ Aparición de plagas.
- ▶ Daños a la fertilidad del suelo.
- ▶ Pérdidas de cosechas.
- ▶ Susceptibilidad de erosión del suelo.
- ▶ Efectos negativos sobre la hidrología superficial.
- ▶ Si los incendios se vuelven frecuentes lesionan de forma definitiva la regeneración natural.
- ▶ Daños sobre las zonas de recarga de acuíferos.

Por su parte, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) ha reportado que estos tipos de eventos aumentan las incidencias de asma, sinusitis, infecciones respiratorias altas y laringitis, además de las grandes pérdidas económicas que suelen generar.

III.2.1.6. Amenaza por elevación del nivel del mar

Este tipo de amenaza ha sido poco estudiada en Nicaragua. Por ejemplo, en el Atlántico no existe una red de mareógrafos para monitorear la altura del mar. Por tanto, las zonas que se conocen como las más amenazadas son aquellas cuyos niveles de costas son muy bajos con respecto al nivel de mar y donde existen humedales en cuyos territorios el mar ha penetrado históricamente. Tales son los casos en la costa del Pacífico, en todo el territorio comprendido desde Salinas Grandes hasta el Golfo de Fonseca y la Costa Atlántica desde Lagunas de Perlas hasta Cabo Gracias a Dios.



Figura III.10. El mapa de relieve de Nicaragua donde se muestra en línea roja las zonas de costas que poseen muy baja elevación sobre el nivel del mar, tanto en la Costa Caribe, como en el Pacífico. Las líneas no significan zonas de inundación del mar y límites de esa inundación, solo se señalan los sectores de costa más amenazados.

Con el aumento relativo del nivel del mar esperado durante el siglo XXI (el cual se espera a escala global que sea menor de un metro), se pueden producir los siguientes tipos de cambios:

- ▶ Cambios en oleajes, mareas y oleadas.
- ▶ Cambios en la morfología costera.

Un aumento relativo del nivel del mar permite que las olas rompan más cerca de la costa, lo que a su vez aumenta la carga y el estrés sobre las estructuras costeras de defensa. Las profundidades crecientes del agua también pueden afectar el progreso de mareas y oleadas. Por lo tanto, aunque se mantengan constantes la trayectoria, la frecuencia y la intensidad de las tormentas, el aumento relativo del nivel del mar podría reducir el período de retorno de los niveles de agua extremos. El IPCC (2002) concluyó que la intensidad de los ciclones tropicales podría aumentar. Si esto ocurre, haría que el poder combinado entre el aumento del nivel del mar y los ciclones sea potencialmente aún más destructivo que los ciclones de hoy, debido a las penetraciones del mar durante la ocurrencia de estos eventos.

Los seis efectos biofísicos más importantes debido a la elevación del mar son: (UNFCCC, 2007)

- Aumento de las probabilidades de frecuencia de inundación.
- Erosión.
- Inundación.
- Elevación de los niveles freáticos.
- Intrusión de agua salada.
- Efectos biológicos.

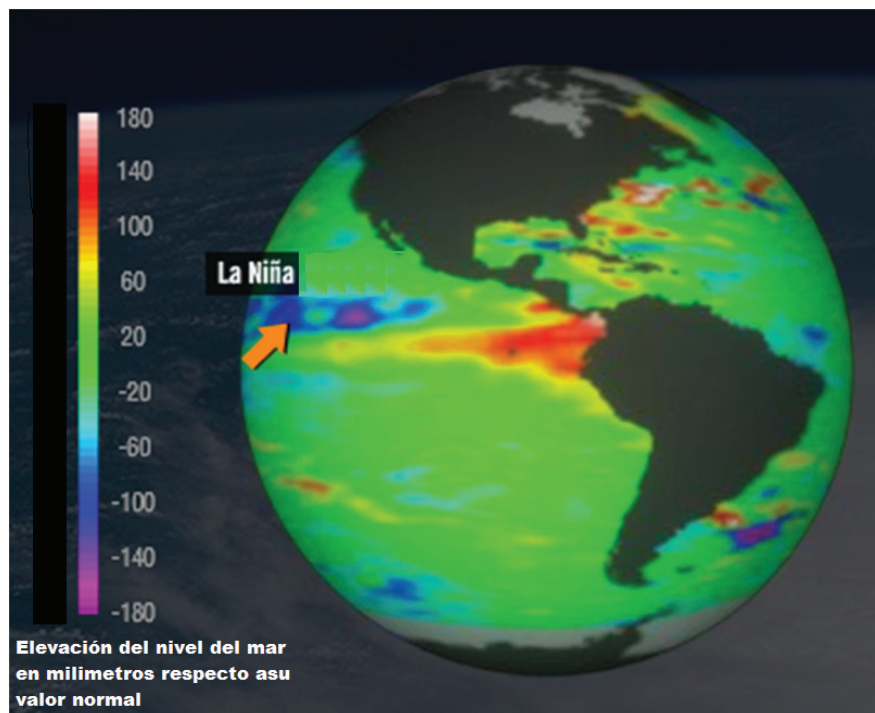


Figura III.11. Esta figura es una imagen de satélite que realizó mediciones sobre la altura del nivel del mar en junio del 2008. Observe que en el mar Pacífico, al sur de Nicaragua, se registran niveles del mar entre 100 y 140 milímetros por encima de lo normal durante un desvanecimiento de La Niña. (Fuente: Jet propulsion laboratory. NASA. California Institute of Technology)



Figura III.12. Esta figura muestra algunos puntos críticos del puerto de Corinto (Pacífico de Nicaragua) ante la elevación del nivel del mar.

Las amenazas y los riesgos en las costas de Nicaragua necesitan ser estudiados con más exhaustividad.

III.2.1.7. Resumen de amenazas

En la siguiente tabla, se resume la evaluación de diferentes tipos de amenazas para todos los municipios del país.

Tabla III.9. Resumen del nivel de amenaza por municipio de los principales peligros inducidos por el cambio climático.

Municipios	Principales tipos de amenazas		
	Huracanes	Sequías	Inundaciones
El Rama	10	4	10
Waspam	10	4	8
Puerto Cabeza	10	1	10
Laguna de Perlas	10	1	10
Prinzapolka	10	1	8
Blufields	9	1	9
La Cruz de Río Grande	9	1	10
Bonanza	9	4	2

Municipios	Principales tipos de amenazas		
	Huracanes	Sequías	Inundaciones
Rosita	9	4	3
Managua	8	7	7
Tipitapa	8	6	9
San Francisco Libre	8	10	9
Matagalpa	8	10	9
Somotillo	8	10	9
Villanueva	8	9	8
Desembocadura de Río Grande	8	1	10
Cuá-Bocay	7	4	9
Santo Domingo	7	1	5
Kukra Hill	7	1	10
El Tortuguero	7	1	7
El Viejo	6	7	10
Chinandega	6	10	9
Villa Carlos Fonseca	6	10	7
Tola	6	10	8
Puerto Morazán	6	7	10
Telica	6	10	1
Estelí	6	10	10
Ciudad Dario	6	10	8
Ciudad Sandino	6	7	1
Juigalpa	6	7	8
Comalapa	6	6	7
Dipilto	6	7	4
San Ramón	6	7	4
El Tuma – La Dalia	6	7	4
Mulle de los Bueyes	6	4	8
Matiguás	6	4	6
Boaco	6	4	2
Río Blanco	6	4	0
La Paz Centro	5	10	8
Mateare	5	10	6
Posoltega	5	10	8
Moyogalpa	5	7	7
Nagarote	5	10	6
Altagracia	5	7	5

Municipios	Principales tipos de amenazas		
	Huracanes	Sequías	Inundaciones
El Jicaral	5	10	8
Rivas	5	7	6
Buenos Aires	5	7	7
Telpaneca	5	10	0
Potosí	5	7	7
Condega	5	10	9
San Jorge	5	7	6
Belén	5	7	6
San Lorenzo	5	10	7
Sébaco	5	10	8
San Isidro	5	10	8
La Trinidad	5	10	7
Larreynaga	5	10	5
Ticuantepe	5	7	0
Teustepe	5	9	8
Pueblo Nuevo	5	10	6
El Sauce	5	7	5
Cinco Pino	5	9	0
San Juan de Río Coco	5	4	10
San Francisco del Norte	5	9	0
Ocotal	5	10	5
Mozonte	5	10	2
San Pedro del Norte	5	9	0
Achuapa	5	4	6
Muy Muy	5	6	5
San Nicolás	5	4	7
San Juan de Limay	5	4	7
San Fernando	5	4	2
Santo Tomás	5	10	4
Santo Tomás del Norte	5	8	0
San José de Cusmapa	5	8	0
San José de los Remates	5	7	0
La Libertad	5	7	1
Camoapa	5	4	0
León	4	10	9
El Realejo	4	10	10

Municipios	Principales tipos de amenazas		
	Huracanes	Sequías	Inundaciones
Chichigalpa	4	10	7
Corinto	4	10	10
Jinotepe	4	7	9
Masaya	4	7	3
San Juan de Oriente	4	7	0
Catarina	4	7	0
Masatepe	4	7	0
La Concepción	4	7	0
Nidirí	4	7	0
La Paz de Carazo	4	7	0
Nandasmo	4	7	0
Niquinohomo	4	7	0
El Rosario	4	7	0
Jinotega	4	7	6
San Miguelito	4	5	9
San Marcos	4	7	0
Morrito	4	5	9
Wiwilí de Jinotega	4	4	0
Tisma	4	7	3
El Coral	4	7	9
Ciudad Antigua	4	7	5
El Júcaro	4	10	1
San Rafael del Norte	4	8	1
Nueva Guinea	4	4	8
San Sebastián de Yalí	4	4	5
San Francisco Cuapa	4	4	3
Waslala	4	4	3
Santa María de Pantasma	4	4	3
Rancho Grande	4	4	2
Paiwas	4	4	4
Siuna	4	4	2
San Rafael del Sur	3	7	9
San Juan del Sur	3	7	9
Quezalguaque	3	7	4
Acoyapa	3	10	8
Wiwilí de Nueva Segovia	3	7	10

Municipios	Principales tipos de amenazas		
	Huracanes	Sequías	Inundaciones
Santa Rosa del Peñón	3	10	4
Somoto	3	10	3
El Crucero	3	7	1
Quilalí	3	4	10
San Dionisio	3	10	4
Esquipulas	3	7	6
Totogalpa	3	10	0
Terrabona	3	10	0
Jalapa	3	7	4
Macuelizo	3	7	4
Murra	3	7	4
Palacaguina	3	8	0
La Concordia	3	10	0
Yalaguina	3	10	2
Santa María	3	7	0
San Juan del Norte	3	0	10
El Castillo	3	0	9
El Almendro	3	5	0
Santa Lucía	3	4	3
San Lucas	3	4	0
San Pedro de Lóvago	3	4	4
Las Sabanas	3	4	0
Corn Island	3	0	0
Granada	2	7	9
Diriamba	2	7	8
Santa Teresa	2	4	8
Diriá	2	7	0
Diriomo	2	7	0
La Conquista	2	7	3
Nandaime	2	7	3
Dolores	2	7	0
El Ayote	2	4	7
Cárdenas	1	9	8
San Carlos	1	5	8
Villa Sandino	1	7	4

Fuente: Adaptado de INETER, (2001)

La escala de 1 a 10 representa el nivel de peligro, donde 10 es el máximo nivel de peligro y 1 es el mínimo nivel de peligro.

Como se puede apreciar, hay un grupo de municipios que más peligran frente a todos los eventos relacionados con el cambio climático.

Tomando como base la información anterior, se puede afirmar que los municipios severamente amenazados ante el cambio climático son:

- San Francisco Libre
- Matagalpa
- Somotillo
- Villanueva
- El Viejo
- Chinandega
- Villa Carlos Fonseca
- Tola
- Estelí
- Ciudad Darío



Figura III.13. Existen otros tipos de riesgos que están muy relacionados con los eventos meteorológicos, o que se producen como consecuencia de éstos, como son los deslizamientos de masas de tierra en laderas que presentan alta susceptibilidad. La foto tomada por el programa Open Sky muestra el deslizamiento de tierra en el volcán Casitas producido por el huracán Mitch, el 30 de noviembre de 1998 donde murieron aproximadamente 2,000 personas, según cifras suministradas por el INETER.

Los municipios muy amenazados ante el cambio climático son:

- El Rama
- Waspam
- Puerto Cabeza
- Laguna de Perlas
- Prinzapolka
- Managua
- Tipitapa
- Puerto Morazán
- La Paz Centro
- Posoltega
- El Jicaral
- San Lorenzo
- Sébaco
- San Isidro
- La Trinidad
- León
- El Realejo
- Chichigalpa
- Corinto

III.2.2. Elementos de la vulnerabilidad de Nicaragua

Como se ha explicado, la ausencia de indicadores específicos de vulnerabilidad a nivel de país y territorios, hace imposible una valoración de este aspecto. No obstante debido a las condiciones de pobreza, unido a otros factores que incrementan la susceptibilidad, Nicaragua es un país muy vulnerable al cambio climático y está asociado a un deficiente desarrollo humano heredado por mucho tiempo y es un fenómeno latente en diversas escalas.

Por ejemplo, la población menor de 6 años de edad en la ciudad de Managua es muy vulnerable a la amenaza de sequías por la alta concentración de partículas menores de 10 micras que permanecen como contaminantes del aire debido a la circulación vehicular causando gran morbilidad de enfermedades respiratorias agudas.

Otro ejemplo es que la población menor de 6 años de edad, en ciudades que no tienen sistemas de alcantarillado sanitario o usan letrinas, es muy vulnerable a padecer de enfermedades diarreicas agudas durante inundaciones generadas por altas precipitaciones.

Otro ejemplo es que, por la tipología constructiva, las viviendas y edificaciones que se construyen en la Región Autónoma del Atlántico Norte son muy vulnerables a los vientos huracanados.

Para caracterizar la vulnerabilidad del país a los eventos del cambio climático, se hace indispensable el desarrollo de indicadores, tal y como se ha expresado anteriormente.

III.2.2.1. Densidad de población

En Nicaragua las mayores densidades de población se localizan en la región del Pacífico y el norcentro del país.

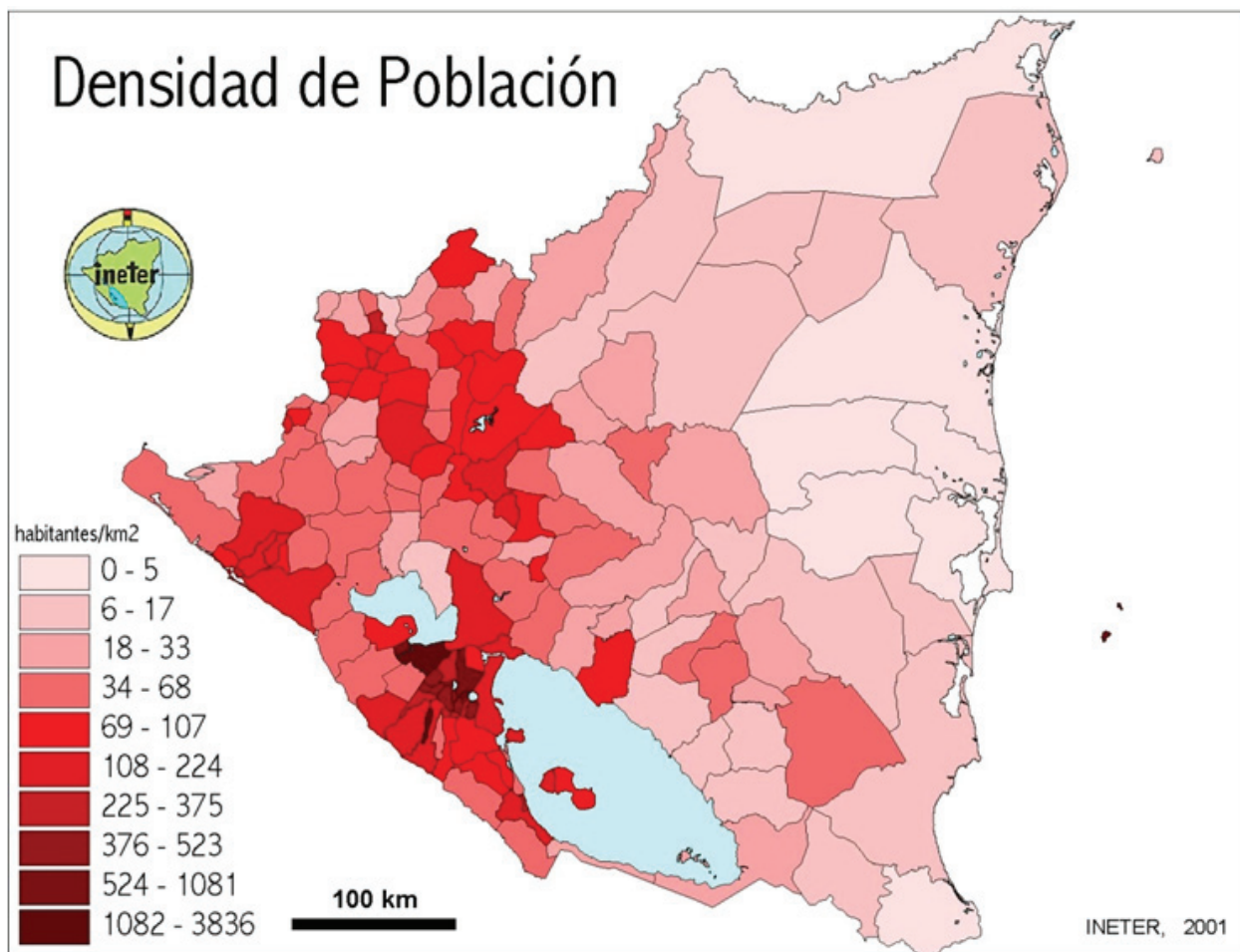


Figura III.14. Mapa de densidad de población. (Fuente: INETER, 2001)

La densidad de población también indica la cantidad de infraestructura que posee un territorio y se relaciona con el nivel de producción.

Por tanto, desde el punto de vista poblacional, las regiones del Pacífico y norcentro son más vulnerables a los efectos del cambio climático tomando en cuenta la densidad población.

III.2.2.2. Niveles de pobreza

Los niveles de pobreza en Nicaragua son altos. Según se puede apreciar, las regiones de la Costa Caribe de Nicaragua y la mayor parte del territorio del norcentro del país tienen un nivel de pobreza severa y alta. Lo anterior indica que, desde el punto de vista de la pobreza, las regiones más vulnerables son la Costa Caribe de Nicaragua y el norcentro del país.

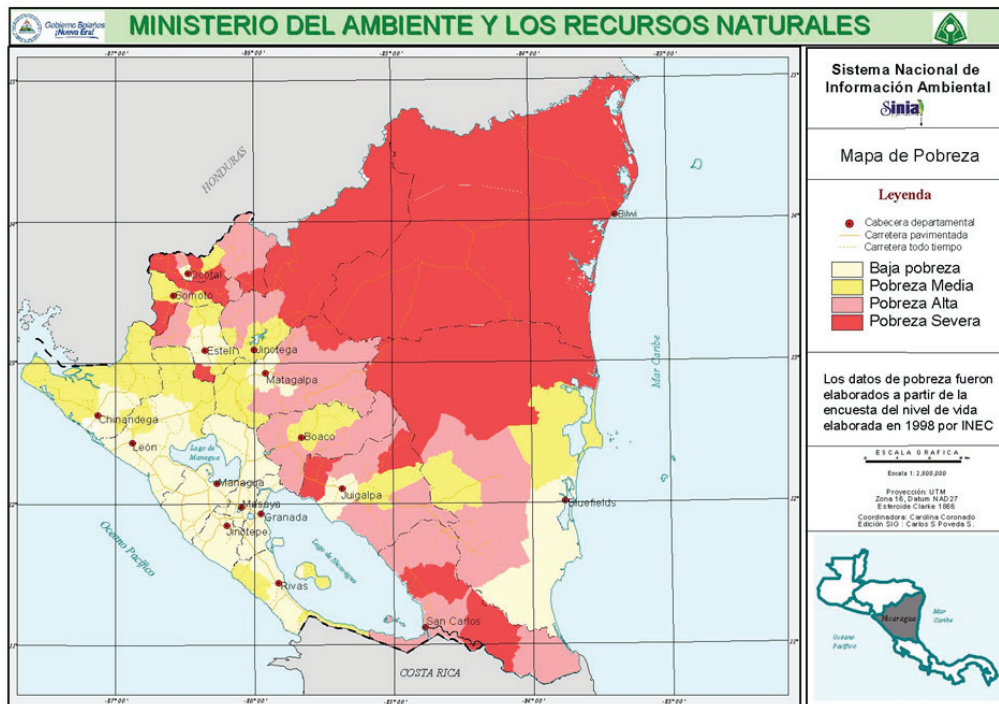


Figura III.15 Mapa de pobreza de Nicaragua. (Fuente: SINIA-MARENA, 2006)

III.2.2.3. Deterioro ambiental en zonas vulnerables

El deterioro ambiental, en ciertas zonas que tienen alta fragilidad ambiental, contribuye a elevar significativamente la vulnerabilidad de todo un territorio. Tal es el caso de un sector del Golfo de Fonseca que abarca parte del territorio de Nicaragua, El Salvador y Honduras. Esta zona de alta vulnerabilidad ambiental, por ser costas muy bajas, está sufriendo intensos procesos de transformación debido al crecimiento de la industria camaronera y otras actividades que están cambiando los usos de los suelos.



Figura III.16. Imagen de satélite que muestra las transformaciones en el uso del suelo del Golfo de Fonseca en el período 1987-1999. (Fuente: Google Earth)

III.3. CONCLUSIONES

1. El cambio climático genera riesgos que están relacionados con diferentes tipos de amenazas como son las inundaciones, sequías, inundaciones costeras, incendios forestales y otros, lo que a su vez genera efectos (impactos) diversos en los sistemas naturales (bosques, biodiversidad, suelos, ciclo hidrológico, asentamientos humanos, salud, infraestructuras, etc...)
2. Nicaragua está expuesto a diversos riesgos ocasionados por el cambio climático, que se hacen más complejos debido a la vulnerabilidad actual que posee el país.
3. Debido al cambio climático, es probable que haya reducciones en el rendimiento de los granos básicos y otros cultivos, aunque las estimaciones tienen incertidumbres.
4. El cambio climático futuro puede poner en peligro de extinción de especies importantes en muchas zonas de Nicaragua.
5. Es muy probable que los aumentos previstos en el nivel del mar, la variabilidad climática, y los fenómenos extremos afecten a las zonas costeras del país.
6. El riesgo trata de medir o determinar la posibilidad y la magnitud en la cual un territorio puede ser afectado por un fenómeno peligroso, ya sea de origen natural o humano (antrópico), derivándose de los mismos, consecuencias sociales y económicas catastróficas. Por ello el concepto de riesgo implica una evaluación que está relacionada con el peligro o amenaza y la vulnerabilidad.
7. La mitigación contempla el conjunto de medidas que tienen como finalidad reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que la adaptación es definida por el IPCC, (2001), como el ajuste en sistemas naturales y humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados o a sus efectos, que mitiga el daño o aprovecha oportunidades.
8. Los municipios severamente amenazados ante el cambio climático son:
 - a. San Francisco Libre
 - b. Matagalpa
 - c. Somotillo
 - d. Villanueva
 - e. El Viejo
 - f. Chinandega
 - g. Villa Carlos Fonseca
 - h. Tola
 - i. Estelí
 - j. Ciudad Darío
9. Los municipios muy amenazados ante el cambio climático son:
 - a. El Rama
 - b. Waspam
 - c. Puerto Cabeza

- d. Laguna de Perlas
 - e. Prinzapolka
 - f. Managua
 - g. Tipitapa
 - h. Puerto Morazán
 - i. La Paz Centro
 - j. Posoltega
 - k. El Jicaral
 - l. San Lorenzo
 - m. Sébaco
 - n. San Isidro
 - o. La Trinidad
 - p. León
 - q. El Realejo
 - r. Chichigalpa
 - s. Corinto
10. Es muy importante efectuar una evaluación detallada por comunidad en los municipios más amenazados, identificando factores específicos de vulnerabilidad, con el propósito de realizar planes o proyectos de adaptación.
11. La determinación de indicadores de vulnerabilidad específicos para cada tipo de amenaza inducida por el cambio climático es uno de los retos de investigación más prioritario en el país, con el propósito de utilizar racionalmente los recursos al introducir las medidas de adaptación.

III.4. GLOSARIO DE LOS PRINCIPALES TERMINOS UTILIZADOS EN EL TERCER CAPÍTULO

Fuentes: IPCC, 2002, IPCC, 2007, Wikipedia, Enciclopedia Encarta, 2004

Accesibilidad: Para efecto de este trabajo, se define como la capacidad de los habitantes de un territorio para trasladarse (acceder) hacia otros territorios de forma rápida y segura, a través de cualquier medio (vial, acuático, aéreo, etc...).

Acuífero: Incluye a cualquier formación geológica que, en las profundidades, es capaz de contener y transmitir agua en cantidades importantes. De su estudio se encarga la hidrogeología.

Biodiversidad: Toda la diversidad de organismos y de ecosistemas existentes en diferentes escalas espaciales (desde el tamaño de un gen hasta la escala de un bioma).

Bioma: Uno de los principales elementos regionales de la biosfera, claramente diferenciado, generalmente constituido por varios ecosistemas (por ejemplo: bosques, ríos, estanques, o pantanos de una misma región con condiciones climáticas similares). Los biomas están caracterizados por determinadas comunidades vegetales y animales típicas.

Conectividad biológica: El concepto se utiliza para describir espacios que están interconectados biológicamente por una o varias especies ya sean vegetales o animales.

Desarrollo sostenible: El concepto de desarrollo sostenible se introdujo por primera vez en la Estrategia Mundial para la Conservación (UICN, 1980), y se asienta en el concepto de sociedad sostenible y en la gestión de los recursos renovables. Fue adoptado por la CMCC en 1987 y por la Conferencia de Río en 1992, como un proceso de cambio que armoniza la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional, y que acrecienta las posibilidades actuales y futuras de satisfacer las necesidades y aspiraciones de los seres humanos. El desarrollo sostenible integra dimensiones políticas, sociales, económicas y medio-ambientales.

Escorrentía: Parte de la precipitación que no se evapora ni es transpirada, pero que fluye sobre la superficie del terreno y retorna a las masas de agua.

Estrés hídrico: Se dice que un país padece estrés hídrico cuando la cantidad de agua dulce disponible, en proporción al agua que se extrae, constriñe de manera importante el desarrollo. En las evaluaciones a escala mundial, se dice frecuentemente que una cuenca padece estrés hídrico cuando su disponibilidad de agua por habitante es inferior a 1,000 m³/año (sobre la base del promedio de la escorrentía por largos períodos). Un indicador de estrés hídrico utilizado también en ocasiones es un volumen de detracción del agua superior al 20% del agua renovable disponible. Un cultivo experimenta estrés hídrico cuando la cantidad de agua disponible en el suelo, y por ende la evapotranspiración real, son menores.

Fragmentación del hábitat: La fragmentación del hábitat es un proceso de cambio del ambiente muy importante para la evolución y biología de la conservación. Como su nombre implica, describe la aparición de discontinuidades (fragmentación) en el medio ambiente de un organismo (hábitat). La fragmentación del hábitat puede ser causada por procesos geológicos que lentamente alteran

la configuración del medio ambiente físico, o por actividades humanas, como por ejemplo, la conversión de tierras, lo cual puede alterar el medio ambiente de una forma mucho más rápida en la escala de tiempo. Se considera que los procesos geológicos son una de las principales causas de especiación, mientras que las actividades humanas estarían implicadas en la extinción de muchas especies.

La fragmentación del hábitat es frecuentemente causada por los humanos cuando la vegetación nativa es removida para instalar producción agrícola, desarrollo rural o planeamiento urbano. Los hábitats que alguna vez formaron una unidad, quedan separados en fragmentos aislados. Después de una limpieza intensiva del terreno, los fragmentos de hábitat tiene a quedar como islas aisladas entre si por caminos, carreteras, pasturas, etc...

En el término fragmentación del hábitat se pueden considerar seis procesos discretos:

- Reducción en el área total del hábitat.
- Incremento en la cantidad de delimitaciones.
- Decrecimiento en la cantidad de hábitat interior.
- Aislamiento de un fragmento del hábitat de otras áreas del hábitat.
- Ruptura de un sector del hábitat en subsectores más pequeños.
- Decrecimiento en el tamaño medio de los sectores de un hábitat.

