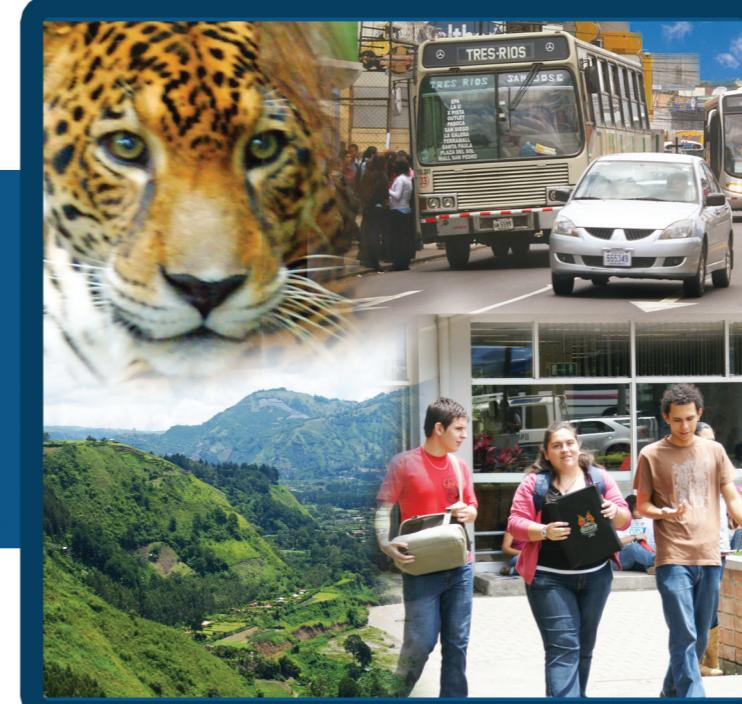




COSTA RICA 2009  
Segunda Comunicación Nacional

A la Convención Marco  
de las Naciones Unidas  
sobre Cambio Climático



Ministerio de Ambiente, Energía  
y Telecomunicaciones, MINAET  
Instituto Meteorológico Nacional, IMN

COSTA RICA 2009  
SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL  
A LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS  
NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

Costa Rica 2009  
Segunda Comunicación Nacional

A LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS  
NACIONES UNIDAS SOBRE  
CAMBIO CLIMÁTICO



© Instituto Meteorológico Nacional  
© Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones  
Departamento de Investigación Dirigida  
San José, Costa Rica  
Teléfono: (506) 22 22-5616  
Fax: (506) 22 23-1837  
Sitio web: [www.imn.ac.cr](http://www.imn.ac.cr)  
Correo electrónico: [imn@imn.ac.cr](mailto:imn@imn.ac.cr)

© Costa Rica 2009: Segunda Comunicación Nacional a la Convención  
Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático  
Primera Edición 2009

ISBN

Edición: Florangel Villegas Verdú  
Revisión: Ana Rita Chacón Araya  
Roberto Villalobos Flores  
Diseño de portada: Jania Umaña  
Fotografías otorgadas por: Instituto Meteorológico Nacional  
Diagramación: Jania Umaña, [jade@ice.co.cr](mailto:jade@ice.co.cr)

De conformidad con la Ley Número 6683 de Derechos de Autor  
y Derechos Conexos es prohibida la reproducción de este libro  
en cualquier forma o medio, electrónico o mecánico incluyendo el  
fotocopiado, grabador o sonoros y otros, sin permiso escrito del editor.

# CONTENIDO

Prólogo.....	13
Agradecimientos.....	14
ExecutiveSummary.....	15
Resumen Ejecutivo.....	40

## CAPÍTULO 1: Circunstancias Nacionales y su relación con las emisiones y la absorción de gases de efecto invernadero.....67

1. 1 Estructura de gobierno.....	67
1. 2 Perfil geográfico.....	67
1.2.1 Orografía.....	68
1.2.2 Suelos.....	68
1.2.3 Hidrografía.....	68
1.2.4 Calidad del agua.....	68
1.2.5 Litoral.....	69
1.3 Perfil climático.....	69
1.3 Perfil demográfico.....	70
1.5 Perfil socioeconómico.....	70
1.5.1 Educación.....	70
1.5.2 Salud.....	71
1.5.3 Acceso a servicios.....	71
1.5.4 Economía.....	72
1.5.5 Desempleo.....	74
1.5.6 Pobreza.....	74
1.6 Energía.....	74
1.7 Transporte.....	75
1.8 Industria y construcción.....	75
1.9 Desechos sólidos.....	75
1.10 Turismo.....	76
1.11 Agricultura.....	77
1.12 Bosques.....	77

## Capítulo 2: Inventario Nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero.....79

2.1 Categorías principales.....	80
2.2 Emisiones de gases de efecto invernadero.....	80
2.3 Energía.....	82
2.4 Procesos Industriales.....	85
2.5 Agricultura.....	86
2.6 Cambio de uso de la tierra y silvicultura.....	87
2.7 Manejo de desechos.....	88
2.8 Potenciales de calentamiento global.....	92

## Capítulo 3 : Políticas y medidas adoptadas y propuestas para aplicar La Convención.....93

3.1 Nivel Centroamericano.....	93
3.1.1 Lineamientos de la Estrategia Regional de Cambio Climático.....	93
3.1.2 Estrategia Regional Agroambiental y de Salud (ERAS).....	93
3.2 Nivel Nacional.....	95
3.2.1 Marco legal institucional para la implementación de la CMCC.....	95
3.2.2 Política Nacional.....	96
3.2.3 Iniciativa Presidencial “Paz con la Naturaleza”.....	98
3.2.4 Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC).....	99

**Capítulo 4: Políticas, medidas adoptadas y propuestas para mitigación de emisiones de GEI.....102**

4.1 Evaluación de las políticas propuestas en la Primera Comunicación Nacional (PCN) para mitigar las emisiones de GEI para determinar grado de avance y vigencia de las mismas.....	102
4.2 Propuesta de Actualización de Lineamientos y Políticas Nacionales para la Mitigación de Emisiones y la Carbono Neutralidad.....	103
4.3 Opciones de Mitigación de GEI hacia la Neutralidad de Carbono al 2021.....	115
4.3.1 Opción de Mitigación A: Cuñas (o esfuerzos de mitigación, conocidas en el argot técnico, como wedges) y logro de neutralidad de carbono para el 2021.....	121
4.3.2 Opción de Mitigación B: Cuñas o wedges y logro de neutralidad de carbono para el 202.....	122
4.3.3 Opción de Mitigación C: Cuñas o wedges y logro de neutralidad de carbono para el 2021.....	123
4.4 Mecanismo de Desarrollo Limpio.....	125

**Capítulo 5: Evaluación de la vulnerabilidad, efectos del cambio climático y medidas de adaptación.....126**

5.1 Regionalización climática de Costa Rica.....	126
5.2 Eventos extremos en Costa Rica.....	128
5.2.1 Inundaciones.....	133
5.2.2 Sequías.....	133
5.2.3 ENOS, El Niño Oscilación Sur.....	135
5.2.4 Solidificación del agua.....	138
5.2.5 Tornados.....	139
5.3 Señales de cambio en el clima de Costa Rica.....	140
5.3.1 Cambios observados comparando Línea Base y el período 1991-2005.....	140
5.3.2 Cambios observados en los eventos extremos.....	141
5.4 Proyecciones futuras del clima en Costa Rica.....	145
5.4.1 Análisis regional: Pacífico Norte.....	147
5.4.2 Análisis regional: Pacífico Central.....	147
5.4.3 Análisis regional: Pacífico Sur.....	149
5.4.4 Análisis regional: Región Central.....	149
5.4.5 Análisis regional: Región Caribe.....	150
5.4.6 Análisis regional: Zona Norte.....	150
5.5 Proyecciones del clima.....	150

5.6	Sectores y sistemas evaluados.....	153
5.6.1	Recursos hídricos.....	153
5.6.2	Conocimiento, estado actual y amenazas a la biodiversidad.....	163
5.6.3	Salud Pública.....	173
<b>Capítulo 6: Transferencia de tecnología.....</b>		<b>193</b>
6.1	Sectores IPCC meta potenciales para la mitigación y búsqueda de la neutralidad del carbono.....	193
6.2	Identificación de prioridades para la evaluación de tecnologías.....	194
6.3	Sectores con potencial de mitigación: estructura relativa de emisiones y necesidades tecnológicas.....	195
6.4	Opciones y alternativas tecnológicas para la mitigación de emisión de GEI.....	198
6.4.1	Proyecto Tren Eléctrico Metropolitano (TREM).....	198
6.4.2	Desarrollo del Proyecto del Tren Eléctrico de Carga.....	199
6.4.3	Sector Agropecuario.....	203
6.4.4	Autos eléctricos.....	205
6.4.5	Biocombustibles.....	207
6.5	Evaluación de otras necesidades tecnológicas en estado pre – competitivo.....	210
6.5.1	Energía Solar.....	211
6.5.2	Energía fotovoltaica de uso doméstico.....	211
6.5.3	Plantas de energía solar térmica.....	211
6.5.4	Celdas de Hidrógeno.....	211
6.5.5	Generación de biodiesel a partir de algas.....	212
6.5.6	Energía de las olas.....	212
<b>Capítulo 7: Observación sistemática, investigación y desarrollo de capacidades para el cambio climático en Costa Rica.....</b>		<b>214</b>
7.1	Investigación sobre el clima y el cambio climático en el país.....	214
7.1.1	Resumen sobre la evolución histórica de la red hidrometeorológica y climática nacional.....	214
7.1.2	Red hidrometeorológica y climática nacional actual.....	217
7.1.3	Establecimiento de la red para el monitoreo del cambio climático.....	221
7.1.4	Propuesta de una red para la detección del cambio climático.....	224
7.1.5	Cantidad y ubicación de las nuevas estaciones para la detección del cambio climático.....	225
7.2	Reforzamiento de la red hidrometeorológica nacional y la gestión de los datos e información.....	229
7.2.1	Gestión del dato e información.....	229
7.2.2	Reforzamiento de la red hidrometeorológica.....	229
7.3	Presupuesto y consideraciones institucionales.....	230
<b>Capítulo 8: Otra información relevante para el logro de los objetivos de la Convención.....</b>		<b>232</b>
8.1	Autoevaluación de capacidades nacionales para la implementación de las Convenciones Globales Ambientales (Proyecto ACN).....	232

8.2 Recursos financieros.....	233
8.3 Programas de investigación, proyectos y estudios.....	234
8.4 Educación, formación y sensibilización del público.....	241
<b>Capítulo 9: Bibliografía.....</b>	<b>243</b>
<b>Apendice A: Lista de siglas y acrónimos.....</b>	<b>262</b>

## **Lista de Cuadros**

Table i.1 Total greenhouse gas emmions, year 2000.....	17
Table i.1 Total greenhouse gas emissions, year 2000.....	18
Table i.3: Recent evidences of climate change in Costa Rica .....	23
Table i.4: Estimated future risk on socioeconomic indicators selected.....	28
Table i.5: Identified adaptation measures in diverse sectors.....	29
Table i.6: Expected changes in the potential distribution of 16 species, based on three climate variables (yearly precipitation, and minimum, and maximum temperatures).....	31
Cuadro i.1 : Emisiones totales de gases de efecto invernadero Año 2000.....	42
Cuadro i.2: Emisiones totales de gases de efecto invernadero. Año 2005.....	43
Cuadro i.3: Evidencias próximas del Cambio Climático en Costa Rica.....	49
Cuadro i.4: Estimación del riesgo futuro para los indicadores socioeconómicos seleccionados durante los quinquenios 2010, 2015 y 2020.....	54
Cuadro i.5: Medidas de adaptación propuestas por los diversos sectores.....	55
Cuadro i.6: Cambios esperados en la distribución potencial de 16 especies en Costa Rica con base en tres variables climáticas: precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima.....	57
Cuadro 1.1 Promedios anuales de diversas variables en las Regiones Climáticas de Costa Rica.....	70
Cuadro 1.2 Indicadores demográficos para Costa Rica del 2001 al 2006.....	71
Cuadro 1.3 Porcentajes de cobertura de agua potable para el período 2001 al 2006.....	72
Cuadro 1.4 Contribución al crecimiento de la economía según sectores económicos.....	73
Cuadro 1.5 Area de cultivo de los principales productos por hectárea,2000 y 2006.....	77
Cuadro 2.1 Fuentes principales para Costa Rica.....	80
Cuadro 2.2 Emisiones totales de gases de efecto invernadero Año 2000.....	81
Cuadro 2.3 Emisiones totales de gases de efecto invernadero Año 2005.....	82
Cuadro 2.4 Emisiones de gases por sector para el año 2000.....	83
Cuadro 2.5 Emisiones de gases por sector para el año 2005.....	84
Cuadro 2.6 Emisiones totales por procesos industriales en los años 2000 y 2005.....	85
Cuadro 2.7 Emisión de gases de efecto invernadero en el sector agropecuario durante los años 2000 y 2005.....	86
Cuadro 2.8 Absorción y emisión total de gases de efecto invernadero para los años 2000 y 2005 en el sector Cambio de Uso de la tierra y silvicultura.....	88
Cuadro 2.9 Emisiones de metano por manejo de desechos para los años 2000 y 2005.....	91
Cuadro 2.10 Emisiones de gases de efecto invernadero como CO <sub>2</sub> equivalente para los años 2000 y 2005.....	92

Cuadro 4.1	Propuesta de políticas para el sector de energía.....	106
Cuadro 4.2	Propuesta de políticas para el sector industrial.....	109
Cuadro 4.3	Propuesta de políticas para el sector transporte.....	111
Cuadro 4.4	Propuesta de políticas para el sector agropecuario.....	113
Cuadro 4.5	Propuesta de políticas para el sector cambio de uso del suelo.....	114
Cuadro 4.6	Costa Rica. Intensidades energéticas de combustibles fósiles históricas y proyectadas según escenario de crecimiento de la producción.....	116
Cuadro 4.7	Proyectos registrados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio.....	125
Cuadro 5.1	Algunos fenómenos meteorológicos causantes de eventos extremos en Costa Rica.....	128
Cuadro 5.2	Características de los eventos secos extremos en Costa Rica.....	129
Cuadro 5.3	Características de los eventos lluviosos extremos en Costa Rica.....	129
Cuadro 5.4	Eventos extremos en Costa Rica y su relación con valores anuales de precipitación.....	131
Cuadro 5.5	Fenómenos meteorológicos asociados a eventos extremos lluviosos(1980-2006).....	132
Cuadro 5.6	Variación de la precipitación anual durante eventos ENOS y algunos eventos meteorológicos asociados en Costa Rica.....	136
Cuadro 5.7	Reportes sobre precipitaciones sólidas recientes en Costa Rica.....	138
Cuadro 5.8	Frecuencia de fenómenos de variabilidad climática para dos períodos de Tiempo.....	142
Cuadro 5.9	Evidencias próximas del Cambio Climático en Costa Rica.....	142
Cuadro 5.10	Estimación del riesgo futuro para los indicadores socioeconómicos seleccionados durante los quinquenios 2010, 2015 y 2020.....	158
Cuadro 5.11	Medidas de adaptación realizadas por los diversos sectores.....	159
Cuadro 5.12	Cambios esperados en la distribución potencial de 16 especies en Costa Rica con base en tres variables climáticas (precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima).....	170
Cuadro 5.13	Grupos y enfermedades priorizadas.....	174
Cuadro 5.14	Cantones con mayor tasa anual de incidencia de dengue. Promedio período 1993-2006.....	175
Cuadro 5.15	Resumen de las características sobre la vulnerabilidad.....	190
Cuadro 5.16	Ánálisis de los componentes sobre la vulnerabilidad.....	190
Cuadro 5.17	Vulnerabilidad integral.....	191
Cuadro 6.1	Costa Rica. Emisiones totales y del sector agropecuario con mejoras en el manejo de pasturas y resultado de una mejor gestión de abonos nitrogenados.....	204
Cuadro 6.2	Costa Rica. Emisiones totales y móviles con el cambio modal de un 15% a favor de autos eléctricos.....	206
Cuadro 6.3	Costa Rica. Reducción de emisiones totales de CO2e y ahorro en energía fósil móvil con diversas cantidades de Biodiesel (B15).....	208
Cuadro 6.4	Costa Rica. Emisiones totales y ahorro de energía fósil con el uso de etanol en un 5%, 10% y 20% de los vehículos de gasolina regular.....	210
Cuadro 7.1	Variables climáticas esenciales según dominio que deben monitorearse para fines de cambio climático.....	223
Cuadro 8.1	Programas de investigación en el país en materia de cambio climático y biodiversidad.....	235

Cuadro 8.2 Proyectos y estudios desarrollados por nacionales y residentes en materia de cambio climático.....236

**Lista de figuras**

Figure i.1:	National Climate Change Strategy.....	19
Figure i.2:	Costa Rica. Total net emissions base scenario: Historical emissions and projections (Gg).....	21
Figure i.3:	Climate change precipitation scenarios. Rate of change (%) of baseline (BL) average (period 1961-1990) versus period average(2071-2100).....	25
Figure i.4:	Climate change maximum temperature scenarios. Rate of change ( C) from temperature increase tendency projected by PRECIS for the period 2071-2100.....	26
Figure i.5:	Climate change minimum temperature scenarios Rate of change ( C) from temperature increase tendency projected by PRECIS for the period 2071-2100.....	26
Figure i.6:	Current risk index.....	27
Figure i.7	Regions with greatest exposure in Costa Rica, and scenario A2 for yearly precipitation during 2071-2100.....	34
Figure i.8:	Active IMN and ICE weather station.....	36
Figura i.1	Estrategia Nacional de Cambio Climático.....	45
Figura i.2	Emisiones totales netas, escenario base: histórico y proyecciones.....	47
Figura i.3	Escenarios de cambio climático para la precipitación. Tasa de cambio (%) comparando el promedio de LB (período 1961-1990) contra el promedio del período (2071-2100).....	52
Figura i.4	Escenarios de cambio climático para la temperatura máxima. Tasa de cambio ( C) de acuerdo con la tendencia de aumento que proyecta PRECIS para el período 2071-2100.....	52
Figura i.5	Escenarios de cambio climático para la temperatura mínima. Tasa de cambio ( C) de acuerdo con la tendencia de aumento que proyecta PRECIS para el período 2071-2100.....	52
Figura i.6	Indice de riesgo actual.....	53
Figura i.7	Cantones de mayor exposición y escenario A2 de precipitación anual para el 2071-2100 de acuerdo al modelo PRECIS, para Costa Rica.....	61
Figura i.8	Estaciones Meteorológicas activas del IMN y del ICE.....	62
Figura 1.1	Mapa de localización de Costa Rica.....	67
Figura 2.1	Emisiones del sector energético año 2000 y 2005.....	84
Figura 2.2	Distribución de las emisiones de gases en el sector agropecuario durante los años 2000 y 2005.....	87
Figura 2.3	Disposición final de la basura en Costa Rica.....	89
Figura 3.1	Estrategia Nacional de Cambio Climático.....	100
Figura 4.1	Ejes principales de las políticas para la Neutralidad de carbono.....	105
Figura 4.2	Costa Rica. Distribución relativa de las emisiones netas totales de CO <sub>2</sub> e, por sector.....	119

Figura 4.3	Costa Rica. Emisiones totales netas, escenario base: histórico y proyecciones.....	120
Figura 4.4	Opción de Mitigación A: Wedges para el logro de neutralidad de carbono al 2021.....	122
Figura 4.5	Opción de Mitigación B: Wedges para el logro de neutralidad de carbono al 2021.....	123
Figura 4.6	Opción de Mitigación C: Wedges para el logro de neutralidad de carbono al 2021.....	124
Figura 5.1	Caracterización climática de Costa Rica.....	127
Figura 5.2	Frecuencia de inundaciones para cinco regiones climáticas de Costa Rica. 1949-1999.....	133
Figura 5.3	Sequías en Costa Rica. 1960-2005.....	134
Figura 5.4	Comportamiento del Fenómeno La Niña en Costa Rica.....	137
Figura 5.5	Comportamiento del Fenómeno El Niño en Costa Rica.....	137
Figura 5.6	Frecuencia mensual de tornados en Costa Rica. 1954-2007.....	139
Figura 5.7	Anomalía de precipitación anual al comparar el período 1961-1990 contra 1991-2005.....	140
Figura 5.8	Distribución mensual de lluvias.....	141
Figura 5.9	Dominio y resolución espacial del modelo PRECIS para Costa Rica.....	146
Figura 5.10	Escenarios de cambio climático para el Pacífico Norte.....	147
Figura 5.11	Escenarios de cambio climático para el Pacífico Central.....	148
Figura 5.12	Escenarios de cambio climático para el Pacífico Sur.....	148
Figura 5.13	Escenarios de cambio climático para la Región Central.....	149
Figura 5.14	Escenarios de cambio climático para la Región Caribe.....	150
Figura 5.15	Escenarios de cambio climático para la Zona Norte.....	151
Figura 5.16	Escenarios de cambio climático para la precipitación. Tasa de cambio (%) comparando el promedio de LB (período 1961-1990) contra el promedio del período (2071-2100).....	151
Figura 5.17	Escenarios de cambio climático para la temperatura máxima. Tasa de cambio ( C) de acuerdo con la tendencia de aumento que proyecta PRECIS para el período 2071-2100.....	152
Figura 5.18	Escenarios de cambio climático para la temperatura mínima. Tasa de cambio ( C) de acuerdo con la tendencia de aumento que proyecta PRECIS para el período 2071-2100.....	153
Figura 5.19	Mapa de vulnerabilidad actual ante el Cambio Climático en la zona de estudio.....	154
Figura 5.20	Índice Integrado de Amenaza Climática. Año 2000.....	155
Figura 5.21	Índice de riesgo.....	156
Figura 5.22	Mapa con Biorregiones para Costa Rica.....	167
Figura 5.23	Temperatura superficial del mar (anomalía en grados Celsius) en la Región Niño 3.4, y su relación con la incidencias de casos de dengue en Costa Rica.....	176
Figura 5.24	Impacto económico de la atención del dengue.....	177
Figura 5.25	Incidencia nacional de malaria y distribución espacial de la tasa (100 mil habitantes) en los 10 cantones de mayor afectación (2004-2006).....	178
Figura 5.26	Impacto económico de la atención de malaria.....	179
Figura 5.27	Casos de IRAS a nivel nacional (1990-2005) y distribución espacial en los cantones de mayor afectación (2003-2006).....	180
Figura 5.28	Casos mensuales de enfermedades respiratorias en Costa Rica. 1990-2005.....	181