Fragilidad ambiental: Se define como el conjunto de capacidades o características del medio ambiente de un territorio para resistir los impactos generados por una actividad.

Impactos (del cambio climático): Efectos del cambio climático sobre los sistemas naturales y humanos. Según se considere o no el proceso de adaptación, cabe distinguir entre impactos potenciales e impactos residuales. Los impactos potenciales son cualquier impacto que pudiera sobrevenir en relación con un cambio proyectado del clima, sin tener en cuenta la adaptación, mientras que los impactos residuales son impactos del cambio climático que sobrevendrían tras la adaptación.

Medios de vida: Consisten en las capacidades y los bienes y recursos tanto materiales como sociales, y las actividades que se requieren para poder vivir. Se dice que estos medios son sostenibles cuando sirven para hacer frente a tensiones o crisis y son capaces de recuperarse de esta cuando se pueden mantener o aumentar sus activos.

Morbilidad: Tasa de casos de enfermedad u otros trastornos de la salud referida a una población, habida cuenta de su estructura de edades. Son indicadores de morbilidad la incidencia o prevalencia de enfermedades crónicas, las tasas de hospitalización, las consultas de atención primaria, los días de baja por incapacidad (es decir, los días de ausencia del trabajo), o la prevalencia de síntomas.

Mortalidad: Tasa de casos de defunción referida a una población; se calcula teniendo presentes las tasas de defunción específicas por edades y permite, por consiguiente, cifrar la esperanza de vida y la abundancia de muertes prematuras.

Recursos naturales: Bienes materiales y servicios que proporciona la naturaleza sin alteración humana y que son valiosos para la sociedad por contribuir a su bienestar y desarrollo.

Recurrencia: Manifestación o aparición repetida de algo.

Taxonomía: La taxonomía (del griego τάξις, taxis, “ordenamiento”, y νόμος, nomos, “norma” o “regla”) es, en su sentido más general, la ciencia de la clasificación. Habitualmente, se emplea el término para designar a la taxonomía biológica, la ciencia de ordenar a los organismos en un sistema de clasificación compuesto por una jerarquía de taxones anidados.

Uso de la tierra y cambio de uso de la tierra: El uso de la tierra es el conjunto de disposiciones, actividades y aportes en relación con cierto tipo de cubierta terrestre (es decir, un conjunto de acciones humanas). Designa también los fines sociales y económicos que guían la gestión de la tierra (por ejemplo, el pastoreo, la extracción de madera, o la conservación).

El cambio de uso de la tierra es un cambio del uso o gestión de la tierra por los seres humanos, que puede inducir un cambio de la cubierta terrestre. Los cambios de la cubierta terrestre y de uso de la tierra pueden influir en el albedo superficial, en la evapotranspiración, en las fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero, o en otras propiedades del sistema climático, por lo que pueden ejercer un forzamiento radiactivo y/o otros impactos sobre el clima, a nivel local o mundial. Véase también el informe del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000). ■

CAPITULO 4

Potenciales impactos negativos del cambio climático en Nicaragua



IV. 1. INTRODUCCIÓN A LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Los impactos que se podrían manifestar asociados al cambio climático se pueden valorar para sistemas biofísicos por los cambios en la productividad, en la calidad o en los números o rangos poblacionales de ecosistemas, especies, poblaciones, etc..., mientras que en los sistemas sociales el impacto se puede medir como un cambio en los valores (por ejemplo, ganancia o pérdida de ingresos), en la enfermedad, en la mortalidad o muchas otras variables que permiten medir la calidad de vida del ser humano.

Es importante reconocer que las amenazas del cambio climático pueden generar impactos diversos y a veces ocasionados por amenazas de tipo contrario (ejemplo: sequía vs exceso de agua), por tal razón se hace difícil la predicción de impactos para amenazas que pueden ser cambiantes y con escalas tan reducidas de países, como es el caso de Nicaragua. De hecho, una evaluación de esta naturaleza siempre contendrá mayores incertidumbres que las predicciones globales o regionales, pero es un punto de inicio para avanzar hacia la adaptación y contribuir a la sensibilización sobre el problema.

Para el análisis de los impactos que se aborda en este capítulo, las predicciones están basadas en los escenarios de riesgo supuestos por el IPCC, 2007 y que han sido estudiados en capítulos precedentes.

Los impactos del cambio climático en Nicaragua se han abordado desde un marco que integra vulnerabilidades actuales con riesgos a largo plazo. Esto quiere decir que se consideran las vulnerabilidades actuales, pero también se ha tenido en cuenta la variación de los riesgos del cambio climático a largo plazo, incluyendo los cambios socio-económicos. Por tal razón, se han tratado de identificar un grupo de indicadores extraídos de diversas fuentes mundiales y se han unificado indicadores nacionales que permiten aproximarse a la construcción de un escenario socio-económico de línea base, lo cual permitirá medir los impactos para diferentes escenarios de cambio climático futuro.

La UNFCCC, 2002, ha desarrollado un manual para asistir a los países no incluidos en el anexo I del Protocolo de Kioto ⁽⁸⁾ que sirve de ayuda para realizar las evaluaciones de vulnerabilidad. Este documento ha recomendado los siguientes cuatro pasos para el desarrollo y la aplicación de escenarios de línea de base:

Paso 1: Analizar la vulnerabilidad de condiciones socio-económicas y naturales actuales al cambio climático futuro.

Paso 2: Identificar por lo menos un indicador clave para cada sector a ser evaluado.

Paso 3: Usar o desarrollar un escenario de línea de base para los próximos 25 años, aproximadamente.

Paso 4: Usar o desarrollar un escenario de línea de base para los próximos 50 a 100 años.

8 Los Países no incluidos en el anexo I del Protocolo de Kioto, son los países en vías de desarrollo, los cuales no fueron considerados como emisores de gases de efecto invernadero.

IV.1.1. Hacia la construcción de un escenario socio-económico de línea base

La construcción de un escenario socioeconómico de línea base toma informaciones de partida, que en ocasiones no son muy congruentes entre sí, debido a la variabilidad del dato con la escala, ya que en ocasiones las informaciones disponibles varían a nivel mundial, a nivel de región o a nivel nacional. Por tal razón, se siguió la estrategia de recopilar algunos indicadores de diversas bases de datos como una primera aproximación, los cuales se muestran en el siguiente cuadro, extraídos de los recursos mundiales de información (WRI) y posteriormente se recopilaron los indicadores país, tomando como punto de partida los informes de desarrollo humano del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2007)

CuadroIV.1. Relación de algunos indicadores socio-económicos a nivel mundial

1. Población mundial que tiene acceso al agua potable de lagos, 28% aprox. 1.7 billones de personas (UNICEF, 2000).
2. Número de personas que mueren como consecuencia de contaminación de las aguas, falta de saneamiento e higiene doméstica: 5 millones por año (OMS, 1996).
3. Porcentaje de población urbana que descarga su aguas a los ríos, lagos y mares sin ningún tratamiento: 90% (WRI, et al, 1996).
4. Para el año 2000, en Centroamérica, el 70% de los suelos se usan como pasto y el 30% en la agricultura.
5. En 1996, la fuerza de trabajo destinada a la agricultura en el mundo se estimó en 1.3 billones de personas, cerca del 46 % de la fuerza laboral total (WRI, 2002).
6. Entre el año 2005 y el año 2020, se espera que la población mundial se incremente en un tercio o sea a 7.5 billones de personas. Por tal razón, la demanda total de cereales se incrementará en un 40% y de ese incremento el incremento de la demanda en los países en vías de desarrollo será del 85% (WRI, 2002).
7. Una evaluación mundial de la degradación de los suelos estimó que 1.97 billones de hectáreas de suelos se degradaron entre 1940 y 1990 (Scherr 1999, citado WRI, 2000). Esto representa el 15% del área de tierra cubierta (no incluye la superficie de tierra cubierta por hielo). Adicionalmente el mencionado estudio reveló que más del 65% de las tierras destinadas a la agricultura en el mundo tienen algún grado de daño.
8. El balance de nutrientes de los agro-ecosistemas se puede medir por las entradas de nutrientes al suelo (de forma inorgánica y orgánica por fertilizantes, debido a la descomposición de la materia o mediante la fijación de CO₂), así como las salidas de nutrientes que se producen por las escorrentías y las quemadas. Un estudio realizado en los suelos agrícolas de América Latina evidencia que el balance es significativamente negativo, o sea se está perdiendo fertilidad de los suelos.
9. El volumen de suelo sometido a irrigación en el mundo es 271 millones de hectáreas (FAO, 2000), esto representa el 17% del total de tierras cultivadas y esto produce el 40% de los alimentos mundiales (WMO, 1997, citada WRI, 2002). Entre el 50 a 80% del agua utilizada para irrigación se retorna a la atmósfera y no puede ser utilizada en otros usos. Este es un indicador que muestra la presión que los sistema de regadío imponen a las fuentes de agua.
10. La vegetación de los cultivos agrícolas almacenan entre 5 y 6 Kg de carbono por metro cuadrado y los suelos agrícolas almacenan de 7 a 11 Kg de carbono por metro cuadrado (Wood, et al citado WRO, 2002). Entre el suelo y la vegetación contenida en un ecosistema agrícola, contienen entre el 26 y 28% del carbono almacenado en los ecosistemas terrestres.
11. Los peces proveen la sexta parte de la proteína animal consumida por la población del mundo.
12. Los ecosistemas costeros están perdiendo significativamente la capacidad de producir alimentos debido al acelerado desarrollo de las costas y a la contaminación que estas reciben.

Tabla IV.1. Tabla de indicadores para conformar un escenario socio-económico de línea base para Nicaragua

Indicador		Unidad	Cifra	Observaciones
Valor del índice de desarrollo humano (2005)		A dimensional	0.710	Lugar mundial 110 En 20 años (1975 al 2005) el índice ha crecido desde 0.583 hasta 0.71
Esperanza de vida al nacer		años	71.6	
Tasa de alfabetización de adultos		% de 15 años y mayores	76.7	Período 1995-2005
PIB per cápita		PPA en dólares	3,674	
Población que no utiliza una fuente de agua mejorada		%	21	
Niños con peso menor a la media de su edad		% menores 5 años	10	Objetivo de desarrollo del milenio
Población bajo el umbral de pobreza de ingresos	1 dólar al día	%	45.1	Objetivo de desarrollo del milenio
	2 dólar al día	%	79.9	
Población total	1975	Millones	2.8	
	2005		5.5	
	2015		6.3	
Tasa anual de crecimiento	1975-2005	%	2.2.	
	2005-2015		1.4	
Población urbana	1975	% del total	48.9	
	2005		59	
	2015		63	
Tasa de fecundidad	1970-1975	Nacidos por cada mujer	6.8	
	2000-2005		3.0	
Gasto en salud		Ppa en dólares	231	Año 2004
Población que utiliza saneamiento mejorado	1990	%	45	Objetivo de desarrollo del milenio
	2004		47	
Población que utiliza fuente de agua mejorada	1990	%	70	Objetivo de desarrollo del milenio
	2004		79	
Personas desnutridas	1990-1992	% del total	30	Objetivo de desarrollo del milenio
	2002-2004	% del total	27	

Potenciales impactos negativos del cambio climático en Nicaragua

Indicador		Unidad	Cifra	Observaciones
Niños con peso inferior a la media al nacer (1998-2005)		%	12	
Tasa de mortalidad infantil	20% más pobre	Por cada 1000 nacidos vivos	50	
	20% más rico		16	
Consumo de electricidad percapita	2004	Kilovatios horas	525	
	1990-2004	Cambio porcentual	37,1	
Superficie forestal	% de la Extensión	% del total	42.7	
	Total (2005)	Mil Km2	51.9	
	Cambio total 1990-2005	Mil Km2	-13.5	
	Cambio promedio anual 1990-2005	%	-1.4	
Proporción suministro total de energía	Suministro energía primaria 1990	Mt equivalente a petróleo	2.1	
	Suministro energía primaria 2005		3.3	
	Petróleo 1990	%	29.2	
	Petróleo 2005		41.3	
	Hídrica, solar, eólica y geotérmica 1990	%	17.3	
	Hídrica, solar, eólica y geotérmica 2005	%	8.1	
	Biomasa y desecho 1990	%	53.2	
	Biomasa y desecho 2005	%	50.0	
Emisiones de dióxido de carbono	Total 1990	Mil ton ce CO2	2.6	
	Total 2004	Mil ton de CO2	4.0	
Cambio anual 1990-2004		%	3.7	
Per cápita	1990	Ton CO2	0.7	
	2004	Ton CO2	0.7	
Co2 por unidad de uso de la energía	1990	Kt CO2 Kt de eq. petróleo	1.25	El 74% de la población utiliza la leña como combustible para la producción de energía
	2004		1.22	
Emisiones proviene de biomasa forestal	1990-2005	Mt Co2 año	45.4	
Acumulación Co2 biomasa forestal	2005	Mt de Co2	716,0	

Tomando como base la información del PNUD hasta el año 2006, el crecimiento económico del país está basado en la ganadería, la agricultura y los beneficios de la explotación no racional de los recursos naturales. La producción de energía depende mayoritariamente de combustibles fósiles y un alto predominio de la pobreza donde más del 70% de la población vive con un salario de 2 dólares al día, un bajo PIB per cápita, alta mortalidad infantil y un alto porcentaje de la población es analfabeto. Estos y otros factores le otorgan al país una alta vulnerabilidad ante cualquier evento generado por el cambio climático.

IV.2. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS RECURSOS HÍDRICOS

Según los resultados de la evaluación del riesgo futuro, es muy probable que el ciclo hidrológico sea alterado por el cambio climático, pudiendo causar impactos importantes en la disponibilidad de los recursos hídricos y en la calidad del agua. Según se pudo observar en los resultados de los modelos que fueron desarrollados por MARENA-PNUD, 2000, a partir del año 2050, se pudieran presentar importantes anomalías en las precipitaciones, en un orden del 10%, las que probablemente estén asociadas también a la distribución temporal, o sea menos agua para las zonas secas, que hoy son las de mayor explotación agrícola en el occidente del Pacífico.

Cambios menos complejos pero igualmente importantes en el escurrimiento superficial podrían surgir debido a la cantidad de agua evaporada del paisaje y la transpirada por las plantas, lo que puede cambiar en relación con la disponibilidad de humedad en la tierra y la respuesta de las plantas a las elevadas concentraciones de CO₂. Esto puede disminuir los niveles de caudales superficiales y subterráneos, en algunos reservorios, pero no así en los lagos, según la evaluación del clima futuro.

También los modelos han identificado para Nicaragua importantes cambios en la intensidad y frecuencia de las precipitaciones, mostrando menor frecuencia, pero mayor intensidad cuando ocurre, lo que pudiera implicar una mayor probabilidad de inundaciones y sequías extremas, con consecuencias negativas para el almacenamiento de aguas subterráneas.

Las temperaturas más cálidas en el agua generan impactos en la calidad de las aguas de los lagos, debido a la reducción del oxígeno disuelto y a la reducción en el régimen de precipitaciones, concentra mayor cantidad de nutrientes y sustancias tóxicas, que al llover viajan muy rápidamente contribuyendo a la sedimentación en los lagos. Los suelos del Pacífico de Nicaragua (de origen volcánicos) son muy susceptibles a la erosión y a la sedimentación debido a su finura.

Parece probable que un impacto importante se produzca en la zona de los lagos del Pacífico donde los modelos prevén un ligero aumento del régimen de precipitaciones. En este contexto, las inundaciones pueden incrementar particularmente el riesgo de contaminación de las fuentes de agua por escurrimiento superficial debido a los excesos de agua residual acumulada (en el lago Cocibolca) y de tierras agrícolas y urbanas donde crece de forma acelerada el depósito de sedimentos.

En la mayoría de las comunidades de Nicaragua, el agua subterránea es la principal fuente de agua, tanto para uso doméstico, como para las demandas agrícolas. La sobre-explotación de los acuíferos subterráneos en la región de Occidente para el regadío de diversos cultivos se hace hasta que la tasa de la utilización excede a la tasa de recarga. Este fenómeno es muy probable que comience a presentarse con la disminución de las precipitaciones en el año 2050 o quizás antes, si se extienden las áreas de cultivo bajo regadío o continúan incrementado su severidad los fenómenos de El Niño.

La reducción de las precipitaciones en un 10% para el año 2050, podría enfrentar el gran reto de una población que crece el 1.4% anualmente, lo que puede representar 3.000,000 de habitantes más para esa fecha que seguirán en su mayor parte dependiendo de las fuentes de aguas subterráneas. Por tal razón la preservación y disponibilidad de agua del lago Cocibolca es una medida de adaptación de extrema urgencia en el Pacífico de Nicaragua. (MARENA-PNUD, 2000)

Debido a las características de la red hidrológica de Nicaragua y la alta exposición que presentan muchos asentamientos humanos, es muy probable que las inundaciones puedan llegar a convertirse en un problema de mayor trascendencia en los departamentos de Chinandega, León, Managua y Matagalpa.

Adicionalmente, el acelerado proceso que se está dando en el cambio del uso del suelo, podría introducir importantes cambios en el escurrimiento superficial y en las características de recarga de los acuíferos subterráneos.

En Nicaragua, los principales usuarios del recurso hídrico son: doméstico, riego, hidroeléctrico, industrial, ganadería y demanda ecológica (mantenimiento de la biodiversidad). Luego, el potencial impacto sobre el recurso hídrico ocasionado por el cambio climático, se obtiene de la relación entre la potencial demanda y la disponibilidad del recurso por los usuarios, ya sea actual o futura. (MARENA-PNUD, 2000)

No solamente la falta o escasez de agua es un indicador de impacto, sino también la falta de disponibilidad de la misma para ciertos usos, debido a la contaminación que actúa como un factor de reducción sobre la disponibilidad, esto explica la importancia de implementar medidas efectivas para disminuir el riesgo de contaminación del recurso agua en las cuencas de mayor producción.

El potencial del país en cuanto a recursos hídricos incluye las aguas superficiales y subterráneas. En la tabla IV.2. se presenta dicho potencial y además se desglosa por sectores de usuarios, incluyendo el volumen de la demanda y la disponibilidad total.

La región del Atlántico es la que posee la mayor disponibilidad y demanda del recurso, debido exclusivamente a la demanda ecológica la cual no afecta por ser parte integrante del balance hidrológico natural y no representa un estrés sobre la disponibilidad. En la región del Pacífico, la situación es distinta, el sector que consume más agua es el riego seguido del doméstico, a diferencia de la región central donde el sector energía consume cantidades considerables de este recurso. (MARENA-PNUD, 2000)

Tabla IV.2. Potencial y demanda de agua por sector usuario en millones de metros cúbicos por año (MMC/Año).

Regiones	Potencial MMC		Demanda de sectores usuarios en MMC						Demanda total en MMC	Disponibilidad en MMC
	A. Sup.	A. Subt.	Riego	Doméstico	Ganadería	Industria	Energía	Ecología		
Pacífico	4,023.0	2,868	977.8	218.0	29.3	12.0	0.0	288.0	1,525.1	6,891.0
Central	18,798.0	172.3	522.0	72.0	45.0	0.0	481.0	535.0	1,655.0	18,970.3
Atlántico	72,194.0	30.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	17,681.0	17,686.0	72,224.0

Fuente: MARENA-PNUD, 2000

En general la disponibilidad de agua en el país es suficiente para satisfacer la demanda actual, sin embargo el acelerado proceso de degradación ambiental está reduciendo la disponibilidad en el corto plazo en algunas zonas, a lo que habría que adicionar los impactos adversos del cambio climático.

IV.2.1. Impacto del cambio climático en los recursos hídricos de Nicaragua

Según MARENA, 2008, los resultados del estudio de los “escenarios climáticos y socio-económicos para el siglo XXI” y las proyecciones calculadas para las variables climáticas, indican que la precipitación media anual tiende a reducirse, mientras que la evapotranspiración tiende a incrementarse en los diferentes escenarios y horizontes de tiempo. Estas reducciones pueden ser más evidentes en la cuenca del río Tamarindo localizada en la región del Pacífico, y en la cuenca del río Viejo, representativa de las zonas secas de las regiones norte y central. Bajo un escenario pesimista y para el horizonte 2100, se observa que en ambas cuencas la reducción de la precipitación podría ser de -36.6%; mientras que el incremento de la evapotranspiración puede variar desde 12.15% en la cuenca del río Tamarindo a 25.0% en la cuenca del río Viejo.

Sin embargo, hay que reconocer que una evaluación precisa sobre la disponibilidad de agua en las condiciones actuales del país, está limitada por la falta de información hidrométrica en algunas cuencas hidrográficas del territorio nacional, lo que no permite obtener datos precisos para estimar los potenciales impactos sobre el recurso hídrico en ciertas cuencas representativas para cada una de las macro-regiones.

IV.2.1.1. Aguas superficiales

Si se toma el período de registro de precipitación en los últimos 50 años y se calcula el balance hídrico nacional ⁽⁹⁾. La vertiente del Atlántico presenta un escurrimiento aproximado de 11,035.42 millones de metros cúbicos (MMC) y una recarga de 7,725.12 MMC. La región del Pacífico, 1280.34 MMC de escurrimiento y 1017.99 MMC como recarga promedio al acuífero. Esto implica que se tiene una disponibilidad de 21,058.87 MMC de agua, lo que significa para las condiciones de explotación actual, la disponibilidad de un 50% del volumen (10,529.435 MMC anual). Este potencial y consecuentemente la oferta, disminuyen por contaminación en las zonas de desarrollo agrícola como León-Chinandega, Nandaime, Sébaco, valle de Estelí, Jalapa y las planicies del este del lago Cocibolca, así como en los ríos receptores de efluentes domésticos, industriales y agroquímicos de tierras aledañas. (MARENA, Análisis de vacío)

Por otro lado, las sequías recurrentes relacionadas con el fenómeno de El Niño, están contribuyendo a disminuir el nivel de los acuíferos hasta en 2 metros en algunas zonas, (INETER, 2008), lo cual disminuye el caudal base. La afectación es mayor en las comunidades que se abastecen de pozos someros o fuentes de aguas superficiales. Esto también afecta la eficiencia de los pozos que funcionan por bombeo para riego, provocando mayores gastos energéticos.

9 Estimaciones a partir del Balance Hídrico de Cuencas del Análisis de Vacío de las áreas protegidas. (No publicado)

Como ya se ha comentado, los registros de algunas estaciones meteorológicas, reflejan que las lluvias torrenciales de poca duración, producto de la variabilidad climática, no contribuyen a una recarga completa de los acuíferos. La simulación de recarga para el acuífero León-Chinandega, durante un período de 10 años, muestra que si no se adoptan medidas de adaptación en relación al uso del agua en esa zona, los eventos secos, según su magnitud y recurrencia, pueden disminuir las reservas entre 20 y 50% del potencial actual. (MARENA, 2008).

En resumen, la región del Pacífico por las características físico-químicas del suelo, la deforestación, la mayor concentración de la población y las áreas potenciales para riego, las mayores presiones sobre el recurso agua están asociadas con la agricultura y el suministro de agua para consumo doméstico. En la región central, además de la agricultura, se pudieran ver afectadas las plantas hidroeléctricas por la posible disminución de las precipitaciones y sus efectos sobre los caudales.

IV.2.1.2. Aguas subterráneas

CATHALAC, PNUD, GEF, 2008, reportan que al simular, con el modelo numérico visual Modflow, el campo de aguas subterráneas de la subcuenca oriental, acuífero Chinandega-León, se obtuvieron valores de recarga utilizados en el análisis de sensibilidad que oscilaron entre 0.001 a 0.0026 metros/día para los planos horizontales y para el plano vertical de 0.05 a 2 metros/día.

El resultado manifiesta una tendencia bien marcada de reducción de la recarga para todos los escenarios a partir del año 2050.

En el escenario pesimista para el año 2050, el flujo base reflejado como salida del acuífero es cuatro veces menor con respecto al actual, y para el año 2100, representaría sólo el 10% del actual. Bajo un escenario moderado, la recarga en el año 2050 podría ser muy similar a la descarga determinada por el bombeo de los pozos, esta situación se agravaría para los horizontes 2070 y 2100, cuando la extracción por bombeo se tornaría superior a la recarga. En el escenario optimista, se espera que la recarga varíe con respecto a la actual desde un 81% en el año 2010 hasta 57% en el 2100. (CATHALAC, PNUD, GEF, 2008)

Debe tenerse en cuenta que las estimaciones anteriores solo comparan los escenarios futuros con la situación actual, pues si a ello se incorpora la población estimada para ese período, la presión sobre el recurso hídrico aumentará significativamente.

El impacto actual de los recursos hídricos, en base a la estimación del índice de escasez como indicador de la presión en la demanda sobre la oferta hídrica, presenta valores altos, medios y bajos, los cuales se corresponden con un impacto mayor en la región del Pacífico, menor en la región central y bajo en la región del Atlántico, región que pudiera poseer excedentes del recurso agua. (MARENA-PNUD, 2000).

Tabla IV.3. Estimación del índice de escasez como indicador de la impacto sobre los recursos hídricos.

Región	Potencial (P) MMC/año	Potencial (D) MMC/año	Afectación al potencial (AP) en %	Oferta neta (ON) igual al potencial %- % afectación (AP) en MMC año	Índice de escasez (IE) $IE=(D/ON) \times 100$	Categoría de vulnerabilidad según índice de escasez
Pacífico	6,891.00	1,237.10	30.00	4,823.70	25.60	Alta
Central	18,970.30	1,120.00	20.00	15,176.20	7.30	Moderada
Atlántico	72,224.00	5.00	10.00	65,000.00	0.76	Baja

Fuente MARENA-PNUD, 2000

En la siguiente figura se presenta la distribución espacial del índice de escasez correspondiente a los escenarios optimista y pesimista del horizonte de tiempo del año 2030; en donde las áreas comprendidas entre las isolíneas de mayor valor se corresponden con los sectores de mayor impacto sobre el recurso hídrico.

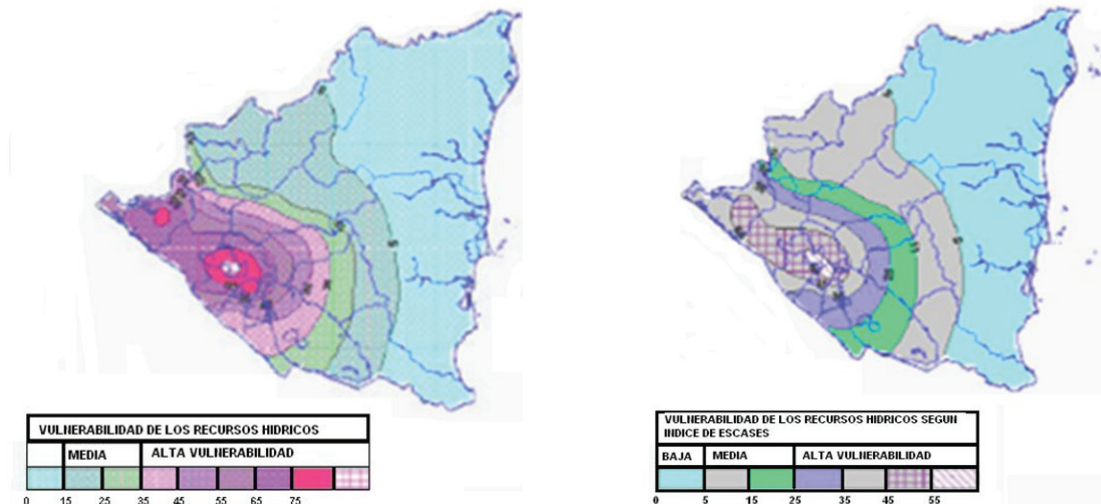


Figura IV.1. Mapa del índice de escasez del agua para dos escenarios en el año 2030 (Fuente: MARENA-PNUD, 2000)

En las regiones del Pacífico y central del país, importantes centros poblacionales presentan altos valores del índice de escasez, consecuentemente pueden tener un nivel de impacto alto. En la región del Pacífico, se puede asociar a las ciudades de Managua, Masaya, Granada, Rivas, Chinandega y León, así como los municipios de Posoltega, Chichigalpa y Quezalguaque. También se incluyen áreas dedicadas al desarrollo del riego, como los de Occidente y la planicie de Tipitapa-Malacatoya.

En la región central, el mayor impacto corresponde a las ciudades de Boaco, Matagalpa, Jinotega, Estelí, Somoto y Ocotol; lo mismo que en zonas con un uso intensivo de agua para riego, y sobre todo donde existen conflictos entre los usuarios del agua, como sucede en el valle de Sébaco. También, es probable que sean afectadas las plantas hidroeléctricas, al no percibir el caudal necesario para la generación de energía.