Figura 5.29	Impacto económico de la atención de IRAS.....	182
Figura 5.30	Tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares por provincia y principales cantones afectados. 1990-2005.....	183
Figura 5.31	Tasa de mortalidad nacional y número de defunciones por enfermedades cardiovasculares en relación con la temperatura máxima promedio de San José.1990-2005.....	184
Figura 5.32	Incidencia de diarrea por provincia y principales cantones afectados. 1996-2006.....	185
Figura 5.33	Costos de atención de pacientes afectados por diarreas.....	186
Figura 5.34	Tasa nacional de diarreas de acuerdo con la fase ENOS. 1996-2005.....	186
Figura 5.35	Tasa promedio de Angiostrongylosis abdominal (por 100 mil habitantes) por región climática y distribución espacial en los 10 primeros cantones afectados.1995-1999.....	188
Figura 5.36	Tasa de Angiostrongylosis abdominal (por 100 mil habitantes) por región climática de acuerdo con la vertiente: Pacífica (A), Caribe (B). 1995-1999.....	189
Figura 5.37	Cantones de mayor exposición y escenario A2 de precipitación anual para el 2071-2100 de acuerdo al modelo PRECIS, para Costa Rica.....	192
Figura 6.1	Priorización de macro-sectores de mitigación de emisiones GEI.....	193
Figura 6.2	Prioridades para la evaluación de tecnologías.....	194
Figura 6.3	Costa Rica. Distribución relativa de las emisiones totales netas de CO <sub>2</sub> e por sector (incluido el uso de suelo).....	195
Figura 6.4	Costa Rica. Subtotal consolidado de Emisiones de GEI (en CO <sub>2</sub> e) sin incluir al sector cambio uso de suelo; históricas y proyectadas.....	196
Figura 6.5	Costa Rica. Emisiones totales netas de CO <sub>2</sub> e históricas y proyectadas por escenario de PIB.....	197
Figura 6.6	Tren Eléctrico.....	198
Figura 6.7	Costa Rica. Reducción de emisiones totales, móviles y fijas de CO <sub>2</sub> e con el uso de la Tecnología de Tren Eléctrico Metropolitano.....	200
Figura 6.8	Diagrama de reducción de emisiones y ahorro energético con la implementación del TREM.....	200
Figura 6.9	Costa Rica. Reducción de emisiones totales, móviles y fijas de CO <sub>2</sub> e con el uso de la Tecnología de Tren Eléctrico de carga.....	201
Figura 6.10	Diagrama de reducción de emisiones y ahorro energético con la implementación del Tren de Carga.....	202
Figura 6.11	Costa Rica. Reducción de emisiones totales netas de CO <sub>2</sub> con el uso de la tecnología de Tren Eléctrico Metropolitano y el Tren de Carga.....	203
Figura 6.12	Diagrama de reducción de emisiones y ahorro energético con la implementación del TREM y del Tren de Carga.....	204
Figura 6.13	Diagrama de reducción de emisiones y ahorro energético derivado de la sustitución de un 15% de vehículos por autos eléctricos.....	207
Figura 6.14	Costa Rica. Emisiones totales proyectadas con las diversas variantes estudiadas para biodiesel.....	209
Figura 7.1	Estaciones meteorológicas activas del IMN y del ICE.....	217
Figura 7.2	Regiones climáticas de Costa Rica.....	225

# PRÓLOGO

Los impactos del cambio climático son un hecho comprobado por la ciencia y amenazan con agudizar los eventos hidrometeorológicos extremos. Los escenarios climáticos auguran condiciones adversas para la humanidad, de modo que no podemos permitirnos esperar a tener certeza absoluta sobre el rumbo al que nos lleve el calentamiento del planeta, es preciso actuar con una visión de cooperación a corto plazo en pro de un bienestar a largo plazo.

En virtud de lo anterior, resulta importante compartir la información sobre los esfuerzos que los países realizan para enfrentarse al cambio climático, así como sobre las limitaciones, problemas y carencias que afrontan los países en desarrollo. Por tal motivo, es para mí muy gratificante presentar la Segunda Comunicación Nacional de Costa Rica a la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Esta Segunda Comunicación resume la información sobre las acciones que el Gobierno de Costa Rica por medio del Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones ha llevado a cabo en las diferentes áreas de trabajo atinentes al Cambio Climático.

La presentación de la Segunda Comunicación Nacional es un esfuerzo conjunto del Gobierno de Costa Rica con el apoyo del Fondo Mundial para el Medio Ambiente, por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

El informe se basa en las Directrices sobre comunicaciones nacionales de las Partes no Anexo 1 aprobadas por la Conferencia de las Partes en su 8<sup>a</sup> sesión mediante la decisión 17/CP.8, incluyendo información relativa a las circunstancias nacionales, el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para los años 2000 y 2005, aspectos de política, programas que faciliten la mitigación y la adaptación al Cambio Climático, así como información que se considera relevante en el logro de los objetivos de la Convención.

Los estudios son muy valiosos y extensivos, elaborados por las diferentes instituciones de gobierno así como consultores que colaboraron intensamente para dar cumplimiento al objetivo propuesto.

Costa Rica ha evolucionado en el tema y la Segunda Comunicación Nacional refleja los nuevos planteamientos que el país se ha propuesto de cara al futuro. Este documento es una de las herramientas más importantes para externar las preocupaciones sobre el cambio climático a los tomadores de decisiones a nivel nacional e internacional.



Jorge Rodríguez  
Ministro del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones

# AGRADECIMIENTOS

Este informe ha sido preparado por el Instituto Meteorológico Nacional del Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones con el apoyo financiero del Fondo Mundial para el Medio Ambiente por medio del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Para la realización del mismo se agradece la colaboración de:

Ministerio de Agricultura y Ganadería  
Ministerio de Salud  
Ministerio de Obras Públicas y Transportes  
Dirección Sectorial de Energía  
Fondo Nacional de Financiamiento Forestal  
Dirección de Gestión de la Calidad Ambiental  
Estrategia Nacional de Cambio Climático  
Sistema Nacional de Áreas de Conservación  
Oficina Costarricense de Implementación Conjunta  
Instituto Costarricense de Electricidad  
Refinadora Costarricense de Petróleo  
Instituciones académicas  
Centro de Estudios Económicos y Ambientales  
Comité Regional de Recursos Hídricos  
Instituto Nacional de Biodiversidad  
A la Fundación Hagnauer / Centro de Rescate Las Pumas (fotografía)  
Empresa privada  
Organizaciones no gubernamentales  
Consultores privados

# EXECUTIVE SUMMARY

This executive summary offers a general view of the contents discussed within Costa Rica's Second National Communication to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). It includes information on national circumstances, the greenhouse gas inventories for years 2000 and 2005, policies, vulnerability and adaptation to climate change, as well as mitigation options. It also includes information on technology transfer, systematic observations, and other elements.

## **National circumstances related to greenhouse gas emissions and absorption**

Costa Rica is a Democratic Republic located in Central America, with a continental area of 51,100 square kilometers. To the North, it is bordered by Nicaragua, to the East by the Caribbean Sea, to the Southeast with Panama, and to the Southwest and West with the Pacific Ocean.

Its topographic characteristics include three mountain ranges that cross the country from Northwest to Southeast, and from one end to the other, with the presence of a great amount of genetic material distributed over a heterogeneous terrain and subject to very valuable climatic and biological conditions, which has led the Costa Rican territory to possess a diversity of lands.

The country is divided into 34 river basins, susceptible to water and land use planning. Of these, five have been classified as of major importance in relation to the population density settled around them. These basins are damaged by pollution in the form of sediments, fe-

cal contamination and organic contamination from untreated industrial waste. These five basins make up more than 50 percent of the country's geographic area.

The Costa Rican coast has a length of 1,376 kilometers (km), 1,164 km of which are located in the Pacific Coast, and 212 km border the Caribbean Sea.

Costa Rica has great climatic diversity as a result of the land – atmosphere interaction at the volcanic mountain range that crosses the country from Northwest to Southeast. Its rain regime is characterized by the big climatic contrasts between high and low altitude geographic regions.

In 2007, the Costa Rican population amounted to 4,444,922 inhabitants (inhab), with a population density of 87.3 inhab/km<sup>2</sup>. The country has had an average population yearly growth of 2 percent since 2000, and it is estimated that for the year 2025, the population will reach 5,567,811 inhabitants.

Since 1870, primary education in Costa Rica has been universal, free, and obligatory. As a consequence, literacy and schooling rates are one of the highest in Latin America and in developing countries. Literacy in adults has grown from 93.9% in 1990 to 97.2% in 2005. The net schooling rate rose from 90.1% in 1990 to 99.8% in 2007 secondary education, the rate rose from 39.5% in 1990 to 71.2% in 2007.

In 2007, 61 percent of the population was residing in urban areas. 99% of this population has access to clean water, while in rural areas, access is 92%.

48% of urban households are connected to the public waterworks system or have individual septic tanks. 97% of rural households make use of septic tanks and latrines.

The sectors that contributed the most to economic growth in 2006 were industry, with 32.5%; transportation, with 18.9%; commerce with 8.8%; and agriculture, with 14%.

In 2006, employment rose by 3%, 5.2 percentage points less than economic growth for that same year (8.2%). En el 2006 el aumento de los ocupados fue del 3%, 5,2 puntos porcentuales menos que el crecimiento de la economía (8.2%). 53,025 new job opportunities were created, which is less than the 123,000 jobs created in 2005, but superior to the only 13,000 registered for 2004, and slightly higher than the average during past the past years (48,000).

The Instituto Costarricense de Electricidad (ICE, the national electricity utility) has a 97% national electricity coverage, while the mobile telephone service has a 97% coverage and its prices are among the lowest in Latin America and subsidize the landlined telephone service.

National electricity consumption has tended to grow (5.2% in during the past two years). However, the installed capacity of the Interconnected National System (Sistema Interconectado Nacional) for electricity generation has not varied proportionally to growth in demand (with an average of 3.9% between 2000 and 2006).

Costa Rica's energy consumption is based on the use of three sources: oil derivates, electricity, and biomass. In 2006, energy use was greatest among the transportation sector, which uses in average 55% of total energy consumption, followed by the industrial (20%), residential (11%), services and commercial (10%) and agricultural (4%) sectors.

The greater share of electrical production comes from clean sources and, in this sense, the country has become a leader in the Central American region. In 2006, 93.6% of electricity came from this type of sources (hydraulic, geothermal and wind), with a small share (6.3%) of electricity produced through thermal power plants.

In relation to transportation, from 2000 to 2006, numbers rose from one vehicle per six inhabitants, to one vehicle per four.

Of the total fuel use, gasoline and diesel use amounted to 75.3%, of which 98% went to vehicle transportation (85% to private vehicles, 5% to public transportation, 6% to light and heavy load freight transportation, and the 4% remaining to other types of vehicles). The national gasoline automobile fleet amounted to 859,985 units, 7% higher than during the previous year.

Tourism is one of Costa Rica's most important the economic activities, with a great potential to enhance national growth and well-being. During 2002, the country received more than a million tourists (1,113,359), coming mainly from the United States (38%), Central America (29%), and Europe (14%).

In 2006, 11% of the country's territory was dedicated to agricultural and livestock-related activities. Coffee remains the nation's most important product, followed by African palm, rice, sugar cane, banana, and pineapple.

In 2005, national forest cover rose to 48% of the territory, without taking into consideration mangroves, moors, and forest plantations. "Of all existing forests covers, only 45% (1,118,995 ha) is under some sort of protection, while the rest (1,327,122 ha) falls outside any sort of protection unit. It must be pointed out, however, that of the forest area existing outside protected areas, a total of 451,500 ha have been under conservation through the Payment for

Environmental Services (PSA) program in the period 1997-2005, which equaled in 2005 to 18.4% of the national forest cover, or 34% of the forest area within protected regions. During the 2000-2005 period, forest cover rose in 169,000 ha as a result of recovery processes, while forest loss amounted to only 23,600 ha. This is equivalent to a yearly recovery rate of 0.66% of the national territory, and a yearly forest degradation rate of 0.09%.

### National greenhouse gas inventory of emissions by sources and absorption by sinks

The Second National Communication introduces the evaluation of the greenhouse gas inventories of emissions by sources and absorption by sinks for the years 2000 and 2005.

The estimation of gases was carried out using the following:

- IPCC's 1996 Revised Guidelines for Greenhouse Gas Inventories.
- IPCC orientation on Good Practices and uncertainty assessment in greenhouse gas inventories.
- IPCC orientation on Good Practices for land use, land use change, and forestry.

The following gases were evaluated: carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), methane (CH<sub>4</sub>), carbon monoxide (CO), nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), non methane Volatile Organic Compounds (NMVOC), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), halocarbons (HFC), perfluorocarbons (PFC), and sulfur hexafluoride (SF<sub>6</sub>).

According to the IPCC methodology, the inventory was divided into five sectors: energy, industrial processes, agriculture, land use change and forestry, and waste management.

The results obtained for the 2000 inventory were the following:

Table i.2: Total greenhouse gas emmisions, year 2000

Sector	Total emissions (Gg)								
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>	Total CO <sub>2</sub> equiv
Energy	4,717.2	1.7	0.17	NA	165.8	21.5	27.6	3.8	4,805.6
Industrial processes	387.5	NA	NA	0,043	NA	NA	24.4	0.22	449.8
Agriculture	NA	99.59	8.12	NA	1.41	0.029	NA	NA	4,608.6
Land use change	-3,262.2	4.4	0.03	NA	17.2	0,5	NA	NA	-3,160.5
Waste management	NA	58.9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,236.9
Total	1,842.5	164.6	8.3	0.043	184.4	22.0	52.0	4.0	-----
Total CO <sub>2</sub> equivalent	1,842.5	3,456.4	2,573	62.3	ND	ND	ND	ND	7,940.48

Source: IMN, 2008.

Table i.2: Total greenhouse gas emissions, year 2000

Sector	Total emissions (Gg)								
	CO2	CH4	N2O	HFC	CO	NOx	NMVOC	SO2	Total CO2 equiv
Energy	5,492.7	4.9	0.3	NA	246.4	25.1	37.6	4.5	5,688.6
Industrial Processes	496.6	NA	NA	0.121	NA	NA	31.4	0.38	672.5
Agriculture	NA	100.4	8.05	NA	1.07	0.025	NA	NA	4,603.9
Land use change	-3,667.7	6.93	0.05	NA	60.6	1.72	NA	NA	-3,506.7
Waste management	NA	62.9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,320.9
Total	2,321.6	112.2	8.4	0.121	308.1	26.8	69	4.9	
Total CO2 equivalent	2,321.6	2,356.8	2,604.0	175.9	ND	ND	ND	ND	8,779.2

Source: IMN, 2008.

### Policies and measures adopted and proposals to apply the Convention

At the Central American level, the country participates permanently in the organizations, strategies, meetings, among others, which are part of the regional political framework on climate change and its mitigation and adaptation policies. Examples: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD); Consejo Centroamericano sobre Cambio Climático (CCCC); Plan Centroamericano para el Manejo Integrado y la Conservación de los Recursos del Agua (PACADIRH); Convenio Regional sobre Cambio Climático (CRCC); Comité Regional de Recursos Hídricos (CRRH); Estrategia Forestal Centroamericana (EFCA); Convenio Regional para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales (Convenio Regional Forestal); Convenio para la Conservación de la Biodiver-

sidad y Protección de Áreas Silvestres Prioritarias en América Central; Plan Ambiental de la Región Centroamericana (PARCA), la Estrategia Regional de Cambio Climático, la Estrategia Regional Agroambiental y de Salud (ERAS).

At the national level, the Ministry of Environment, Energy, and Telecommunications (MINAET) is the leading entity that has taken the responsibility to implement the Convention through the following institutions:

- The National Meteorological Institute (IMN), which acts as focal point to the IPCC. The IMN has led the preparation of the National Greenhouse Gas Inventories, as well as studies on vulnerability and adaptation, technology transfer, education, and public awareness, with the aid of resources from international cooperation.
- Likewise, the Costa Rican Office on Joint Implementation (OCIC) is the focal point to the

Convention and the Designated National Authority to the Clean Development Mechanism (CDM), with a facilitative role that seeks to promote the participation of public and private sectors by using this mechanism of the UNFCCC and the Kyoto Protocol to open new opportunities.

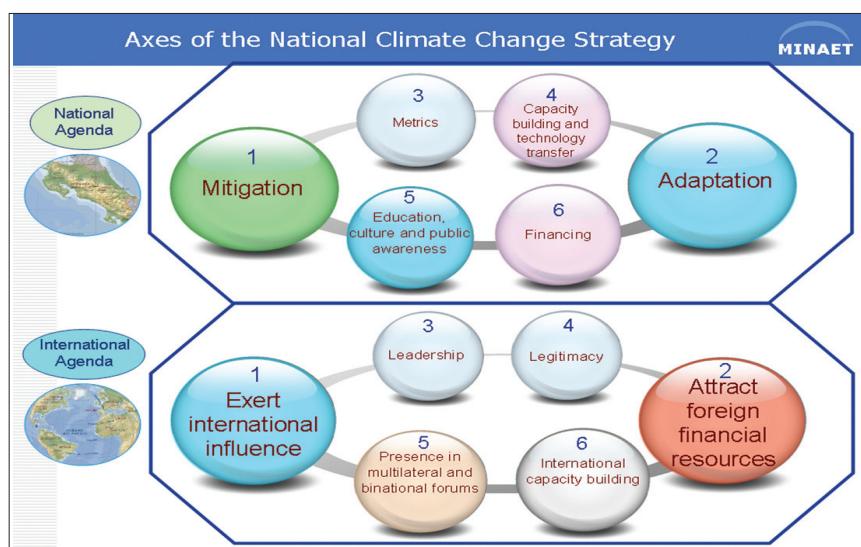
Other entities related to the implementation of the country's obligations in this area are the National System of Conservation Areas (SINAC), the National Forestry Financing Fund (FONAFIFO), the National Forestry Board, and the Costa Rican Association on Joint Implementation (ASOCIC), in addition to a series of sectoral actors who have joined these efforts in support of the National Climate Change Strategy.

The objectives of the Convention were incorporated into the National Development Plan 2006 - 2010 and thus, an essential step towards creating a national policy to facilitate planning and implementation of coordinated sectoral and institutional actions on this matter was taken. In this context, the country has committed itself to developing a National Climate Change Strategy as first step to the implementation of the National Climate Change Program.

In turn, the "Peace with Nature" initiative, which arises as a response by President Oscar Arias and a group of professionals on the growing concerns on the country and planet-wide environmental degradation, places climate change as a priority area for action, having acquired the Government of Costa Rica the commitment to becoming carbon neutral by 2021.

The National Climate Change Strategy requests all public and autonomous institutions and local governments to structure and put in practice a short, mid, and long-term action plan with clear goals, that takes into account its four pillars and six axis. The fundamental pillars are shared responsibility, opportunity, threat, and capacity and legitimacy development. The National Agenda, with a clear orientation towards action, has been defined around six strategic axes or components, the main of which are Mitigation and Adaptation; the other four transversal components are: Metrics, Capacity Building and Technology Transfer, Education, Culture and Public Awareness, and Financing (Fig. i.1).

Figure i.1 National Climate Change Strategy



## **Policies, adopted measures and proposals for mitigation of greenhouse gas emissions**

Current domestic policies and guidelines for emissions mitigation along with the country's goal towards carbon neutrality provide explicit recognition to the internalization of an economic policy in the national environmental policy. This policy incorporates in the energy bill, economic benefits obtained from renewable energy sources, as well as reduction and avoidance of an important quantity of greenhouse gas emissions (GHG) that will have been release otherwise in a base scenario. In addition, the policy internalizes and promotes a transport sector based on renewable energy, since more than 60% of GHG emissions derive from the use of fossil fuels from transportation activities.

Another innovator policy element is the internal scheme that provides incentives to national companies and producers to move forward in the process for technological research and development to reduce emissions in relation to each production unit. This will be accomplished by designing a local market for net emission reductions that could be purchased by those who did not achieve their emission goals. According to this scheme, holders of verified net credits could allocate them with those that exceed their net emission balance. This scheme will enter into effect progressively in order to promote the process and move towards the goal of carbon neutrality.

This scheme of a policy for emission reduction and preparation to climate change that includes projects of second generation present the opportunity to incorporate all type of ecosystems with capacity to capture and fix GHG emissions. This will allow a broader scope beyond the forestry sector through the Payment for Environmental Services (PES) that demonstrates disproportionate distribution by the concentration of income in a few extensive landowners.

Reduced emissions will allow generation of economic incentives and markets to increase authorized emission reduction transactions among those holders which net emission balance is negative. This will promote trading and generation of economic incentives and will encourage technological changes to technologies that will make possible to achieve the goal of carbon neutrality, through best production practices and energy generation from renewable sources and less emitter of GHG emissions.

Proposed measured are established for individual sectors and well as crosscutting links to develop national policies. In addition to guidelines, areas, measures and proposals, there is a list of main projects in order to move towards GHG mitigation to address climate change and advance to C-neutrality. These issues are closely related to mitigation technologies and GHG emission reductions.

Costa Rica has designed these policies in recognition to its unilateral declaration of carbon neutrality announced internationally. Therefore, these policies respond to the national commitment to fulfill its international position and they are not isolated initiatives aimed at merely satisfying a requirement to the UNFCCC. On the contrary, these policies will generate an effective scheme for the country's strategy that will be enabled by the appropriate mechanisms for its coordination, implementation and monitoring.

## **GHG Mitigation Options to Achieve Carbon Neutrality in 2021**

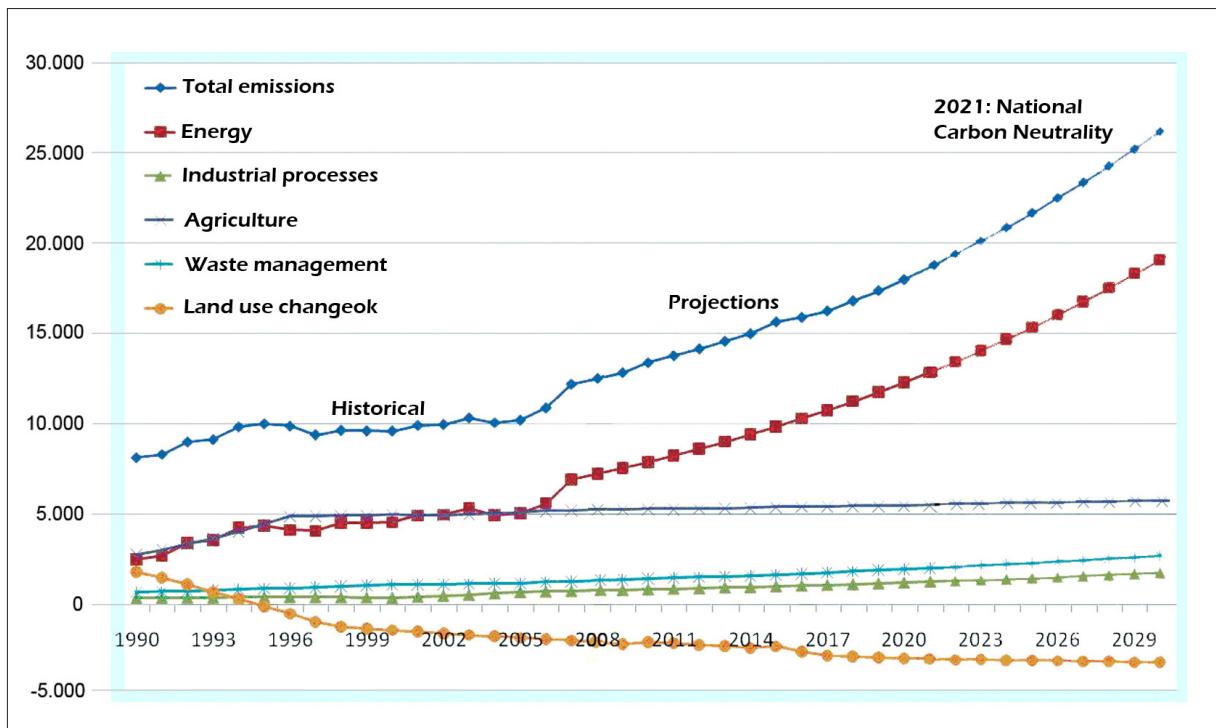
In order to define a portfolio of mitigation projects and efforts towards the national goal of carbon neutrality, sectors must consider that the national economy requires to increase production of energy from renewable sources and to reduce dependence on fossil fuels. According to the results and previous estimations, energy production from hydrological sources presents

a high potential for GHG emission reductions by substitution of fossil fuels.

Biomass is an energy sources that in terms of carbon neutrality, will provide an opportunity for emission reductions, as long as this resource is regenerated the following year to balance for annual emission reductions and CO<sub>2</sub> fixation.

Figure i.2, presents the projection of emissions by sectors for the base scenario. It is evident, that emission levels of the energy sector will increase while all the other sectors will remain stable. This results demonstrated the level of required efforts for the national carbon neutrality.

Figure i.2: Costa Rica. Total net emissions base scenario:  
Historical emissions and projections (Gg)



Source: M. Adamson, CIESA.

Efforts to achieve any of the options for carbon neutrality are significant, in terms of reduction of fossil fuel energy, as well as associated low carbon technologies. These efforts will depend on an economic policy that internalizes costs and other suggested measures included in the IPCC Policy Proposals by sectors to provide incentives for changes in the productive sectors.

In order to achieve national goals, a sustained and coherent support to address priorities and resources is required, taking into consideration that the costs will be higher if actions are not taken right away. A low carbon economy would generate financial resources that will benefit ecosystems and reduction of vulnerability to climate change. For example, energy production from hydrological sources will provide clean energy, at the same time, will protect water resources to the effects of climate change and generation of energy.

The National Carbon Neutral Policy stated by Costa Rica is a defiant challenge. It offers valuable opportunities for the country's economic, environmental and social development. Delay actions will impose higher costs in the future according to estimates and International reports. Taking actions now will facilitate a head start and build national capacities to become a low and neutral carbon emission economy. This is an effort of our society to be responsible with future generations and as a valuable effort to preserve the functions of ecosystem that provide support to our life.

### **Assessment of vulnerability, effects of climate change, and adaptation measures**

Costa Rica is a country vulnerable to extreme hydrometeorological events, which have brought disaster to many of its socioeconomic sectors. The following section characterizes climate, variability, and climate change, and is an impor-

tant guide towards the understanding of current and future climate, crucial in the design of a National Adaptation to Climate Change Strategy.

### **Costa Rica's Climate Regions**

The Northwest-Southeast orientation of its mountain range system divides Costa Rica into two regions: Pacific and Caribbean. Each one of these regions has its own precipitation regime, with particular spatial and temporal characteristics.

The two precipitation regimes, mountain distribution, along with Costa Rica's prevailing winds and oceanic influence, differentiate three main climate regions, which are divided into six smaller scale zones: the Humid Tropical Region of the Caribbean (to which belong the Northern Zone and Caribbean Region), the Inter-mountainous Central Region (to which belongs the Central Region), and the Tropical Pacific Region (which is made up by the North Pacific, Central Pacific and South Pacific Regions).

### **Signs of climate change in Costa Rica**

Table i.3 provides examples of recent events which suggest changes Costa Rica's climate.

### **Future climate projections in Costa Rica**

Future climate projections obtained through the PRECIS model quantitative results are presented in the following images.

Table i.3: Recent evidences of climate change in Costa Rica

System	Zone	Observation	Relation to climate change
Coastal	Damas, Central Pacific	Geomorphological variations of the terrain were caused by penetration of the sea into the Damas estuary in 1997, and separating the tip of Damas from continental land.	Increase in sea level, effect of El Niño 1997-1998, and high tide.
Coastal	Puntarenas, North Pacific	Flooding by sea water in downtown Puntarenas after an unusually high tide. Observation in 2007.	Effect of El Niño, startup of new moon and spring equinox.
Forestry	La Selva, Sarapiquí, Northern Region	Increasing temperature hinders the process of photosynthesis and decreases the thickness of trees. Measurements since 1980.	Increasing average and night temperatures.
Forestry	Whole country	Wild orchids threatened by loss of habitat, changes in flowering and pollination. Recent observations.	Increase in temperature alters the habitat of some species and unbalances pollinator populations.
Biodiversity	La Selva, Sarapiquí, Northern Region	33 populations of bird species have declined by 50%, by 30% in bats. Observations since 1970.	Drought associated with temperature rise, and pesticide use.
Biodiversity	La Selva, Sarapiquí, Northern Region	75% of amphibians in the biological station had disappeared in the last 35 years.	Drought associated with high temperature provokes concentration changes in leafs, reproduction site for many amphibian species.
Biodiversity	Monteverde, Puntarenas, North Pacific	The Batrachochytrium dendrobatidis fungus is the causative agent of death and disappearance of the golden toad and the harlequin frog. Two thirds of the frog population perished between 1980-1990	Climate change leads to more humid environments and warmer nights, which triggers the fungus.
Biodiversity	Las Baulas Marine Park, North and Central Pacific	Alterations in nesting of sea turtles (Loras, Leatherback and Carey). In 1990, between 246 to 1000 Leatherbacks were expected. In 2005-2006 only 58 nested. Carey turtle nests were unusually found in the Central Pacific. In 20 years, the number of Lora turtles arriving to nest at Ostional increased twenty times.	High sea temperature and effects of El Niño affect the metabolism and ability to travel of sea turtles. Salinity and temperature can affect their migration routes.

System	Zone	Observation	Relation to climate change
Biodiversity	Mangroves, whole country	The amazilia bird is a species endemic to Costa Rica that inhabits in mangroves. It is one of the 1226 species in critical risk of extinction. Declared endangered in 2007.	High temperatures and drought affect water surfaces and thus the bird's habitat.
Biodiversity	Corcovado National Park, South Pacific	Of the 220 000 primates living in 1995, today only 107 000 remain. 1,000 primates perished in 2006, during a storm that hit the Osa Peninsula.	Increase of more intense extreme events. Disappearance of species from climate stress.
Biodiversity	Caño Negro Wetland, Northern Region; and Sierpe, Central Pacific	Gender reversal in species has been observed, which may be linked to rising temperatures. It has been observed a reversal in the proportion of women who may be linked to increased environmental temperatures. Records from 1984-2005 at Caño Negro reveal an increase in the population of males during warmer years linked to El Niño. Increase in nest temperatures registered in 2005.	Increase in temperature linked to temperature increase in nests and birth of more males. Drought and El Niño affect species gender.
Climate	Costa Rican Pacific	Tropical Storm Alma is the first Pacific tropical storm which originates less than 50km from the coast of Guanacaste.	Increase in extreme events. Never before had there been a case such as Alma.
Climate	Monteverde, Puntarenas, Northern Pacific	The cloud forest is losing moisture. Cloud base is rising due to warming, threatening many species.	High temperatures move clouds away from forest floor.

Figure i.3: Climate change precipitation scenarios.  
Rate of change (%) of baseline (BL) average (period 1961–1990)  
versus period average (2071–2100).

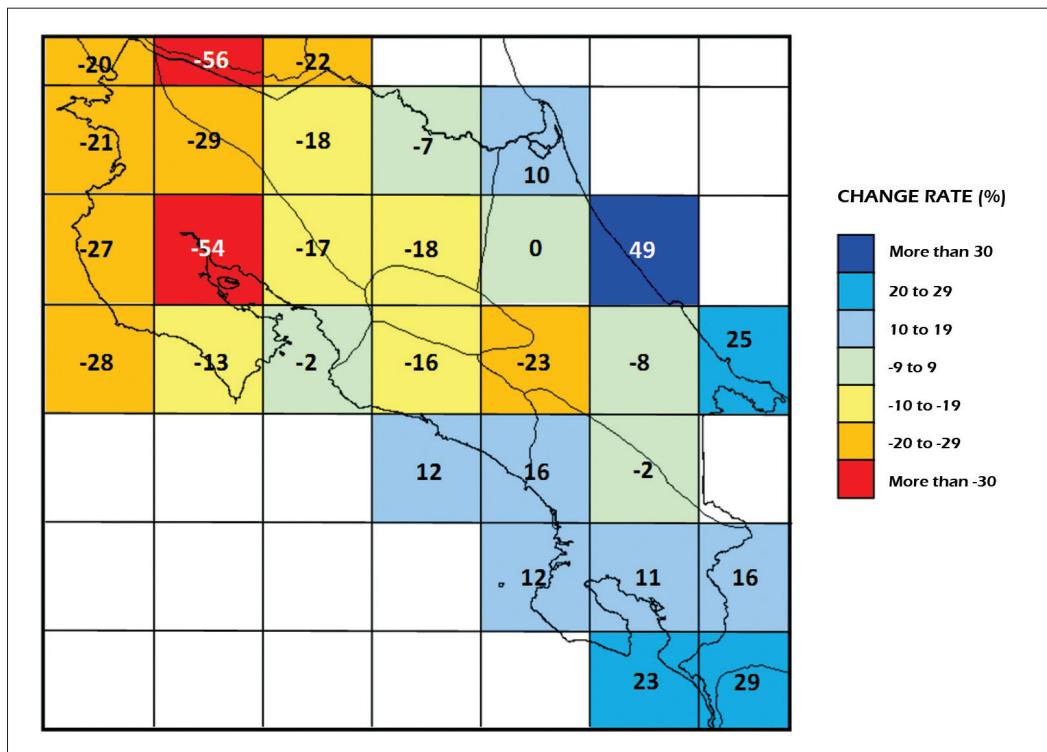


Figure i.4: Climate change maximum temperature scenarios.  
 Rate of change (°C) from temperature increase tendency projected by  
 PRECIS for the period 2071–2100.

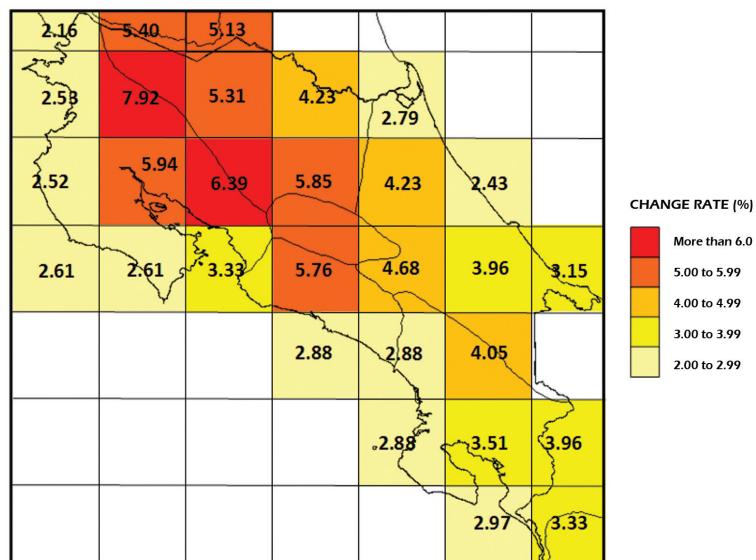
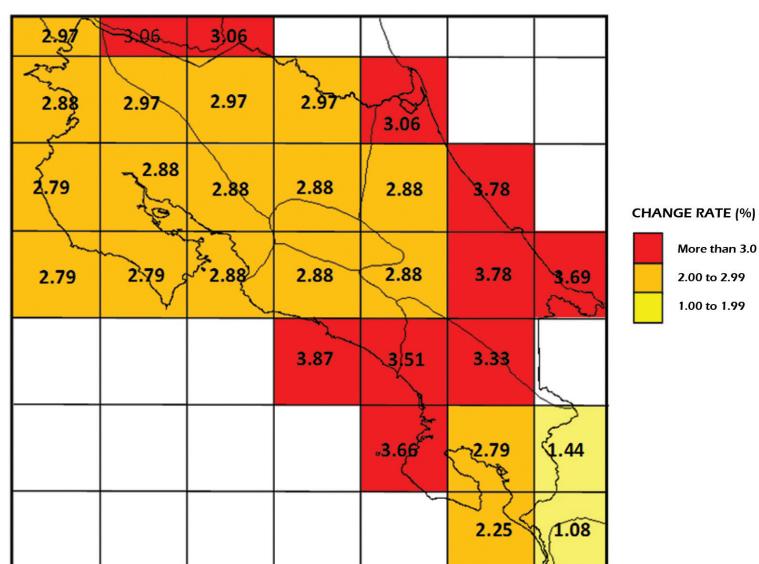


Figure i.5: Climate change minimum temperature scenarios.  
 Rate of change (°C) from temperature increase tendency projected by  
 PRECIS for the period 2071–2100.



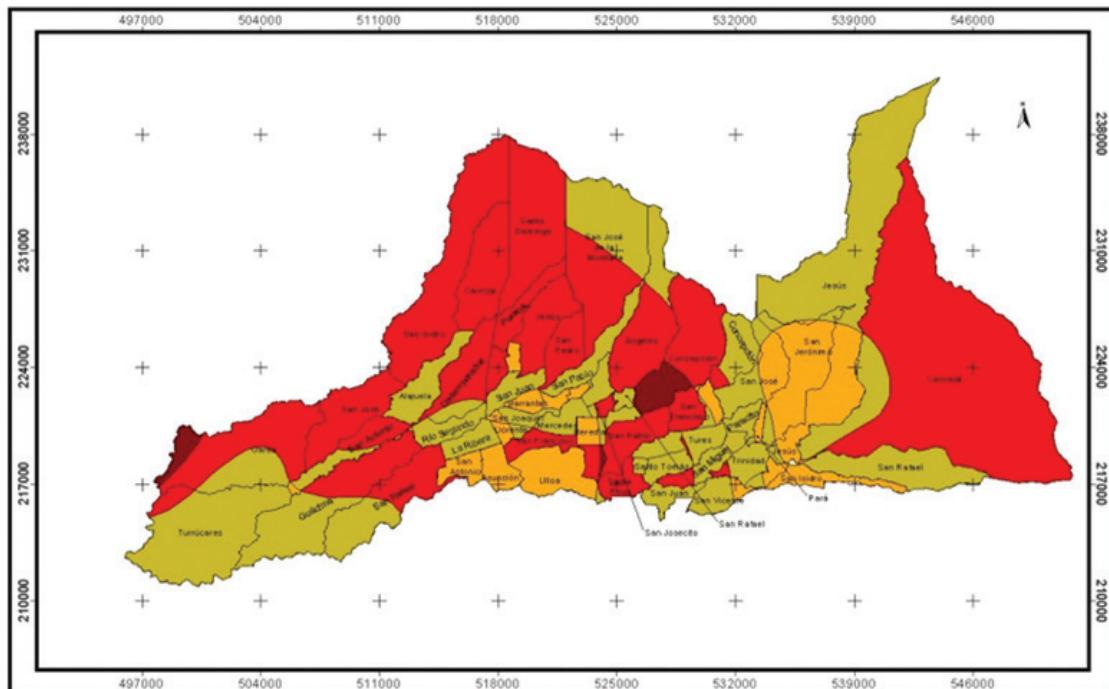
## Water resources

Costa Rica conducted an analysis of the vulnerability of the water resources system to climate change, within the technical and administrative framework of the Regional Project for Capacity Building for Stage II of the Adaptation to Climate Change in Central America, Mexico and Cuba. The pilot project was performed in the

Northwestern Region of Costa Rica's Great Metropolitan Area, and studied both current and future risk.

Results indicate that the studied area does not have areas with the lowest risk values (index of 20 or less), but does show small spots with the highest risk index. Figure i.6 shows the results of the study.

Figure i.6: Current risk index.



Although some vulnerability indicators do show favorable future tendencies, the threat of climate change as a risk factor is greater, leading to a gradual increase in overall risk mainly due to the increased threat of climate.

Table i.4 shows future risk from various indicators.

Table i.4. Estimated future risk on socioeconomic indicators selected for the years 2010, 2015, and 2020.