La región del Atlántico puede presentar un nivel de impacto más bajo, por cuanto existe un volumen considerable de agua superficial disponible y una demanda muy baja de uso ya que la población en el territorio es menor; sin embargo el impacto por deficiente calidad del agua puede afectar a las ciudades como Puerto Cabezas, Bluefields, Laguna de Perlas y El Rama, así como a ríos tributarios que están influenciados por la contaminación del sector minero y los sedimentos procedentes de la deforestación de las cuencas.

Según opina MARENA-PNUD, (2000), en el mediano plazo la disponibilidad de los recursos hídricos y el incremento de la demanda, probablemente incrementará el índice de escasez de las regiones más impactadas bajo los diferentes escenarios y en condiciones de un clima cambiado y una mayor población que implicará mayores demandas alimenticias.



Figura IV.2. Las lagunas cratélicas (de origen volcánico) son importantes reservas de agua superficiales del Pacífico de Nicaragua, sin embargo podrían ser severamente impactadas por el cambio climático si no se adoptan medidas para protegerlas de la contaminación y el acceso, ante la escasez del recurso.

En la siguiente foto, se puede apreciar como la sobre-explotación de los recursos hídricos, debido a las malas prácticas de riego, pueden agotar las capacidades de almacenamiento del recurso.



Figura IV.3. Foto de la presa Las Canoas en el año 2004. La sobre-explotación del agua para el cultivo de arroz, disminuyó drásticamente las reservas de agua de esta presa, afectando el abastecimiento de agua de un amplio sector de población en la zona.

Durante el Huracán Mitch (1998), casi un millón de personas, quedó sin el servicio de abastecimiento de agua, (52% de la cobertura total nacional), 79 sistemas de agua potable y nueve de alcantarillado sanitario en todo el país reportaron pérdidas en diferente grados. (Informe del grupo Consultivo de Estocolmo, 1999)

En el sector rural disperso, fueron identificadas 958 obras de aguas dañadas con una afectación de 170,000 habitantes. ⁽¹⁰⁾. Por otro lado los reportes de la Defensa Civil sobre las inundaciones ocasionadas por el huracán Félix (2007) dañaron unas 13,438 letrinas, con la consecuente contaminación de 11,519 pozos de agua potable. Es evidente que después de casi 10 años (1990-2000), la infraestructura rural en agua y saneamiento permanece altamente vulnerable a eventos de inundación y nunca se tomaron en cuenta medidas de adaptación cuando se construyen nuevos sistemas de agua. (WSP, 2007).

El daño a las obras de abastecimiento de agua tiene una alta incidencia en las tasas de

10 Grupo Consultivo. Estocolmo. Huracán Mitch: Daños, Costos, Acciones de Rehabilitación del Gobierno y la Cooperación Internacional. 1999

enfermedades gastrointestinales. Los datos de salud de los años 2001, 2003 y 2005 (por cierto fueron períodos de tiempo donde imperaron condiciones de La Niña con abundantes precipitaciones) en quince departamentos de Nicaragua, muestran una clara correlación negativa entre cobertura de agua y prevalencia de enfermedades diarreicas agudas. (CEPIS, 2004)

IV.3. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA AGRICULTURA

En Nicaragua, el 40% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura, pesca y ganadería, por lo tanto, la economía nacional es muy dependiente de los cambios endógenos y exógenos que se produzcan en estos sectores (precios de mercado, exportaciones, variabilidad climática, etc...). Este es otro factor que influye en la vulnerabilidad inicial del país. (BCN, 2009)

El sistema agropecuario genera más del 60% de las exportaciones y más del 40% de las fuentes de empleo. Según las cifras del Banco Central de Nicaragua, el 18% del Producto Interno Bruto lo aporta el sector agropecuario y tiene una tasa de crecimiento del 20.8%. (BCN, 2009)

La disponibilidad nacional de alimentos está estrechamente vinculada a la producción de granos básicos (arroz, maíz y frijoles); carnes (res, cerdo y pollo), productos lácteos (leche y queso); huevos; y a la importación de productos industriales (aceite, harina). Este grupo de alimentos es el que más consume la población debido a los patrones y hábitos alimenticios, así como a la estructura productiva del país.

En este contexto los impactos que puede ocasionar el cambio climático en el sistema agrícola tiene su base en los procesos de deterioro ambiental que se encuentran en marcha tales como la deforestación, erosión, sedimentación, contaminación, avance de la frontera agrícola y uso inadecuado de la tierra, unido a otros factores de carácter cultural.

Debido a las condiciones de aridez que prevalecen durante un importante período de tiempo del año en el Pacífico y centro de Nicaragua, la agricultura es muy dependiente de las condiciones climáticas (disponibilidad de agua) y de donde los principales factores físicos que afectan a la producción (los suelos y el clima) son menos adecuados para la agricultura.

Tal y como se muestra en la siguiente figura, las dos principales vocaciones de los suelos en Nicaragua son: forestal en más del 70% del territorio y un 30% con vocaciones variadas, que incluyen suelos poco fértiles en el Atlántico y áridos en el Pacífico. (Según datos del inventario forestal nacional, INAFOR 2009).

El problema de la escasez de los alimentos no es un problema sólo de Nicaragua. Este problema tiene implicaciones mundiales, pues según WRI (2004), del 2.6 billones de personas que viven en el mundo con dos dólares por día, al menos 2 billones viven en áreas rurales de países donde las economías y las personas tienen una alta dependencia de los recursos naturales. La siguiente figura muestra el impacto estimado en materia de disminución de la productividad en la agricultura para el año 2080.

El cambio climático puede producir una reducción entre el 15% y el 50% en la productividad agrícola en muchos países para el año 2080. Sin embargo, puede observarse que se estima que los países de las altas latitudes tendrán incrementos en sus productividades agrícolas entre el 15 y el 35%. (WRI, 2004)

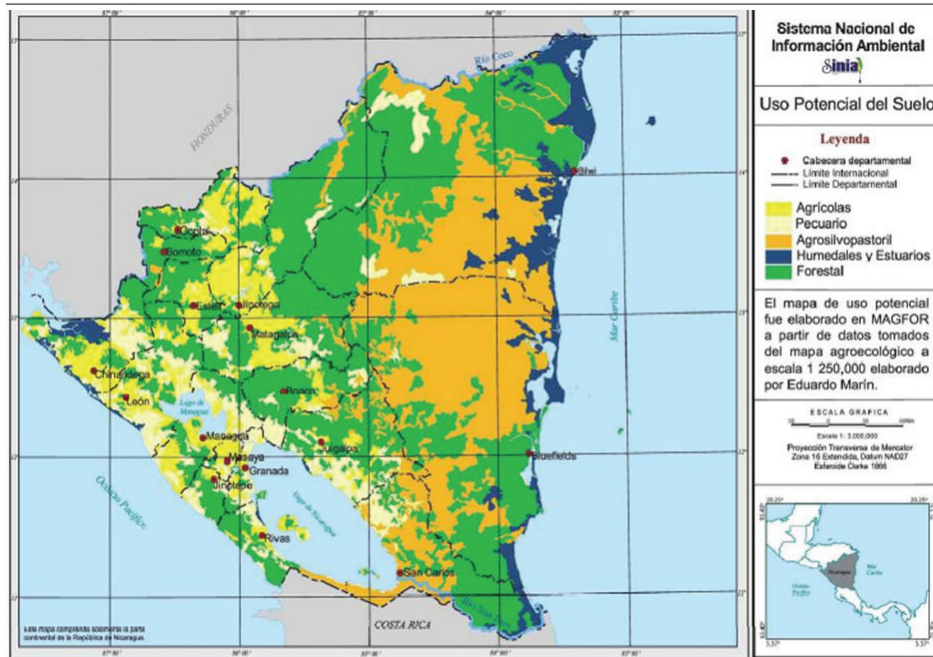


Figura IV.4. Uso potencial del suelo en Nicaragua. Fuente SINIA, MARENA, 2006

La UNFCCC 2002, ha identificado que el cambio climático puede producir importantes impactos biofísicos que pueden afectar la producción agrícola. En la siguiente tabla, se muestran los principales tipos de impactos biofísicos del cambio climático sobre los sistemas agrícolas identificados por la citada fuente.

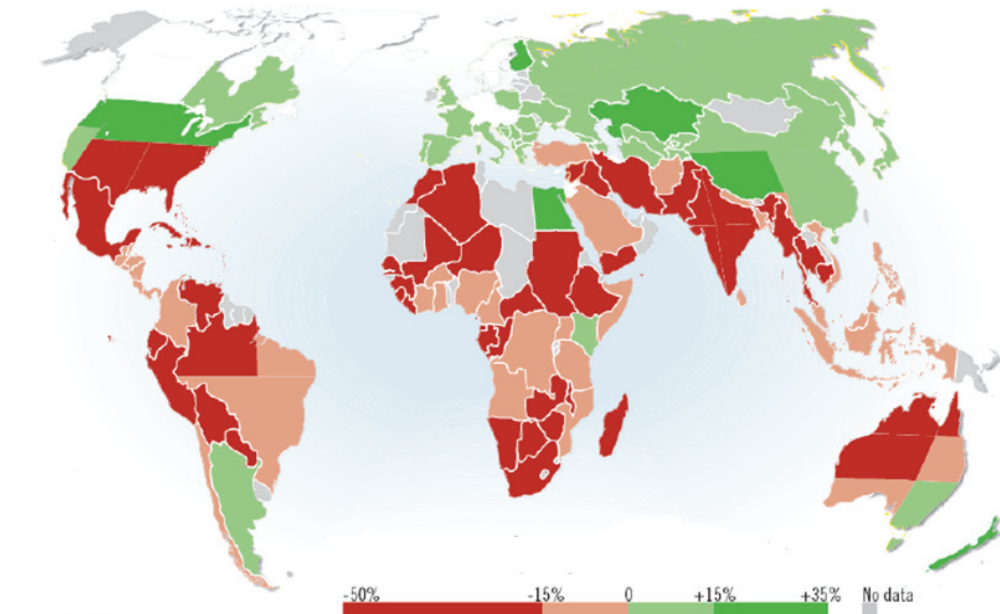


Figura IV.5. Mapa que muestra los cambios proyectados en la agricultura debido al cambio climático para el año 2080. (Fuente: WRI, 2004).

Tabla IV.4. Caracterización de impactos agronómicos, capacidad adaptativa y resultados sectoriales

Impacto biofísico	Nivel de incertidumbre	Intensidad esperada de efectos negativos	Capacidad adaptativa	Impactos socio-económicos y otros secundarios
Cambios en las condiciones de crecimiento de cultivos.	Mediano	Alta para algunos cultivos y regiones	Moderada a alta	Cambios en sistemas de producción óptimos; reubicación de la industria procesadora de productos agrícolas; aumento del riesgo económico; pérdida de ingresos rurales; contaminación a causa de la percolación de nutrientes y daños a la biodiversidad.
Cambios en las condiciones óptimas para la producción pecuaria.	Alto	Mediana	Alta para sistemas de producción intensiva	Cambios en óptimos sistemas de producción y pérdida de ingresos rurales.
Cambios en las precipitaciones y la disponibilidad de recursos hídricos.	Mediano a bajo	Alta para países en desarrollo	Moderada	Aumento de la demanda de riego; disminución del rendimiento de los cultivos; aumento del riesgo de salinización de los suelos; aumento de la escasez de agua y pérdida de ingresos rurales.
Cambios en plagas agrícolas.	Alto a muy alto	Mediana	Moderada a alta	Contaminación por aumento del uso de pesticidas; disminución del rendimiento y la calidad de los cultivos; aumento del riesgo económico y pérdida de ingresos rurales.
Cambios en la fertilidad del suelo y erosión.	Mediano	Alta para países en desarrollo	Moderada	Contaminación por percolación de nutrientes; daños a la biodiversidad; disminución de la productividad de los cultivos; abandono de tierras; mayor riesgo de desertificación y pérdida de ingresos rurales.

Fuente: UNFCCC, 2002

Muchos de estos impactos se ponen de manifiesto en algunos escenarios identificados para el país, tal y como se describen en los siguientes tópicos.

Los impactos en la agricultura según los escenarios climáticos son de tres tipos: el primero se refiere a la disminución relativa de los rendimientos debido al déficit hídrico. El segundo se refiere al efecto adverso de la temperatura (estrés). El tercero se refiere a la ocurrencia de eventos extremos. Aquí se destacan dos aspectos importantes: las áreas afectadas por sequía durante el fenómeno de El Niño y las áreas mayormente afectadas por aumento de precipitaciones durante eventos como huracanes y tormentas tropicales (casi siempre bajo condiciones de La Niña).

En la actualidad, las áreas más impactadas del sector agrícola se localizan en la zona norte, central norte y zona del Pacífico central y sur. Estos impactos se deben al déficit hídrico provocado por la irregularidad de las lluvias, sequías y ocurrencia de eventos de El Niño. Esta zona es de mucha importancia para la producción de maíz y frijol en la época de Primera y Postrera. Por lo general, estas afectaciones por déficit hídrico se producen durante la época de Primera, siendo la época de Postrera más segura para la producción agropecuaria. En relación a la zona costera y zona norte del lago Xolotlán, se presentan limitaciones térmicas para la producción de frijol.

Es probable que para el año 2020, las áreas más impactadas en el sector agrícola se localizarían en la zona norte y central norte asociada a la disminución del rendimiento por efectos hídricos, la zona norte, central norte y región del Pacífico central y sur por variabilidad climática asociada al fenómeno de El Niño, el cual se está volviendo muy frecuente y toda la región del Pacífico y en la región Atlántica los impactos podrían estar asociados a limitaciones térmicas para la producción de frijol.

En ese escenario, para el año 2030, las áreas más impactadas en el sector agrícola por efectos de disminución de los rendimientos se podrían ampliar hasta cubrir gran parte de los departamentos de Chinandega, León y Managua, que son los que reciben con mayor severidad los efectos de la sequía originada por El Niño.

Según los escenarios de calentamiento analizados anteriormente es probable que para el año 2050, las áreas más impactadas en el sector agrícola por efectos de disminución de rendimientos se pudieran ampliar de la zona norte y norte central, hacia el este alcanzando las zonas productoras de granos básicos de los departamentos de Nueva Segovia, Matagalpa y Jinotega catalogadas en la actualidad como “seguras” desde el punto de vista climático para la producción de granos básicos.

En este sentido, sólo por disminución severa del rendimiento, se pudieran ver afectados los departamentos de Nueva Segovia, Madriz, Estelí, gran parte de Matagalpa y Jinotega y casi la totalidad de los departamentos de Chinandega, León, Managua y Masaya.

En cuanto a los impactos biofísicos, MARENA, 2002, utilizó el criterio de los procesos de erosión sobre la productividad, identificándose tres categorías, cuyos niveles de riesgos están asociados a rangos de pendiente entre el 15 y el 50%, así como el grado actual de erosión.



Figura: IV.6. La imagen muestra el tradicional procedimiento utilizado en la agricultura. Está precedido de la deforestación, uso sistemático del fuego y siembra directa sin el uso de técnicas de conservación de suelos. Los efectos inmediatos se pueden apreciar en forma de erosión.

Las zonas de mayor impacto se encuentran concentradas en la zona norte del país, las que presentan suelos con fuertes procesos de erosión y con importantes limitaciones de pendiente, por lo tanto la actividad agrícola que se pudiese desarrollar presenta importantes limitaciones, principalmente por la baja productividad debido a los efectos de la erosión y altos riesgos de deslizamientos debido a la sobre utilización de los suelos con vocación forestal.

Para el año 2020, como consecuencia del aumento de la temperatura, pudieran incrementarse las zonas de producción de granos básicos mediante el sistema de agricultura migratoria, método que produce mayores problemas de erosión debido a la producción de subsistencia y permite un mayor avance de la frontera agrícola por la deforestación, que consiste en el sistema de tumba y quema.

Para el escenario del año 2030 y 2050, es probable que se incrementen las zonas con impacto alto, específicamente en la zona del Atlántico norte. Para estos años, según los escenarios climáticos, el proceso de pérdida acelerada del bosque tropical podría continuar progresivamente de igual manera que la degradación de los suelos por los intensos procesos de erosión, lo cual disminuye la productividad debido a la pérdida de fertilidad.

Otros problemas subyacentes como impactos actuales pudieran incrementar los efectos adversos en escenarios futuros, tales como:

- La expansión del monocultivo.
- La escasa diversificación agrícola de subsistencia.
- Las redes de comunicación internas inapropiadas para la movilización de la producción de café y otros productos nacionales.
- Políticas especulativas de precios de los intermediarios nacionales.

- ▶ El avance de la frontera agrícola.
- ▶ Los procesos de erosión.
- ▶ Aumento de las demandas debido al incremento de la población

Además de los eventos extremos, la variabilidad climática está afectando el sector agropecuario. En el evento de El niño reportado en 1997-98, las afectaciones en producción de granos básicos durante la época de primera fueron en los cultivos de sorgo, frijol, maíz y arroz (23, 13 y 9% respectivamente). Estas pérdidas equivalen a 20.8 millones de dólares (OPSA, 1997).

Las pérdidas por inundación superan las de sequía, y la agricultura es la actividad económica más afectada, cuando ocurren las inundaciones.

Las inundaciones causaron durante el huracán Mitch daños en el sector agrícola, fundamentalmente en los cultivos anuales y temporales, entre ellos los de consumo interno. Estos daños se presentaron tanto en pérdidas de producción que oscila entre el 22% y el 71%, como en pérdidas de los suelos dedicados a estos cultivos (6% de los suelos dedicados a estos cultivos). ⁽¹¹⁾

A pesar de los potenciales impactos, el país tiene una importante oportunidad de adaptación, porque sólo elevando al doble la productividad agrícola actual y diversificando la producción agropecuaria, sería muy poco probable que se presente una crisis alimentaria, aún bajo los complejos escenarios planteados.

IV.4. EL CAMBIO CLIMÁTICO, LOS RECURSOS NATURALES Y LA BIODIVERSIDAD

Según IPCC 2002, esta institución evaluó el efecto del cambio climático en los sistemas biológicos a través de 2,500 estudios publicados por diferentes autores en el mundo. De estos estudios, 44 que incluyeron cerca de 500 taxones cumplieron con los siguientes criterios: 20 o más años de datos recogidos; la medición de las temperaturas como una de las variables; los autores del estudio encontraron importantes cambios estadísticos en el parámetro biológico-físico y en la temperatura medida; y una importante correlación estadística entre la temperatura y el cambio en el parámetro biológico-físico. Algunos de estos estudios investigaron los diferentes taxones (por ejemplo, aves e insectos) en el mismo documento. De un total de 59 plantas, 47 invertebrados, 29 anfibios y reptiles, 388 aves, y 10 especies de mamíferos, aproximadamente un 80 por ciento mostró cambios en el parámetro biológico medido (entre ellos el principio y final de la época de cría, cambios en las pautas de migración, cambios en la distribución de plantas y animales, y cambios en el tamaño de los cuerpos) de la forma que se esperaba dado el calentamiento mundial, mientras que el 20 por ciento mostró cambios en el sentido contrario.

Como resultado de estos estudios se puede sugerir que el cambio climático podría producir los siguientes tipos de impactos sobre la biodiversidad (IPCC, 2002):

11 Nicaragua: Huracán Mitch Daños, costos, acciones de rehabilitación del Gobierno y la Cooperación Internacional 1999

Cuadro IV.2. Impactos del cambio climático sobre la biodiversidad (Fuente: IPCC, 2002)

- a. Muchas especies han mostrado cambios en su morfología, fisiología y conducta asociados con cambios en las variables climáticas. Por ejemplo, las tortugas pintadas han crecido más durante los años más cálidos y han llegado antes a su madurez sexual durante una serie de años calurosos; el peso de la rata magueyera de América del Norte (*Neotoma* sp.) ha disminuido con el aumento de temperatura durante los últimos ocho años; el ciervo joven (*Cervus elaphus*) de Escocia ha crecido más rápidamente durante las primaveras más cálidas, lo que ha llevado a un aumento en el tamaño del cuerpo de los adultos; y algunas ranas han empezado a croar antes o con mayor fuerza para atraer a los machos durante los años cálidos.
- b. El impacto general del cambio climático es que los hábitats de muchas especies se van a desplazar hacia el polo o hacia altitudes más altas. Ya se han observado desplazamientos asociados con el clima en la ubicación y la densidad de animales en muchas partes del mundo y dentro de cada uno de los principales grupos taxonómicos de animales.
- c. Una subida de temperaturas modificará los ciclos térmicos de los lagos y la solubilidad del oxígeno y de otros materiales y, por lo tanto, afectará a la estructura y función del ecosistema. La reducción en la concentración de oxígeno podría producir una alteración en la estructura de la comunidad, normalmente caracterizada por una disminución del número de especies, especialmente si dicha reducción se ve impulsada por la eutrofización relacionada con prácticas en el uso de los suelos.
- d. El cambio climático tendrá un gran efecto sobre los ecosistemas de agua dulce gracias a modificaciones en los procesos hidrológicos. Se estima que los efectos combinados del cambio climático (por ejemplo, en la temperatura y las precipitaciones) y los cambios en las cuencas hidrológicas y en las costas ribereñas debido a actividades humanas afecten a los procesos hidrológicos de muchos ecosistemas de agua dulce.

Debido a que Nicaragua se sitúa en una región geológicamente muy joven dentro del istmo Centroamericano, comparte muchos tipos de ecosistemas con el resto de los países de Mesoamérica.

Sin embargo, en el ámbito nacional existen algunos ecosistemas que son muy particulares de Nicaragua como son las praderas submarinas del Caribe, los manglares coralinos del Caribe, los manglares limosos del Caribe con *Pellicierea*, los bosques siempreverdes estacionales dominados por bambú, los bosques siempreverdes estacionales de pino submontano y los dos lagos tectónicos: el Xolotlan y el Cocibolca, que son muy diferentes entre sí: el Xolotlán tiene un alto grado de contaminación ya que recibe de la ciudad de Managua residuos líquidos y sólidos y es un lago cerrado, sin embargo el Cocibolca tiene una dinámica más estable y el volumen de sus aguas tiene como aliviadero natural el Río San Juan, aunque también está amenazado por la contaminación de las aguas residuales procedentes de las ciudades de Granada y Rivas, sedimentos debido a la deforestación en la cuenca y agroquímicos generados por la intensa actividad agrícola en sus riveras, unido al riesgo creciente de recibir contaminación del Xolotlán cuando se producen desbordes del primero hacia el segundo durante periodos lluviosos (situación que ha sido frecuente desde el paso del huracán Mitch en 1998).

En un estudio reciente, sobre el “análisis de vacíos en la conservación de las áreas protegidas” (MARENA, 2009), se reconoce que los ecosistemas más amenazados ante el cambio climático y por tanto que se constituyen en un reto para la conservación, son los bosques deciduos (de bajura y submontanos) “bosque seco”, los manglares, los bosques nubosos (siempre verde estacionales, latifoliados submontanos y montanos), los bosques de pino (submontanos y montanos), los bosques de galería (semi-deciduos de bajura), las lagunas cratéricas y arrecifes de coral.

También existen una serie de ecosistemas únicos que pueden ser considerados dentro de la categoría de amenazados por su valor ecológico, tales como las coladas de lava con vegetación adaptada a virtuales sub-desiertos, lagunas cratéricas (las más conservadas aún en Centroamérica, son exclusivas por su ictiofauna endémica de cíclidos), los dos lagos tectónicos: Xolotlán y Cocibolca (son únicos y poseen especies endémicas de peces), los ecosistemas de Ometepe (la única isla oceánica dentro de un lago con ensamblaje único de especies), el bosque de bambú americano de la región Atlántica (con una población relictica en el sector del Pacífico, al sur de Villanueva, Chinandega), que se encuentra en peligro de extinción por sobre uso de los suelos e incendios.



Figura IV.7. La frecuencia de los huracanes en la Costa Caribe, incluso está afectando los procesos de regeneración natural de los bosques, además de ser un detonante para el cambio del uso del suelo.

V.4.1. Impactos a la biodiversidad

En un estudio reciente realizado por Pérez, M. et. Al. (2007) titulado: *Modelos de nichos potenciales de especies de interés para tomadores de decisión, y su relación con el cambio climático en Nicaragua y América Central*, que tuvo como objeto aplicar modelos de nichos potenciales construidos para un grupo de especies bioindicadoras: aves, moluscos y árboles, permitió obtener importante información sobre el comportamiento de estas especies a las alteraciones climáticas .

Los análisis realizados por los autores fueron proyectados al año 2050, con base en las mismas variables climáticas a nivel de América Central, para investigar la respuesta de los grupos

estudiados en un escenario de cambio climático moderado de 2° C, hipótesis que es coincidente con los resultados de la evaluación de los escenarios futuros que se citaron en el capítulo tres. Los principales resultados de esta investigación permiten afirmar:

1. Los escenarios de cambio climático moderados afectarían más a las faunas del suelo y árboles que a otros grupos como vertebrados.
2. La zona noroeste de Chinandega, Nicaragua y suroeste de Honduras y El Salvador, es decir, la zona continental cercana al Golfo de Fonseca, se presenta como de alto riesgo para la biodiversidad ante un cambio climático moderado. En especial podían sufrir importantes impactos los manglares que son ecosistemas de gran importancia económica, donde están asociados otros recursos alimenticios como son las conchas negras, camarones y peces.
3. Es de consenso general que, en el nivel de especies, pueden tener lugar tres tipos de respuestas debido al cambio climático: desplazamiento, adaptación (en términos de cambio evolutivo o de aclimatación fisiológica), o extinción local. (Pérez, M. et. Al. 2007).



Figura IV.8. El desarrollo de la ganadería extensiva en suelos que no tienen vocación para este uso, será un verdadero reto ante el cambio climático muy difícil de sostener. El proceso de erosión será mucho más acelerado después del año 2050, donde la temperatura pudiera rebasar los 2 grados centígrados.

También el cambio climático podría exacerbar otros impactos sobre la biodiversidad debido a:

- La propagación de plagas y enfermedades.
- Mayor exposición al estrés calórico.
- Escasez de agua en el suelo.
- Lavado de nutrientes (macro y micro) de la tierra producto de las lluvias intensas ocasionales.
- Incremento de la erosión eólica debido a vientos fuertes en la época seca.
- Incremento del número de incendios forestales en regiones más secas.

Estos potenciales impactos anteriormente mencionados tienen un problema de base mucho más complejo y están asociados con la práctica cultural del uso de productos fitosanitarios en grandes cantidades y diversidad de tipos en la agricultura.

Uno de los retos de la adaptación al cambio climático en Nicaragua será reducir los 29.75 Kg de agroquímicos que se utilizan por hectárea de tierra arable (cifra que no es elevada comparada con otros países) y elevar la productividad agrícola para lograr mejores rendimientos en la producción de cereales. (WRI, 2007)



Figura IV.9. La quema como técnica de cultivo destruye los nutrientes de los suelos y es una práctica cultural ancestral que debe ser corregida.

El Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) tiene registradas para su uso en el país más de 2,000 sustancias químicas que son usadas en la agricultura, muchas de ellas deben someterse a un proceso de revisión y otras deben ser retiradas de los registros con el fin de reducir el riesgo y promover el uso de fertilizantes orgánicos y métodos de control biológico de plagas; ya que en un escenario de clima seco muchas de esas sustancias se pueden concentrar en el suelo, sobre todo en aquellos que contengan partículas de arcilla y se pudieran hacer mucho más disponibles ante precipitaciones más intensas y menos frecuentes, pudiendo afectar las reservas de agua superficiales (lagos).

IV.4.2. Impactos a los ecosistemas de aguas continentales

Nicaragua posee una abundante riqueza de ecosistemas de aguas continentales. Actualmente existen ocho sitios RAMSAR oficializados (humedales de importancia internacional), dos grandes lagos interconectados y amplias zonas de marismas en el Pacífico y humedales asociados en la Costa Caribe.

Estos territorios clasifican entre los ecosistemas más productivos del mundo, pues son cuna de gran diversidad biológica, y a la vez suministran agua a la productividad primaria de la cual innumerables especies de plantas y animales dependen para la supervivencia, así como apoyan grandes concentraciones de especies de aves, mamíferos, reptiles, anfibios, peces e invertebrados, incluyendo especies de aves migratorias.

Sin embargo los ecosistemas de aguas continentales de Nicaragua están severamente amenazados en las condiciones actuales ya que forman parte de la cadena volcánica que es afectada por constantes sismos, están expuestos a la contaminación por emisiones gaseosas, por productos químicos usados en la actividad agrícola, por aguas residuales industrial y domiciliar, por sedimentación y enriquecimiento de nutrientes, así como por la deforestación del mangle y el cultivo de especies exóticas, entre otros. (MARENA-PNUD, 2000).

Según el análisis de vacío MARENA, 2009, entre los años 2000 y 2006, se ha producido una reducción del 35% de los bosques de manglar. De continuar esta tendencia en un escenario de cambio climático, los daños al hábitat de importantes especies se pueden incrementar.

Estos ecosistemas probablemente se podrían ver afectados negativamente por el cambio climático debido a la presión que son sometidos por la población y la disminución de la cantidad de agua dulce, debido al aumento de la sedimentación como consecuencia de la erosión. En décadas recientes, se han perdido un gran número de especies presentes en los cuerpos de agua continentales, tales son los casos del tiburón del lago de Nicaragua (*Carcharinus leucas*) y el pez sierra (*Pristis spp.*), y otros sitios han dejado de ser importantes para las especies migratorias por la disminución del espejo de agua. Además existe una amenaza sobre otras especies de peces de valor comercial (familia Ciclidae). (MARENA-PNUD, 2000)



Figura IV.10. La mayoría de los humedales que se desarrollan en zonas continentales está recibiendo severos impactos por la deforestación y el uso indiscriminado de sus recursos. Por tal razón, estos ecosistemas serán severamente dañados, no solamente por la variación del ciclo hidrológico inducido por el cambio climático, sino también por la elevación del nivel del mar.

Las respuestas del ser humano al cambio climático podrían exacerbar los impactos negativos en muchos humedales. Por ejemplo, la respuesta humana a niveles de temperaturas por encima de los 2 grados centígrados probablemente aumentará la demanda de agua dulce para satisfacer las necesidades urbanas y agrícolas. Como consecuencia, podrían afectarse los caudales de los ríos y otros cursos de aguas, causando a su vez una pérdida de los servicios de los ecosistemas.

Los impactos del cambio climático en los lagos y cursos de agua podrán ser:

- ▶ Aumento de temperaturas (calentamiento) en las aguas de ríos y lagos.
- ▶ Alteración en los regímenes de mezcla.
- ▶ Alteraciones en los regímenes de caudales.
- ▶ Deficiencia en la oxigenación y el pH del agua.

Estos impactos probablemente podrían conllevar a:

- ▶ Cambios en el crecimiento, la reproducción y la distribución de la diversidad biológica de lagos y cursos de ríos.
- ▶ Desplazamiento de algunos organismos hacia otras zonas de climas más favorables.
- ▶ Cambios en la reproducción de las aves migratorias que dependen de los lagos y cursos de agua para su ciclo reproductivo.

Estos impactos se pueden magnificar en los próximos 25 años a partir de una población aumentada, lo que implicará mayores demandas de agua y alimentos.

IV.4.3. Impactos a los ecosistemas marinos y costeros

Por su posición geográfica, el país posee costas en el Océano Pacífico y el Mar Caribe. La Costa Caribe de Nicaragua tiene importantes zonas para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad tales son los casos de los Cayos Miskitos, arrecifes coralinos, islas como Cayos Perlas, Corn Island, entre otras. Estas zonas poseen un alto valor productivo de biodiversidad y son las que sustentan la producción pesquera en estas regiones y los medios de vida de las comunidades costeras.

Los ecosistemas marinos son vulnerables al cambio climático, puesto que ya se enfrentan con innumerables presiones, como la pesca excesiva, los métodos insostenibles (uso de explosivos) de pesca, la destrucción del hábitat provenientes de la pesca comercial principalmente, la pesca de arrastre (pesca de camarones), la sedimentación y contaminación que viaja a través de los ríos, así como la acidificación de los océanos que produce el CO₂, contribuyendo a la escasez de alimentos para las especies.

En septiembre del 2007, con el paso del huracán Félix por el norte de la Costa Caribe de Nicaragua, quedó demostrado el grave daño que provoca el arrastre de los sedimentos sobre los ecosistemas marinos y costeros, principalmente sobre los manglares y arrecifes coralinos, sumando a estos fenómenos los impactos esperados por efectos del cambio climático a través de la elevación del nivel del mar que pueden ser:

- ▶ Aumento de la erosión costera.
- ▶ Inundaciones costeras más extensas.
- ▶ Intrusión del agua de mar en estuarios y acuíferos.

- ▶ Temperaturas más altas de la superficie del mar.
- ▶ Intrusión salina en el agua dulce continental.



Figura IV.11. La imagen muestra un sector de la costa del mar en el Atlántico. Observe la poca altura de la costa, respecto al nivel del mar.

En todos los escenarios futuros, el cambio climático podría ocasionar importantes impactos ambientales negativos a los recursos marinos costeros, que constituyen la principal base alimenticia de las comunidades de la Costa Caribe de Nicaragua. Por ello, se hace imprescindible trabajar por la diversificación de la base alimentaria de las poblaciones autóctonas de la Costa Atlántica de forma acelerada antes que los impactos del cambio climático hayan producido una mayor reducción de los recursos marinos costeros en esa región. En este sentido, son notables los prometedores resultados que pueden brindar los trabajos de enriquecimiento del suelo con el uso del abono orgánico, el cultivo de la yuca y otros vegetales de ciclo corto que realizan los pobladores de Laguna de Perlas en la Región Autónoma del Atlántico Sur.

IV.4.4. Impactos a los ecosistemas montañosos

En los últimos 18 años, se han producido intensos cambios en los ecosistemas montañosos, debido a la presión que se ejerce por los colonos sobre las áreas protegidas de las zonas de las Regiones Autónomas del Atlántico Norte y Sur (Reservas de Biosfera Bosawás y del Sur-Este de Nicaragua), así como en otras áreas protegidas como Cayos Misquitos y otras.

Estas nuevas tierras destinadas a la agricultura o a la ganadería se ven expuestas a las actividades humanas, como el pastoreo excesivo (ganadería extensiva), el abandono o la gestión inadecuada de la tierra, que reducen su resistencia natural al cambio climático.

La deforestación del bosque tropical húmedo para ser usado en agricultura o ganadería, es el impacto más significativo ante el cambio climático que está recibiendo el país, no sólo por la contribución a las emisiones de CO₂ (casi insignificantes comparadas con los volúmenes de los grandes emisores), sino porque estos suelos son por naturaleza muy bajos en fertilidad y por tanto serán abandonados después de las primeras cosechas por sus depredadores, debido a la esterilidad y a la susceptibilidad de erosión que los mismos presentan una vez que se cambia su uso forestal. Si este proceso no se detiene, se pondrían en riesgo de agostarse las dos principales fuentes energéticas que hoy proceden de estos ecosistemas: la leña y los alimentos de las poblaciones más empobrecidas.

Si no se toman medidas drásticas, ante un escenario climático con temperaturas mayores de dos grados centígrados en el año 2050, es probable que pueda desaparecer aproximadamente el 95% del bosque tropical de Nicaragua.

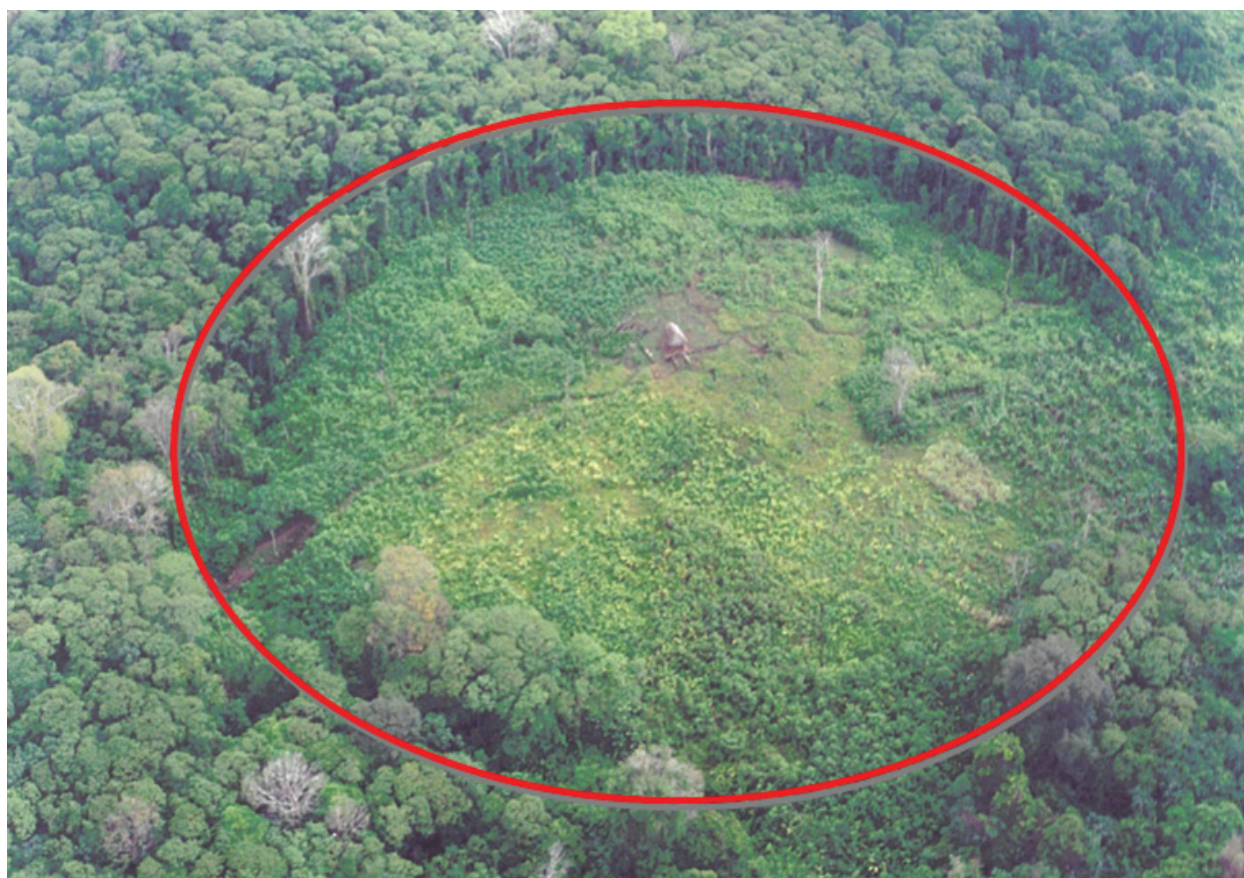


Figura IV.12. La foto muestra el inicio de un proceso de deforestación basado en tala rasa en un sector al sur del Cerro Silva. En este caso el cambio de uso de suelo se realiza para implantar agricultura de subsistencia.

También es muy probable que las especies de plantas que se encuentran distribuidas en los diferentes ecosistemas montañosos de Nicaragua, y que se han especializado en la colonización

de ecosistemas muy particulares, tanto latitudinal como longitudinalmente, disminuyan sus poblaciones por el efecto de la adaptación a los cambios en la temperatura y a la variabilidad de la distribución de las lluvias. (Pérez, et. al. 2007)

IV.4.5. Impactos a los endemismos y corredores biológicos

Según MARENA, 2009, en Nicaragua, existen 200 especies endémicas de un total de 17,380, lo que representa un 15.72 % de endemismo. En este sentido, la importancia de preservar las especies endémicas es ratificada por MARENA, 2009, cuando afirma que la relación entre el endemismo y la conservación es directa. Si se pierde una población de una especie de amplia distribución, se disminuye su acervo de genes pero se conserva la especie. Si se pierde una especie endémica, probablemente representada por una o unas pocas poblaciones, esta especie se pierde para siempre.

Sorpresivamente las zonas centrales del país son las que albergan mayor endemismo, y serán zonas con déficit hídrico ante los diferentes escenarios de cambio climático. Posiblemente la emigración hacia el sur puede ser una estrategia natural de adaptación de estas especies, lo que se ve favorecido por un potencial incremento de las precipitaciones en el vecino país del sur.

Un corredor biológico es un espacio geográfico limitado que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats naturales o modificados y asegura el mantenimiento de los procesos ecológicos y evolutivos y por ende, la diversidad biológica, mediante la facilitación, tanto de la migración, como de la dispersión de especies de flora y fauna silvestres, asegurando de esta manera la conservación de las mismas a largo plazo. MARENA, 2009.

El análisis de vacío, (MARENA, 2009) ha realizado una propuesta que debe ser asumida por su alto valor como medida de adaptación ante el cambio climático, porque señala la existencia de sectores de corredores a conservar, mejorar y restaurar, lo que permite, bajo diferentes estrategias de intervención, garantizar una red de conectividad entre las áreas protegidas ante los potenciales impactos negativos del cambio climático sobre la biodiversidad.

IV.5. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS ASENTAMIENTO HUMANOS

Son múltiples los factores que incrementan la susceptibilidad de los asentamientos humanos a recibir impactos ambientales como consecuencia del cambio climático.

Como ya se ha discutido en los capítulos precedentes, una de las características más importante de la vulnerabilidad es la exposición al peligro y en este sentido el país se encuentra entre los 15 países del mundo con mayor grado de exposición a las amenazas múltiples con un 3% del territorio nacional expuesto como mínimo a 3 multi-amenazas y una población expuesta a estas multi-amenazas del 22%. (Center for Hazard and Risk Research 2005. The Earth Institute at Columbia University).

A continuación se analizan algunos factores que influyen en la vulnerabilidad de los asentamientos humanos en Nicaragua. ⁽¹²⁾

12 Los factores que se analizan han sido seleccionados como ejemplos, pues se deja explícito la necesidad de profundizar en el tema con el propósito de obtener criterios y factores que permitan medir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos.

IV.5.1. Ordenamiento ambiental y territorial

Muy pocas ciudades en Nicaragua cuentan con un plan de desarrollo urbano, donde se tomen en consideración las principales amenazas latentes, de igual forma, pocos municipios cuentan con planes de ordenamiento del territorio que garanticen el crecimiento seguro del sistema de asentamientos humanos en función de las amenazas. Y en los territorios donde existen estos planes, sus prescripciones no son vinculantes y en otros casos, existe carencia de voluntad para su implementación, por tanto la planificación físico-espacial incorporando los riesgos, no es en la actualidad un instrumento para el ejercicio del gobierno municipal.

Por otro lado, no existe a nivel de país, una clara comprensión de que el ordenamiento ambiental del territorio establecido en la ley 217 de 1996, Ley General del Ambiente y los Recursos Naturales, es la base para el ordenamiento del territorio, pues sólo es posible lograr una adecuada organización espacial de la población y de las actividades económicas, tomando en consideración la funcionalidad e interconexión de los ecosistemas que son los que determinan las aptitudes para el uso del suelo. La carencia de ordenamiento ambiental y físico del territorio, así como el no cumplimiento de lo establecido en los respectivos planes donde existen, hace que exista una separación entre la forma de desarrollo planificada y el crecimiento real, aumentando significativamente la vulnerabilidad debido a un mayor nivel de exposición en algunos casos y de la sensibilidad en otros.

Este tipo de vulnerabilidad incide negativamente para cualquier tipo de amenaza debido a la incompatibilidad entre muchas actividades que ocupan el territorio nacional. Estas incompatibilidades se traducen en impactos ambientales, que se acumulan con el paso del tiempo. (Por ejemplo, la ocupación de zonas de alto riesgo con viviendas precarias a la orilla de los cauces y la construcción pública y privada sin respetar la normativa de derechos de cauces, de separación de las viviendas en actividades peligrosas, etc...).

Ante escenarios socio-económicos futuros de aumento de la población, intensificación de eventos meteorológicos extremos y variación de la frecuencia e intensidad de las precipitaciones, el impacto pudiera ser mayor debido a la exposición, pues esta variable está relacionada con la cantidad de población expuesta a las amenazas.

IV.5.2. Accesibilidad

Muchos municipios y regiones del país no tienen vías de comunicación seguras o muy pocas opciones para acceder al territorio. Esto aumenta considerablemente la vulnerabilidad del sistema de asentamientos humanos, pues hace muy difícil la llegada a tiempo de la asistencia en caso de cualquier evento, así como, reduce las opciones de refugio de la población y su rápida evacuación.

El sistema de asentamientos humanos de las zonas intrincadas de la región central y de la Costa Caribe de Nicaragua resultan los más vulnerables por la deficiente accesibilidad. Son menos vulnerables los asentamientos humanos del Pacífico que tienen diversas opciones de accesibilidad (diversas vías por donde la población puede recibir asistencia).

Esto se puede comprobar a través del siguiente mapa de la red vial del país.

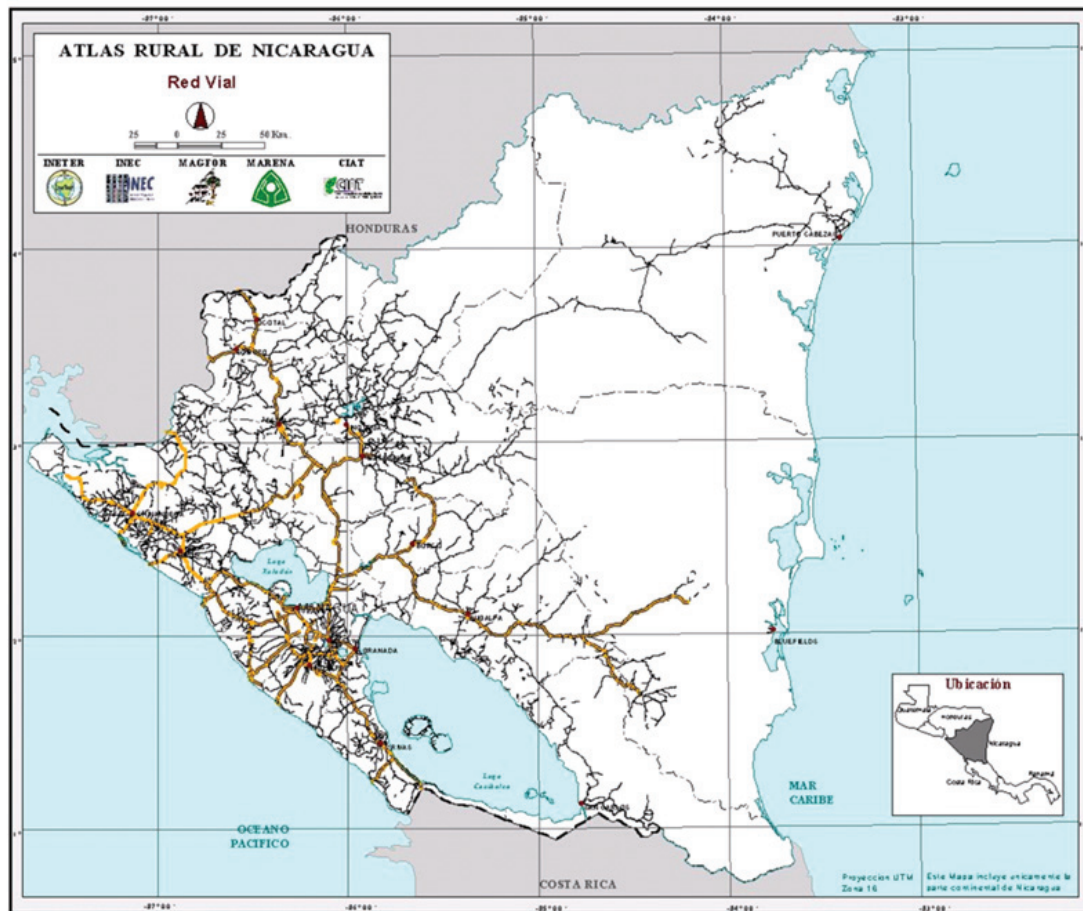


Figura IV.13. Mapa que ilustra la red vial de Nicaragua. Observe la diferencia de densidad de vías entre el Pacífico y el Atlántico. (Fuente: SINIA-MARENA, 2006)

IV.5.3. Distribución espacial de las ciudades respecto a las fuentes de peligro (exposición).

El sistema de asentamientos humanos en Nicaragua posee muchos centros poblados cuya distribución espacial se desarrolla muy próxima a importantes fuentes generadoras de peligros naturales.

En el Pacífico, los asentamientos humanos que concentran la mayor cantidad de población se encuentran muy próximos a volcanes, a las costas con amenazas de tsunamis, próximos a zonas inundables o como sucede en la ciudad capital, la ciudad se asienta sobre diversas fallas sísmicas.

En el norcentro del país, algunas ciudades y poblados se localizan en zonas muy susceptibles a deslizamientos de masas de tierra e inundaciones.

En el Atlántico, algunos asentamientos humanos se localizan muy próximos a las costas, por lo que se encuentran expuestos a las inundaciones, a los efectos de los huracanes y a la elevación del nivel del mar.

Resultan poco expuestas algunas ciudades del norcentro del país como Estelí, Jinotega, Madriz, entre otras.



Figura IV.14. Los asentamientos humanos no deben consolidarse en zonas que tengan alta exposición al viento de los huracanes, ni en las llanuras de inundación.



Figura IV.15. Las laderas de los volcanes y cerros, así como la proximidad a los cauces, son zonas con alta exposición para construir viviendas e infraestructuras

IV.5.4. Redes técnicas y contaminación

La mayoría de las ciudades de Nicaragua no tiene sistemas de drenaje pluvial que cuenten con la suficiente capacidad para absorber los volúmenes de agua que se generan debido a las constantes transformaciones del uso del suelo de sus cuencas y al crecimiento urbano acelerado, lo que incrementa la susceptibilidad a la inundación.

Por otro lado, las redes de drenaje superficiales, se utilizan frecuentemente como botaderos de grandes cantidades de desechos sólidos, contribuyendo a la reducción del caudal y al aumento del arrastre de sedimentos.

Estos factores hacen que muchos asentamientos humanos sufran de inundaciones cada vez más recurrentes. Los impactos ocasionados por las inundaciones en algunos centros poblados de Nicaragua se podrían incrementar ante el cambio climático debido a las constantes transformaciones en el uso del suelo y el asentamiento de población en zonas muy riesgosas.



Figura IV.16. La figura muestra dos imágenes de los cauces que atraviesan la ciudad de Managua a la llegada de cada invierno.

Por otro lado la cobertura de las redes de agua potable es baja y en muchos casos con tuberías que se encuentran defectuosas lo que genera importantes fugas. Eso significa pérdida del recurso y de energía. Por tal razón, se hace imprescindible realizar un plan de reposición y mejoramiento de la red de abastecimiento de agua en las zonas pobladas, como medida de adaptación ante el cambio climático.

También, muy pocos centros poblados cuentan con sistemas de tratamientos adecuados de sus aguas residuales o en otros casos las formas de agua superficiales (ríos y lagos) se contaminan debido a que las plantas de tratamiento de las aguas residuales que existen en algunas ciudades están colapsadas, pues ya rindieron sus vidas útiles y necesitan reconstruirse o hacerse nuevas, las mayorías de ellas vierten sus aguas crudas (sin tratar) a los ríos como es el caso de Estelí, Matagalpa.

Una parte importante de las fuentes de agua superficial en Nicaragua están contaminadas, porque no se ha desarrollado una cultura en relación al manejo apropiado de los desechos (sólidos y líquidos) lo que repercute de forma negativa en los sistemas de tratamientos que ya existen, los ríos, cauces y lagos.

En el centro del país, la principal causa de contaminación de los ríos son los beneficios húmedos de café, los cuales contaminan por vertido directo o indirecto a través de la escorrentía y otra causa importante de contaminación son las industrias artesanales de lácteos, en cantidades superiores a los beneficios de café.

La contaminación por desechos sólidos es otro de los grandes problemas de los centros poblados del país, pues contribuyen a incrementar las enfermedades de origen hídrico.

Será muy importante la labor de educación y concientización a desarrollar con las poblaciones y autoridades locales para disminuir estos factores de vulnerabilidad.



Figura IV.17. Las imágenes muestran la forma de disposición final de los desechos sólidos que se usa tradicionalmente en el país. La contribución a la contaminación de los suelos y de las agua es elevada debido a esta causa.

IV.5.5. Estado técnico de las edificaciones de salud

Muchas edificaciones donde se prestan los servicios de salud han sido ubicadas en zonas expuestas a inundaciones u otros peligros, lo que imposibilita brindar servicios de salud cuando se presenta un evento peligroso.

Por otro lado, en el pasado no ha habido un plan sistemático de mantenimiento y reforzamiento de las edificaciones de salud que se encuentran en operación, por lo que se convierten en las edificaciones más vulnerables ante un evento peligroso.

Esto contribuye a elevar la vulnerabilidad de los asentamientos humanos, que ante una emergencia se constituyen en centro de atención vital, pues las autoridades de salud locales no cuentan con la infraestructura adecuada para responder a la emergencia y eso es lo que obliga a que un territorio deba depender de la ayuda del ámbito nacional para atender una emergencia local.

Las edificaciones de salud que se desarrollen en la Costa Caribe de Nicaragua deben tener un código especial de resistencia a fuertes vientos, debido a los efectos que seguirán causando los huracanes en esa zona y deben ubicarse en lugares altos y retirados de la costa, de igual forma, las edificaciones que prestan servicios de salud en el Pacífico deben estar debidamente reforzadas para eventos sísmicos y lo suficientemente retirada de volcanes que pudieran tener actividad.



Figura IV.18. Foto del hospital improvisado en Puerto Cabezas durante el paso del huracán Félix. La infraestructura hospitalaria de la Costa Caribe es muy vulnerable a los efectos del cambio climático, sobre todo a los huracanes.

IV.5.6. Morbilidad

La morbilidad de la población es un factor que genera vulnerabilidad ante los eventos del cambio climático.

Existen enfermedades, cuyas manifestaciones están asociadas con perturbaciones en el ambiente, como lo son la contaminación del aire y las enfermedades respiratorias agudas, y la contaminación de las aguas y las enfermedades diarreicas agudas o las que se transmiten por vectores.

Algunos asentamientos humanos de Nicaragua tienen susceptibilidad a incrementar las enfermedades de origen ambiental durante la época seca (enfermedades respiratorias y virosis) y durante la época lluviosa (enfermedades diarreicas y las transmitidas por vectores como la leptopirosis y el dengue).

Estos elementos presuponen que los asentamientos humanos tienen una vulnerabilidad inicial importante, antes de considerar las amenazas adicionales que pueda incorporar el cambio climático.

IV.5.7. Analfabetismo

Otro factor que incrementa la vulnerabilidad de la población ante las amenazas es el grado de analfabetismo y el bajo nivel educacional. Las personas con bajo nivel educacional no pueden comprender la magnitud del riesgo que pueden ocasionar ciertas amenazas y por tanto la capacidad de adoptar medidas preventivas es limitada. Por tal razón, cualquier esfuerzo que se desarrolle en el país en materia educacional es una contribución positiva importante a la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático.

IV.5.8. Migración, marginalidad y género

Otro impacto del cambio climático sobre la población está relacionado con el probable incremento de los movimientos migratorios de grupos poblacionales (por lo general jóvenes) de zonas agrícolas extremadamente deterioradas por la temperatura u otros impactos ocasionados por el cambio climático, hacia las ciudades en búsqueda de mejores oportunidades. Esta población que llega crea presión sobre los servicios y por lo general se asienta en las zonas más riesgosas de las ciudades (cauces, orillas de lagos, etc...), y con ello se crea un nuevo problema: la marginalidad.

Las mujeres están recibiendo los efectos adversos del cambio climático. Esta afirmación se sustenta en el hecho de que en la distribución de la población por sexo, predominan las mujeres de edades más jóvenes, y a ello se suma de que existe un alto índice de embarazo en la adolescencia, junto a una apatía e irresponsabilidad paterna. Esto significa que, en algunas regiones rurales, hasta el 30% de la jefatura de los hogares descansa en las mujeres, las que normalmente desarrollan duras faenas de comercialización de productos y pequeños servicios como sustento de sus hogares. Estas actividades son las primeras que reciben los impactos del cambio climático, como consecuencia de la reducción del poder adquisitivo. (INIDE, 2007)

En algunas regiones de la Costa Caribe, muchas mujeres comercializan los productos de la pesca y la agricultura, actividades que ante los eventos meteorológicos se ven interrumpidas.

También en Nicaragua, la Encuesta Nacional de Hogares sobre Medición del Nivel de Vida 2005 (INIDE, 2007), muestra que entre un 9 y un 12% de los hogares son asiento de actividades económicas que sustentan a sus familias. Las mayorías de estas actividades económicas son desarrolladas por mujeres, las cuales ven interrumpidas sus fuentes de ingresos ante las pérdidas ocasionadas por los eventos meteorológicos.