Socioeconomic indicators		Risk		
		2010	2015	2020
1	Houses with septic tank	Low	Medium	High
2	Roof material	Low	Medium	High
3	Wall material	Medium	Low	Medium
4	Agricultural activity	Medium	Low	Medium
5	Asthma cases	Medium	Low	Medium
6	Handicapped residents	Low	Low	High
7	Illiteracy	Medium	Low	Low
8	Overcrowding	Low	Medium	High
9	Poverty	Low	Low	High
10	Drinking water availability	Low	Medium	High
11	Adults over 64 years of age	Low	Medium	High
12	Children under 12 years of age	Medium	Low	Low

Scale of Risk

High

Low

The project put in evidence that there are no clear and defined policies to address changes in climate. However, adaptation measures can be identified, although most are not a direct response to climate change but can be accounted as adaptation measures to reduce climate vulnerability. Table 1.5 summarizes some identified measures.

Table i.5: Identified adaptation measures in diverse sectors

Sector	Adaptation measures
Forestry	Protection, reforestation and prevention of degradation
	River bank restoration
	Agroforestry systems : erosion reduction through provision of organic material to soil water protection (quantity and quality) by encouraging infiltration and reducing runoff that could pollute waterways carbon capture, enhancing potential of silvopasture systems
	Watershed management (Pirris/ Platanar Project at the river spring level)
Agriculture and Livestock	Integral farm management (Virilla upper river region)
	New production alternatives (hydroponics, greenhouses, controlled climates, others)
	Irrigation projects and capacity building to raise irrigation efficiency
	Drainage ditches in areas affected by excessive rainfall
	Combined aquaculture and irrigation systems, water recycling
Public services	<b>1. Water</b>
	"Summer" programs by the Costa Rican Institute of Waterworks and Sewerages (AyA)
	Formal and informal education campaigns
	Construction of wells and water storage tanks
	Repair and renewal of broken down pipelines
	Sediment removal in water intakes
	Investment in infrastructure (wells and tanks) and technology
	Reducing concessional flow or maintaining environmental flow
	Protection of aquifers and water intakes
	Limiting concession number on basis of sector and source
	Water pollution levy
	Water use levy (still in development phase)
	Environmentally adjusted water tariff (ESPH, S.A.)
	Improved control measures and monitoring in resource use (meters)
	Improving infrastructure, surveillance and control of water capture from springs (ASADAS)
	Sanitary risk program from AyA
	Monitoring and control
	Water rationing
Industry	<b>2. Electricity</b>
	Greater efficient equipment, as in compact fluorescent lamps
	Charge control
	Generation from cleaner sources
	<b>3. Sanitation</b>
	Construction of the metropolitan sewerage
	Implementation of legislation in the construction of septic tanks
	Better construction regulations for septic tanks and treatment plants
	Efficiency of manufacturing processes through technological innovation
	Water reuse
	Water treatment
	Environmental management systems

## Knowledge, current situation and threats to biodiversity

Climate change is one of the major global threats to biodiversity at all levels. While climate change is not something new, human activity has altered the structure of many of the world's ecosystems, reducing their resilience to change.

Costa Rica has 166 protected wilderness areas which cover 26.0% of its land area and 0.9% of its marine extension. However, this conservation effort is still not adequate to effectively protect all ecosystems identified within the country, nor the ecological processes necessary for good ecosystem health.

The analysis of the interactions between biodiversity and climate change is particularly relevant for the country, as it registers nearly 91,000 species, approximately 4.5% of known species in the world.

In general, it can be said that all the country's ecosystems have experienced, as a product of human actions, changes in their structure and composition. Pollution, resource overexploitation and anthropogenic changes in natural land cover have been and are causing changes in ecosystem integrity, and thereby on the quality of goods and services they may provide.

Many of the country's species have experienced a reduction in their population size due to changes in the coverage of their habitat and / or human exploitation, and, as a result, many species find themselves today as threatened. However, there are few studies to assess changes in species diversity and link them directly to climate change.

The decline in amphibian populations is attributed to the invasion of *citridium* pathogenic fungus (*Batrachochytrium dendrobatidis*) in the highlands, favored by an increase in temperature caused by global warming.

In a study conducted between May 2004 and May 2005 (Escobedo 2005), the effect of climate on gender proportion of the caiman (*Caiman crocodilus*) in the Refugio Caño Negro Wildlife Reserve was analyzed. The study found that a relationship exists between the higher number of males and the decrease in precipitation during the nineties caused by El Niño. There is a relationship between declining rainfall and increase in male alligators, given by the higher mortality rate in females.

Long-term studies conducted at La Selva in Puerto Viejo, Sarapiquí, have documented the effect of climate change on tree growth. It was found that the diametral growth of the trunks of adult individuals of 6 species of canopy trees in a period of 16 years (1984-2000) was negatively correlated with the annual average daily minimum temperature and the release of CO<sub>2</sub> to the atmosphere from tropical terrestrial ecosystems.

In Monteverde, the clouds seem to be receding. The main reason is deforestation, not in Monteverde itself but in the lowlands, which is having a strong impact on the region.

An analysis on the effect of climate change on the distribution of the 19 Holdridge life zones in Costa Rica suggests that those life zones found in high elevations may be more sensitive to increases in temperature, while those at low elevations may be more susceptible to changes in precipitation.

Trends show that the national parks and biological reserves that generally will be most affected are those located in the highlands. For example, the Tapantí-Macizo de la Muerte and Braulio Carrillo National Parks, important as sources of drinking water, will suffer a sharp decline in annual precipitation, evidencing how climate change will affect the ecosystems' capability to provide environmental services. Table i.6 shows the expected impacts over 16 species in Costa Rica.

Table i.6: Expected changes in the potential distribution of 16 species, based on three climate variables (yearly precipitation, and minimum and maximum temperatures).

Species	Current suitable area (ha)	Future suitable area (ha)	Difference	%
<i>Amazilia boucardi</i> (hummingbird, sparrow)	14.969	0	-14.969	-100,0
<i>Ara ambiguus</i> (green macaw)	21.361	19.091	-2.270	-10,6
<i>Bufo aucoinae</i> (toad)	11.173	3.081	-8.092	-72,4
<i>Caluromys derbianus</i> (zorro de balsa)	10.427	14.752	4.325	41,5
<i>Carpodectes antoniae</i> (Cotinga piquiamarilla)	12.489	3	-12.486	-100,0
<i>Cephalopterus glabricollis</i> (pájaro danta, pájaro sombrilla cuellinudo)	19.422	19.047	-375	-1,9
<i>Craugastor podiciferus</i> (toad, frog))	15.534	12.840	-2.694	-17,3
<i>Cryptotis gracilis</i> (shrew)	3.607	4.496	889	24,6
<i>Oophaga granuliferus</i> (poisonous frog, poisonous toad)	14.346	0	-14.346	-100,0
<i>Habia atricapilla</i> (Tangara hormiguera carinegra)	4.812	10.060	5.248	109,1
<i>Isthmohyla picadoi</i> (frog)	3.808	5.623	1.815	47,7
<i>Oedipina poelzi</i> (salamander)	7.443	8.492	1.049	14,1
<i>Phylllobates vittatus</i> (poisonous frog, poisonous toad)	14.346	0	-14.346	-100,0
<i>Saimiri oerstedii</i> (spider monkey, tití monkey)	13.922	12.305	-1.617	-11,6
<i>Smilisca puma</i> (frog)	23.877	19.019	-4.858	-20,4
<i>Touit costaricensis</i> (parakeet)	7.289	8.802	1.513	20,8

## Some general adaptation actions identified for the biodiversity sector are:

- Establish networks of marine, terrestrial and freshwater protected areas, taking into account projected changes in climate.
- Habitat management focused on endangered species.
- Reduce the ecosystem fragmentation, with particular emphasis on wetlands.
- Improve control over land use change and illegal logging (18% of carbon dioxide emitted in the world comes from deforestation – land use change).
- Include climate change considerations into natural ecosystem maintenance and restoration activities.
- Strengthen the generation and valuation of goods and services from ecosystems.
- Promote diverse private conservation activities (biological corridors, private reserves, etc).
- Strengthen measures for the protection and sustainable management of coral reefs on both coasts and ecosystems of particular interest such as those found on the Gulfs of Papagayo, Nicoya, and Dulce, and the Téraba-Sierpe wetland.
- Consolidate the ecosystem-based land ordering of the national territory in order to promote biodiversity conservation, by integrating initiatives such as Grúas II, biological corridors, model forests, and environmental management units for biodiversity conservation (ecosystem based approach).
- Strengthen inter-agency coordination and partnerships for the synergistic assessment of biodiversity and climate change.
- Promote research, development, monitoring, evaluation and transfer for the adaptation of species and ecosystems to climate change.
- Promote the sustainable management of marine and coastal resources with relation to climate change
- Strengthen civil society's awareness and participation, with the support of the media.
- Strengthen climate change related programs in formal and informal education. Promote the implementation of the national and international legal framework relating to the sustainable management of biodiversity and the impacts of climate change.
- Consolidate the Biological Corridors Program adjusted to the Gruas II Proposal.
- Implement the proposals identified through Gruas II for handling conservation gaps and the consolidation of Costa Rica's wild protected areas.
- Enhance and strengthen the institutional capacity of MINAET's organs related to conservation of biodiversity and climate change (SINAC, CONAGEBIO, FONAFIFO, IMN, SETENA, Waters Department, DSE).
- Improve the nationwide system of weather stations.
- Develop and implement, based on Cranes II, the National Marine and Marine-Coastal Plan.
- Update and implement the National Strategy for the Conservation and Sustainable Management of Biodiversity, and the same for Wetlands.
- Implement the biodiversity monitoring program, and systematize the information in a measurable, reportable, and verifiable way.

## Public Health

One of the sectors most vulnerable to climate variability and climate change is public health. The sector's vulnerability is not based only on the close relationship between the atmospheric and biological processes that may enhance the proliferation of a given disease, but the relationship between health and quality of life. This, in turn, directly affects the country's development. Uno de los sectores de mayor vulnerabilidad ante el clima, su variabilidad y cambio climático es el de la salud pública. La vulnerabilidad de este sector no se basa solo en la estrecha relación entre los elementos atmosféricos y los procesos biológicos que desatan la enfermedad, sino en la relación existente entre la salud y la calidad de vida de la población. Esta a su vez, repercute directamente en el desarrollo del país. Moreover, the health sector also provides an organizational platform for the important issue of adaptation to climate change in development and exploitation of opportunity schemes.

The vulnerability of human health is caused in part by the increased frequency of the appearance of some diseases due to climate variability, and by the socio-economic impact they leave in their wake. The weather can have either a direct or indirect impact on disease proliferation. The indirect effects of climate on health are related to disease-transmitting vectors such as rodents, red tide, or dengue, and whose populations fluctuate in accordance to climatic events.

In Costa Rica dengue reappeared in 1993 and, by mid-2004 had infected more than 92 thousand people. Since its reappearance, it has peaked in 1994, 1997, 2003, and 2005.

The population between 5 and 45 years of age is the most vulnerable to dengue. This range includes the country's economically active, as well as school and college, populations.

In Costa Rica, during El Niño (ENSO warm phase) the infection rates increase in the provinces with Pacific influence. In Limón, however, rate fluctuations are inverse, and can be linked to the cold phase of ENSO, La Niña.

With regard to malaria, according to data from the Epidemiology Unit of the Ministry of Health, between 2004 and 2006 the highest incidence of malaria in Costa Rica occurred in the Caribbean and, to a lesser extent in some regions of the Northern and Central Pacific. The highest rate occurred in Matina 46.9 infections per 100 thousand inhabitants.

Asthma is a chronic disease with high socio-economic impacts related with cost of hospital care, and school and work absenteeism. The elderly population suffering from chronic bronchitis or asthma is the age group most vulnerable to an increase in air pollutants. In Costa Rica, the child population is the most threatened by asthma.

Heart disease may be related to climate in two ways: high levels of ozone in the lower atmosphere and the physiological stress caused by heat waves, specially on the early and on people with cardiorespiratory ailments.

Although statistics from the Ministry of Health show that mortality rates from cardiovascular diseases are on a downward trend (1990-2006), the maximum temperature in some of the regions with higher mortality has increased, along with the number of deaths. The decline in mortality is explained by efforts to promote preventive health, indicating that adaptation measures (control, coverage, awareness, adoption of new technologies, among others) have been effective.

The relationship between diarrhea and climatic factors can be explained in two ways. First, water and thermal imbalances that cause periods of drought or flooding create suitable environments for bacteria and virus proliferation.

Second, pollution of water sources or the decomposition of perishable foods during extreme weather events can cause gastrointestinal problems when ingested.

It has been observed that the peaks of incidence of diarrhea at the national level happen during March and June. During La Niña, twice as many cases happen than during an El Niño event. The changes in rainfall projected by climate change scenarios will cause water imbalances that may facilitate the spread of viruses and bacteria. While monthly cases of diarrhea can be increased from a more pronounced seasonality (warmer dry periods), extreme rain events can cause major outbreaks of diarrhea in flood-prone areas outside urban centers.

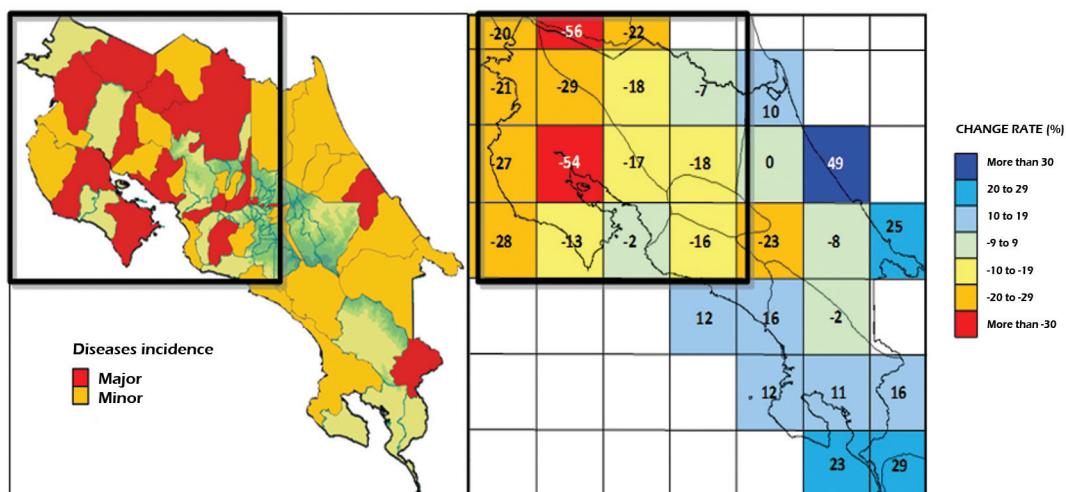
Abdominal Angiostrongilosis is a parasitosis caused by the nematode *Angiostrongylus costaricensis* (Aa), which uses two hosts to complete its life cycle: the rodent which is its natural definitive host, and the intermediate host, mainly slugs of the family Veronicellidae.

A study held in the Northern Region and the Central Valley showed that there is a correlation between precipitation and the prevalence of Angiostrongilosis; the disease shows a clear seasonality. The dry period (January-May) accounts for 33% of the cases, while the remaining 67% happen from June to December, during the rainy season.

Although the information gathered does not range over a long period of time, so the results are not conclusive as to the effect of climate variability on disease fluctuation, a behavior linked to the phases of ENSO and its impact on the yearly precipitation throughout Costa Rica can be observed.

By contrasting areas of greatest exposure with the future climate scenario (figure i.7), it is evidenced that areas with higher incidence of certain diseases coincide with regions whose climate is projected to become drier and warmer. That is, some diseases will find enhanced spaces for development due to climate change. This type of analysis is valuable for future planning.

Figure i.7 Regions with greatest exposure in Costa Rica, and scenario A2 for yearly precipitation during 2071-2100



## Technology Transfer

The relative distribution of total net emissions in Costa Rica indicates that the energy and agriculture sectors have historically contributed the greater share of GHG emissions. Projections indicate that contributions from the energy sector will rise to 70% by 2021, whereas the agriculture and livestock sector will decrease its emissions from 30 to 20%.

The urban and freight trains are considered to be one of the best options for reducing emissions. By 2010, total net emissions (baseline scenario) in the country are estimated to reach 13,000 Gg, and this technology would reduce emissions from business as usual down to 11,000 Gg. Total net emissions for 2015, with and without the train projects, are estimated to reach 15,000 Gg and 13,000 Gg, respectively, and 18,000 Gg and 15,000 Gg, respectively, by 2021. This represents a decrease in total net emissions in the order of 14 to 17%.

In the agricultural sector, a combination of different technologies could lead to a 5% greenhouse gas emission reduction pasture management and to 10% reduction through better management of nitrogen fertilizers, leading to a 400Gg GHG reduction by 2010 which equals a 3.2% reduction. For 2014 and 2018 similar reductions are projected for the agriculture and livestock sector, which would bring down the total emissions to 14,000 and 16,000 thousand Gg respectively. For 2021, the projected emissions for the agricultural sector would equal 5,000 Gg of a total of 18,000 Gg, and the emissions reductions from using the foreseen technological measures would equal 2.4% of the total emissions.

It is estimated that the introduction of electric vehicles into the country would bring down emissions by 3.5% by 2010, which equals a GHG reduction of 500Gg. By 2014, emissions from

the transportation sector would reach 5,500 Gg, bringing down total emissions from the baseline down by 3.7%. Emissions by 2018 and 2021 would be reduced in 4%.

The yearly emissions reduction in the transportation sector would be close to 1.000 Gg.

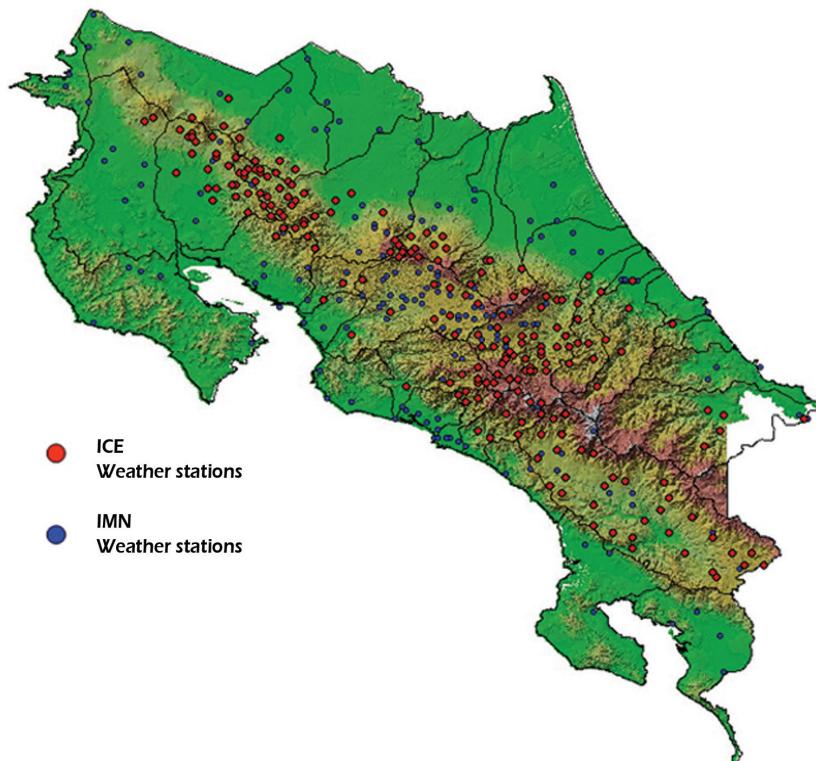
Solar energy, photovoltaic energy, hydrogen cells, wave energy, and second-generation biofuels are also options considered within this chapter.

## Climate change systematic observation, investigation, and capacity development in Costa Rica

Costa Rica's national meteorological network is one of the first in Central America in terms of length of data sets, quantity and type of stations, and in terms of the sustainability it has historically had, playing an important role in support to agriculture, construction, aviation, the detection of hazardous and other atmospheric phenomena, and other aspects of national life.

The dots in the following Figure i.8 represent weather stations operated by different institutions. The red dots represent mountainous areas in which the Costa Rican Electricity Institute (ICE) holds The points where meteorological measurements are made by the different institutions operating stations are shown in Figure i.8, where the red dots show the high places (mountain) in which the Costa Rican Electricity Institute (ICE) does hydrological measurements, specially of river flows.

Figure i.8: Active IMN and ICE weather stations



The climatic and hydrometeorological network is composed of national networks that address specific issues, and thus each weather station must be strategically placed in order to support the activity and purpose intended.

The following networks operate currently in the country:

- a) **Synoptic weather network:** belongs in its entirety to the National Meteorological Institute.
- b) **Aeronautic weather network:** This network, operated by IMN, has stations located throughout the country's international airports.

- c) **Agricultural weather network:** Many of these stations were located in experimental stations in academic and research centers. Today, most belong to the private sector.
- d) **Hydrological network:** ICE has historically operated this network as support for its hydroelectricity activities and for the study of runoff in dry or extremely wet years. This network has enhanced the knowledge of the country's hydropower potential, key factor for the country's development.
- e) **Atmospheric pollutant network:** The network has two main branches: one on local pollutants, mainly urban, and the other on trans-frontier pollution (coming from outside the country). In the first case, sporadic efforts have been made in past

years on the matter, mainly by the Ministry of Health and by MINAET. IMN, in a joint effort with the National University (UNA), the Ministry of Health and the municipality of Belén, Heredia, installed a station in Belén, which was closed due to lack of spare parts.

IMN also installed a station at Irazú Volcano to measure trans-frontier pollution, but is currently out of service.

- f) **Upper atmosphere network:** The station is made up by only one station, installed at Juan Santamaría international airport in 1972 and operated by IMN. It is also called upper air network or radiosounding.

Several radiosounding campaigns in Costa Rica have been carried out in recent years by NASA, primarily during boreal summer and in collaboration with IMN, UNA, UCR, CENAT, and other national and international institutions. High frequency spatial and temporal data has been generated, focused on monitoring the vertical structure of the concentrations of ozone and other types of gases and aerosols in the atmosphere

- g) **Marine meteorological and tide monitoring network:** Although marine variable registries have existed in the country, in a non-continuous manner, since the forties, the data gathered is enough to determine that the sea level has risen by 2 – 3 millimeters per year.

- h) **Lightning network:** Established and operated by ICE around five years ago to measure electric discharges throughout the country, including adjacent marine areas. The network has four sensors installed within the country, which are sufficient to register and measure almost one hundred percent of the electric discharges occurring within the country.

- i) **Urban precipitation network:** The network was built in the decade of 1980s in response to the overflows in rivers and creeks, caused by widespread urbanization and land use change. Operated by IMN, its purpose is to support the National Emergency Commission (CNE) in dealing to the ever more frequent urban hydrometeorological phenomena.
- j) **River state network:** CNE visually monitors river parameters three times daily (7 a.m., midday, 6 p.m.) and indicates parameters such as water levels and atmospheric phenomena. In case of hydrometeorological emergency, reports are made every 3 hours. The information included is quite important to effectively respond to hydrometeorological emergencies.
- k) **Climatological network:** This network characterizes and describes the country's climate, and practically uses information from all the aforementioned networks. The institutions that have historically managed the most stations are IMN and ICE.
- l) **Satellite imagery network:** IMN has been receiving and analyzing meteorological satellite images since the 1970s. Other institutions have since then installed satellite receivers, such as the National University for oceanographic means, and ICE for its hydrological forecasts.
- For various reasons, however, the country has not yet established certain important data networks such as the following:
- a) **Socialized climate change network,** with the objective of measuring and sectorally analyzing climate change in a precise manner

- b) **Meteorological radar network**, which would greatly improve rain and river flow forecasting, specifically supporting the assessment of floods.
- c) **Forest fires network**, to enhance prevention through constant monitoring of soil humidity and temperature, and humidity of combustible material. It should be installed jointly between ICE and the national System for Conservation Areas (SINAC).
- d) **Water quality network**, as there is no doubt that water quality measurements in bodies of water such as rivers, lakes, and reservoirs have been omitted from the climate and hydrometeorological network.

The establishment of a climate change network requires the installation of pattern weather stations, that should a) have more precise instruments than the ones currently being used; b) be periodically calibrated against pattern instruments, in order to ensure data quality throughout time; c) be placed in sites that are not disturbed by situations foreign to climate; d) have easy access to spare parts in order to give constant maintenance; e) be inserted into regional networks in order to ensure compatibility with that of other countries.

Two ocean buoys will be installed in upcoming years in open waters off the country's coast both in the Caribbean as in the Pacific, in order to monitor wind, sea level, salinity, and sea surface temperature.

With regard to atmospheric pollution, the network should measure the following variables: carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S), superficial ozone (O<sub>3</sub>), and methane (CH<sub>4</sub>).

## Other relevant information to achieve the objectives of the Convention

This section summarizes common elements among the three Conventions.

- a) Legal perspective: Officials responsible for the implementation of international environmental Conventions consider that there is no need to enact additional domestic legislation to improve or enhance such implementation. In general, the existing legal framework is adequate, although there is a need to strengthen the legal and institutional mechanisms and build on political will to ensure effective compliance, in particular for the constitutional recognition of international conventions as higher ranked than domestic laws.
- b) Political perspective: Main difficulties for the effective implementation of global environmental agreements are related to the lack of incorporation of international obligations and responsibilities within national policies and planning processes. This limitation are linked to the lack of appropriate mechanisms for sectorial coordination that will promote an integral development pathway.
- c) Institutional perspective: there is a lack of appropriate coordination mechanisms among the different sectors and institutions responsible for the implementation of international environmental agreements. Responsibilities and institutional functions are not clearly established causing overlapping and gaps in improving actions efficiently.
- d) Operational limitations: there are no appropriate indicators to measure political impacts and the efficiency of the implementation of international Conventions.
- e) Financial limitations: there is not a formal public planning process to include in the national budget the cost of putting into effect actions, plans and programs according to the implementation of international commitments.

## **Research, projects and academic programs**

Costa Rica has generated diverse information related to climate change since the 90's, from researchers and national and international institutions.

Regarding generation of information, there are more than 44 studies from different sources, including mainly non-governmental organizations and public universities. 45 % of these researches were done in forests; 18% from the agricultural sector and the rest from studies in pasture lands, reforestation and biodiversity (amphibians, reptiles, bats, birds, insects-butterflies) costs and coral reefs.

There are about 61 studies in the country done by international researchers. 62% related to forests and 23% on amphibians and climate change.

## **Education, creation of culture and public awareness**

Education, creation of culture and public awareness are fundamental tools for Costa Rican citizens to learn about climate change and its im-

pacts. At the same time they will realize about the different adaptation and mitigation strategies and will undertake individual and collective responsibilities to change habits and lifestyles that will benefit national development.

In 2007, the Government promoted the project entitled "Integration of Climate Change Issues in the National Community" with the objective to analyze the situation of programs and activities for education and awareness on climate change at local communities and to identify future actions for education.

Results from this analysis include: a complete compilation of documents and bibliographic references to date, undertaken by different sectors in the country; a directory of research programs and reports on climate change; and a proposal for the design of an awareness and education strategy to encourage changes in the Costa Rican society in order to be more conscious and act more responsible on this issues.

Furthermore, plenty of climate change educational material has been diffused among the public, with the objective of raising awareness and promoting mitigation and adaptation measures to climate change.

# RESUMEN EJECUTIVO

El presente resumen ejecutivo pretende ofrecer una visión general del contenido de la Segunda Comunicación Nacional de Costa Rica ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), incluye información sobre las circunstancias nacionales, el inventario de gases de efecto invernadero de los años 2000 y 2005, políticas, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático, así como opciones de mitigación. Se ofrece información sobre transferencia de tecnología, observación sistemática y otros aportes.

**Circunstancias nacionales y su relación con las emisiones y la absorción de gases de efecto invernadero**

Costa Rica es una República Democrática con un área continental territorial de 51.100 kilómetros cuadrados y se localiza en Centroamérica. Limita al Norte con Nicaragua, al Este con el Mar Caribe, al Sudeste con Panamá y por el Sudoeste y Oeste con el Océano Pacífico.

Entre sus características topográficas destacan tres cordilleras montañosas que atraviesan el país de noroeste a sureste y de un extremo al otro con la presencia de una alta variabilidad de material parental, distribuido en un relieve heterogéneo y sometido a la acción de condiciones climáticas y biológicas muy variables, lo que ha originado que en un tiempo relativamente corto el territorio costarricense posea una diversidad de suelos.

El país se ha dividido en 34 cuencas hidrográficas susceptibles de planificación en el uso del agua y del suelo. Cinco han sido clasificadas de mayor importancia en relación con la cantidad de población que en ellas se asienta, lo

que ocasiona que estén afectadas por contaminación física dada por los sedimentos, contaminación fecal por los vertidos domésticos no tratados y contaminación orgánica por las descargas agroindustriales con bajo nivel de tratamiento, representando más del 50% del área geográfica del país.

La longitud del litoral costarricense comprende 1.376 kilómetros (km) de los cuales 1.164 km están en la costa Pacífica y 212 km en el Mar Caribe.

Costa Rica se caracteriza por poseer una gran diversidad de microclimas, resultado de la interacción atmosférica con la orografía del país en la cordillera volcánica que atraviesa el país de Noroeste a Sureste. Su régimen pluviométrico se caracteriza por los grandes contrastes climáticos entre regiones geográficas altas y bajas.

En el año 2007 la población costarricense alcanzó 4.444.922 habitantes (hab) con una densidad de población de 87,3 hab/km<sup>2</sup> lo que representa un crecimiento promedio de 2% desde el 2000 y se estima que para el año 2025, la población en el territorio nacional alcance los 5.567.811 habitantes.

Desde 1870, en Costa Rica la educación elemental ha sido universal, gratuita y obligatoria. Como consecuencia de ello, la tasa de alfabetismo y la tasa neta de escolaridad están entre las más altas en América Latina y países en vías de desarrollo. El alfabetismo en los adultos ha crecido del 93,9% en 1990 al 97,2% en 2005. La tasa neta de escolaridad aumentó de 90,1% en 1990 al 99,8% en 2007 para la educación primaria, mientras que para la educación secundaria pasó del 39,5% en

1990 al 71,2% en 2007. En ese mismo año se establece que el 61% de la población reside en zonas urbanas y de estas aproximadamente el 99% cuenta con acceso a agua potable mientras que en las zonas rurales aproximadamente el 92% cuenta con dicho acceso.

Un 48% de la población en zonas urbanas cuenta con conexión domiciliaria al alcantarillado público o con tanques sépticos individuales. En zonas rurales el 97% dispone excretas mediante el uso de tanques sépticos y letrinas.

Los sectores que más contribuyeron al crecimiento económico en el 2006 fueron la industria con un 32,5%, el transporte con un 18,9%, el comercio un 8,8% y el agrícola un 14%.

En el 2006 el aumento de los ocupados fue del 3%, 5,2 puntos porcentuales menos que el crecimiento de la economía (8,2%). Se crearon 53.025 nuevos puestos de trabajo, un incremento menor a los 123.000 empleos generados en el 2005, pero a la vez superior a los 13.000 registrados en el 2004 y, ligeramente mayor que el promedio de los últimos años (48.000).

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) brinda cobertura eléctrica en un 97% del país y los servicios en telefonía celular, cuyos precios figuran entre los más bajos de América Latina, subsidian la telefonía fija.

Por ende, el consumo de energía eléctrica en el país ha venido creciendo (5,2% en los últimos dos años). No obstante, la capacidad instalada del Sistema Interconectado Nacional para la generación de electricidad no ha variado en la misma proporción lo que hizo que la demanda se ubicará en un promedio de 3,9% entre 2000 y 2006.

El consumo energético de Costa Rica se basa en el uso de tres fuentes: derivados del petróleo, electricidad y biomasa. En el 2006 la estructura del consumo de energía es absorbida en un promedio del 55% por el sector transporte del consumo energético total, seguido por los sectores

industrial en 20%, residencial en un 11%, servicios y comercial en un 10% y agrícola un 4%.

La mayor parte de electricidad del país se genera a partir de fuentes limpias, y en este sentido es líder en la región centroamericana. En el 2006 el 93,6% de la electricidad se originó en fuentes hidráulica, geotérmica y eólica, con una participación reducida del 6,3% en plantas termoeléctricas que utilizan combustible fósil.

En relación al transporte, del 2000 al 2006 se pasó de un vehículo por cada seis habitantes a uno por cada cuatro.

En lo que se refiere al consumo de combustibles, las gasolinas y el diesel representaron el 75,3%; el 98% se usó en el transporte vehicular con un 85% en vehículos privados, 5% en transporte público, 6% en transporte de carga liviana y pesada, y el 4% restante en otros tipos de vehículos. Por su parte, el parque vehicular a gasolina contabilizó 859.985 unidades, un 7% más que el año anterior.

Por otro lado, se establece que el turismo es una de las actividades productivas más importantes para Costa Rica, y tiene un gran potencial para seguir contribuyendo con el crecimiento del país y el bienestar de los costarricenses. En el año 2002, el país recibió más de un millón de turistas, provenientes en su mayoría de Estados Unidos con un 38%, Centroamérica un 29% y Europa el 14%.

Otra de las actividades relevantes son las actividades agropecuarias, que en el año 2006, cubrieron el 11% del territorio nacional. El café sigue siendo el cultivo dominante, seguido por la palma africana, el arroz, la caña de azúcar, el banano y la piña.

Para el 2005 la cobertura forestal alcanzó un 48% del territorio, sin contar manglares, páramos y plantaciones forestales. "De toda la cobertura forestal existente apenas un 45%

(1.118.995 ha) está bajo algún grado de protección, mientras que un 55% (1.327.122 ha) está fuera de las distintas unidades de protección. Cabe señalar que de la cobertura forestal fuera de áreas protegidas, un total de 451.500 ha estuvo bajo conservación con el Pago de Servicios Ambientales (PSA) durante el periodo 1997-2005, lo cual equivale a 18,4% de la cobertura forestal nacional al 2005, o sea el 34% de la cobertura fuera de las áreas protegidas. Durante el periodo 2000-2005 la cobertura forestal aumentó en 169.900 ha como resultado de procesos de recuperación, mientras que la pérdida de cobertura fue de 23.600 ha lo que equivale a una tasa anual de recuperación del territorio nacional de 0,66% y una tasa anual de pérdida del territorio del 0,09%.

Inventario nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero

La segunda Comunicación Nacional presenta la evaluación de los inventarios de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero para los años 2000 y 2005 utilizando la siguiente metodología:

- Directrices Revisadas del IPCC 1996 para Inventarios de Gases de Efecto Invernadero.
- Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas en el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y bosque.

Se evaluaron los siguientes gases: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>).

Acorde a la metodología del IPCC, el inventario se dividió en cinco sectores: Energía, Procesos industriales, Agricultura, Cambio de uso de la tierra y bosque y Manejo de desechos.

Los resultados obtenidos para el inventario del año 2000 fueron los siguientes:

Cuadro i.1 : Emisiones totales de gases de efecto invernadero Año 2000

Sector	Emisiones totales (Gg)								Total CO <sub>2</sub> equiv
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>	
Energía	4,717.2	1.7	0.17	NA	165.8	21.5	27.6	3.8	4,805.6
Procesos industriales	387.5	NA	NA	0,043	NA	NA	24.4	0.22	449.8
Agricultura	NA	99.59	8.12	NA	1.41	0.029	NA	NA	4,608.6
Cambio de Uso de la tierra	-3,262.2	4.4	0.03	NA	17.2	0,5	NA	NA	-3,160.5
Manejo de desechos	NA	58.9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,236.9
Total	1,842.5	164.6	8.3	0.043	184.4	22.0	52.0	4.0	-----
Total CO <sub>2</sub> equivalent	1,842.5	3,456.4	2,573	62.3	ND	ND	ND	ND	7,940.48

Fuente: IMN, 2008.

Cuadro i.2: Emisiones totales de gases de efecto invernadero. Año 2005

Sector	Emisiones totales (Gg)								
	CO2	CH4	N2O	HFC	CO	NOx	NMVOC	SO2	Total CO2 equiv
Energía	5,492.7	4.9	0.3	NA	246.4	25.1	37.6	4.5	5,688.6
Procesos industriales	496.6	NA	NA	0.121	NA	NA	31.4	0.38	672.5
Agricultura	NA	100.4	8.05	NA	1.07	0.025	NA	NA	4,603.9
Cambio de Uso de la tierra	-3,667.7	6.93	0.05	NA	60.6	1.72	NA	NA	-3,506.7
Manejo de desechos	NA	62.9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1,320.9
Total	2,321.6	112.2	8.4	0.121	308.1	26.8	69	4.9	
Total CO <sub>2</sub> equivalente	2,321.6	2,356.8	2,604.0	175.9	ND	ND	ND	ND	8,779.2

Fuente: IMN, 2008.

### Políticas, medidas adoptadas y propuestas para aplicar la Convención

A nivel centroamericano, el país participa de manera permanente de las gestiones provenientes de organizaciones, convenios, estrategias y otros que son parte del marco político regional para el cambio climático, tales como Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD); Consejo Centroamericano sobre Cambio Climático (CCCC); Plan Centroamericano para el Manejo Integrado y la Conservación de los Recursos del Agua (PACADIRH); Convenio Regional sobre Cambio Climático (CRCC); Comité Regional de Recursos Hídricos (CRRH); Estrategia Forestal Centroamericana (EFCA); Convenio Regional para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales (Convenio Regional Forestal); Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y Protección de

áreas Silvestres Prioritarias en América Central; Plan Ambiental de la Región Centroamericana (PARCA), la Estrategia Regional de Cambio Climático, la Estrategia Regional Agroambiental y de Salud (ERAS), entre otros.

El Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET) es el ente rector que ha asumido la responsabilidad primaria para la implementación de la Convención a nivel nacional, por medio de las siguientes dependencias:

- El Instituto Meteorológico Nacional (IMN), que actúa como Punto Focal Técnico del IPCC. El IMN ha conducido primariamente las labores de preparación de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, así como los estudios de vulnerabilidad y adaptación, transferencia de tecnología, educación y sensibilización con apoyo de recursos de cooperación internacional..

- La Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC) es el punto focal ante la Convención, actúa como Autoridad Nacional Designada ante el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) con una función facilitadora que procura promover la participación del sector público y privado haciendo uso de las oportunidades de este mecanismo de la CMNUCC y el Protocolo de Kioto.

Otras entidades relacionadas con la implementación de las obligaciones del país en este campo son el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, la Oficina Nacional Forestal y la Asociación Costarricense de Implementación Conjunta (ASOCIC), además de una serie de actores sectoriales que se han unido a estos esfuerzos como resultado del proceso de elaboración de la estrategia nacional.

Los objetivos de la Convención se plasmaron por primera vez en el Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010 y, de esta forma, se da un avance fundamental hacia la creación de una Política Nacional que facilite planificar y ejecutar de manera articulada acciones sectoriales e institucionales en esta materia. En este contexto el país se ha dado a la tarea de desarrollar una Estrategia

Nacional de Cambio Climático para dar vida al Programa Nacional de Cambio Climático.

A su vez, la iniciativa “Paz con la naturaleza” que surge como respuesta del señor Presidente Oscar Arias ante sus preocupaciones y las de un grupo de profesionales, debido a los procesos de degradación ambiental que ha venido sufriendo el país y el planeta, contempla el cambio climático como una de las áreas prioritarias de acción, asumiendo el Gobierno de la República, el compromiso de que Costa Rica sea un país neutral en carbono para el año 2021.

Con la Estrategia Nacional de Cambio Climático se solicita a todas las instituciones públicas, gobiernos locales e instituciones autónomas, elaborar y poner en ejecución un plan de acción de corto, mediano y largo plazo con metas claras, que contemple las cuatro bases fundamentales y seis ejes de acción. Las bases fundamentales son responsabilidad compartida, oportunidad, amenaza y desarrollo de capacidad y legitimidad para incidir internacionalmente. Los seis ejes de acción incluyen 1) mitigación, 2) vulnerabilidad y adaptación, 3) métrica, 4) desarrollo de capacidades y transferencia tecnológica; 5) educación y sensibilización y 6) financiamiento. (Fig. i.1)

Figura i.1 Estrategia Nacional de Cambio Climático



Fuente: ENCC, 2008

### Políticas, medidas adoptadas y propuestas para mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero

La actualización de lineamientos y políticas nacionales para la mitigación de emisiones y la neutralidad de carbono incorpora el reconocimiento explícito de la relevancia de la política económica ambiental, por medio de una política económica de internalización que, por un lado permite la incorporación en las tarifas de los beneficios económicos que genera la energía renovable, con el propósito de reducir y evitar una importante cantidad de emisiones de GEI que de otra forma se hubiesen generado a partir de un escenario base; la internalización y estímulo al transporte con base en energía renovable, ya que más del 60% de las emisiones GEI provienen del uso de energía fósil requerida para actividades de transporte.

Incorporando otro elemento de política innovadora un esquema interno, que pretende incentivar a los empresarios así como a los productores nacionales a avanzar en el proceso de investigación y desarrollo con objeto de tener tecnologías que permitan por unidad de producto, emisiones cada vez menores. Esto se logra al diseñar un mercado local para reducciones de emisiones netas, las cuales podrán ser adquiridas por aquellos agentes que no logren sus metas de emisión. En ese esquema un fijador neto podrá colocar sus emisiones en agentes cuyo balance de emisión neta es positiva. Este esquema irá funcionando progresivamente con objeto de incentivar el proceso y avanzar hacia la neutralidad de carbono.

El esquema es una política de reducción de emisiones y preparación ante el cambio climático de segunda generación, pues a diferencia de otros proyectos ofrece la posibilidad de incorporar a todos los tipos de ecosistemas con capacidad de fijar o mitigar emisiones de GEI. Lo anterior permitirá superar

lo focalizado solo en un sector, como puede ser el forestal por medio del pago de incentivos, como el Pago de Servicios Ambientales (PSA), el cual además ha mostrado tener efectos distributivos regresivos, al concentrar ingreso en pocos grandes parcelarios.