IV.5.9. Vulnerabilidad de las comunidades indígenas

Según Minority Rights Group International (2008), los grupos minoritarios, entre ellos las comunidades indígenas están siendo severamente afectados por los impactos del cambio climático.

Esto se debe, en primer lugar, al grado de marginalidad que sufren estos grupos, debido a que su hábitat por lo general es muy vulnerable y están sufriendo las consecuencias por la escasez de alimentos, que está relacionada con la reducción de la biodiversidad.

El cambio climático también daña la estructura social de las comunidades indígenas, cuya cultura ancestral ha estado muy vinculada con el comportamiento de la naturaleza y las predicciones del clima para los cultivos ha jugado un rol muy importante en las estructuras de jerarquía comunitaria, que hoy se ven lesionadas por el cambio climático.

Otros factores muy importantes que contribuyen a elevar la vulnerabilidad ante el cambio climático en estos grupos humanos son:

- ▶ Escaso conocimiento de las amenazas por parte de las autoridades municipales y la población local.
- ▶ Ausencia de planes de evacuación y entrenamiento de la población en algunos casos.
- ▶ Deficientes mecanismos de alerta temprana.
- ▶ Falta de comunicación y entrenamiento de la población próxima a ciertas fuentes de peligro.

Todos los municipios de Nicaragua deberían adoptar un plan de adaptación ante el cambio climático debido a los complejos problemas de desarrollo no resueltos que tienen los principales centros poblados del país y llevar un proceso sistemático de adiestramiento a los grupos poblacionales más vulnerables para elevar las capacidades locales en materia de adaptación.

IV.6. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA ELEVACIÓN DEL NIVEL DEL MAR

El Grupo de Trabajo II TAR del IPCC (Mc Carthy et al., 2001) identifica varios impactos claves debido a la elevación del nivel del mar, entre los que se incluyen:

- Inundaciones de terrenos bajos y desplazamientos de humedales.
- Serie de alteraciones de mareas en ríos y bahías.
- Cambios en patrones de sedimentación.
- Inundaciones más severas por tormentas repentinas.
- Aumento en la intrusión de agua salada en estuarios y acuíferos de agua dulce.
- Aumento de daños causados por vientos y lluvias en regiones con tendencia a ciclones tropicales.

Estos efectos biofísicos tendrán además impactos socio-económicos directos e indirectos sobre el turismo, los asentamientos humanos, la agricultura, el suministro y la calidad de agua dulce, las pesquerías, los servicios financieros y la salud humana en las zonas costeras (Mc Lean et al., 2001; Nicholls, 2002).

Con la elevación del nivel del mar adicionalmente, las olas romperán más cerca de la costa, (como está sucediendo en estos momentos en algunos sectores de la Costa Caribe de Nicaragua) lo que a su vez aumenta la carga y el estrés sobre las estructuras costeras de defensa. Las profundidades crecientes del agua también pueden afectar las dinámicas de mareas y oleadas, aumentando los niveles de las aguas asociadas, incluyendo las alturas extremas de oleadas. Por lo tanto, aunque se mantengan constantes la trayectoria, la frecuencia y la intensidad de las tormentas, el aumento relativo del nivel del mar podría reducir el período del retorno de los niveles de agua extremos.

Las estadísticas indican que las frecuencias e intensidades de los ciclones que afectan a Nicaragua están creciendo, por tanto es muy probable que un escenario futuro de cambio climático contribuya a que el poder combinado, entre el aumento del nivel del mar y los ciclones, sean potencialmente aún más destructivos en toda la línea costera de la Costa Caribe del país.



Figura IV.19. La foto muestra un sector bajo de la Costa Atlántica, próximo a Sandy Bay, bajo los efectos del huracán Félix.

En cuanto al alcance de las mareas en los ríos, el aumento relativo del nivel del mar subirá el nivel de base para las inundaciones de ríos. Bajo el cambio climático, también podría haber un aumento en el caudal de los ríos, y estos dos factores interactivos podrían aumentar el riesgo de inundación.

Tal y como se ha mostrado en el mapa de amenaza, la mayor parte de la línea costera del litoral Atlántico podría ser afectada por la elevación del nivel del mar, a pesar de que son zonas poco pobladas, existen bajo riesgo importantes recursos naturales y áreas protegidas que podrían ser severamente dañadas, tal y como sucede en un sector de Laguna de Perlas.

Las costas de Nicaragua han sido muy poco estudiadas como recurso natural de mucho valor, por tal razón se hace imprescindible profundizar el análisis en detalle de los impactos que puede generar el cambio climático en las costas, así como los potenciales daños a las actividades económicas asociadas a estas.

Pesca

Uno de los recursos pesqueros más importante en términos económicos es el camarón en sus diversas especies cuyo rendimiento máximo sostenible es de 5.5 millones de libras en el Mar Caribe y de unos 1.7 millones de libras en el Océano Pacífico. Se estima que la captura llega al 84.6% del límite sostenible en el Caribe y al 75.6% del mismo parámetro en el Pacífico. La langosta, cuenta con un rendimiento máximo sostenible de 3.3 millones de libras en el Caribe y de 660,000 libras en el Pacífico. Según las estadísticas, desde 1998 el volumen capturado y exportado de langostas en el Caribe, igualó el rendimiento máximo sostenido (el 100% de su aprovechamiento), lo que evidentemente pone en peligro la estabilidad biológica de éste recurso en particular. (INPESCA, 2008) y (BCN, 2009)

El fenómeno de El Niño también impacta negativamente el sector pesquero, pues las ricas zonas de afloramiento estacional, ubicadas en el Golfo de Fonseca (en Nicaragua, Honduras y El Salvador), entre otras zonas, ven mermado su potencial pesquero debido a la disminución de los vientos alisios de norte-este, fenómeno que es originado por El Niño.

IV.7. EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA SALUD

Según el IPCC, (2002), los cambios en las variables climáticas han aumentado la frecuencia e intensidad de brotes de plagas y enfermedades acompañadas de desplazamientos hacia el polo o hacia altitudes más altas de los organismos que producen enfermedades o plagas. Por ejemplo, los brotes de *Choristoneura fumiferana* siguen frecuentemente las sequías y/o los veranos secos en partes de su gama.

La distribución de enfermedades infecciosas transmitidas por vectores (como la malaria y el dengue) y las transmitidas por los alimentos y el agua (como la diarrea) se han visto afectadas por cambios en factores climáticos.

Existen tres tipos de impactos sobre la salud que se encuentran asociados con las condiciones climáticas, ellos son: (UNFCCC, 2002)

- ▶ Los impactos que se relacionan directamente con el estado del tiempo o clima.
- ▶ Los impactos que resultan de los cambios ambientales que ocurren en respuesta al cambio climático.
- ▶ Los impactos que resultan de las consecuencias de la dislocación económica inducida por el clima.

Los primeros dos tipos, por lo general, incluyen enfermedades sensibles al clima; los cambios en la frecuencia e intensidad de extremos térmicos y acontecimientos climáticos extremos (por ejemplo, las inundaciones y las sequías) que afectan directamente a la salud de la población; y los impactos indirectos que ocurren por cambios en el rango y la intensidad de enfermedades infecciosas y transmitidas por los alimentos y el agua, y por cambios en la frecuencia de enfermedades asociadas a los contaminantes atmosféricos.

En la siguiente tabla se muestran los efectos del tiempo y el clima sobre la salud.

Tabla IV.5 Resumen de los efectos del tiempo y el clima sobre la salud

Resultados sobre la salud	Efectos del tiempo y del clima
Mortalidad por infartos cardiovasculares, respiratorios y de insolación.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Incrementos a corto plazo de la mortalidad durante las olas de calor. ▶ Las relaciones entre temperatura y mortalidad en poblaciones de climas templados. ▶ Incremento de muertes por insolación durante las olas de calor.
Rinitis alérgicas.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ El tiempo afecta la distribución, la estacionalidad y la producción de aeroalergénicos.
Enfermedades y mortalidad respiratorias y cardiovasculares.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ El tiempo afecta las concentraciones de contaminantes nocivos del aire.
Muertes y lesiones, enfermedades infecciosas y desórdenes mentales.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Las inundaciones, los deslizamientos de tierra y las tormentas de viento causan muertes y lesiones. ▶ Las inundaciones interrumpen el abastecimiento de agua y los sistemas de sanitación, y pueden dañar los sistemas de transporte y las infraestructuras para cuidados de la salud. ▶ Las inundaciones pueden desarrollar criaderos de mosquitos vectores que producen el brote de enfermedades. ▶ Las inundaciones pueden incrementar los desórdenes de estrés post-traumático.

Fuente: UNFCCC, 2002

El cambio sobre el comportamiento epidemiológico que genera el cambio climático, parte de considerar algunos elementos tales como:

- ▶ El clima influencia las enfermedades de manera directa e indirecta.
- ▶ Las enfermedades vectoriales no pueden ser pronosticadas sólo a partir de predicciones climáticas.
- ▶ Las relaciones entre clima, vectores, patógenos y huéspedes no pueden ser reducidas a una simple asociación entre temperaturas, humedad y enfermedades, pues incluyen a otras variables.
- ▶ Los modelos aplicados en riesgo climático sobre la salud deben considerar la heterogeneidad e interacciones de los procesos.

Según estadísticas del sistema de vigilancia epidemiológica de Nicaragua, se puede observar que muchas enfermedades, cuyas causas están relacionadas con las condiciones ambientales, higiene y clima, se están incrementando, mientras que otras enfermedades transmitidas por vectores mantienen una alta prevalencia.

Potenciales impactos negativos del cambio climático en Nicaragua

Por tal razón, se requerirán estudios particulares que permitan identificar los posibles comportamientos de ciertas enfermedades bajo condiciones climáticas diferentes, incorporando en dichos estudios las diferentes variables que intervienen en estas relaciones.

También es importante notar que el año 2007 fue muy activo en materia de tormentas que generaron inundaciones, obsérvese como la leptospirosis se elevó considerablemente en ese periodo, precisamente en las regiones que sufrieron inundaciones.

Tabla IV.6 Enfermedades sujetas a vigilancia epidemiológica

PATOLOGIAS	SEMANA 45		ANT. 44	ACUMULADO			
	2006	2007		CASOS		TASA	
				2006	2007	2006	2007
EDA	3771	3803	3685	156259	183742	279.33	328.46
ERA	32654	33516	30352	1044082	1368670	1,886.44	2,446.69
Enferm. Eruptivas en estudio	1	4	2	148	126	0.26	0.23
Parálisis flácida	0	1	0	19	24	0.03	0.04
Neumonía	7119	4916	4703	171574	207413	306.71	370.78
Casos confirmados sarampión	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Casos confirmados tosferina	0	0	0	6	0	0.01	0.00
Casos sospechosos tosferina	1	1	1	99	26	0.18	0.05
Tétanos neonatal	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Tétanos no neonatal	0	0	0	6	2	0.01	0.00
Dengue clásico confirmado	18	6	46	1139	1115	2.04	1.99
Dengue hemorrágico confirmado	3	1	4	35	129	0.06	0.23
Malaria Vivax	37	22	19	2255	859	4.03	1.54
Malaria Falciparum	3	1	1	262	67	0.47	0.12
Meningitis bacteriana	6	2	2	123	108	0.22	0.19
Meningitis meningocócica	0	0	0	5	6	0.01	0.01
Meningococcemia	0	0	0	3	2	0.01	0.00
Meningitis tuberculosa	0	0	0	2	2	0.00	0.00
Meningitis Viral	0	0	0	28	12	0.05	0.02
Intoxicación Plaguicida	17	20	26	1019	1164	1.82	2.08
Intoxicación alimentaria	0	55	90	256	447	0.46	0.80
Casos VIH	7	0	0	330	474	0.59	0.85
Casos SIDA	2	0	0	46	63	0.08	0.11
Les. Anim. Transm. Rabia	169	174	202	8306	9199	14.85	16.44
Les. Mordedura serpientes	14	14	20	560	554	1.00	0.99
Sospechosos Leptopirosis	1	344	1049	49	2594	0.09	4.64
Leptopirosis confirmada	1	14	120	49	394	0.09	0.70

Fuente: Sistema Nicaragüense de Vigilancia Epidemiológica. MINSA. Tasa por 10,000 habitantes.

De igual forma, las principales enfermedades causantes de muertes durante el año 2007 pueden tener su origen en perturbaciones ambientales y en algunos casos se registra crecimiento de un año a otro.

Durante el año 2007, las principales causas de muerte fueron:
Las enfermedades diarreicas agudas.

- ▶ Las infecciones respiratorias agudas.
- ▶ Las muertes por intoxicación con plaguicidas.
- ▶ Las muertes por Leptospirosis.

Tabla IV.7 Muertes sujetas a vigilancia epidemiológica en el año 2007

PATOLOGIAS	SEMANA 45		ANT. 44	ACUMULADO			
	2006	2007		CASOS		TASA	
				2006	2007	2006	2007
Muerte por EDA	5	3	0	125	115	2.29	2.06
Muerte por ERA	10	8	5	376	418	6.42	7.47
Muerte por Intoxicación Plaguicida	2	3	2	139	176	2.48	3.15
Muerte por Tétanos	0	0	0	3	0	0.05	0.00
Muerte por Tétano neonatal	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Muerte por Sarampión	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Muerte por tosferina	0	0	0	0	0	0.00	0.00
Muerte por Dengue	0	2	0	0	8	0.00	0.14
Muerte por Malaria	0	0	0	1	0	0.02	0.00
Muerte por Meningitis meningococ	0	0	0	0	2	0.00	0.04
Muerte por Meningococcemia	0	0	0	2	1	0.04	0.02
Muerte por Mordedura serpientes	1	0	0	8	1	0.14	0.02
Muerte por Leptopirosis	0	0	1	0	12	0.00	0.21
Muerte materna *	1	0	1	101	93	64.72	59.59
Óbito fetal **	11	9	8	773	706	4.95	4.52
Muerte neonatal **	9	17	12	980	1019	6.28	6.53

Tasa por 10, 000 hab.

Tasa por 100,000 Nve

Tasa por 1,000 Nve

Según los escenarios de cambio climático que han sido analizados para Nicaragua se proyecta una reducción de las precipitaciones y un aumento de la temperatura. O sea, existirá un clima más seco, lo que puede tener las siguientes implicaciones para la salud:

- ▶ Posible reducción el agua disponible para la higiene.
- ▶ Posible aumento del riesgo de incendios forestales, que afectan negativamente a la calidad del aire.
- ▶ Posible reducción de la disponibilidad de alimentos en poblaciones que son altamente dependientes de la productividad de la agricultura de sustento y/o que son económicamente débiles.
- ▶ Las altas temperaturas acortan el tiempo de desarrollo de los patógenos en sus vectores e incrementan el potencial de transmisión en humanos.
- ▶ Cada vector requiere de condiciones climáticas específicas (temperatura y humedad) necesarias para ser suficientemente abundantes para mantener la transmisión.

- ▶ La supervivencia de organismos causantes de enfermedades está relacionada con la temperatura.

Basado en lo anterior, se hace imprescindible adoptar importantes medidas de adaptación a las nuevas condiciones de salud que impondrá el cambio climático.

IV.8. CONCLUSIONES

1. A pesar de las limitaciones debido a la carencia de información e investigaciones, así como las incertidumbres sobre el nivel de respuesta local de los ecosistemas, se ha hecho una aproximación a los potenciales impactos que puede ocasionar el cambio climático en Nicaragua, adicionando en algunos casos la información de base actual disponible.
2. Aunque el análisis de los impactos se aborda en los recursos hídricos, agricultura, recursos naturales, biodiversidad, asentamientos humanos, costas y salud humana, se reconoce que los sistemas de salud humana y las costas no han sido abordados con suficiente profundidad en esta obra por carencia de información.
3. Importantes centros poblacionales de la regiones del Pacífico y central pudieran presentar altos índices de escasez de agua en algunos escenarios de calentamiento, consecuentemente podrían tener un nivel de impacto alto. En la región del Pacífico, se puede asociar a las ciudades de Managua, Masaya, Granada, Rivas, Chinandega y León, así como los municipios de Posoltega, Chichigalpa y Quezalguaque. También se incluyen áreas dedicadas al desarrollo del riego, como los de Occidente y la planicie de Tipitapa-Malacatoya.
4. Es muy probable que el cambio climático afectará la agricultura reduciendo la productividad y la diversidad de cultivos debido a la propagación de plagas y enfermedades, mayor exposición al estrés calórico de las plantas, disminución del agua, lavado de nutrientes (macro y micro) de la tierra producto de las lluvias intensas de forma repentina, incremento de la erosión eólica debido a vientos más fuertes, e incremento del número de incendios forestales en regiones más secas. Son particularmente sensibles los cultivos de cereales y granos.
5. Es muy probable que el cambio climático pudiera impactar severamente a los recursos naturales y a la biodiversidad, sobre todo en zonas costeras, en los ecosistemas de aguas continentales y montañosos. Pudieran presentarse fenómenos de aniquilación, extinción y emigración debido a las nuevas condiciones generadas en los hábitats.
6. Diversos factores de carácter social, geográfico, ambiental y económico hacen muy vulnerables a los asentamientos humanos de Nicaragua ante el cambio climático, sobre todo por la baja capacidad de resiliencia de la mayoría de los centros poblados generada por diversos factores ligados a las limitantes del desarrollo socio-económico.
7. Muchas de las vulnerabilidades que pudieran generar impactos pueden ser disminuidas mediante medidas de adaptación que serán abordadas en el próximo capítulo.

IV.9. GLOSARIO DE LOS PRINCIPALES TÉRMINOS UTILIZADOS EN EL CUARTO CAPÍTULO

Fuentes: IPCC, 2002, IPCC, 2007, Wikipedia, Enciclopedia Encarta, 2004

Agroclimáticas: Se refiere a las variables del clima que influyen decisivamente en el sector agrícola.

Agroecológica: Es la aplicación de los conceptos y principios de la ecología al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles.

Arrecife de coral: Cresta o parte elevada de una zona relativamente poco profunda del suelo marino, próxima a la superficie del mar. Está formada por una acumulación de aspecto y consistencia similar a la roca, de exo-esqueletos calcáreos (que contienen calcio) de animales de coral, algas calcáreas rojas y moluscos. Construida capa a capa por los corales vivos que crecen sobre los esqueletos de las generaciones pasadas, los arrecifes de coral crecen hacia arriba a un ritmo de entre 1 y 100 cm al año. Son tropicales, se extienden hasta 30° al norte y al sur del ecuador y sólo se forman donde la temperatura de las aguas superficiales no desciende nunca por debajo de los 16 °C.

Especies bioindicadoras: Especies o comunidad de organismos cuya presencia, comportamiento o estado fisiológico presenta una estrecha correlación con determinadas circunstancias del entorno por lo que pueden utilizarse como indicadores de estas.

Estuario: Área costera semi-cerrada donde las aguas saladas se mezclan con el agua dulce de los ríos. La vida en el estuario está marcada por la salinidad, cuyo gradiente disminuye desde el mar abierto hasta las desembocaduras de los ríos.

Evapotranspiración: El término evapotranspiración se utiliza para expresar el conjunto de pérdidas de agua en forma de vapor que se produce hacia la atmósfera en la vegetación y en la superficie del suelo.

Debido a la importancia que tiene la evapotranspiración dentro del ciclo hidrológico, así como el rol que juega en los procesos de desertificación de suelos, es una variable climatológica muy importante.

Fenología: Estudio de los fenómenos naturales que se repiten periódicamente en los sistemas biológicos (por ejemplo, las etapas de desarrollo o la migración) y de su relación con el clima y con los cambios estacionales.

Humedal: Ecosistema intermedio entre los de los ambientes permanentemente inundados (lagos o mares) y los de los ambientes normalmente secos; son las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua en general, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 metros.

Laguna cratérica: Lagunas formadas en los cráteres de volcanes como consecuencia de derrumbes que han obstruccionado la caldera de los mismos. En Nicaragua, todas las lagunas cratéricas están protegidas por la ley.

Ordenamiento ambiental: El ordenamiento ambiental se entiende como un conjunto de acciones estructuradas alrededor de las funciones ambientales específicas que cumple cada unidad del territorio (sus ecosistemas), con el propósito de lograr que tales funciones estén en concordancia con la aptitud natural de cada unidad, dentro de contextos locales, regionales y nacionales.

Ordenamiento del territorio: Es una función del Estado, encaminada a organizar la estructura político-administrativa de la Nación y proyectar espacialmente las políticas sociales, económicas, ambientales y culturales de la sociedad, propendiendo por un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente.

Sitio RAMSAR: Se denomina así a una parte del territorio nacional que se encuentra incluida en una lista de humedales de importancia internacional que incluye a más de 1,200 lugares y se le denomina así porque son el resultado de una convención relativa a humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas, conocida en forma abreviada como convenio RAMSAR ya que fue en esa ciudad de Turquía donde se desarrolló la mencionada convención. ■

CAPITULO 5

Hacia la adaptación al cambio climático en Nicaragua



V. 1. ADAPTACION: UN CAMINO POSIBLE Y NECESARIO

De los aspectos abordados en los capítulos anteriores, se pueden obtener los siguientes razonamientos:

1. El cambio climático global es un hecho inequívoco y de larga manifestación, o sea las emisiones de hoy generan peligros y amenazas futuras y los efectos de hoy son consecuencias de lo que se emitió en el pasado.
2. La forma más elemental de enfrentar los impactos del cambio climático global es incorporando un esfuerzo mancomunado de todos. Es imposible cargar como Nicaragua con este problema, con la globalización de las economías y los problemas ambientales de los países en desarrollo, sin que ello involucre responsablemente a todas las naciones y en primer lugar aquellas naciones que han contribuido a generar el problema y visiblemente lo siguen generando.
3. No hay que esperar mañana para actuar. Es ahora porque la atmósfera y los procesos que en ella se desarrollan obedecen a leyes, las cuales mantienen sus características, por lo que no tienen tiempos de reacción muy rápidos, comparados con los períodos humanos.
4. Los mecanismos de mercado utilizados hasta el presente no han demostrado ninguna utilidad práctica para reducir las emisiones, ni detener los efectos adversos del clima.
5. Nicaragua, debido a su ubicación geográfica y a sus condiciones de vulnerabilidad, está siendo afectada por el cambio climático con importantes costos en vidas humanas y económicas, acentuando en muchos casos la pobreza.
6. En Nicaragua, los recursos económicos destinados al desarrollo socio-económico del país y a la reducción de la pobreza tienen que ser utilizados, con mucha frecuencia, para socorrer los daños originados periódicamente por los diferentes eventos dañinos del cambio climático. O sea el país está pagando un alto costo por los daños de eventos meteorológicos que ocasiona el cambio climático.
7. La adaptación al cambio climático debe ser uno de los temas prioritario de nación y este debe iniciarse mediante un plan nacional de adaptación que involucre a todos los sectores.

Tal y como existen las amenazas y los riesgos anteriormente descritos, también existen vías para asumir los efectos adversos del cambio climático elevando las capacidades nacionales y locales para minimizar los daños y recuperarse de forma rápida.

En el siguiente cuadro, el IPCC, 2007 ha propuesto las principales acciones a desarrollar por sistemas ante los diferentes tipos de amenaza del cambio climático.

Cuadro V.1. Principales medidas por sistema propuestas por el IPCC, 2007

Pautas para la adaptación por sistemas				
Riesgos del cambio climático	Alimentos, fibras y silvicultura	Recursos hídricos	Salud humana	Industria, asentamientos y sociedad
Desecación y sequía	<p>Cultivos: Desarrollo de nuevas variedades resistentes a la sequía; cultivos intercalados; retención de los residuos de cultivos; manejo de las malas hierbas; agricultura con el uso del riego y los hidropónicos; almacenamiento de agua</p> <p>Ganadería: Alimentación suplementaria; cambios en el índice de repoblación; pastoreo alternado y rotación de los pastos.</p> <p>Social: Servicios de extensión mejorados; alivio de la deuda; diversificación del ingreso</p>	<p>Reducción de las pérdidas de agua. Gestión de la demanda de agua mediante sistemas de medición y determinación de precios, Conservación de la humedad del suelo, por ejemplo, mediante el recubrimiento del terreno con capa orgánica. Desalinización del agua del mar. Conservación del agua subterránea mediante la recarga artificial. Educación para un de uso sostenible agua</p>	<p>Almacenamiento de los granos y preparación de estaciones de alimentación en caso de emergencia Suministro de agua potable segura y adecuado saneamiento Fortalecimiento de las instituciones públicas y de los sistemas de salud Acceso a los mercados internacionales de alimentos</p>	<p>Mejores capacidades de adaptación, sobre todo en la búsqueda de medios de subsistencia Incorporación del tema del cambio climático en los programas de desarrollo Mejores sistemas de abastecimiento de agua y coordinación entre las jurisdicciones</p>
Mayores Precipitaciones e inundaciones	<p>Cultivos: Sistemas de pólder y drenaje mejorados; desarrollo de promoción de cultivos alternativos; ajuste de las plantaciones y de los cronogramas de cosecha; sistemas agrícolas flotantes</p> <p>Social: Servicios de extensión mejorados</p>	<p>Mejor implementación de medidas de protección, incluidos el pronóstico y alerta contra inundaciones, regulaciones mediante legislaciones sobre planificación y el ordenamiento territorial; promoción de los servicios de seguro; y reubicación de los activos vulnerables</p>	<p>Medidas estructurales y no estructurales. Sistemas de alerta temprana. Planificación de la preparación en caso de desastres. Socorro de emergencia eficaz posterior a los fenómenos.</p>	<p>Mejores infraestructuras de protección contra las Inundaciones. Edificaciones "a prueba de inundaciones". Cambio del uso de la tierra en áreas de alto riesgo. Realineamiento o búsqueda de espacios para agua. Mapeo de las áreas de riesgo de inundación; alerta contra inundaciones. Habilitación de las instituciones comunitarias.</p>

Pautas para la adaptación por sistemas				
Calentamiento y olas de calor	<p>Cultivos: Desarrollo de nuevas variedades resistentes al calor; cambio de la periodicidad de las actividades; control y vigilancia de las plagas que afectan a los cultivos.</p>	<p>Gestión de la demanda de agua mediante sistemas de medición y determinación de precios. Educación para un uso sostenible del agua.</p>	<p>Sistemas de vigilancia internacionales para detectar el brote de enfermedades. Fortalecimiento de las instituciones públicas y de los sistemas de salud.</p>	<p>Programas de asistencia para grupos especialmente vulnerables. Mejora de las capacidades adaptativas. Cambios tecnológicos.</p>
Calentamiento y olas de calor	<p>Ganadería: Garantizar protección y sombra; cambio a razas tolerantes al calor. Silvicultura: Control de los incendios mediante el cambio en el diseño de los rodales, planificación de los paisajes, rescate de la madera muerta, eliminación de los sotobosques. Control de los insectos mediante la quema prescrita, control con medios no químicos de las plagas. Social: Diversificación del ingreso.</p>		<p>Sistemas de alertas térmicas nacionales y regionales. Medidas para reducir el efecto de isla de calor en las áreas urbanas mediante la creación de espacios verdes. Ajuste de las formas de vestir y los niveles de actividad; aumento del consumo de líquidos</p>	
Velocidad del viento y formación de tormentas	<p>Cultivos: Desarrollo de cultivos resistentes al viento (por ejemplo, la vainilla).</p>	<p>Diseño e implementación de las defensas costeras para proteger los suministros de agua de la contaminación.</p>	<p>Sistemas de alerta temprana; planificación de la preparación en caso de desastres; socorro de emergencia eficaz. posterior a los fenómenos.</p>	<p>Preparación en caso de emergencias, incluidos los sistemas de alerta temprana. Infraestructuras con más capacidad adaptativa . Opciones financieras de gestión de riesgo tanto para regiones desarrolladas como en desarrollo.</p>

FUENTE: IPCC, 2007.

La voluntad política de la comunidad internacional dirigida a mitigar el cambio climático global consiguió plasmarse en 1997, en el Protocolo de Kioto.

Entre los principales elementos que conforman el Protocolo de Kioto se encuentran:

- ▶ Compromisos cuantitativos que incluyen metas de emisión y compromisos generales.
- ▶ Implementación de políticas y medidas nacionales, y de mecanismos de flexibilización, que contribuyan a hacer viable el cumplimiento de los compromisos.
- ▶ Minimización de impactos para los países en desarrollo, incluyendo la creación de un fondo de adaptación.
- ▶ Preparación de inventarios nacionales de emisiones para la generación de un sistema de información internacional.
- ▶ Sistema de aseguramiento del cumplimiento de los compromisos asumidos por las partes.