Las emisiones reducidas permitirán generar incentivos económicos y mercados para potenciar el carácter de transacción de reducciones autorizadas de emisiones entre aquellos agentes cuyo balance de emisión neto es negativo. Esto proporcionará el intercambio y la generación de incentivos económicos, y estimularán el cambio hacia tecnologías que potenciaran el logro de las metas de neutralidad de carbono, por medio de prácticas productivas, y generación energética cada vez más renovable y menos intensiva en generación de emisiones GEI.

Las medidas propuestas incorporan, tanto medidas a nivel de sector individual, así como transversales con objeto de establecer políticas de índole nacional. Adicional, a los lineamientos, áreas, medidas y propuestas, se incluye un listado de principales proyectos con objetivo de que el país avance en la mitigación de GEI, ante el cambio climático y hacia la C-Neutralidad. Estos están íntimamente relacionados con las tecnologías de mitigación y reducción de emisiones evaluadas de GEI.

El diseño de estas políticas reconoce que Costa Rica ha promulgado un llamado internacional a la neutralidad de carbono. Por tanto, el diseño de estas políticas considera la responsabilidad nacional de mantener sosteniblemente este enunciado. Es decir, estas políticas no buscan

ser una agregación de iniciativas aisladas con el objetivo de presentarlas únicamente ante la CMNUCC y cumplir dicho requisito. Por el contrario, buscan efectivamente generar un esquema de trabajo de Estado que pueda suplir la coordinación y ejecución, control y puesta en funcionamiento de las mismas.

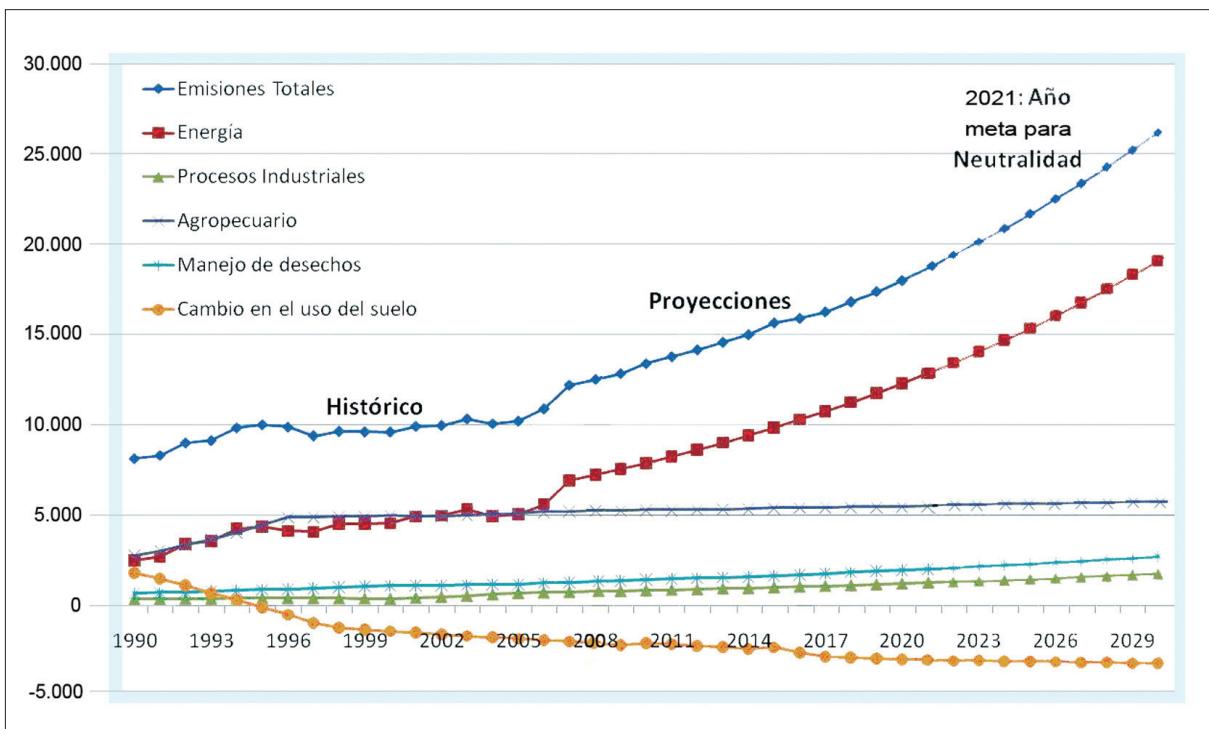
### Opciones de mitigación de GEI hacia la neutralidad de carbono al 2021

Del análisis sectorial, para la definición del portafolio de mitigación y la búsqueda hacia la meta nacional por la neutralidad de carbono, es imprescindible considerar que la economía nacional requiere aumentar sustancialmente la velocidad a la que crece la intensidad de energía eléctrica y simultáneamente reducir la intensidad de energía fósil. A la luz de los resultados y cuantificaciones previas, se identifica al sector hidroenergético con alto potencial para posibilitar la mitigación de GEI a través de la sustitución de energía fósil (emisora de GEI) por hidroenergía, teniendo en cuenta su vulnerabilidad al cambio climático.

La biomasa como fuente energética, y desde el punto de vista de la neutralidad, será una oportunidad siempre y cuando la misma sea regenerada el año siguiente, de forma que se tenga un balance anual de emisiones y fijación.

La Figura i.2 presenta la proyección de emisiones por sector para el escenario base. Resalta el relativo crecimiento esperado en las emisiones del sector energético, y la relativa estabilidad en los niveles de emisión del resto de sectores y las exigencias que esto representa para la neutralidad nacional de carbono.

Figura i.2: Costa Rica. Emisiones totales netas, escenario base: histórico y proyecciones (Gg)



**Fuente:** Elaborado por M. Adamson, CIECSA con base en el desarrollo de modelos econométricos para energía y de escenarios económicos. Incluye el uso de parámetros provistos por proyectos de Cambio Climático IMN-MINAE-PNUD-GEF y OCIC.

Los esfuerzos para el logro de cualquiera de las opciones de neutralidad de carbono son significativos, tanto en términos de reducción de energía fósil, como en tecnología asociada no carbono intensiva. Los mismos, no se obtendrán sin una política de internalización y otras medidas sugeridas en la Propuesta de Políticas por sector IPCC para incentivar procesos de cambio sectoriales.

Para lograr las metas del país se requiere de un apoyo sostenido y coherente lo que demanda prioridades y recursos con la claridad política de que el costo de no hacerlo puede ser mucho mayor. La descarbonización de la socio economía nacional puede potenciar los ecosistemas,

generar recursos económicos para permitir simultáneamente la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático y, diversificar las fuentes energéticas premiando las limpias, lo cual facilita la capacidad de reacción ante los efectos que el cambio climático tienen sobre el régimen hídrico y la generación.

La Política de Neutralidad de Carbono planteada por Costa Rica es un reto desafiantre ya que ofrece valiosas oportunidades para el desarrollo económico, ambiental y social del país donde según estimados y otros reportes internacionales, muestran que el costo de no proceder puede ser significativamente mayor que el de actuar desde ahora, generando las holguras y

capacidades nacionales para lograr desarrollar una sociedad y una economía descarbonizada y neutral. Una sociedad que por ende tomó la decisión de dejar a las generaciones venideras una concientización de que la responsabilidad y el esfuerzo por conservar los ecosistemas que soportan la vida y su funcionalidad son esenciales para alcanzar una armonía entre estos y el medio ambiente.

### **Evaluación de la vulnerabilidad, efectos del cambio climático y medidas de adaptación**

Costa Rica es un país vulnerable a eventos extremos del clima cuyas condiciones hidrometeorológicas extremas han causado daños y desastres en diversos sectores socioeconómicos del país, razón por la cual en esta sección se presenta la caracterización del clima, la variabilidad y el cambio climático, lo que constituye un aporte importante para la comprensión de la situación actual y las proyecciones que fortalecen el diseño de una Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

### **Regionalización climática de Costa Rica**

La orientación noroeste-sureste del sistema montañoso divide a Costa Rica en dos vertientes: Pacífica y Caribe, cada cual presenta su propio régimen de precipitación con características particulares de distribución espacial y temporal.

Los dos regímenes de precipitación, la disposición montañosa, junto con los vientos predominantes y la influencia de los océanos, permiten diferenciar tres grandes regiones climáticas y, dentro de ellas, seis zonas diferentes de menor escala: la Región Tropical Húmeda del Caribe, divididas en Zona Norte y Región Caribe, la Región Central Intermontana a la cual pertenece la Región Central y la Región Tropical del Pacífico cuyas regiones son Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur.

### **Señales de cambio en el clima de Costa Rica**

En el cuadro i.3 se presentan ejemplos de eventos acontecidos en época reciente y que señalan cambios en el clima de Costa Rica.

Cuadro i.3: Evidencias próximas del Cambio Climático en Costa Rica

Sistema	Zona	Observación	Relación con cambio climático
Costero	Damas, Pacífico Central	Variaciones geomorfológicas de la espiga de Damas provocada por la penetración del mar hacia el estero en 1997 y separando la punta de tierra continental. Observación desde 1997.	Aumento en el nivel del mar, efecto del fenómeno El Niño 1997-1998 y marea alta.
Costero	Puntarenas, Pacífico Norte	Inundación de aguas de mar en el centro de Puntarenas luego de una inusitada marea alta. Observación en el 2007.	Efecto de El Niño, inicio de Luna nueva y el equinoccio de primavera.
Forestal	La Selva, Sarapiquí, Zona Norte	El aumento de la temperatura dificulta el proceso de fotosíntesis y disminuye el grosor de árboles. Mediciones desde 1980.	Aumento de temperatura media y temperatura nocturna.
Forestal	Todo el país	Orquídeas silvestres amenazadas por pérdida de su hábitat, cambios en floración y polinización. Observaciones recientes.	Aumentos de temperatura alteran el hábitat de algunas especies y desequilibran poblaciones de agentes polinizadores.
Biodiversidad	La Selva, Sarapiquí, Zona Norte	33 especies de aves han disminuido la población un 50%, murciélagos en un 30%. Observaciones desde 1970.	Aumento de la temperatura asociado con sequías y uso de plaguicidas
Biodiversidad	La Selva, Sarapiquí, Zona Norte	El 75% de los anfibios en esta estación biológica, han desaparecido en los últimos 35 años.	Sequías asociadas con altas temperaturas hacen variar la hojarasca, sitio de reproducción de muchas especies de anfibios.
Biodiversidad	Monteverde, Puntarenas, Pacífico Norte	El hongo <u><i>Batrachochytrium dendrobatidis</i></u> , es el agente causante de la muerte y desaparición del sapo dorado y la rana arlequín. Dos tercios de la población de ranas desparecieron entre 1980-1990	El cambio climático provoca ambientes más húmedos y noches más calurosas, lo cual es detonante del hongo.
Biodiversidad	Parque Marino las Baulas, Pacífico Norte y Central	Alteraciones en el desove de tortugas marinas (Loras, Baulas y Carey). En 1990 se esperaban entre 246 a 1000 Baulas. En el 2005-2006 solo anidaron 58. Se encontraron nidos de tortugas Carey en Pacífico Central, algo inusual. En 20 años aumentó 20 veces el número de tortugas Lora que arriban a desovar a Ostional.	Altas temperaturas del mar y efectos de El Niño afectan el metabolismo y su capacidad de desplazamiento. La salinidad y la temperatura puede afectar las rutas de migración de las tortugas marinas.

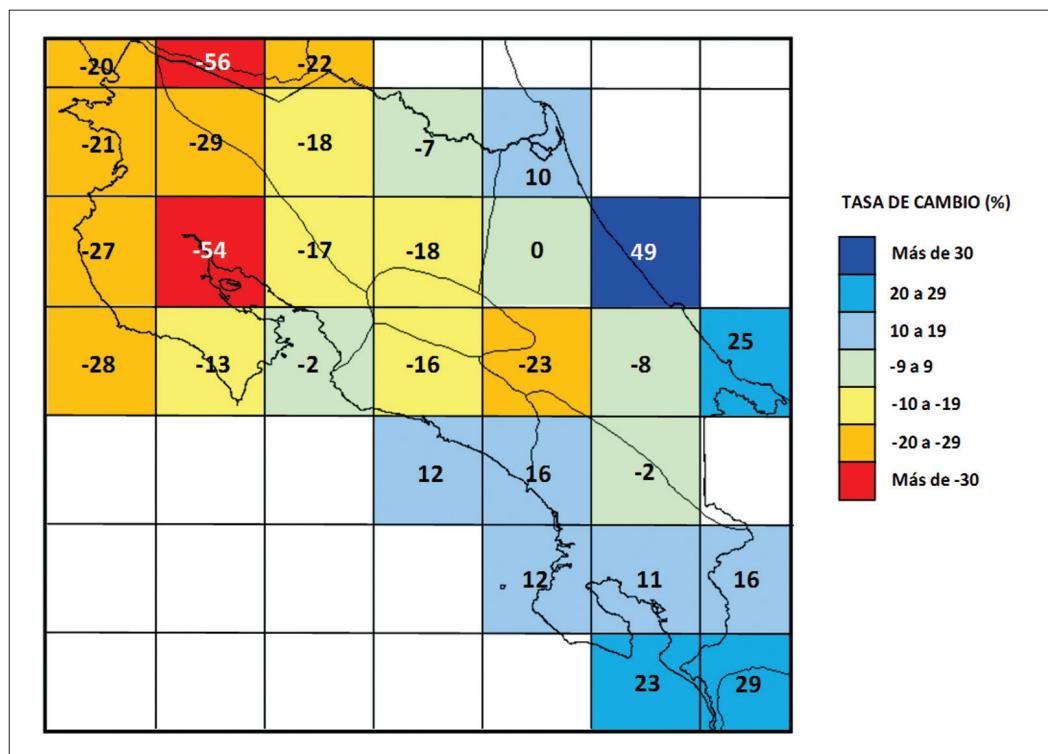
Sistema	Zona	Observación	Relación con cambio climático
Biodiversidad	Manglares, todo el país.	La amazilia es un ave endémica de Costa Rica que habita en manglares. Es una de las 1226 especies en estado crítico de extinción. Declarada en peligro de extinción en el 2007.	Las altas temperaturas y las sequías alteran los espejos de agua y hacen desaparecer esta ave.
Biodiversidad	Parque Nacional Corcovado, Pacífico Sur	De 220 000 primates en 1995, hoy solo quedan 107 000. En el 2006 murieron 1000 ejemplares de las 4 especies en Costa Rica, durante un temporal que azotó la Península de Osa.	Aumento de eventos extremos, más intensos y destructivos. Los monos murieron por estrés climático.
Biodiversidad	Humedal Caño Negro, Zona Norte y Sierpe. Pacífico Central	Se ha observado una inversión en la proporción de sexos que puede estar ligada al incremento de las temperaturas ambientales. Registro desde 1984-2005 en Caño Negro, revelan un aumento de la población de machos a partir de años cálidos asociados con El Niño. Se observó un aumento en la temperatura de los nidos en el 2005.	Aumento de la temperatura ambiental asociada con elevación de temperatura en nidos y nacimiento de machos. Sequías y El Niño inciden en desproporción del sexo.
Clima	Pacífico de Costa Rica	La tormenta tropical Alma es la primera tormenta tropical del Pacífico que se origina a menos de 50km de las costas de Guanacaste.	Aumento de eventos extremos. Nunca antes se había presentado un caso como Alma
Clima	Monteverde, Puntarenas, Pacífico Norte	El bosque nuboso pierde humedad. La base de las nubes asciende por el calentamiento poniendo en riesgo a muchas especies.	Las altas temperaturas hacen que las nubes se alejen del piso habitual del bosque

Fuente: IMN, 2009

### Proyecciones futuras del clima en Costa Rica

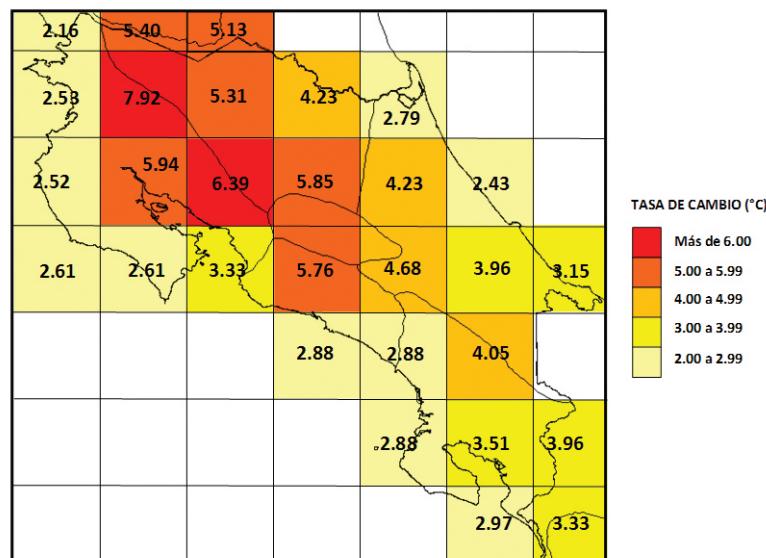
Las proyecciones futuras del clima de acuerdo a los resultados cuantitativos del modelo PRECIS se presentan en las siguientes figuras.

Figura i.3: Escenarios de cambio climático para la precipitación.  
Tasa de cambio (%) comparando el promedio de Línea Base (LB)  
(período 1961-1990) contra el promedio del período (2071-2100).



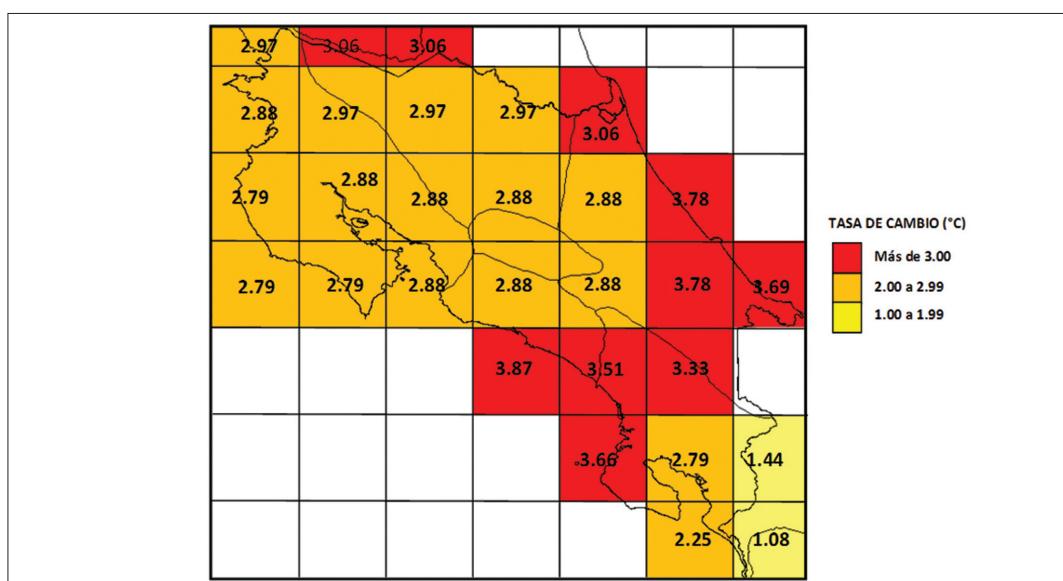
Fuente: IMN, 2009

Figura i.4: Escenarios de cambio climático para la temperatura máxima. Tasa de cambio (°C) de acuerdo con la tendencia de aumento que proyecta PRECIS para el período 2071-2100.



Fuente: IMN, 2009

Figura i.5: Escenarios de cambio climático para la temperatura mínima. Tasa de cambio (°C) de acuerdo con la tendencia de aumento que proyecta PRECIS para el período 2071-2100.



Fuente: IMN, 2009

## Proyecciones futuras del clima en Costa Rica

Las proyecciones futuras del clima de acuerdo a los resultados cuantitativos del modelo PRECIS se presentan en las siguientes figuras.

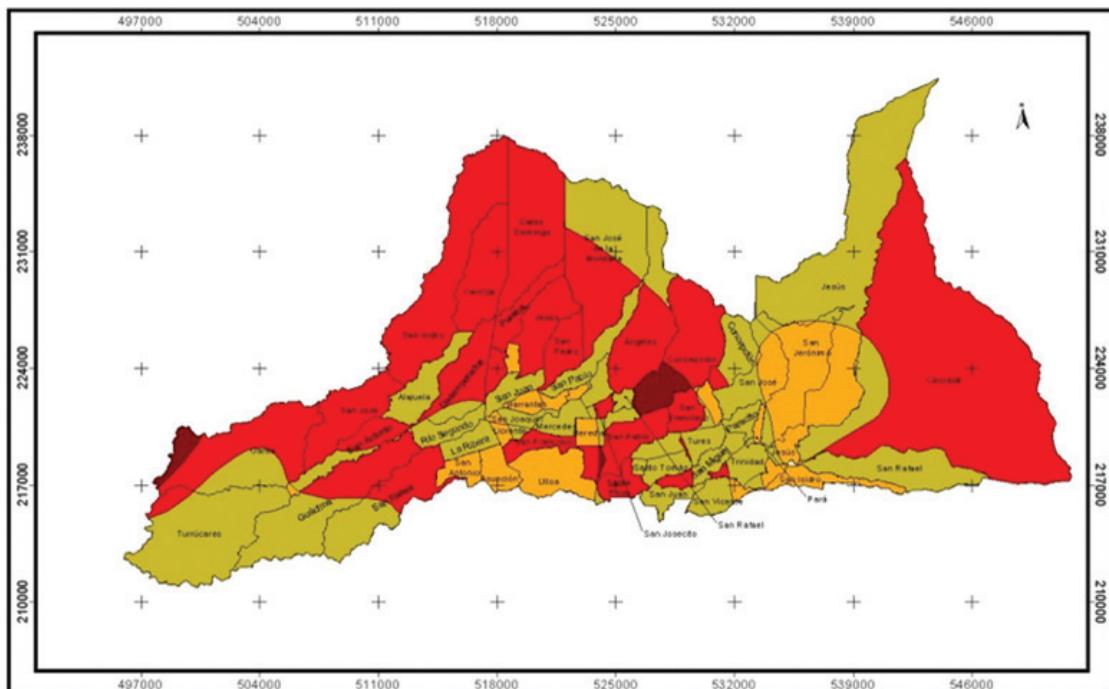
### Recursos hídricos

En el marco técnico y administrativo del Proyecto Regional Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba, el país realizó un análisis del sistema hídrico al cambio climático. Se seleccionó la Zona Noroccidental del Gran Área Metropolitana del país para desarrollar la experiencia piloto.

Se realizó un abordaje del riesgo actual y riesgo futuro con igual concepción pero diferente en método. Es igual en concepción porque parten de la misma expresión de riesgo y utilizan indicadores semejantes. Son diferentes porque los limitantes para el cálculo del riesgo futuro hacen variar el abordaje metodológico.

Los resultados del riesgo actual indican que en el área de proyecto no existen zonas que presenten el más bajo valor del riesgo índice de 20 o menor, pero sí aparecen pequeñas manchas con el más alto valor del índice de riesgo. En la figura i.6 se puede observar los resultados de las zonas con mayor riesgo actual.

Figura i.6: Índice de Riesgo actual



Fuente: IMN, 2009

A pesar de que algunos indicadores de vulnerabilidad tienen proyecciones favorables a futuro, el peso del clima es mayor como componente del riesgo, de forma que el riesgo va a ir aumentando hacia el 2020, debido principalmente al aumento de la amenaza del clima. Como resultado del proyecto se evidenció que no existen políticas claras ni definidas para enfrentar los cambios en el clima, sin embargo, se pueden identificar medidas de adaptación que aunque

en términos generales no son respuesta directa para la adaptación al clima, pueden ser consideradas como medidas de adaptación a la vulnerabilidad climática del país. En el Cuadro i.5 se resumen algunas medidas identificadas.

En el cuadro i.4 se visualiza la evolución del riesgo a futuro en los diferentes indicadores.

Cuadro i.4: Estimación del riesgo futuro para los indicadores socioeconómicos seleccionados durante los quinquenios 2010, 2015 y 2020.

Indicadores socioeconómicos	Riesgo		
	2010	2015	2020
1 Viviendas con tanque séptico	Verde	Naranja	Naranja
2 Material de techo	Verde	Naranja	Negro
3 Material de paredes	Naranja	Verde	Naranja
4 Actividad agrícola	Naranja	Verde	Naranja
5 Casos de asma	Verde	Verde	Naranja
6 Discapacitados	Verde	Verde	Negro
7 Analfabetismo	Naranja	Verde	Verde
8 Hacinamiento	Verde	Naranja	Negro
9 Pobreza	Verde	Verde	Negro
10 Dotación de agua	Verde	Naranja	Negro
11 Adultos mayores a 64 años	Verde	Naranja	Negro
12 Niños menores de 12 años	Naranja	Verde	Verde

Escala de riesgo



Fuente: IMN, 2009

Cuadro i.5: Medidas de adaptación propuestas por los diversos sectores

Sector	Medidas de adaptación
Forestal	Protección, reforestación y mejoramiento de paisajes degradados
	Restauración de pendientes y riberas de ríos
	Sistemas agroforestales : reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico al suelo conservación del agua (cantidad y calidad) al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar cursos de agua captura de carbono, enfatizando el potencial de los sistemas silvopastoriles
	Manejo de cuencas (Proyecto Pirris/ Platanar a nivel de nacientes)
Agropecuario	Manejo integrado de Finca (cuenca alta Virilla)
	Nuevas alternativas de producción (hidroponía, invernadero, hortalizas para climas controlados, otros)
	Proyectos de riego y capacitación para elevar la eficiencia del riego
	Drenajes o zanjas en zonas afectadas por exceso de precipitación
	Sistemas de piscicultura y sistema de riego (combinados), reciclaje de aguas
Servicios públicos	<b>1. Agua</b>
	Programas "De verano" de Acueductos y Alcantarillado
	Campañas de educación (formal e informal)
	Construcción de pozos y tanques de almacenamiento de agua
	Reparación y cambio de tuberías en mal estado
	Disminución de sedimentos (tomas de agua)
	Inversión en infraestructura (pozos y tanques) y tecnología
	Reducir caudal de la concesión o mantener el caudal ambiental
	Protección de acuíferos y tomas de agua
	Limitar el número de concesiones de acuerdo al sector y la fuente
	Canon de vertidos
	Canon de aprovechamiento en proyecto
	Tarifa hídrica ambientalmente ajustada ESPH, S.A.
	Mejoramiento de las medidas de control y monitoreo en el uso del recurso tal como medidores
	Mejorar la infraestructura, vigilancia y control de tomas de captación nacientes (ASADAS)
	Programa de riesgo sanitario en Acueductos y Alcantarillados
	Racionamiento del agua
Industria	<b>2. Electricidad</b>
	Equipos de mayor eficiencia por ejemplo lámparas fluorescentes compactas
	Control de carga
	Utilización de sistemas de generación con nuevas alternativas
	<b>3. Saneamiento</b>
	Construcción de alcantarillado sanitario metropolitano
	Aplicación de legislación en construcción de tanques sépticos
	Regulación en construcción de tanques sépticos y plantas de tratamiento por parte de urbanizadoras
	Eficiencia de procesos productivos mediante la innovación tecnológica
	Reutilización de aguas
	Tratamiento de agua
	Sistemas de gestión ambiental

## Conocimiento, estado actual y amenazas a la biodiversidad

El cambio climático está considerado como una de las principales amenazas globales para la biodiversidad en todos sus niveles. Sin embargo esto no es algo nuevo puesto que la actividad humana ha alterado la estructura de muchos de los ecosistemas del mundo, disminuyendo su resiliencia frente a los cambios.

Costa Rica cuenta con 166 áreas silvestres protegidas en sus diferentes categorías las cuales cubren un 26,0% del territorio terrestre y un 0,9% de su extensión marina. Sin embargo, este esfuerzo conservacionista está muy lejos de proteger adecuadamente los diferentes ecosistemas identificados en el país, y más aún de proteger los procesos evolutivos y ecológicos necesarios para una buena salud de los ecosistemas.

El análisis de las interacciones entre biodiversidad y cambio climático resulta particularmente relevante para el país, donde se registran cerca de 91.000 especies, el 18% del medio millón de especies que se estiman están presentes en el país y aproximadamente un 4,5% de las especies conocidas en el mundo.

En general, se puede decir que todos los ecosistemas del país han sufrido cambios en su estructura y composición como producto de las acciones humanas. Es evidente que la contaminación, la sobreexplotación de recursos y cambios en la cobertura natural de la tierra producidos por el ser humano han propiciado y están provocando cambios en la integridad de los ecosistemas, y por ende en la calidad de los bienes y servicios que estos ecosistemas brindan a los seres humanos.

Muchas de las especies del país han experimentado una reducción en su área de distribución y en su tamaño poblacional debido a los cambios en la cobertura de sus hábitat y/o sobre explotación por parte del ser humano, llevando a que algunas de estas se

encuentren amenazadas, sin embargo, existen pocos estudios que permitan evaluar cambios en la diversidad de especies y vincularlos con relaciones directas al cambio climático.

La declinación de anfibios es debida a la invasión del hongo patógeno *citridium (Batrachochytrium dendrobatidis)* en tierras altas favorecido por un aumento en la temperatura mínima provocada por el calentamiento global.

En un estudio realizado entre mayo 2004 y mayo 2005, se analizó el efecto del clima en la proporción de sexos del caimán (*Caiman crocodilus*), en el Refugio de Vida Silvestre Caño Negro.

Como resultado de este estudio se encontró que existe relación entre el mayor número de machos y la disminución de precipitación durante los años noventa causada por el fenómeno El Niño. Hay relación negativa entre la disminución de la precipitación y el aumento de caimanes macho. Una mayor tasa de mortalidad en hembras. Los huevos incubados a bajas temperaturas son los más afectados en mortalidad, en el caso de caimanes son las hembras las que se ven afectadas.

Estudios de largo plazo realizados en la estación La Selva en Puerto Viejo de Sarapiquí han documentado el efecto del cambio climático sobre el crecimiento de los árboles, registraron que el crecimiento diametral de los troncos de individuos adultos de 6 especies de árboles del dosel, en un período de 16 años (1984-2000), estuvo negativamente correlacionado con el promedio anual de la temperatura mínima diaria y con la liberación de  $CO_2$  a la atmósfera por parte de los ecosistemas tropicales terrestres.

Las nubes de Monteverde parecen estar desapareciendo, la razón principal es la deforestación pero no en los bosques nubosos de Monteverde, sino en las tierras bajas, lo cual genera un fuerte impacto en la región.

Un análisis sobre el efecto del cambio climático en la distribución de las 19 zonas de vida de Holdridge presentes en Costa Rica, sugiere que las zonas de vida localizadas en elevaciones altas pueden ser más sensibles a incrementos en temperatura que a los cambios en la precipitación, mientras que aquellas en elevaciones bajas pueden ser más susceptibles a los cambios en las precipitaciones.

En general, se puede observar como tendencia que los parques nacionales y reservas biológico-

cas que se verán más afectados son los ubicados en las partes altas, los Parques Nacionales Tapantí-Macizo de la Muerte y Braulio Carrillo, importantes como fuente de agua potable para las poblaciones del Valle Central, sufrirán una marcada disminución en su precipitación anual, exemplificando como el cambio climático afectará el suministro de algunos de los servicios ambientales de los ecosistemas.

En el cuadro i.6 se puede observar los cambios esperados en 16 especies en Costa Rica.

Cuadro i.6: Cambios esperados en la distribución potencial de 16 especies en Costa Rica con base en tres variables climáticas: precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima

Especie	Área apta en el presente (ha)	Área apta en el futuro (ha)	Diferencia	%
<i>Amazilia boucardi</i> (colibrí, gorrión)	14.969	0	-14.969	-100,00
<i>Ara ambiguus</i> (Lapa verde)	21.361	19.091	-2.270	-10,6
<i>Bufo aucoinae</i> (sapo)	11.173	3.081	-8.092	-72,4
<i>Caluromys derbianus</i> (zorro de balsa)	10.427	14.752	4.325	41,5
<i>Carpodectes antoniae</i> (Cotinga piquiamarilla)	12.489	3	-12.486	-100,0
<i>Cephalopterus glabricollis</i> (pájaro danta, pájaro sombrilla cuellinudo)	19.422	19.047	-375	-1,9
<i>Craugastor podiciferus</i> (Ranita, sapito))	15.534	12.840	-2.694	-17,3
<i>Cryptotis gracilis</i> (musaraña)	3.607	4.496	889	24,6
<i>Oophaga granuliferus</i> (Rana venenosa, sapito venenoso)	14.346	0	-14.346	-100,0
<i>habia atrimaxilaris</i> (Tangara hormiguera carinegra)	4.812	10.060	5.248	109,1
<i>Isthmohyla picadoi</i> (Rana)	3.808	5.623	1.815	47,7
<i>Oedipina poelzi</i> (Salamandra)	7.443	8.492	1.049	14,1
<i>Phylllobates vittatus</i> (Rana venenosa, sapo venenoso)	14.346	0	-14.346	-100,0
<i>Saimiri oerstedii</i> (Mono ardilla, tití)	13.922	12.305	-1.617	-11,6
<i>Smilisca puma</i> (Rana)	23.877	19.019	-4.858	-20,4
<i>Touit costaricensis</i> (Periquito a.lirrojo)	7.289	8.802	1.513	20,8

Algunas de las acciones generales de adaptación identificadas en el sector biodiversidad son las siguientes:

- Establecimiento de redes de áreas protegidas marinas, terrestres y de agua dulce que tomen en cuenta los cambios climáticos proyectados.
- Gestión de hábitat enfocada en especies en peligro.
- Reducir la fragmentación de los ecosistemas, con especial atención en los humedales.
- Mejorar las acciones de control de cambio de uso del suelo y tala ilegal dado que el 18% de los gases emitidos en el mundo se producen por deforestación-cambio de uso
- Incorporar al mantenimiento y restablecimiento de ecosistemas naturales los impactos del cambio climático.
- Fortalecer la generación y la valoración de bienes y servicios provenientes de los ecosistemas.
- Promover diferentes formas de conservación privada utilizando corredores biológicos, reservas privadas, servidumbres.
- Fortalecer las acciones de protección y manejo sostenible en arrecifes de coral en ambas costas y ecosistemas de interés particular como Golfo de Papagayo, de Nicoya, Dulce y humedal Térraba-Sierpe.
- Consolidar el ordenamiento ecosistémico dinámico ante el cambio climático del territorio nacional para la conservación de la biodiversidad, que integre iniciativas como la de Grúas II, corredores biológicos, bosques modelo, unidades ecológicas de gestión para la conservación de la biodiversidad (enfoque ecosistémico).
- Fortalecer la coordinación interinstitucional y alianzas para la gestión sinérgica entre biodiversidad y cambio climático.
- Promover la investigación, monitoreo-evaluación y el desarrollo tecnológico para la adaptación de las especies y ecosistemas al cambio climático.
- Ordenar la gestión sostenible de los recursos marinos y marino-costeros en relación con el cambio climático
- Fortalecer los mecanismos participativos y de sensibilización de la sociedad civil con el apoyo de los medios de comunicación masiva.
- Fortalecer los programas de educación formal y no formal que incluyan las dimensiones del cambio climático.
- Hacer efectiva la aplicación del marco legal nacional e internacional relacionado con la gestión sostenible de la biodiversidad y el impacto del cambio climático.
- Consolidar el Programa de Corredores Biológicos ajustado a la Propuesta de GRUAS II.
- Implementar las propuestas de vacíos de conservación y consolidación de ASP identificadas en GRUAS II.
- Potenciar y consolidar la capacidad institucional de los órganos de MINAE relacionados con la conservación de la biodiversidad y cambio climático (SINAC, CONAGEBIO, FONAFIFO, IMN, SETENA, Departamento de Aguas, DSE)
- Mejorar el sistema de estaciones meteorológicas a nivel nacional.
- Elaborar e implementar el Plan Nacional Marino y Marino-costero con base en Grúas II.
- Actualizar e implementar la Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad, y la de Humedales.
- Fomentar el programa de monitoreo de la biodiversidad y la adecuada sistematización

de la información generada que permita contar con métrica confiable y verificable.

## Salud Pública

Uno de los sectores de mayor vulnerabilidad ante el clima, su variabilidad y cambio climático es el de la salud pública. La vulnerabilidad de este sector no se basa solo en la estrecha relación entre los elementos atmosféricos y los procesos biológicos que desatan la enfermedad, sino en la relación existente entre la salud y la calidad de vida de la población pues repercute directamente en el desarrollo del país. Por otro lado, el sector salud de Costa Rica, también ofrece una plataforma organizativa importante para el tema de adaptación al cambio climático bajo esquemas de desarrollo y aprovechamiento de oportunidades.

Parte de la vulnerabilidad de la salud humana está dada por la mayor frecuencia de aparición de algunas enfermedades ante la variabilidad climática, y el impacto socio económico que dejan a su paso. Ahora bien, el repunte de enfermedades debido al clima, puede deberse entre otros factores a efectos indirectos y directos de los elementos meteorológicos. Los efectos indirectos del clima sobre la salud, se asocian con el efecto sobre vectores transmisores de enfermedades como los roedores, la marea roja, o el dengue, que presentan fluctuaciones poblacionales relacionadas con eventos de variabilidad climática.

En Costa Rica el dengue reaparece en 1993 y, para mediados del 2004 ya había contagiado a más de 92 mil personas, desde que reapareció, los picos máximos se dieron en 1994, 1997, 2003 y el 2005.

La población entre los 5 y 45 años de edad es la más vulnerable. Entre este rango, se encuentra la población económicamente activa del país, así como la escolar y colegial.

En Costa Rica, durante El Niño (fase cálida de ENOS) la tasa aumenta en las provincias de influencia Pacífico. En Limón, la fluctuación de la tasa es inversa y se asocia con la fase fría de ENOS, La Niña.

Con respecto a la malaria, de acuerdo con los datos de la Unidad de Epidemiología del MINSA, entre el 2004 y el 2006 la mayor incidencia de malaria en Costa Rica se presentó en el Caribe de Costa Rica y, en menor grado en algunos cantones de la Zona Norte y el Pacífico Central. El cantón de mayor tasa corresponde a Matina con un 46.9% por cada 100 mil habitantes.

El asma es una de las enfermedades crónicas que causa mayor impacto socio económico en Costa Rica debido a sus costos de atención hospitalaria y el ausentismo escolar y laboral que provoca. La población adulta mayor que padecen bronquitis crónica o asma, es el grupo etario más vulnerable ante el incremento de los contaminantes atmosféricos generadores del calentamiento global siendo la población infantil es la más amenazada con este padecimiento en Costa Rica.

Las cardiopatías pueden ser relacionadas con el clima en dos sentidos: altos niveles de ozono en las partes bajas de la atmósfera y por el estrés fisiológico que causan las olas de calor en adultos mayores y personas afectadas en su sistema cardiorrespiratorio.

A pesar de que la estadística del Ministerio de Salud sobre la tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares muestra una tendencia de disminución (1990-2006), la temperatura máxima en algunos de los cantones con mayor mortalidad tiende a aumentar al igual que el número de defunciones. Si la población ha ido aumentando y el número de defunciones también, la disminución en la tasa de mortalidad se explica por los esfuerzos en materia de salud preventiva, lo cual significa que las medidas de

adaptación tales como control, cobertura, sensibilización, adopción de nueva tecnología, entre otros han sido efectivas.

La relación entre las diarreas y los factores del clima, se pueden establecer en dos sentidos. Primero, por los desequilibrios hídricos y térmicos que causan períodos de sequías o inundaciones y que alteran el ambiente de desarrollo de bacterias y virus. Segundo, la contaminación de fuentes de aguas almacenadas y tomas de agua para uso poblacional o la descomposición de alimentos perecederos durante eventos climatológicos extremos y cuya ingestión causa problemas gastrointestinales.

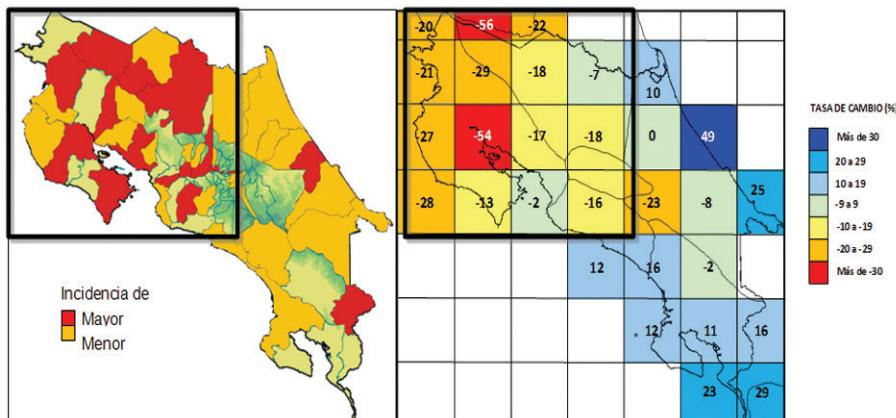
Se ha observado que los picos máximos de incidencia de diarreas a nivel nacional se presentan en los meses de marzo y junio. Durante el evento de la Niña se presentan más del doble de casos de diarrea que durante el evento El Niño. Las alteraciones en la lluvia proyectadas por escenarios de cambio climático, provocan desequilibrios hídricos que facilitan la propagación de virus y bacterias causantes de diarreas en niños y adultos. Mientras que los casos mensuales de diarrea se incrementan por una estacionalidad más marcada debido a los períodos secos más cálidos, los eventos extremos lluviosos pueden causar brotes importantes de diarrea en zonas inundables fuera de los centros urbanos.