Los gases de efecto invernadero cubiertos por el Protocolo de Kioto son los siguientes:

- ▶ Dióxido de carbono (CO₂)
- ▶ Metano (CH₄)
- ▶ Óxido nitroso (N₂O)
- ▶ Hidrofluorocarbonos (HFCs)
- ▶ Perfluorocarbonos (PFCs)
- ▶ Hexafloruro de azufre

Se estima que los primeros tres gases generan aproximadamente el 50%, 18% y 6%, respectivamente, del reforzamiento radiactivo que influye en el calentamiento global debido a las actividades humanas. Existen otros gases de efecto invernadero no cubiertos por el Protocolo de Kioto, los cuales ya se encuentran cubiertos por el Protocolo de Montreal, dado que también contribuyen al adelgazamiento de la capa de ozono.

V. 2. LAS NEGOCIACIONES INTERNACIONALES

Los compromisos cuantitativos de limitación y reducción de emisiones, establecidos por el Protocolo de Kioto, representan una reducción agregada, para todos los países que tienen esa obligación, para alcanzar al menos el 5% de los niveles de emisión verificados en 1990. Esos niveles deben alcanzarse en el primer período de compromiso, establecido entre 2008 y 2012.

Todos los países del anexo I tienen metas individuales de emisión, que están enunciadas en el anexo B del Protocolo y que fueron establecidas luego de intensas negociaciones.

Para atenuar las presuntas cargas económicas de los países altamente industrializados derivadas del proceso de reducción de emisiones al que deben someterse estos países, el Protocolo de Kioto crea un conjunto de mecanismos de flexibilización, tales como:

- ▶ Implementación conjunta de proyectos.
- ▶ Mecanismo de Desarrollo Limpio.
- ▶ Comercio de emisiones.

Sin embargo, la entrada en vigencia del Protocolo se ha visto demorada por los desacuerdos respecto a su implementación, que reflejan el diverso abordaje que los países hacen del tema, la existencia de patrones de consumo diferenciados y culturas contrastantes y, a la vez, la existencia de intereses económicos divergentes, en un escenario internacional signado por enfrentamientos crecientes, problemas de seguridad, el aumento de la desigualdad, que dificultan el logro de acuerdos y relegan la importancia de la dimensión ambiental en la agenda internacional.

Las respuestas de los países se caracterizan, por una parte, en las obligaciones propias que surgen de la Convención, como las que incluyen la implementación de programas de mitigación del cambio climático y, por otra parte, en las acciones de adaptación y preparación frente a la nueva situación que deberá enfrentar cada país, enmarcará sus acciones dentro de sus circunstancias nacionales: económica, social, geográfica y cultural.

En resumen, el compromiso contraído por los países desarrollados en materia de reducción de emisiones, según el Protocolo de Kioto, se muestra en el siguiente gráfico:

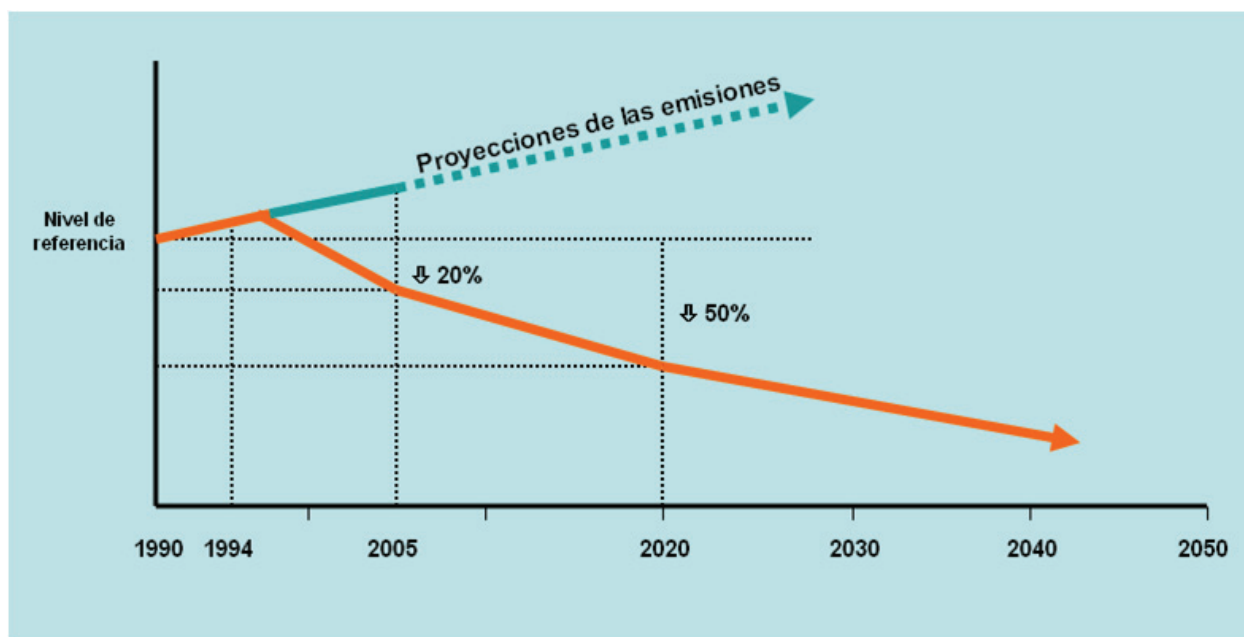


Figura V.1. Compromiso de reducción de emisiones contraído por los países desarrollados a través del Protocolo de Kioto.

Muchos países aún están lejos de cumplir los compromisos de Kioto, aunque todavía no es el momento de medir los resultados de ese instrumento internacional, algunas informaciones recopiladas indican resultados pocos alentadores.

Los compromisos de reducción de emisiones de la Unión Europea en virtud del Protocolo de Kioto son de un promedio de 8%. La reducción real no supera el 2% y las proyecciones de la Agencia Europea del Medio Ambiente sugieren que las políticas actuales no cambiarán el escenario hasta el 2010. Las emisiones del sector transporte aumentaron en un 25% y las que provienen de la generación de calor y electricidad, en un 6%. (AEMA 2006).

Dentro de la Unión Europea, Italia y España reportan cierta lejanía de los objetivos establecidos en Kioto. En España, las emisiones aumentaron prácticamente 50% desde 1990 debido a un sólido crecimiento económico y una mayor utilización de energía generada por carbón, luego de períodos de sequías. Por su parte, Italia incrementó las emisiones en el sector transporte. (AEMA, 2007)

Canadá acordó un objetivo de reducción del 6% en sus emisiones, las que por el contrario aumentaron un 27%, razón por la cual el país supera en alrededor de 35% el margen de su objetivo fijado en Kioto. (Pembina Institute. 2007).

En el 2005, las emisiones de Japón eran 8% superiores a los niveles de 1990, no obstante el objetivo de reducción de 6% fijado en Kioto. Las proyecciones basadas en la tendencia actuales indican que el país se desviará de su objetivo aproximadamente en un 14%. (Ikkatai, Seiji. 2007).

Los Estados Unidos son signatarios del Protocolo de Kioto, pero aún no han ratificado el tratado. Si lo hubiera ratificado, hasta el año 2010, deberían haber reducido sus emisiones en un 7% respecto a los niveles de 1990. Sin embargo, las emisiones totales aumentaron un 16%. Para el año 2010, las proyecciones indican que las emisiones superarán en 1,8 Gt los niveles de 1990, tendencia que va en aumento. (EIA, 2006)

Al igual que los Estados Unidos, Australia no ratificó el Protocolo de Kioto y sus emisiones aumentaron prácticamente al doble de la tasa que se le habría exigido al país en caso de haber participado en el tratado, con un aumento de 21% desde 1990. El alto nivel de dependencia de la generación de energía basada en carbón contribuyó a enormes aumentos en el sector de la energía, donde las emisiones de CO₂ crecieron más de 40%. (AIE, 2006)

Por otra parte, es importante aclarar que los seis grupos de escenarios de estabilización de CO₂ expuestos por el IPCC (Ver el capítulo 2) fueron seleccionados de acuerdo al criterio establecido en el mandato de la COP¹³ que fueran viables económicamente, de tal manera que los escenarios con niveles menores a 450 ppm de CO₂ eq fueron descartados por no resultar económicamente viables de acuerdo al análisis costo-beneficio. Por tal razón, todos los grupos de escenarios considerados económicamente viables, conducen a un incremento de la temperatura en este siglo que pudiera ser superior a 2°C, lo que puede elevar el nivel de riesgo a sufrir efectos adversos en distintos sistemas naturales y humanos: sistemas fluviales, agrícolas, ecosistemas, glaciares, comunidades humanas, salud, pequeñas islas, entre otros.

Debido al alto grado de vulnerabilidad climática de Centroamérica, y muy especial en Nicaragua se impone la necesidad de exigir en las negociaciones internacionales el logro de una meta global de reducción de emisiones absolutas que eviten incrementos en la temperatura mayores a 1° C (con respecto a 1750), a fin de no perturbar peligrosamente el sistema climático en esta región, mediante escenarios de estabilización que estén entre 300 y 350 ppm CO₂ eq. Lo cual implicaría una meta global de reducción del 50% para los países desarrollados a partir del 2017.

13 (i) COP. Conferencia de las partes (reuniones anuales para revisar el avance de las negociaciones. La última fue la COP 15 en Copenhague. Dinamarca.

Esto está fundamentado por los siguientes aspectos:

1. Debido a condiciones geográficas, geológicas y económicas Nicaragua se ubica en una posición geográfica muy vulnerable debido a su exposición ante los diferentes eventos climáticos, por tanto si las amenazas crecen producto al incremento de la temperatura los daños pueden ser más significativos
2. En el pasado siglo el planeta registró un calentamiento global de 0.7 grados centígrados según el IPCC (2007), mientras que 10 estaciones meteorológicas Nicaragüenses registraron en los últimos 30 años del pasado siglo incrementos de temperatura entre 0.2 y 1.6 grados, o sea que debido a condiciones locales, mientras el mundo se calienta dos grados, Nicaragua puede calentarse mas
3. Los estudios mencionados en el capítulo cuarto demuestran importantes pérdidas en la biodiversidad con un aumento de temperatura de dos grados
4. Y además debe tomarse en consideración el problema de las asimetrías, los niveles de desarrollo de los países altamente industrializados les permite aceptar que la temperatura llegue a los 2°C como meta en este siglo, porque los recursos acumulados y sus capacidades quizás puedan podrán afrontar los impactos del cambio climático; en cambio los países, denominados en vías de desarrollo, como lo es Nicaragua es muy difícil que pueda soportar los efectos de este incremento

Además, aún logrando las metas anteriores, todavía quedan por delante las grandes incertidumbres generadas por las inercias.

En física se dice que un sistema tiene más inercia cuando resulta más difícil lograr un cambio en el estado físico del mismo, por tal motivo la inercia se concibe como la dificultad o resistencia que opone un sistema físico o un sistema social a posibles cambios.

Esta ley física es aplicable al cambio climático, ya que el sistema climático presenta un nivel de inercia importante.

El tiempo de vida en la atmósfera del dióxido de carbono, que es el principal gas de efecto invernadero, es de 100 años por lo que un cambio en la cantidad de emisiones hacia la atmósfera, tomará un tiempo en cambiar las concentraciones. O sea, una reducción en las emisiones tomará un tiempo importante en representar una reducción significativa en las concentraciones del gas y por tanto, la reducción de la temperatura global será notoria décadas después de que las concentraciones hayan disminuido.

Bajo ese mismo principio, los océanos tienen una tendencia a mantener su calentamiento, aun después de cesar las causas que lo originan por un período de tiempo, por tanto, el calentamiento de los océanos que hace muy propicia la actividad ciclónica en el Caribe, se mantendrá aun después de haber descendido la temperatura global, como consecuencia de un descenso de las emisiones de gases de efecto invernadero.

En este contexto, también es lógico pensar que el calentamiento de los océanos continuará aun después de una reducción de las emisiones. Todo ello debido a la inercia.

Este fenómeno de la inercia es el que explica por qué es importante que los países desarrollados inicien la mitigación ahora y no mañana.

El fenómeno de la inercia también afecta el necesario cambio tecnológico para la mitigación porque normalmente las inversiones en infraestructura son de larga duración (40 a 70 años).

En el 2008, concluyó en Poznan (Polonia), la XIV conferencia de las partes (COP), donde se buscaba básicamente un acuerdo sobre:

- ▶ El Plan de Bali: acuerdo global de acción cooperativa post 2012.
- ▶ Metas de reducción de emisiones dentro del Protocolo de Kioto para los países desarrollados.

El Plan de Bali consistió en una acción importante después de vencer los términos del Protocolo de Kioto en el 2012 y se acordó:

- ▶ Visión compartida.
- ▶ Intensificación de las medidas de mitigación:
 - i) Reducción de emisiones para los países desarrollados.
 - ii) Reducción de emisiones para los países en desarrollo.
 - iii) Opciones forestales.
 - iv) Opciones de mitigación costo-efectivas (ej.: mercados).
- ▶ Intensificación de las medidas de adaptación.
- ▶ Transferencia de tecnologías para adaptación y mitigación.
- ▶ Intensificación del financiamiento.

Los países centroamericanos, en el marco del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) están avanzando, en estos años, a buen paso en la definición de posiciones comunes ante las negociaciones internacionales sobre cambio climático, no obstante aún persisten importantes divergencias entre los objetivos nacionales y las posiciones como grupo en algunos casos.

Posteriormente Nicaragua ha formado parte del grupo de los países del ALBA, que sostenido varias reuniones para definir una posición común frente a las negociaciones internacionales venideras

V.3. PRINCIPALES ACCIONES EN CENTROAMÉRICA

Como resultado de la toma de conciencia sobre el problema generado por el cambio climático, los jefes de Estado y de gobierno de Belice, El Salvador, Guatemala, Honduras, Panamá, Costa Rica, Nicaragua y República Dominicana, países miembros del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), los Estados miembros de la Comunidad de El Caribe (CARICOM), y con la presencia de México como observador del SICA, reunidos en San Pedro Sula, Honduras, el día 28 de mayo de 2008, conscientes de que el cambio climático es uno de los problemas más graves que enfrenta la humanidad, que sus impactos ponen en peligro el desarrollo económico y social, y que además aumentan la vulnerabilidad de las poblaciones y de sus medios de vida, decidieron iniciar un proceso de amplia participación de todos los sectores de la sociedad para construir una estrategia común para enfrentar los impactos del cambio climático.

Paralelo a este proceso, la sociedad civil centroamericana ha venido organizándose con el propósito de participar e incidir en la toma de decisiones.

Un antecedente de referencia se ubica en el Primer Encuentro Regional de Líderes Políticos por el Medio Ambiente, celebrado en la Ciudad de Guatemala, los 27 y 28 de noviembre de 2008, denominado “Compromiso por la vida” donde se reconoce que, en los últimos 20 años, Centroamérica ha experimentado éxitos relativos en áreas de vital importancia para el bienestar de las personas. La riqueza ha crecido en un ambiente de estabilidad macro-económica, apertura y diversificación.

Posteriormente y paralelo a la cumbre de presidentes centroamericanos, celebrada en la ciudad de San Pedro Sula, Honduras, se celebró una cumbre de la sociedad civil bajo el lema “Acción ante el cambio climático”, los días 23 a 27 de mayo de 2008, también en San Pedro Sula, Honduras.

La declaración de la sociedad civil sobre cambio climático está basada en los siguientes principios:

1. Las estrategias de atención al cambio climático deben ser políticas de Estado.
2. Cumplir la justicia ambiental.
3. La adaptación debe ser el eje central de la estrategia regional de cambio climático.
4. Debe crearse un verdadero sistema de gestión del conocimiento e información.
5. Debe haber cambios en la matriz energética.
6. Se deben fortalecer los espacios de participación de la sociedad civil en la formulación de la Estrategia Centroamericana de Cambio Climático.

Desde la cumbre de San Pedro Sula, hasta la fecha se han desarrollado importantes acciones de cara a las negociaciones de la Conferencia de las Partes y reuniones internacionales, resultando en lo que pudieran ser nuevas posiciones de la sociedad civil (no consensuadas por sus diferentes organizaciones) y que se encuentran expresadas en diferentes documentos; algunas de las cuales están expresadas en las posiciones de los gobiernos y otras no. Por tal razón, se hace importante un acercamiento entre los actores de los gobiernos centroamericanos y la sociedad civil para lograr una mayor fortaleza en las posiciones comunes de la región centroamericana ante las negociaciones internacionales.

Casi unas horas antes de concluir los trabajos de edición de este libro concluyó en Dinamarca la COP XVI. En esta cumbre después de casi dos semanas sin lograr propuestas tangibles que permitieran hacer vinculante un acuerdo en materia de reducción de emisiones, horas antes de la conclusión de la cumbre, Estados Unidos y otros cuatro países pusieron sobre la mesa una propuesta que el presidente estadounidense, calificó de “acuerdo significativo”.

En torno a este documento, los debates se prolongaron durante toda la noche con la intención de evitar que la reunión acabara sin un acuerdo final.

A pesar de que la propuesta ya había recabado el apoyo de la mayoría de los delegados, para que el documento fuera adoptado como acuerdo oficial de Naciones Unidas, era necesaria la aprobación unánime de los 193 estados que participan en la cumbre. Algo que no sucedió.

El acuerdo alcanzado incluye la aceptación de limitar el aumento de la temperatura a menos de 2 °C y promete una inversión de US\$30.000 millones en ayuda a los países en desarrollo a lo largo de los próximos tres años.

También establece el objetivo de llegar a los US\$100.000 millones anuales para 2020.

Además, el texto presenta un método para verificar la reducción de las emisiones por parte de los estados en desarrollo.

Sin embargo el documento encontró la oposición de Nicaragua, Venezuela, Bolivia, Cuba y Sudán, que argumentaron que las medidas reflejadas son insuficientes para solucionar el problema del cambio climático.

“Muchos estados aceptaron el acuerdo con cierta resistencia porque lo consideran corto en acciones concretas. Otros, como estos países latinoamericanos y algunos estados insulares, se sienten descontentos, no sólo con el contenido del acuerdo, sino también con la manera en que se ha elaborado, incluyéndolos del proceso.

La representante de Venezuela aseguró que no estaban dispuestos a “vender su voto por 30.000 millones de dólares”, el dinero que, según el acuerdo, se destinará a los países pobres durante los próximos tres años para luchar contra el cambio climático.

A última hora, para que la cumbre saliera del estancamiento, la conferencia decide tomar nota del Acuerdo de Copenhague del 18 de diciembre de 2009”, sin que el Acuerdo de Copenhague fuera vinculante.

El secretario General de Naciones Unidas, Ban Ki-moon aseguró: “Tenemos un acuerdo”, después de que la conferencia reconociera el acuerdo propuesto por Estados Unidos, China, Brasil, India y Sudáfrica. Sin embargo, el máximo responsable de la ONU admitió que es “consciente de que esto es sólo el principio”.

Después de dos semanas de intenso debate, la cumbre de Copenhague deja, al menos, dos certezas:

1. Existe un evidente interés por parte de los países desarrollados en crear una nueva ley internacional, que sustituya el Protocolo de Kioto
2. El debate sobre el cambio climático está lejos de su fin.

V.4. OBJETIVOS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN NICARAGUA

Las medidas de adaptación deben abarcar un amplio abanico de posibilidades que estimule la reflexión y la toma de decisiones, también deben tener un carácter integral y ofrecer un marco de propuesta de acciones individuales a los distintos grupos de actores del país que garanticen una

paulatina y sostenida disminución de los impactos adversos del cambio climático, reduciendo los impactos negativos al medio ambiente. Además, debe establecerse un mecanismo sencillo que facilite la coordinación de estas medidas entre todos los actores que participan, previo a su implementación en el territorio, para cada sistema, sector o recurso en particular.

Para lograr una adecuada implementación de las medidas de adaptación debe partirse de un Plan de Acción Nacional cuyo punto de apoyo debe ser una Estrategia Nacional de Cambio Climático que debe impulsar el gobierno involucrando a todos los actores.

También el gobierno debe guiar las acciones acompañando las regulaciones con acciones informativas y disuasivas que podría incluir incentivos económicos en los casos más complejos, así como también se requerirá de un sistema de inspección y monitoreo para lograr un adecuado cumplimiento del proceso de adaptación.

Los sistemas objeto de adaptación pueden ser entre otros:

- ▶ Recursos hídricos
- ▶ Agricultura
- ▶ Biodiversidad y recursos naturales
- ▶ Asentamientos humanos
- ▶ Infraestructuras y territorio
- ▶ Salud
- ▶ Costas

El MARENA ha trabajado en relación a la determinación de objetivos de adaptación, según los compromisos adquiridos por el país en la Cumbre de San Pedro Sula. En la siguiente tabla, se expresan algunos objetivos de adaptación identificados por el MARENA, 2008, los que deberán ser enriquecidos mediante un Plan de Acción Nacional.

Tabla V.1 Algunos objetivos de adaptación al cambio climático en Nicaragua

Sectores	Objetivos de adaptación
Recursos hídricos	Desarrollar planes de conservación y manejo de cuencas hidrográficas que partan de la definición de las áreas más vulnerables ante los impactos del cambio climático.
	Impulsar la reforestación de cuencas hidrográficas priorizadas.
	Reducir y prevenir la contaminación por aguas residuales, domésticas, industriales y agropecuarias.
	Aplicar la Ley General de Aguas y su reglamento, con el fin de dar inicio a una eficiente y adecuada administración integral del agua.
	Regular y controlar el recurso hídrico con el fin de garantizar un uso planificado y sostenible.
	Mejorar los sistemas de abastecimiento y riego disminuyendo las fugas.
	Mejorar, ampliar y facilitar el acceso a las bases de datos hidrometeorológicas

Sectores	Objetivos de adaptación
Agricultura	Trabajar por mejorar el uso de los suelos acorde con sus vocaciones, reduciendo las contradicciones de uso, el sobre-uso y técnicas agrícolas no sostenibles.
	Diversificar la producción en las zonas más vulnerables donde los rendimientos potenciales no llegarían a cubrir los costos de producción.
	Desarrollar e implementar técnicas más eficientes para el manejo de los cultivos.
	Potenciar el uso sostenible de los recursos agua y suelo, a fin de mitigar los efectos esperados ante el cambio climático.
	Desarrollar programas de semillas mejoradas.
	Fomentar los sistemas silvopastoriles y agroecológicos.
	Promover políticas de manejo sostenible de tierra (MST).
Biodiversidad y recursos naturales	Desarrollar buenas prácticas agrícolas para una mejor gestión en las tierras con uso agrícolas, para la reducción de la erosión eólica e hídrica y de las emisiones de gases de efecto invernadero.
	Regulación, control y mejoramiento en el uso de productos químicos y fertilizantes.
	Reducir amenazas antropicas que causan fragmentación de los ecosistemas boscosos.
	Equilibrar las necesidades para el uso sustentable del recurso hídrico para el ser humano y la fauna silvestre en tierras secas y sub-húmedas.
	Implementar acciones que favorezcan la protección específica de los humedales (ríos y lagos) que ayuden a la protección de su biodiversidad y reducir las presiones no climáticas en esas áreas.
	Reducir las presiones que sufren las zonas costeras por causas antropogénicas como son la contaminación, sobre pesca, tala de mangle, erosión, entre otros.
	Promover la funcionalidad ecosistémica y productividad forestal.
Asentamientos humanos	Promover e implementar el ordenamiento territorial, así como ejercer un control en el uso del territorio.
	Promover los planes de desarrollo urbano y el mejoramiento de las infraestructuras incorporando la evaluación de los riesgos ante el cambio climático.
	Elaborar un plan especial de adaptación de los asentamientos humanos costeros.
	Elaborar y hacer cumplir normativas urbanas para disuadir el desarrollo habitacional en zonas de alto riesgo.
	Elaborar campañas de saneamiento ambiental y protección contra la contaminación ambiental.
	Promover planes de desarrollo habitacional conforme a códigos de seguridad implementando diseños arquitectónicos con el uso de materiales térmicos de acuerdo a la adaptación del cambio climático y en función de la prevención y mitigación de desastres.
	Promoción y apertura de nuevos mercados de materiales de la construcción para la construcción de viviendas sustentables. Promover programas de mejoramiento de barrios.

Sectores	Objetivos de adaptación
Infraestructuras y territorio	Reducir la vulnerabilidad que provocan las obras viales al medio ambiente.
	Fortalecer el marco legal del transporte acuático.
	Preparar al sector turismo para la adaptación al cambio climático.
	Reducción de la vulnerabilidad en el uso del territorio.
	Divulgar los macro programas de desarrollo de los países en zonas fronterizas que se ejecutan en la región centroamericana y que pueden afectar al país vecino.

Fuente: MARENA, 2008

Forman parte también de los objetivos de adaptación, el conjunto de objetivos que deben lograrse también en materia de formación de capacidades, educación y sensibilización. Aquí deben abordarse objetivos para fortalecer la organización comunitaria y la participación de las organizaciones de base, la empresa privada y las instituciones del Estado en la futura implementación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

También, es importante introducir consideraciones relativas al cambio climático en los planes nacionales y regionales de desarrollo, y en los planes sectoriales más relevantes y promover la investigación, el desarrollo de conocimientos y la capacitación en estos temas.

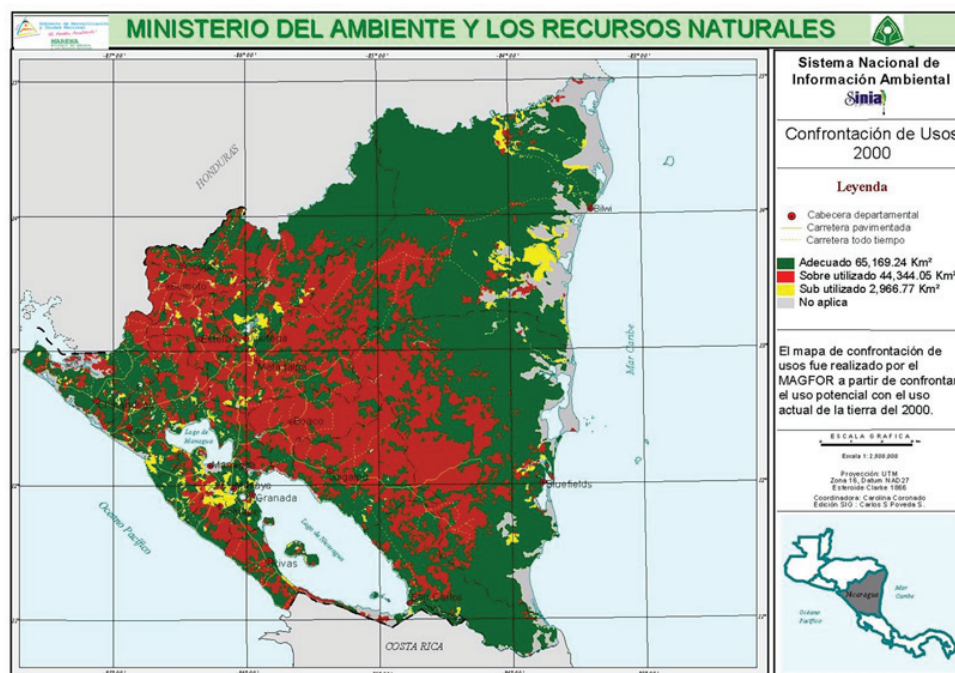


Figura V.2. Uno de los objetivos de adaptación más importante consiste en disminuir la superficie de suelo que está siendo sobre utilizado (44,344.05 km²), lo cual ocurre en las zonas de mayores pendientes. En la figura se muestra de confrontación de usos del suelo en el año 2000. (Fuente: SINIA-MARENA)

V.5. MEDIDAS GENERALES DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO POR SECTORES

Existe un significativo número de acciones que están vinculadas a un grupo de objetivos, algunos de los cuales han sido descritos por MARENA, 2008 (Borrador de Estrategia Nacional de Cambio Climático). No obstante en este tópico, se abordarán las medidas de adaptación más generales que pueden ser consideradas para incorporar bajo escenarios generales y no en situaciones particulares, como una contribución para avanzar en materia de educación y sensibilización, pues la articulación de esta tarea es una potestad del gobierno a través del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

V.5.1. Medidas generales de adaptación en las costas

Como se ha explicado, los impactos en las zonas costeras de Nicaragua podrían ser importantes, debido a las características de las costas, así como el peligro combinado de huracanes, más la elevación del nivel de mar. Sin embargo las poblaciones en esos territorios pueden tener capacidad de adaptarse debido a que la densidad de población que vive en las proximidades de las costas, todavía es baja y son muy escasas las infraestructuras socio-económicas que pueden sufrir daño, sobretodo en la Costa Caribe.

La adaptación en las costas debe enfocarse dentro de un proceso de manejo integrado de zonas costeras, el cual debe incluir algunas de las siguientes medidas: (UNFCCC, 2007)

Aumento de la fuerza de los diseños infraestructurales y las inversiones a largo plazo. La infraestructura que presta servicios de protección y abrigo de la población debe ser diseñada para resistir los acontecimientos extremos más intensos y frecuentes. (Para la Costa Caribe, la presión base de diseño para considerar la carga de viento en esas edificaciones de salud y albergue de la población, debiera ser 250kg/cm²).

Las zonas expuestas deben mejorar su capacidad de resiliencia mediante la eliminación de las causas que originan estrés sobre los recursos alimentarios. Por ejemplo, la diversificación de patrones alimenticios de la población costera y la diversificación de cultivos, aliviando la dependencia alimentaria de los productos del mar.

No permitir el desarrollo de inversiones en zonas altamente amenazadas próximas a las costas. Por ejemplo, los desarrollos en llanuras de inundación pueden aumentar el número de personas y la cantidad de propiedades en áreas costeras bajas vulnerables al aumento del nivel del mar y a tormentas costeras.

Trabajar por mejorar los conocimientos, preparación y previsión sociales. La educación sobre los riesgos del cambio climático y cómo reducirlos o reaccionar ante ellos puede ayudar a reducir vulnerabilidad.

Desarrollar un eficiente sistema de alerta temprana.

Recuperación de tierras frente a la costa para permitir el desarrollo de nuevos espejos de agua dulce.

Extracción de agua subterránea salina para reducir la afluencia e infiltración.

Infiltración de agua dulce superficial.

Inundación de áreas bajas.

Ensanchamiento de áreas de dunas existentes donde ocurre la recarga natural de agua subterránea.

Creación de barreras físicas.



Figura V.3. En los casos donde las condiciones locales lo permitan, se pueden construir obras de defensa contra la penetración del mar. Las obras mediante escolleras de rocas, diques, etc., deben ser cuidadosamente estudiadas para evitar otros impactos ambientales colaterales.

V.5.2. Medidas generales de adaptación en la agricultura

Las medidas de adaptación en la agricultura pueden ser diversas y extensas dependiendo de las condiciones locales, el tipo de suelo y los propios escenarios climáticos previstos.

A continuación se relacionan algunas medidas:

Utilización, validación y homologación de modelos tecnológicos para la producción tanto agrícola como ganadera, basada en la elevación de la productividad.

Alternabilidad en el calendario de siembras con la implantación de proyectos de riego y utilización de tecnologías adecuadas.

Promoción de tecnologías de labranza mínima (evitando la quema de residuos de cosechas), difundiendo prácticas de ciclos productivos cerrados.

Optimización del agua de riego y del uso de fertilizantes, mediante el mejor uso del suelo y de las tierras agropecuarias, la recuperación de tierras erosionadas, incrementando la productividad para evitar el avance de la frontera agrícola.

Para la producción de arroz (alimento básico en la dieta nacional), se propone el mejoramiento genético en las variedades usadas que disminuyen el período vegetativo, manejo de agua, fertilización y beneficio de la cosecha, dando mejor uso a los sub-productos, como la cáscara de arroz, en procesos agroindustriales.

Selección de cultivos que sean resistentes a sequías o calor, resistentes a plagas y variedades de maduración más rápida (o más lenta) de acuerdo al ciclo climático.

Cambiar la fecha de siembra.

Incorporar terrazas, camellones para retención de humedad y materia orgánica.

Uso de arado profundo para romper estratos impermeables y para aumentar la infiltración.

Cambio de prácticas de barbecho y cobertura.

Alternar cultivos para evitar aumento de sequías en verano.

Invertir épocas de cultivos para reducir infestación de malezas.

Alterar espaciamiento entre filas y plantas para aumentar la extensión radicular hasta el agua del suelo

Captación de agua para aumentar disponibilidad hídrica.



Figura V.4.a. Sistema de camellones en contorno para aprovechar el agua.



Figura V.4.b. Siembra en terrazas según las curvas de nivel para evitar la erosión.



Figura V.5.a. Construcción de surcos para la captación de agua..



Figura V.5.b. Enriqueciendo el suelo con materia orgánica de los desechos de cultivo.



Figura V.6.a. Cortina rompe-viento para evitar la erosión eólica en zonas de fuertes vientos..



Figura V.6.b. La diversificación de cultivos protege al suelo de la erosión y mejora la cobertura vegetal.

V.5.3. Medidas generales de adaptación para los recursos naturales

Algunas medidas de adaptación en relación a los bosques y los recursos naturales son:

Plantaciones forestales de protección: se trata de formar masas forestales para controlar los procesos erosivos, regular el régimen hídrico, captar CO₂ y disminuir su vulnerabilidad frente al cambio climático.

Protección forestal contra incendios mediante la difusión e implementación de actividades de prevención y control, para disminuir el nivel de ocurrencia de incendios forestales en un escenario de cambio climático previsible.

Protección forestal contra plagas y enfermedades.

Desarrollo rural integral en cuencas hidrográficas considerando el manejo sustentable de las cuencas hidrográficas para preservar el recurso suelo, la vegetación y el agua.

Difundir e implementar sistemas agroforestales incrementando la utilización de especies forestales en las áreas agrícolas para mejorar la productividad y frenar el deterioro del recurso suelo por efecto de la erosión eólica e hídrica, y a la vez incrementar la cobertura vegetal en áreas críticas.

Difundir e implementar sistemas silvopastoriles que permiten incrementar la utilización de especies forestales de usos múltiple, que proporcionen forraje y leña y disminuyan el deterioro del suelo por el sobre-pastoreo en áreas críticas.

Fomentar la plantación de árboles y arbustos en asociación con pastizales, a fin de que las especies plantadas ofrezcan beneficios adicionales a los propietarios, como madera, leña y frutos, protección al ganado y a los pastos ante los efectos del clima, y aporte de materia orgánica a los suelos.

Implementar medidas efectivas para disminuir el avance de la frontera ganadera.

Conservar los remanentes boscosos para asegurar su adaptación al cambio climático.

Manejo sustentable de bosques nativos.

Implementar técnicas de manejo forestal para bosques nativos bajo el principio de sustentabilidad, para la obtención de productos maderables y no maderables, asegurando su conservación y la continuidad de sus procesos biológicos y contribuyendo a la adaptación al cambio climático.

Implementar las técnicas de manejo forestal de plantaciones para la obtención de productos maderables para disminuir la presión sobre los bosques nativos.

Fomentar el establecimiento de plantaciones forestales de calidad, propiciar su adecuado mantenimiento y reposición, con la finalidad de producir materias primas industriales y de disminuir la presión sobre los bosques nativos.

Formular e implementar programas integrales para detener la desertificación y de esta forma preservar los recursos suelo y agua, en las zonas críticas identificadas en el estudio de vulnerabilidad.

Proteger el suelo de procesos erosivos provocados por los fenómenos climáticos, especialmente en áreas con escasa cobertura vegetal.

Manejo sustentable de ecosistemas frágiles, especialmente los manglares y humedales, que requieren medidas específicas según cada caso.

Formular e implementar actividades compatibles con la conservación de ecosistemas vulnerables al cambio climático como son los páramos, humedales y manglares.

Conservar un banco genético de especies vegetales y animales adaptadas al cambio climático.

Conservar y proteger los recursos naturales mediante la aplicación de prácticas de manejo sustentable del agua y del suelo.



Figura V.7.a. Ejemplo de sistemas silvopastoriles.



Figura V.7.b. Ejemplo de sistemas agroforestales.

V.5.4. Medidas generales de adaptación para los recursos hídricos

Algunas de las medidas generales de adaptación al cambio climático en relación a los recursos hídricos son:

Proteger las fuentes de agua superficial y subterránea.

Construir obras de retención de sedimentos y energía.

Construir obras de control de inundaciones.

Introducir los estanques y sistemas de cosechas de agua.

Implementar técnicas tradicionales para el riego.

Implementar proyectos de trasvases de agua hacia zonas con alta vulnerabilidad, según los índices de escasez de los recursos hídricos.

Implementar un programa de protección y reforestación de márgenes de ríos y zonas de mayor vulnerabilidad enfocado a la formación de bosques ribereños para prevenir la erosión de los suelos y mantener el curso natural de los ríos.

Aumentar la cobertura en saneamiento en comunidades vulnerables que sean priorizadas.



Figura V.8.a. Ejemplo de cosecha de agua en fincas.



Figura V.8.b. Sistemas de regadío que sirven para controlar inundaciones.



Figura V.9.a. Ejemplo de dissipador de energía de las corrientes de agua. (Fuente POSAF-MARENA)



Figura V.9.b. Ejemplo de sistemas de retención de sedimentos. (Fuente POSAF-MARENA)

V.6. ACCIONES CIUDADANAS DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los ciudadanos, de forma individual u organizada en comunidades, pueden desarrollar acciones que contribuyan a reducir los efectos adversos del cambio climático. A continuación se proponen algunas acciones:

1. Evitar el sobre consumo y contaminación de agua y recursos naturales.

- ▶ Usar duchas y no bañaderas o jacuzzis. Con esta medida se puede ahorrar 7,000 litros al año.
- ▶ Mantener la ducha abierta sólo el tiempo indispensable.
- ▶ Evitar dejar la llave de agua abierta en los aseos.
- ▶ Evitar lavar los alimentos con la llave abierta. Se debe de utilizar un recipiente, pues esta agua se puede aprovechar para regar las plantas.
- ▶ No enjabonarse bajo el chorro de agua.
- ▶ Utilizar la lavadora sólo cuando está completamente llena.
- ▶ Evitar arrojar al inodoro bastoncillos, papeles, compresas o tampones, ya que este no es un recipiente de basura.
- ▶ Reparar lo más pronto posible las fugas: 10 gotas de agua por minuto suponen 2,000 litros de agua al año desperdiciados.
- ▶ Las casas deberían tener varias llaves de paso para controlar de forma rápida las fugas debido a roturas por sectores.
- ▶ En la jardinería, utilizar plantas autóctonas, que requieren menos cuidado y menos agua.
- ▶ El agua procedente de la lavadora puede re-utilizarse para los baños, limpiar pisos, hacer aseo o lavar el frente de la casa.
- ▶ Evitar tirar el aceite por los lavaplatos: el aceite debe ser recolectado, ya que flota sobre el agua y es muy difícil de eliminar.
- ▶ Todas las viviendas deberían tener conectados los lavaplatos a un separador de grasas.

- ▶ No arrojar ningún tipo de basura al mar, ríos o lagos.
- ▶ Regar los jardines y calles con agua no potable o preferiblemente colectada de la lluvia.
- ▶ El mejor momento para regar es la última hora de la tarde, ya que evita la evaporación.
- ▶ El agua de cocer alimentos se puede utilizar para regar las plantas.
- ▶ El gel, el champú y los detergentes son contaminantes: hay que usarlos con moderación y de ser posible, optar por productos poco agresivos para el medio ambiente.
- ▶ Siempre que sea posible, debe colectarse el agua de lluvia para uso en la agricultura o el huerto, construyendo piletas o depósitos cerrados.

2. Manejar adecuadamente los desechos sólidos reciclando, reduciendo y reutilizando.

- ▶ Al reutilizar 100 kilogramos de papel, se le salva la vida al menos a 7 árboles.
- ▶ Disponer depósitos en la vivienda para recolectar los desechos orgánicos separados de los no orgánicos.
- ▶ Siempre que sea posible, debe usarse papel reciclado y escribir siempre por los dos lados de las hojas.
- ▶ Evitar malgastar las servilletas, pañuelos, papel higiénico u otra forma de papel.
- ▶ Elegir siempre que sea posible, envases de vidrio en lugar de plástico, tetrapack y aluminio.
- ▶ Promover y colaborar con las empresas dedicadas a la compra de materiales reciclables como papel periódico, libros viejos, botellas, etc.
- ▶ Buscar formas inteligentes para el reciclado de productos tecnológicos que contienen sustancias tóxicas o peligrosas, tales como teléfonos celulares, computadoras, calculadoras, baterías, de todo tipo, tubos de luz fluorescente, etc.

3. Los hábitos sanos de alimentación disminuyen el impacto en la producción de alimentos.

- ▶ Disminuir el consumo de carnes rojas (el ganado vacuno produce gases de efecto invernadero). Producir un kilogramo de carne roja gasta más agua que 365 duchas.
- ▶ Debe evitarse siempre que sea posible consumir alimentos enlatados, especialmente atún porque está en vía de extinción.
- ▶ No consumir alimentos “transgénicos” (organismos manipulados genéticamente) ya que su producción generalmente se hace con monocultivo, que deteriora las tierras.
- ▶ No consumir animales exóticos como tortugas, iguanas, y demás animales de la fauna silvestre. Por el contrario se debe consumir más frutas, verduras y legumbres que carnes.
- ▶ No debe comprarse pescados, camarones y langostas de tamaños pequeños para consumir, pues esto contribuye a la extinción.
- ▶ Si es posible, no consumir alimentos cultivados con herbicidas, insecticidas, fungicidas u otras sustancias químicas.
- ▶ No consumir productos que tengan un solo uso.

4. No consumir más energía que la necesaria.

- ▶ Usar agua caliente sólo cuando sea necesario. Si es posible no utilice un calentador eléctrico, sino de gas. Graduar el calentador entre 50 y 60 grados.
- ▶ No usar en exceso la plancha, tostadora, hornos, microonda o lavadora, que gastan mucha energía y agotan los recursos para generarla. Esto lleva a que en Nicaragua sea necesario usar petróleo, para hacer frente a la demanda energética, emitiendo gases que contribuyen al calentamiento global.
- ▶ Tratar de cocinar con gas preferiblemente que con energía eléctrica y en las zonas rurales, utilizar cocinas de leña mejoradas.
- ▶ Desconectar de la red eléctrica todos los equipos eléctricos que no se estén usando, incluyendo los transformadores de energía.
- ▶ Utilizar bujías de bajo consumo de energía.
- ▶ Moderar el consumo de latas de aluminio.
- ▶ Evitar usar o comprar productos de PVC (plástico) ya que contaminan muchísimo y la mayoría no son reciclables.

5. Hacer uso eficiente de los medios de transporte.

- ▶ Tratar de no viajar solo, los traslados se pueden hacer en grupos o en transporte público.
- ▶ Las llantas del vehículo deben estar bien infladas para que ahorre gasolina y el motor no la queme en exceso.
- ▶ Revisar periódicamente la emisión de gases del vehículo.
- ▶ No debe acelerarse cuando el vehículo no esté en movimiento.
- ▶ Reducir el consumo de aire acondicionado en el vehículo pues este reduce la potencia y eleva el consumo de la gasolina.
- ▶ La velocidad de traslado debe ser moderada y constante, evitando las maniobras y paradas innecesarias.
- ▶ Evitar cargar innecesariamente el vehículo con mucho peso. A mayor carga, mayor consumo de combustible.

6. Edificar las casas y comunidades en lugares seguros

Para ello no debe permitirse la ubicación de viviendas en los siguientes lugares:

- ▶ Zonas con riesgo de deslizamiento de masas de tierra (debajo de cerros muy empinados).
- ▶ Zonas inundables.
- ▶ Zonas de alta peligrosidad sísmica.
- ▶ Suelos con pendientes mayores al 15%.
- ▶ Sobre humedales o terrenos pantanosos.
- ▶ Dentro de los derechos de inundación de lagos y embalses (zonas bajas o pegadas a los ríos y lagos).
- ▶ En terrenos con una altura inferior a 20 metros respecto al nivel medio del mar en la costa del Pacífico de Nicaragua, ni a menos de 30 metros de distancias del nivel medio del mar.
- ▶ En el radio de acción de volcanes activos o en zonas a sotavento de emisión permanentes de gases volcánicos.

Construir las casas según los siguientes principios:

- ▶ Incorporar en los diseños de viviendas la ventilación natural cruzada para favorecer el régimen térmico de los locales (ventanas en todos los locales y en posiciones opuestas para que circule el aire).
- ▶ Utilizar materiales aislantes del calor.
- ▶ Orientar las casas de acuerdo al recorrido solar para disminuir el sobrecalentamiento de superficies.
- ▶ Propiciar la máxima iluminación natural en los espacios interiores de las viviendas.
- ▶ Utilizar preferiblemente colores que reflejen la luz solar (colores claros).
- ▶ La separación mínima entre viviendas debe ser de 0.60 m.

V.7. MÁS INFORMACIÓN

El IPCC ha producido abundante información sobre el cambio climático, la cual está disponible de forma impresa o en versión digital.

Los principales materiales preparados por el IPCC son los siguientes:

- Informe de síntesis: Tal como se ha definido en los procedimientos del IPCC, el informe de síntesis (IDS) resume e integra el material contenido en los informes de evaluación e informes especiales del IPCC. El IDS del cuarto informe de evaluación incorpora material aportado al CIE por los tres grupos de trabajo, y se nutre de información contenida en otros informes del IPCC, según el caso. El IDS está basado exclusivamente en las evaluaciones de los grupos de trabajo del IPCC, y no contiene referencias a las publicaciones científicas básicas, ni juzga sus conclusiones.

Una información mucho más amplia está contenida en los informes de los grupos de expertos.

- El resumen para responsables de políticas (RRP) del IDS contiene el resumen más condensado de nuestros conocimientos actuales acerca de los aspectos científicos, técnicos y socio-económicos del cambio climático.

Para acceder a los detalles científicos o a las publicaciones científicas básicas de las que se ha nutrido el IDS, se puede consultar los capítulos y secciones correspondientes de los informes de grupos de trabajo mencionados en el informe extenso del IDS.

Al final de esta obra, se incluyen referencias completas a la bibliografía científica básica consultada para las evaluaciones del IPCC y se ofrece la información más detallada, por regiones y por sectores.

También está disponible como bibliografía complementaria el Informe de Desarrollo Humano, 2007 dedicado al cambio climático, producido por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Otra fuente de información puede consultarse en la Dirección de Cambio Climático del Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARENA).

V.8. CONCLUSIONES

Tal y como la ciencia ha contribuido a pronosticar el cambio climático, sus riesgos e impacto, también ofrece información sobre acciones que urgen implementarse para asumir los efectos adversos del cambio climático, elevando las capacidades nacionales y locales para minimizar los daños y recuperarse de forma rápida.

En el plano internacional, el principal instrumento de negociación diplomática es el Protocolo de Kioto, firmado en 1997, el cual tiene los siguientes principales elementos:

- ▶ Compromisos cuantitativos que incluyen metas de emisión y compromisos generales.
- ▶ Implementación de políticas y medidas nacionales, y de mecanismos de flexibilización, que contribuyan a hacer viable el cumplimiento de los compromisos.
- ▶ Minimización de impactos para los países en desarrollo, incluyendo la creación de un fondo de adaptación.
- ▶ Preparación de inventarios nacionales de emisiones para la generación de un sistema de información internacional.
- ▶ Sistema de aseguramiento del cumplimiento de los compromisos asumidos por las partes.

Muchos países aun están muy lejos de cumplir los compromisos de Kioto, y Estados Unidos y Australia ni siquiera ratificaron el Protocolo por lo que no están comprometidos a la reducción de las emisiones

El Plan de Bali consistió en una acción importante después de vencer los términos del protocolo de Kioto y se logró:

- ▶ Visión compartida.
- ▶ Intensificación de las medidas de mitigación:
 - i) Reducción de emisiones para los países desarrollados.
 - ii) Reducción de emisiones para los países en desarrollo.
 - iii) Opciones forestales.
 - iv) Opciones de mitigación costo-efectivas (ej.: mercados).
- ▶ Intensificación de las medidas de adaptación.

Nicaragua, como parte de Centroamérica, ha trabajado por unificar esfuerzos de cara a las negociaciones internacionales y trabaja por implementar una estrategia y un plan nacional de adaptación ante el cambio climático.

Los ciudadanos, de forma individual u organizada en comunidades, pueden desarrollar acciones que contribuyan a reducir los efectos adversos del cambio climático, entre las que se destacan:

1. Evitar el sobre consumo y contaminación de agua y recursos naturales.
2. Manejar adecuadamente los desechos sólidos reciclando, reduciendo y reutilizandolos.
3. Los hábitos sanos de alimentación disminuyen el impacto en la producción de alimentos.
4. No consumir más energía que la necesaria.
5. Hacer uso eficiente de los medios de transporte.
6. Edificar las casas y comunidades en lugares seguros.

V.9. GLOSARIO DE LOS PRINCIPALES TÉRMINOS USADOS EN EL QUINTO CAPITULO

Fuentes: IPCC, 2002, IPCC, 2007, Wikipedia, Enciclopedia Encarta, 2004

Actividades de aplicación conjunta (AAC): Fase piloto de la aplicación conjunta, tal como se define en el artículo 4.2 a) de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, que contempla la realización de proyectos conjuntos entre países desarrollados (y sus empresas) y entre países desarrollados y en desarrollo (y sus empresas). Las AAC están concebidas para que las partes en la CMCC adquieran experiencia en actividades de proyectos ejecutados de forma conjunta. Las AAC no devengan ningún crédito durante la fase piloto. Aún se debe decidir sobre el futuro de los proyectos de AAC y su relación con los mecanismos de Kioto. Por constituir una modalidad simple de permisos negociables, las AAC y otros esquemas basados en el mercado son mecanismos capaces de estimular flujos adicionales de recursos para reducir las emisiones.

Acuerdo voluntario: Acuerdo entre una autoridad gubernamental y una o más partes privadas para lograr objetivos medio-ambientales, o para mejorar los resultados medio-ambientales más allá del cumplimiento de las obligaciones estipuladas. No todos los acuerdos voluntarios son realmente voluntarios; algunos incluyen incentivos y/o penalizaciones vinculados a la adhesión o al cumplimiento de los compromisos.

Aplicación conjunta (AC): Mecanismo de implementación basado en el mercado y definido en el artículo 6 del Protocolo de Kioto, que permite a los países del anexo I o a las empresas de esos países ejecutar conjuntamente proyectos que limiten o reduzcan sus emisiones o que potencien sus sumideros, y compartir sus unidades de reducción de emisiones. Las actividades de AC están también permitidas en virtud del artículo 4.2 a) de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas.

Cambio tecnológico: Generalmente considerado como una mejora tecnológica; es decir, como la posibilidad de proporcionar más o mejores bienes y servicios en base a un volumen de recursos dado (factores de producción). En los modelos económicos, se diferencia entre cambio tecnológico autónomo (exógeno), endógeno e inducido. Los cambios tecnológicos autónomos (exógenos) vienen impuestos desde fuera del modelo, y suelen consistir en una tendencia temporal que afecta a la demanda de energía o al crecimiento de la producción mundial. Los cambios tecnológicos endógenos se producen por efecto de una actividad económica en el interior del modelo; en otras palabras, las tecnologías escogidas están incluidas en el modelo, y afectan a la demanda de energía y/o al crecimiento económico. Un cambio tecnológico inducido implica un cambio tecnológico endógeno, pero incorpora cambios adicionales inducidos por determinadas políticas y medidas, como la aplicación de impuestos sobre el carbono, que promueve la investigación y el desarrollo.

Comercio de emisiones: Sistema que utiliza mecanismos de mercado para la consecución de objetivos medio-ambientales. Permite a los países que reducen sus emisiones de gases de efecto invernadero por debajo de su tope de emisión, utilizar o comerciar con sus excedentes de reducción para compensar las emisiones de otra fuente en el interior o en el exterior del país. Normalmente, la compra-venta puede efectuarse a nivel interno de una empresa, o a nivel nacional o internacional

Impacto de mercado: Impacto que puede cuantificarse en términos monetarios y que afecta directamente al Producto Interno Bruto; por ejemplo, las variaciones de precio de los insumos y/o bienes agrícolas. Véase también impactos no de mercado.

Mecanismo para un desarrollo limpio (MDL): Se define en el artículo 12 del Protocolo de Kioto, el mecanismo para un desarrollo limpio persigue dos objetivos: 1) ayudar a las partes no incluidas en el anexo I a lograr un desarrollo sostenible y a contribuir al objetivo último de la Convención; y 2) ayudar a las partes del anexo I a dar cumplimiento a sus compromisos de limitación y reducción de emisiones cuantificados. Las unidades de reducción de emisiones certificadas vinculadas a proyectos MDL emprendidos en países no incluidos en el anexo I que limiten o reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero, siempre que hayan sido certificadas por entidades operacionales designadas por la conferencia de las partes o por una reunión de las partes, pueden ser contabilizadas en el haber del inversor (estatal o industrial) por las partes incluidas en el anexo B. Una parte de los beneficios de las actividades de proyectos certificados se destina a cubrir gastos administrativos y a ayudar a países en desarrollo, particularmente vulnerables a los efectos adversos del cambio climático, para cubrir los costos de adaptación.

Mecanismos de Kioto (denominados también mecanismos de flexibilidad): Mecanismos económicos basados en principios de mercado que las partes en el Protocolo de Kioto pueden utilizar para tratar de atenuar los efectos económicos que podrían ocasionar los requisitos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Abarcan la aplicación conjunta (artículo 6), el mecanismo para un desarrollo limpio (artículo 12) y el comercio de derechos de emisión (artículo 17).

Países del anexo I: Grupo de países incluidos en el anexo I (según la versión enmendada de 1998) de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, incluidos todos los países pertenecientes a la OCDE en 1990 y los países de economía en transición. En virtud de los artículos 4.2 a) y 4.2 b) de la Convención, los países del anexo I se comprometen específicamente a retornar, por separado o conjuntamente, de aquí al año 2000, a sus niveles de emisión de gases de efecto invernadero de 1990. De no indicarse lo contrario, los demás países se denominarán “países no incluidos en el anexo I”. En <http://unfccc.int> se encontrará una lista de los países incluidos en el anexo I.

Países incluidos en el anexo II: Grupo de países incluidos en el anexo II de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) de las Naciones Unidas, incluidos todos los países pertenecientes a la OCDE en 1990. En virtud del artículo 4.2 g) de la Convención, estos países deberían proporcionar recursos financieros para ayudar a los países en desarrollo a cumplir sus obligaciones, por ejemplo, la preparación de sus informes nacionales. Los países del anexo II

deberían también promover la transferencia de tecnologías medio-ambientalmente racionales a los países en desarrollo. En <http://unfccc.int>. se encontrará una lista de los países incluidos en el anexo II.

REDD: Siglas en inglés de un mecanismo de mercado titulado “Reduce emissions from deforestation and forest degradation”.

Reforestación: Plantación de bosques en tierras que ya habían contenido bosques pero que habían sido destinadas a otro uso. El término bosque y otros términos de naturaleza similar, como forestación, reforestación y deforestación, están explicados en el informe especial del IPCC sobre uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2000).

Tecnología: Aplicación práctica de conocimientos para conseguir un fin específico haciendo uso tanto de artefactos técnicos (hardware, equipamiento) como de información (‘software’ o know-how para la producción y utilización de artefactos).

Transferencia de tecnología: Intercambio de conocimientos, de hardware y del software correspondiente, de dinero y de bienes entre partes interesadas, que permite difundir una tecnología con fines de adaptación o de mitigación. Abarca tanto la difusión de tecnologías como la cooperación tecnológica entre países o en el interior de un mismo país. ■

BIBLIOGRAFIA

Capítulo 1

BECKER, D. (1997). *Global Warming Central: Debate number three*. [Http://www.law.pace.edu](http://www.law.pace.edu).

CANADIAN ENVIRONMENTAL AGENCY. (1997). *Environmental Issues*. [Http://www.eei.org/](http://www.eei.org/).

CHANG, J. H. (1968), *Climate and agricultural: an ecological survey*. Aldine, Chicago. EE.UU.

FANGER, P. O. (1973), *Thermal environments preferred by man*. Building International. Vol. 6 No1. Inglaterra.

GLYNN, J, Y HEINKE, G. (1999), *Ingeniería Ambiental*, Prentise Hall, 2da ed. México

GIVONI, B. (1976), *Man Climate and Architecture*. Applied science publisher. Inglaterra.

GIVONI, B. (1968), *Ventilation problems in hot countries*. Building Research station. Haifa.

HOLDRIDGE, L. (1978), *Ecología orientada a Zonas de Vida*, Centro de Ciencia Tropical. San José. Costa Rica.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, (2001), *Amenazas Naturales en Nicaragua*. Managua, Nicaragua.

IPCC, 2007. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Four Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.*

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR LAND RECLAMATION AND IMPROVEMENT, (1972), *Field book for land and water management expert*. ILRI, Wageningen.

KOEPPEL, W,(1938), *Des Geographischen System dar Klímate*. En: W.Kóeppen y R. Geiger: *Handbuciider Klimarologie*. Borhtraeger, Berlín, Alemania

LASHOF, D. (1997). *Global Warming Central: Debate number three*. [Http://www.law.pace.edu/](http://www.law.pace.edu/)

MARENA, 2008, *Estrategia Nacional de Cambio Climático* (en imprenta). Managua. Nicaragua

MCIL VEEN, J. R. (1986). *Basic Meteorology*. Van Nostrand Reinhold, UK. Pág. 457.

MILÁN J.A., 2004, *Manual de estudios ambientales para la planificación y los proyectos de desarrollo*. UNI-PEAUT, Managua. Nicaragua

MILLER, G. T. (1991). *Environmental Science, Sustaining the Earth*. Wadsworth Publishing Company, USA. Tercera Edición. Pág. 465

MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal), Gobierno de Nicaragua, (1999). *Regionalización Biofísica del Departamento de Nueva Segovia*. Managua. Nicaragua.

MOPT (1992), *Guías para la elaboración de estudios del medio físico (contenido y Metodología)*. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente. (MOPT). España

OEA/DDRMA (1991), *Manual de manejo de Peligros Naturales en la Planificación Integrada para el Desarrollo Regional*. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la Organización de Estados Americanos. Washington. EE.UU.

OLGYAY, V. (1963), *Design with climate*. 4ta ed. Princeton University Press. New Jersey. EE.UU

THORNTWALTE, C. W. Y MATNER, J. R, (1955), *The water budget and its use in irrigation*. USDA Yearbook of Agricultural, USDA. Washington, EE.UU.

TURC, L, (1954), *Le bilan des eaux des sols*. Sols Africains, 3. págs.

WMO (ORGANIZACION METEOROLOGICA MUNDIAL (1964), *Winds, Breaks and Shelterbelts*. Technical

WWW.WMO.ORG (pagina Web de la organización meteorológica mundial)

WWW.NOAA.GOV : página Web de la Agencia de Administración Oceanográfica y Atmosférica de los estados Unidos de América, 2009

Capítulo 2

AGUILAR, E., et Al., 2005: *Changes in precipitation and temperatures in Central America and Northern South America, 1961-2003*

BAER P (2006): *The worth of an ice sheet "High stakes: designing emission pathways to reduce the risk of dangerous climate change*. Meinshausen M 2006 On the risk of Overshooting 2°C.

BCN, 1996, 2000, 2001, 2002. *Informe Anual Nacional*.

- BCN, 1994, 2000. *Encuesta Anual de la Industria Manufacturera*.
- BCN, 2001 – 2002. *Indicadores Económicos Oficiales*.
- BECKER, D. 1997. *Global Warming Central: Debate number three*. [Http://www.law.pace.edu](http://www.law.pace.edu).
- CAMPOS O. M., PICADO T. F., RAPIDEL B. (et. Al). *Escenarios climaticos y socio-economicos de Nicaragua para el siglo XXI*. Proyecto Primera Comunicación Nacional. MARENA, Marzo del 2000, 48 Págs.
- CANADIAN ENVIRONMENTAL AGENCY. 1997. *Environmental Issues*. [Http://www.eei.org](http://www.eei.org)
- CATHALAC, PNUD, GEF, 2008. *Síntesis Regional: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba* [E. Sempris, M. Chiurliza, Joel Pérez y M. Tuñon (edt.)].
- CENTELLAA. (2008), *Resultados de la evaluación de escenarios climáticos para Nicaragua utilizando el modelo PRECIS*. Presentación en Power Point. MARENA. Nicaragua.
- CLIMATE CHANGE, (1995), *the source of climate change, contributions of working group 1 to de second assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. UNEP and WMO. Cambridge Press
- CNE, 2000. *Balance Energético Nacional*.
- COMISIÓN INTER-SECTORIAL DE CAMBIO CLIMÁTICO, 2007, *Estrategia Nacional de Cambio Climático*, México. Ciudad México.
- DUNN, S. 1997. *Controlling the Climate experiment*. Earthtimes. [Http://www.earthtimes.com/EAAI](http://www.earthtimes.com/EAAI), 2000. Estadísticas Oficiales.
- FAO-MAGFOR, 2004. *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020*. Informe Nacional Nicaragua. Editor Melvin Guevara. ROMA. 103 p.
- IMN-MINAE-CRRH, 2006: *Estudio de escenarios regionales*. Costa Rica
- INAFOR, 2000. *Valoración forestal*.
- INAFOR, 2002. *Informe de monitoreo de plagas y de incendios forestales en Nueva Segovia*.
- INAFOR, 2004. *Frontera agrícola*.
- INAFOR, 2007. *Reporte de áreas quemadas a nivel nacional*.

INEC, 1995. *VII Censo Nacional de Población y III de vivienda*, 1995.

INE, 2000. *Estadísticas de hidrocarburos*.

INEC, 2001. *III Censo Nacional Agropecuario (CENAGRO)*. Resultados Finales.

INEC, 2001. *Encuesta Nacional sobre Medición del Nivel de Vida 2001*.

INIFOM, 1998. *Rellenos sanitarios y tratamiento de residuos líquidos de mataderos municipales*.

INEC (Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censo), en 1995: *Censo de población de Nicaragua*.

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, (2001), *Amenazas Naturales en Nicaragua*. Managua.

IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) (1995), *Segunda evaluación del Panel de Expertos Intergubernamentales del Cambio Climático*. Bonn. Alemania

IPCC (1995), (2001), *Tercera evaluación del Panel de Expertos Intergubernamentales del Cambio Climático*. Ginebra. Suiza

IPCC, 1996. *Guía revisada para la elaboración de Inventario de Gases de Efecto Invernadero*.

IPCC, 1996. *Instrucciones para realizar el Informe del Inventario de los Gases de Efecto Invernadero (Volumen I)*, Directrices del IPCC, versión revisada 1996

IPCC, 1996. *Libro de Trabajo para el Inventario de los Gases de Efecto Invernadero (Volumen II)*, Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, versión revisada 1996

IPCC, 1996. *Manual de Referencia para el Inventario de los Gases de Efecto Invernadero*, versión 1996.

IPCC, 2003. *Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, 2003.

IPCC, 2007. Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M

GUERRERO J.F, (2003), *Evaluación de la temperatura y las precipitaciones en Nicaragua*. WEB. INETER. Dirección General de Meteorología. Managua. Nicaragua

MARENA-ONDL (Oficina Nacional de Desarrollo Limpio), 2008. *Resumen Ejecutivo Segundo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*, año 2000. Proyecto Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Proyecto PNUD – NIC10-00036532; [F. Picado y A. Martínez (Editores)].

MARENA, (2008). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. (Borrador)

MILLER, G. T. 1991. *Environmental Science, Sustaining the Earth*. Wadsworth Publishing Company, USA. Tercera Edición. Pág. 465.

MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal), Gobierno de Nicaragua, (1999). *Regionalización Biofísica del Departamento de Nueva Segovia*. Managua. Nicaragua

PACE ENERGY PROJECT. 1997. Global Warming Central. Pace University School of Law. [Http://www.law.pace.edu/](http://www.law.pace.edu/).

PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo), 2007, *Informe sobre desarrollo humano 2007-2008, La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido*. New York. EE.UU.

SINIA (Centro de Información Ambiental)-MARENA, (2005): Archivo de Mapas del SINIA-MARENA

STOLZ, W.; ALVARADO, L., VILLALOBOS, R.; BARRANTES, J. 2006. *Escenarios de Cambio Climático para Centro América y Costa Rica*.

PNUMA-TWAS, *Assessment of Impacts and Adaptation Measures for the Water Resources Sector due to Extreme Events under Climate Change Conditions in Central America*. Comité Regional de Recursos Hidráulicos del Istmo Centroamericano (CRRH), Universidad de Costa Rica (UCR).

SUWAR-MARENA, 1996. *Vulnerabilidad, Hidrogeología* Managua, Tomo 1.

TAYLOR, M. A. CENTELLA, A., CHALERY, J., BORRAJERO, I., BEZANILLA, A., CAMPBELL, J., RIVERO, R., STEPHENSON, T. S., WHYTE, F, WATSON, R. (2007). *Glimpses of the Future: A Briefing from the PRECIS Caribbean Climate Change Project*, Caribbean Community Climate Change Centre, Belmopan, Belize. 24 pp.

WCED. 1990. *Our Common Future*. Oxford University Press, USA. Pág. 400.

WMO, 1986. *A report of the International Conference on the Assessment of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases in Climate Variations and*

Associated Impacts. WMO N° 661. In: Our Common Future WCED, 1990. Pág. 400.

Capítulo 3

BRADLEY, DAVID, ET. AL. (1992), *A Review of environmental health impacts in developing country cities*. The World Bank. Washington. D.C. EUA.

CARDONA O.D. (1986), *Estudio de la vulnerabilidad y evaluación del riesgo sísmico: planificación física y urbana en áreas propensas*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS. 33. Bogotá

CARDONA, O. 2001. *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. Una crítica y una revisión necesaria para la gestión*. 18p. [en línea]. Disponible en: <<http://www.desenredando.org/public/articulos/index.htm>>

CATLOW, JHON; Thirwall, Geoffrey, (1978), *Environmental impacts analysis. Research report #11*. Department of Environment. Londres. Inglaterra.

CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres de México), (1995), *La prevención de desastres en México*. Fascículo # 1. Ed. CENAPRED. México.

CEPAL, PNUD, 2007. *Impacto del huracán Félix en la Región Autónoma del Atlántico Norte y de las lluvias torrenciales en el Noroeste de Nicaragua*. Managua. LC/MEX/R.915

CONESA, VICENTE, (1995), *Guía Metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 3ra ed. Mundi – Prensa. Madrid, Barcelona, México. España.

CHARDON, A.C. 1997. *La percepción del riesgo y los factores socioculturales de vulnerabilidad*. Desastres y Sociedad 8: 4-34. [en línea]. Disponible en: <<http://www.desenredando.org/public/revistas/dys/rdys08/index.html>> (Consulta: 2 de noviembre de 2005).

ESTEVAN, MARÍA TERESA, (1984), *Evaluación de impacto ambiental*. Ed. Cuadernos CIFCA. Madrid. España.

INAFOR, 2002. *Informe de monitoreo de plagas y de incendios forestales en Nueva Segovia*.

INAFOR, 2004. *Frontera Agrícola*.

INAFOR, 2007. *Reporte de áreas quemadas a nivel nacional*.

INAFOR, 2009. *Inventario Nacional Forestal*. Edición electrónica disponible en el Centro de Información de la FAO Nicaragua.

INEC (Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censo), en 1995: *Censo de población de Nicaragua*

INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), 2001, *Amenazas Naturales en Nicaragua*. Managua.

INPESCA (Instituto Nicaragüense de la Pesca). 2008. *Guía Indicativa Nicaragua y el Sector Pesquero y Acuicola*. Instituto Nacional de Pesca. Managua. Nicaragua.

IPCC (2002), *Vulnerabilities, impact and adaptation*, in Climate Change 2002 report

IPCC, 2007. *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.

MARENA, 2008, *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. En proceso de edición.

MC ENTIRE, D. 2005. *Why vulnerability matters: exploring the merit of an inclusive disaster reduction concept*. Disaster Prevention and Management 14(2): 206-222.

MEJÍAS ET AL, 2007, *Informe Final*. Instituto Meteorológico Nacional. MINAE. San José, Costa Rica. 158 p.

MILÁN J.A., 2000, *Los Estudios de Impacto Ambiental en Asentamientos Humano*. Material Docente, curso de Impacto Ambiental, Maestría en Administración de Proyecto. Universidad Nacional de Ingeniería. UNI. Managua. Nicaragua

MILÁN J.A., 2004, *Manual de estudios ambientales para la planificación y los proyectos de desarrollo*. UNI-PEAUT, Managua. Nicaragua

NOJI, E.K. ED. (2000) *Disaster epidemiology: challenges for public health action*. J Public Health Policy; 13:332-40.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 2007, *Informe sobre desarrollo humano 2007-2008, La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido*. New York. EE.UU.

SCHEUREN J-M., ET,AL (2008) *Annual Disaster Statistical*. PNUD. Bélgica

SINIA (Centro de Información Ambiental) -MARENA, (2005): *Archivo de Mapas del SINIA-MARENA*

UICN (Unión Mundial para la Conservación de la Naturaleza), (2003) *Cambio: Adaptación de la gestión de recursos hídricos al cambio climático*. San José, Costa Rica.

WAECKERLE J.F. (1991). *Disaster planning and response*. N Engl J Med;324:815-21.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE, (2007) *Climate Change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing country*.

WILCHES-CHAUX, G. 1989. *Desastres, ecologismo y formación profesional: herramientas para la crisis*. Servicio Nacional de Aprendizaje, Popayán. 129 p.

WRI (World Resources Institute), 2007: *Base de datos WRI*, en línea.

Capítulo 4

AMADOR, M. (2000). *Evaluación del impacto de los cambios climáticos sobre el rendimiento potencial del cultivo de la soya en el pacífico de Nicaragua*. Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua.

BCN (Banco Central de Nicaragua), 2009, *Memoria Anual 2008. Aspectos macro-económicos*.

CAMPOS O. M., PICADO T. F., RAPIDEL B. (et. Al). *Escenarios climáticos y socio-economicos de Nicaragua para el siglo XXI*. Proyecto Primera Comunicación Nacional. MARENA, Marzo del 2000, 48 págs.

CATHALAC, PNUD, GEF, 2008. *Síntesis Regional: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba* [E. Sempris, M. Chiurliza, Joel Pérez y M. Tuñon (edt.)].

CENTER FOR HAZARD AND RISK RESEARCH, 2005 Tables 1.1a and b. *Natural Disaster Hotspots – A Global Analysis*. The Earth Institute at Columbia University. www.ideo.columbia.edu/chrr/research/hotspots

CEPIS, 2004: *Agua y desastres. Los servicios en la mira*.

CRUZ, 1997. *Modelación del Acuífero: Managua y su Rendimiento Sostenible*. Universidad de Costa Rica.

FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación), (2007), *Mapping biophysical factors that influence agricultural production and rural vulnerability*, FAO and International Institute for Applied system Analysis, Roma.

FETTER C.W. *Applied Hidrogeology*, año 1988. MACMILLAN, Inc. Pp 50, Tabla.

FOSTER, S. et al. año 1992. *Estrategia para la Protección del Agua Subterránea Guía para su Implementación*. 91 pp.

FRANZTT., GUIGUERN., 1997. *Visual Modflow Versión 8.1.2 three dimensional Aquifer Simulation Model*. Waterloo Hydrogeologic Software. Waterloo, Ontario, Canada.

GUTIÉRREZ, M. , 2006. *Evaluación de los riesgos climáticos actuales del sistema caficultura y su vínculo con la seguridad alimentaria en los departamentos de Jinotega y Matagalpa*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Oficina Nacional de Desarrollo Limpio.

HURTADO AGUERRÍ A, 1994. *Estudio de fuentes superficiales para el abastecimiento de Agua potable de la localidad de Camoapa, departamento de Boaco*. Managua, Nicaragua.

INETER, 2008, *Boletín Hidrológico*. 2008. Página Web de la institución

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2000, *Special Report on Emissions Scenarios*. Nakicenovic, N. and Swart, R (eds.) Cambridge University Press, UK. pp 570.

IPCC, 2007: *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

INPESCA (Instituto Nicaragüense de la Pesca). 2008. *Guía Indicativa Nicaragua y el Sector Pesquero y Acuicola*. Instituto Nicaragüense de La Pesca. Managua. Nicaragua.

JONES, R.G., NOGUER, M., HASSELL, D.C., HUDSON, D., WILSON, S.S., JENKINS, G.J. Y MITCHELL, J.F.B. 2004 *Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS*, Met Office Hadley Centre, Exeter, UK, 40 pp.

GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO (2002), *Cambio climático y biodiversidad*. Cambridge Express. Inglaterra.

MARENA, ONDL (2003). *Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático*. (Propuesta)

MARENA, ONDL (2005). *Guía para comprender el Cambio Climático*. 2da. Edición,

MARENA, 1995. *Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua*, Gobierno de Dinamarca. Área Focal Cuenca del Río Escondido RAAS - Chontales.

MARENA-PNUD, 2000. *Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos de Nicaragua ante el cambio climático*. [Cruz Meléndez, O., et. Al]. Proyecto *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*, PNUD- NIC/98/G31 – MARENA.

MARENA, 2000 *Escenarios Climáticos y Socio-económicos para el Siglo XXI*. Proyectos PNUDNIC/98/G31-MARENA y PANIF/MARENA. Managua.

MARENA-PNUD, 2000. *Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos de Nicaragua ante el cambio climático*. [Cruz Meléndez, O., et. Al]. Proyecto *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*, PNUD – NIC/98/G31 – MARENA.

MARENA, 2001. *Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático* [R. Stadthagen V., F. Picado T., C. Rivas L., M. Torres L., B. Tórrez G., F. Moreno C., J. A. Viteri]. PNUD – NIC/98/G31 – MARENA.

MARENA, 2008. *Escenarios de Cambio Climático de Nicaragua a partir de los resultados del modelo PRECIS*, [Centella, A.; Bezanilla A. (ed.)]. Proyecto *Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*, NIC10 – 00036532. Oficina Nacional de Desarrollo Limpio, MARENA.

MARENA, 2009, *Estudio de Análisis de Vacío de las áreas protegidas*. En borrador (No publicado)

MARTÍNEZ, A. (2006). *Evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica actual del sistema cañicultura y su vínculo con la seguridad alimentaria departamentos de Jinotega y Matagalpa*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Oficina Nacional de Desarrollo Limpio.

MINORITY RIGHTS GROUP INTERNATIONAL (2008), *Climate Change and Minorities*. ISB 978-1-904584-75-9. Londres. Inglaterra.

NACIONES UNIDAS, (1992) *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.

NACIONES UNIDAS (1998), *Protocolo de Kioto* de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

NEW, M., HULME M., JONES P. 1999. *Representing twentieth century space time climate variability*. Part I: Development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology. *Journal of Climate*, 12:829-856.

PEÑA SOLANO E, G. E. RODRÍGUEZ B., 1996. *Evaluación de las Aguas Subterráneas del Ingenio Monte Rosa*. Managua. Nicaragua

PEREZ, M. ET. AL. (2007) *Modelos de nichos potenciales de especies de interés para tomadores de decisión*. Revista Asociación Gaia. Managua. Nicaragua

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo), 1971. *Investigaciones de Aguas Subterráneas en la Región de la Costa del Pacífico de Nicaragua* (Zona de Chinandega).

PNUD, 2007, *Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido*. Publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Nueva York, Nueva York, 10017, EE.UU.

PNUMA-UNFCCC, 2004. *Cambio Climático-Carpeta de Información*.

RECURSA-NICATIERRA. (2003). *Marco de Indicadores de vulnerabilidad del sector agrícola en Nicaragua*. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, Oficina Nacional de Desarrollo Limpio.

RECURSOS MUNDIALES, 2004, *A Guide to World Resources Report 2008: Roots of Resilience* Programa de las naciones unidas para el desarrollo, Programa de las naciones unidas para el medio ambiente, Banco Mundial, Instituto de recursos mundiales. España

RIVAS, C. (2000). *Evaluación del posible cambio climático sobre el rendimiento potencial del cultivo del maíz en la región central de Nicaragua*. Trabajo de Diploma, Universidad Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua.

RIVERA, I. (2000). *Análisis del efecto del cambio climático sobre el rendimiento del cultivo del frijol en la región central de Nicaragua*. Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua.

SCHEUREN, J-M. ET AL, (2008), *Annual Disaster Statistical Review*. WHO collaborating center on the epidemiology of disaster, School of public Health Catholic University of Louvain, Belgica

SEQUEIRA BRAVO E., A. G. URBINA CHÁVEZ, 1997. *Potencialidad y Calidad Química de las Aguas Subterráneas de la Cuenca; León - La Paz Centro - Nagarote para fines de Riego*.

SICA-Centroamérica: *Propuesta de Estrategia Regional Agroalimentaria ante el Cambio Climático*.

SINIA-MARENA, 2006. *Bases de Mapas del SINIA*

STOLZ, W.; ALVARADO, L., VILLALOBOS, R.; BARRANTES, J. 2006. *Escenarios de Cambio Climático para Centro América y Costa Rica*. PNUMA-

TWAS "Assessment of Impacts and Adaptation Measures for the Water Resources Sector due to Extreme Events under Climate Change Conditions in Central America". Comité Regional de Recursos Hidráulicos del Istmo Centroamericano (CRRH), Universidad de Costa Rica (UCR).

SUWAR-MARENA, 1996. *Vulnerabilidad, Hidrogeología Managua*, Tomo 1.MARENA. Managua

THE INTERNATIONAL START SECRETARIAT, 2006, *Climate Change and Variability in the Mixed Crop/Livestock Production Systems of the Argentinean, Brazilian and Uruguayan Pampas*.

A Final Report Submitted to Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change (AIACC), Project No. LA 27Submitted by Agustin Giménez, Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, Montevideo,Uruguay. Washington. EE.UU

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), (2002), *Manual sobre Evaluaciones de Vulnerabilidad y Adaptación* .Grupo Consultor de Expertos en Comunicaciones Nacionales de los Países no incluidos en el Anexo I de la Convención.

UNFCCC, (2007), *Climate Change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries*.

WHO (World Health Organization). 2007, A safer future: global public health security in the 21st century. The world health report A safer future 2007. WHO Library Cataloguing-in-Publication Data. ISBN 978 92 4 156344 4

WRI (World Resources Institute) 2000-2001. *People and Ecosystems. The Fraying Web of Life*. United Nations Development Program, United Nations Environment Program, World Bank, World Resources Institute. Washington, D.C.

WRI, 2004, World Resources Institute on line.

WSP, 2007. Nicaragua. *Acceso a Agua Potable Segura y Saneamiento Básico en Nicaragua*.

Capítulo 5.

AEMA (Agencia Europea del Medio Ambiente). 2004. *Energy Subsidies in the Unión Europea: A Brief Overview*. DEA Technical Report 1/2004. Bruselas.

AEMA. 2006. *Greenhouse Gas Emission Trends and Projections in Europe 2006*. AEMA Report No. 9/2006. Copenhagen. Dinamarca.

AIE (Agencia Internacional de Energía). 2003. *Cool Appliances: Policy Strategies for Energy-Efficient Homes*. Energy Efficiency Policy Profiles. OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) IEA, París.

AIE 2006. *Energy Policies of IEA Countries. 2006 Review*. OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) AIE, París.

CATHALAC, PNUD, GEF, 2008. *Síntesis Regional: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba* [E. Sempris, M. Chiurliza, Joel Pérez y M. Tuñon (edt.)].

CONVENCIÓN DE NACIONES UNIDAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO (2006) *Plan de Acción Bali. Decision /CP.13 Reducing emissions from deforestation in developing countries: approaches to stimulate action*

EIA (Energy Information Administration). 2006. *Emission of Greenhouse Gases in the United States 2005*. Washington, DC.

FAO, 2000. FRA 2000, *Bibliografía Comentada Cambios en la Cobertura Forestal Nicaragua*. Departamento de Montes, FAO. Roma. 50 p.

FAO-MARENA. *Estudio sobre el potencial de mitigación del sector forestal para Nicaragua para el cambio climático, en el marco del MDL*. Proyecto Bosques y Cambio Climático en Centro América. Editor: J. A. Viteri. Diciembre de 2002.

FAO-MAGFOR. 2004. *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020*. Informe Nacional Nicaragua. Editor Melvin Guevara. ROMA. 103 p.

GEA (Centro para la Gestión y Estudios Ambientales), 2000. *Estudio para las Opciones de Mitigación del Cambio Climático en Áreas Protegidas*. Proyecto Primera Comunicación Nacional ante el Cambio Climático, PNUD – NIC/98/G31 – MARENA.

IKKATAI, SEIJI. 2007. *Current Status of Japanese Climate Change Policy and Issues on Emission Trading Scheme in Japan*. The Research Center for Advanced Policy Studies Institute of Economic Research, Kyoto University, Kyoto

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL-MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA, 2007. *Adaptación del sistema hídrico de la zona noroccidental de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica al Cambio Climático*. Reporte Final. Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. San José, Costa Rica

ILRI (International Institute for Land Reclamation and Improvement), (1972), *Field book for land and water management expert*. ILRI, Wageningen.

INSTITUTE FOR PUBLIC POLITICAL RESEARCH, (2006), *Designing emissions pathways to reduce the risk of dangerous climate change*. Dr Paul Baer with Dr Michael Mastrandrea. IPPR, 2006. London.

IPCC, 2007. *Summary for Policymakers*. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M

IPCC, 1996. *Libro de Trabajo para el Inventario de los Gases de Efecto Invernadero* (Volumen II), Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto Invernadero, versión revisada 1996.

IPCC, 1996. *Manual de Referencia para el Inventario de los Gases de Efecto Invernadero*, versión 1996.

IPCC, 2003. *Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la Gestión de la Incertidumbre en los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, 2003.

MARENA, 2003. *Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático*. Proyecto Primera Comunicación Nacional ante el Cambio Climático, [S. Heumann, G. Wilson V., F. Picado T. (eds)]. PNUD – NIC/98/G31 – MARENA.

MARENA, 2007. *Estrategia de adaptación ante el cambio climático de los sistemas recursos hídricos y agricultura en la Cuenca No. 64*. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación en Centroamérica, México y Cuba [G. Medina, F. Picado T., B. Torres G. (eds.)]. PAN10 – 00014290.

MARENA, 2007. *Inventario de Gases de Efecto Invernadero del sector Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (UT-CUTS)*, [S. E. Zamora L., L. D. Lara E. (eds.)]. Proyecto Segunda Comunicación Nacional, NIC10 – 00036532.

MARENA, 2008, *Estrategia nacional de adaptación al cambio climático*. En Borrador.

MAGFOR-INEC-INETER-MARENA, 2002. *Atlas Rural de Nicaragua*, versión electrónica; 263 mapas.

MULTICONSULT, CIA. LTDA. 2008. *Estudio de identificación de medidas de mitigación de gases de efecto invernadero del sector energía para la estrategia nacional ante el cambio climático*.

OEA-DDRMA(1991), *Manual de manejo de Peligros Naturales en la Planificación Integrada para el Desarrollo Regional*. Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la Organización de Estados Americanos. Washington. EE.UU.

PEMBINA INSTITUTE. 2007. *Canada's Implementation of the Kyoto Protocol*.
Gatineau. [[http://www.pembina.org/climate-change/ work-kyoto.php](http://www.pembina.org/climate-change/work-kyoto.php)]. Abril,
2007.

La presente obra resume información científica sobre los posibles riesgos del cambio climático y sus probables impactos en Nicaragua, con el propósito de facilitar a todos, los conocimientos necesarios para trabajar en la reducción de la vulnerabilidad y elevar las capacidades nacionales de adaptación.

El libro se ha estructurado en cinco capítulos que están muy interrelacionados para lograr una lógica de aproximación al problema, desarrollando algunos conocimientos sobre el clima global y local: sus componentes, el efecto invernadero y sus causas, también se aborda una síntesis de los principales riesgos del cambio climático, enfatizando en aquellos aspectos que han sido confirmados científicamente y los niveles de incertidumbres que han sido expresados por el IV informe del Panel Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC), así mismo se hace referencia a los resultados de diferentes evaluaciones de escenarios climáticos para Centroamérica y Nicaragua hasta el año 2100, aplicando modelos de reducción de escalas que fueron desarrollados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales. Se valoran a escala nacional los potenciales impactos que pudiera causar el cambio climático para diferentes períodos de tiempo en los recursos hídricos, agricultura, recursos naturales y biodiversidad, asentamientos humanos e infraestructuras, costasy salud humana partiendo de que los escenarios de calentamiento global sean los pronosticados.

Finalmente, se brinda información básica sobre el principal instrumento internacional de negociación ante el cambio climático –el protocolo de Kioto– y se proponen algunas medidas generales de adaptación para algunos sectores, incluyendo aquellas que debemos asumir todos los ciudadanos.

Su autor, el Doctor en Ciencias **José Antonio Milán Pérez**, es un prestigioso científico nacional que ha trabajado como docente, investigador y consultor en los temas de evaluación ambiental y cambio climático.

ISBN: 978-99924-0-912-1



9 789992 409121