La Angiostrongilosis abdominal es una parasitosis producida por el nemátodo *Angiostrongylus costaricensis* (Aa) que utiliza dos huéspedes para completar su ciclo: el huésped definitivo natural lo constituyen varias especies de roedores. El huésped intermedio es un molusco, principalmente babosas de la familia *Veronicellidae*.

Un estudio realizado en la Zona Norte de Costa Rica y el Valle Central, demostró que existe una correlación entre la precipitación y la prevalencia de Angiostrongilosis. Es una enfermedad que presenta una clara estacionalidad, durante el período seco que abarca de enero-mayo se concentra el 33% de los casos, mientras que el 67% restante se presenta de junio a diciembre. La información recopilada tiene un período de registro poco extenso, por lo que los resultados que se obtengan no pueden ser concluyentes con respecto al efecto de la variabilidad climática sobre la fluctuación del número de afectados por la enfermedad. Sin embargo, para el período de análisis, se observa un comportamiento ajustado a las fases de ENOS y su efecto esperado en la precipitación anual para las dos vertientes de Costa Rica.

Contrastando las áreas de mayor exposición con el escenario de clima a futuro como se muestra en la figura i.7, se puede observar que las zonas de mayor incidencia de alguna de las enfermedades evaluadas, se encuentran en una región cuyo clima a futuro se proyecta más seco y cálido. Aquellas enfermedades que mostraron relación con altas temperaturas y disminuciones de la precipitación, tienen una alta probabilidad de desarrollarse en ambientes favorables para mantener o aumentar su tasa de incidencia. Este tipo de análisis, resulta valioso para la planificación futura.

Figura i.7 Cantones de mayor exposición y escenario A2 de precipitación anual para el 2071-2100 de acuerdo al modelo PRECIS, para Costa Rica.



## Transferencia de tecnología

La distribución relativa del total de emisiones netas de Costa Rica determina que la contribución histórica presenta a los sectores Energía y Agropecuario como prioritarios, donde el energético es el primer sector potencial a mitigar emisiones con una creciente participación proyectada a niveles de un 70% para el 2021 y, el agropecuario con una tendencia de reducción del 30 al 20% para el 2021.

La opción de tren urbano y tren de carga se presentan como las mejores opciones de reducción de emisiones. Para el año 2010 la emisión total neta en el escenario base se estima en 13.000 Gg, y con esta tecnología se ubicaría en 11.000 Gg. Las emisiones totales netas sin y con los proyectos para el año 2015 serían 15.000 Gg y 13.000 Gg respectivamente, y para el año 2021 de 18.000 Gg y 15.000 Gg, respectivamente. Esto representa una disminución en las emisiones totales netas de Costa Rica del orden de un 14%-17%.

En el sector agropecuario, si se combinan las tecnologías, la reducción del 5% en CO<sub>2</sub> proveniente del manejo de pasturas con una reducción del 10% por mejor gestión de abonos

nitrogenados, se obtiene que para el 2010 las emisiones del sector agropecuario hayan disminuido unos 400 Gg. Esto genera una reducción del 3,2% sobre las emisiones totales que se ubicarían en 13.000 Gg. Para el 2014 y el 2018 se proyecta una reducción similar en las emisiones agropecuarias, con lo que se tendrían emisiones totales por 14.000 Gg y 16.000 Gg respectivamente. Para el 2021, la proyección de emisiones del sector agropecuario es de 5.000 Gg, las totales de 18.000 Gg y la reducción de emisiones de un 2,4% del total.

La combinación de la variación en manejo de pasturas con una consecuente reducción del CO<sub>2</sub> por fermentación entérica en un 8% y, gestión y manejo de abonos nitrogenados con una disminución del 15% en emisiones, podría reducir la contaminación del sector agropecuario a 4.600 Gg, lo que representa una reducción del 5% en las emisiones totales para el 2010. En el 2014 y el 2018 se espera un nivel de emisiones del sector agropecuario de alrededor de 4.600 Gg y una reducción porcentual de las emisiones totales cercana al 4%. En el 2021, las emisiones agropecuarias llegarían a los 5.000 Gg y las emisiones totales serían 18.000 Gg

aproximadamente, lo cual significaría una reducción del 3,7% del total proyectado.

La incorporación de vehículos eléctricos en estas posibilidades generaría para el año 2010 una reducción de un 3,5% de las emisiones totales, lo cual equivale a una disminución de 500 Gg de CO<sub>2</sub> del sector móvil. En el 2014 las emisiones móviles llegarían a 5.500 Gg y el total de emisiones se reduciría en 3,7%. Para el 2018 y el 2021 se puede esperar una reducción de un 4% en las emisiones totales, las cuales se ubican cerca de 16.000 Gg y 17.000 Gg, respectivamente, dado que la reducción anual de las emisiones móviles es cercana a los 1.000 Gg anuales.

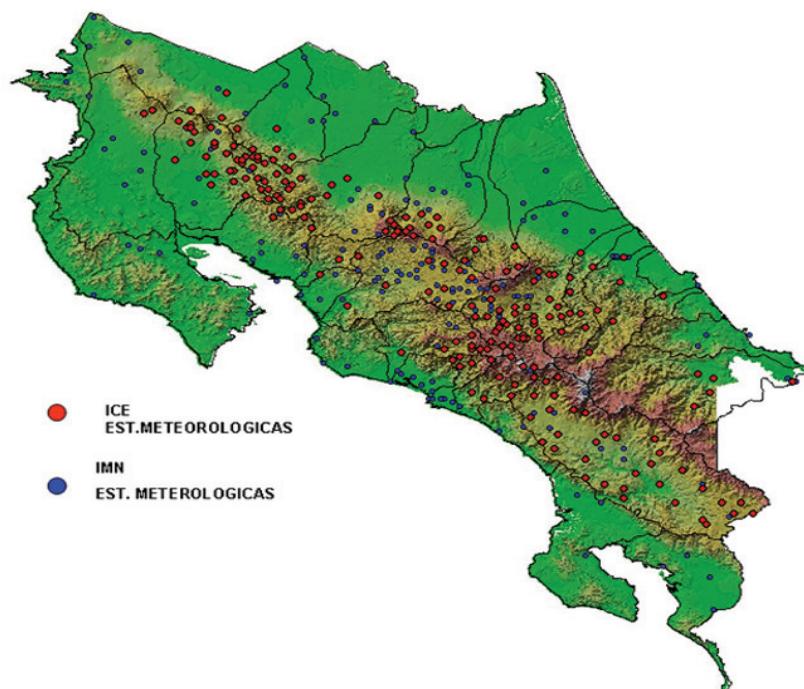
Otras opciones presentes en este capítulo son los biocombustibles, la energía solar, la energía fotovoltaica, las celdas de hidrógeno, la energía de las olas y los biocombustibles de segunda generación.

### Observación sistemática, investigación y desarrollo de capacidades para el cambio climático en Costa Rica

La red nacional de Costa Rica ocupa posiblemente uno de los primeros lugares en Centroamérica en cuanto a antigüedad en longitud de series de datos, en cantidad, tipos de estaciones y en la sostenibilidad que ha tenido a través de los tiempos, jugando un papel importante en la vida nacional, tal como el apoyo a la agricultura, a la construcción, a la aviación, a la detección de fenómenos atmosféricos peligrosos y otros.

Los puntos en donde se hacen mediciones meteorológicas por parte de las diferentes instituciones que operan estaciones se muestran en la Figura i.8, donde los puntos rojos muestran los lugares altos como las zonas montañosas en los cuales el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) lleva a cabo mediciones hidrológicas, básicamente caudales de ríos.

Figura i.8: Estaciones meteorológicas activas del IMN y del ICE



La red hidrometeorológica y climática nacional está integrada por redes que atienden objetivos o temas específicos y el análisis sobre la situación de cada una de estas evidencia que la actividad del monitoreo va más allá de llenar espacios geográficos con estaciones, sino que estas deben estar localizadas en lugares estratégicos según la actividad que apoyen y objetivo que se persiga.

### **Redes actuales de Costa Rica:**

- a) Red de meteorología sinóptica:** pertenece en su totalidad al Instituto Meteorológico Nacional.
- b) Red de meteorología aeronáutica:** Operada por el Instituto Meteorológico Nacional cuenta con estaciones ubicadas en los aeropuertos internacionales del país.
- c) Red de meteorología agrícola:** Varias de estas estaciones se encontraban en estaciones experimentales de instituciones de enseñanza e investigación. Hoy día las pocas que hay pertenecen mayoritariamente a la empresa privada.
- d) Red hidrológica:** El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) es la institución que ha operado esta red en su totalidad a través de los años para la hidrogeneración y en el estudio del comportamiento de la escorrentía en años con sequías o muy lluviosos. Esta red ha sido determinante en el conocimiento del potencial hídrico nacional para la generación hidroeléctrica, factor de mayor importancia en el desarrollo del país.
- e) Red de contaminación atmosférica:** Tiene dos grandes componentes: una, la medición de la contaminación local sobre todo la urbana y otra, la medición de la contaminación transfronteriza, la que nos viene de afuera del país. En el primer caso, se han hecho mediciones esporádicas en años pa-

sados por parte de los Ministerios de Salud y el MINAE primordialmente. El IMN en un acuerdo con la UNA, el Ministerio de Salud y la Municipalidad de Belén, Heredia, instaló una estación en Belén de Heredia pero se cerró por falta de repuestos.

En cuanto a la contaminación transfronteriza, el IMN instaló una estación en el Volcán Irazú hace unos años, la cual no está trabajando actualmente por falta de repuestos y materiales fungibles.

- f) Red de la atmósfera superior:** Es una única estación instalada en 1972 en el aeropuerto Internacional Juan Santamaría y es operada por el Instituto Meteorológico Nacional. También se le denomina como red de altura o de radiosondeo.

En los últimos tres años se han llevado a cabo campañas científicas por parte de la NASA con base en Costa Rica sobre todo en el verano del Hemisferio Norte, en colaboración con el IMN, la UNA, la UCR, el CENAT y otras instituciones nacionales e internacionales, y se han obtenido datos hasta 4 veces al día realizando un sondeo cada 6 horas. Estas campañas han incluido ozono, sondeos en la estratosfera inferior y el monitoreo de otros tipos de gases y partículas.

- g) Red mareográfica y de meteorología marina:** En Costa Rica hay registros de variables marinas desde los años cuarenta, no son registros totalmente continuos, pero aún así han sido valiosos para determinar que en los últimos años el nivel del mar ha aumentando de 2 a 3 milímetros por año.

- h) Red de descargas eléctricas:** Establecida y operada por el ICE desde hace alrededor de 5 años, mide las descargas eléctricas que se producen en todo el país incluyendo los océanos adyacentes. La red tiene instalados cuatro sensores en diferentes partes del país

y ello es suficiente para medir casi el 100% de las descargas eléctricas que se producen en el territorio nacional.

- i) **Red pluviométrica urbana:** La red surgió a principios de la década de 1980, a raíz de la presencia de desbordamientos de ríos y quebradas, producto del urbanismo generalizado y del cambio en el uso del suelo. La opera el IMN y su propósito es apoyar a la Comisión Nacional de Prevención y Atención de Emergencias (CNE) en la atención de situaciones hidrometeorológicas urbanas que van siendo más frecuentes a medida que pasan los años.
- j) **Red del estado de los ríos:** La CNE tiene una red en donde se indican tres veces al día, a las 7a.m., 12 medio día y 6 p.m. en forma visual lo siguiente: los niveles de los ríos utilizando criterios como normal, algo crecido, crecido y desbordado, y sobre aspectos atmosféricos, criterios como lluvia débil, moderada o fuerte. En casos de emergencias hidrometeorológicas se hacen reportes cada 3 horas. Para fines de atención de emergencias hidrometeorológicas tales como desbordamientos repentinos e inundaciones de varios días, esta información es muy importante aún cuando obedecen a estándares internacionales.
- k) **Red climatológica:** El objeto de la red climatológica ha sido caracterizar y describir el clima del país y prácticamente utiliza toda la información de las redes antes descritas. Las instituciones que más estaciones han manejado históricamente han sido el IMN y el ICE.
- l) **Red para la recepción de imágenes satelitales:** El IMN recibe imágenes satelitales meteorológicas desde inicios de la década de 1970. A partir de allí otras instituciones han instalado receptores de estas imágenes que aplican en sus actividades propias; la

Universidad Nacional las aplica con fines oceanográficos, el ICE para sus pronósticos hidrológicos.

### **Redes importantes aún no establecidas en Costa Rica:**

- a) **Red especializada para cambio climático** con el objetivo fundamental de medir e individualizar el cambio climático en forma precisa.
- b) **Red de radares meteorológicos** que mejorarían enormemente los pronósticos de lluvia y el pronóstico de caudales de ríos sobre todo en lo atinente al apoyo a la gestión contra inundaciones repentinas y las generalizadas.
- c) **Red para incendios forestales:** que permita la prevención a partir de la medición en forma rutinaria la humedad del suelo y la temperatura y, humedad en el material combustible y que debería ser instalada y operada conjuntamente entre el IMN y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).
- d) **Red de la calidad de las aguas:** No cabe duda que una de las grandes omisiones en la red hidrometeorológica y climática nacional ha sido la falta de mediciones sistemáticas de la calidad del agua en los cuerpos de agua, tales como ríos, lagos, lagunas y acuíferos subterráneos.

El establecimiento de la red de cambio climático requiere la instalación de estaciones climatológicas **pivote o patrón** que:

- a) dispongan de instrumentos de la mayor precisión que los actualmente existentes;
- b) que sean contrastados periódicamente contra instrumentos patrón para asegurar la calidad del dato a través de los años;

- c) ubicarlas en sitios con buena exposición donde los datos no se vean afectados por situaciones locales ajenas al clima y en sitios donde perduren por periodos largos;
- d) que se disponga de repuestos para darles mantenimiento preventivo constantemente;
- e) que se puedan insertar en redes regionales planificadas internacionalmente para que los datos sean comparables con los de otros países.

En la propuesta de red para cambio climático se incluyen dos boyas oceánicas a ser instaladas en los próximos años, en mar abierto frente a las costas de Costa Rica, una en el Caribe y otra en el Pacífico y que registren las siguientes características: viento, temperatura de la superficie del mar, salinidad y nivel del mar.

En lo concerniente a contaminación atmosférica, la red para cambio climático debe registrar en forma automatizada y dependiendo del lugar donde se instalen las estaciones, todas o algunas de las siguientes variables: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), Ozono superficial (O<sub>3</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>).

### **Otra información relevante para el logro de los objetivos de la convención**

Existen elementos comunes presentes en las tres convenciones:

- a) Desde la perspectiva jurídica, la percepción más generalizada respecto de la necesidad de emitir normativa adicional para mejorar o facilitar la implementación de las convenciones ambientales no es sentida como tal por quienes tienen bajo su responsabilidad su seguimiento. Al contrario, se considera que en general el marco jurídico disponible es suficiente y más bien son las interpretaciones sobre los alcances de la normativa

vigente, en particular los relacionados con el reconocimiento del rango superior de las convenciones internacionales y la normativa vinculada con el concepto de dirección política, los elementos que se convierten en las principales barreras jurídicas para la plena aplicación.

- b) Las principales dificultades para la implementación de las convenciones globales ambientales desde la perspectiva de la política, se relacionan primordialmente con la ausencia de criterios claros de inserción de las responsabilidades derivadas de las convenciones en los procesos nacionales de planificación en sus diferentes niveles, derivándose de lo anterior una serie barreras más puntuales principalmente relacionadas con la ausencia de mecanismos apropiados de coordinación intersectorial que permitan impulsar una visión integral.
- c) En lo que se refiere a las barreras institucionales, surge también la dificultad derivada de la ausencia de mecanismos de coordinación apropiados entre los diferentes sectores e instituciones relacionados con la implementación de las convenciones ambientales globales; esto se refleja en la falta de claridad de las responsabilidades y competencias institucionales asignadas a las dependencias públicas específicas y consecuentemente en la dispersión de esfuerzos y la pérdida de eficacia en las acciones desarrolladas.
- d) Las barreras operativas están claramente vinculadas con la ausencia de sistemas adecuados que permitan un seguimiento de los impactos de las políticas así como de la eficiencia en la gestión orientada al cumplimiento de las Convenciones.
- e) Las barreras financieras a la implementación de las Convenciones son el resultado de la presencia de un esquema que no ha logrado incorporar plenamente las acciones, planes

y programas en el sistema formal de planificación pública y que conlleva entonces a una desvinculación entre planes y presupuestos que impide la medición de los costos de implementación.

### **Programas de investigación, proyectos y estudios**

Costa Rica ha producido variada información específica relacionada con cambio climático aproximadamente desde los años 90, desarrollada por investigadores e instituciones nacionales e internacionales.

En cuanto a generación de conocimiento, la recopilación suma 44 estudios de muy diversas fuentes, entre ellas principalmente organizaciones no gubernamentales y universidades públicas. El 45% de las investigaciones se han realizado en bosques, le sigue agricultura con un 18% y el resto es variado entre estudios en pastos, reforestación, animales tales como anfibios, reptiles, murciélagos, aves e insectos-mariposas, costas y arrecifes.

Existen alrededor de 61 estudios realizados en el país por investigadores internacionales en el tema. De estos estudios el 62% se refiere a bosques como área de investigación y el 23% estudia anfibios y cambio climático.

### **Educación, formación y sensibilización del público**

La educación, la formación y la sensibilización del público son consideradas herramientas im-

prescindibles para que la población costarricense conozca sobre el fenómeno del calentamiento global y sus repercusiones con el propósito de que pueda apropiarse de las diferentes estrategias de adaptación y mitigación en procura de asumir responsabilidades individuales y colectivas que transformen hábitos en sus estilos de vida en beneficio del desarrollo nacional.

En el 2007 se trabajó en el proyecto denominado “Integración del tema de Cambio Climático en la Comunidad Nacional” orientado a diagnosticar la situación de los programas y las actividades de educación y sensibilización de la comunidad nacional sobre el cambio climático, con el fin de enfocar de manera certera acciones futuras hacia áreas y públicos meta.

Como producto del diagnóstico se cuenta con información sistematizada sobre los materiales y referencias bibliográficas producidos hasta la fecha por diversos sectores en el país; un inventario de estudios y programas de investigación relacionados con el tema del cambio climático y, una propuesta que identifica las necesidades durante un proceso participativo, facilitan el establecimiento de una estrategia de sensibilización y educación para incidir en los cambios que la sociedad costarricense requiere para concientizarse y actuar responsablemente sobre este tema.

Por otro lado el material de apoyo relacionado al cambio climático, se ha difundido entre el público en general, tiene como fin lograr un cambio de actitud y comportamiento en la población que conlleve a la aplicación de medidas de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático.

# CAPÍTULO 1

## Circunstancias Nacionales y su relación con las emisiones y la absorción de gases de efecto invernadero

### 1. 1 Estructura de gobierno

Costa Rica es una República Democrática que está regida por la Constitución Política del 7 de noviembre de 1949, en la cual se establece un sistema presidencialista y un Estado unitario. Su estructura política se basa en tres Poderes del Estado, independientes entre sí: Ejecutivo, Legislativo y Judicial.

La materia electoral la rige el Tribunal Supremo de Elecciones, con autonomía de los tres Poderes, lo cual garantiza la pureza del sistema.

El 1 de diciembre de 1948, José Figueres Ferrer abolió el ejército, con lo cual Costa Rica se convirtió en la primera República del mundo en no contar con fuerzas armadas. Esa es una ruta de paz sin precedentes en América Latina y en el mundo. La eliminación del ejército fue incorporada en la Constitución de la República de 1949.

### 1. 2 Perfil geográfico

La República de Costa Rica con un área continental territorial de 51.100 kilómetros cuadrados ( $\text{km}^2$ ) y 589.000  $\text{km}^2$  de mar territorial, se localiza en Centroamérica. Limita al Norte con Nicaragua, al Este con el Mar Caribe, al Sudeste con Panamá y por el Sudoeste y Oeste con el Océano Pacífico. (Figura 1: Mapa de Costa Rica).

El territorio costarricense es una franja continental muy angosta: tiene 464 km de distancia en su porción más ancha, entre las costas del océano Pacífico y las del mar Caribe. Se caracteriza por una historia geológica reciente, en constante evolución, frecuentemente afectada directa o indirectamente por fenómenos de tipo geológico como sismos y erupciones y climático (huracanes, lluvias intensas, sequías y otros).

Figura 1.1: Mapa de localización de Costa Rica



### 1.2.1 Orografía

De sus características topográficas se destaca la existencia de tres cordilleras montañosas que atraviesan el país de noroeste a sureste y de un extremo al otro (Talamanca con 320 km; Volcánica Central con 76 km y Volcánica de Guanacaste con 112 km). Son terrenos de pendiente abrupta y una enorme cantidad de ríos, quebradas y canales de riego, que determinan una enorme densidad de caudales por área, y que recurrentemente exponen al país a inundaciones y deslizamientos.<sup>1</sup>

### 1.2.2 Suelos

La presencia de una alta variabilidad de material parental, distribuido en un relieve heterogéneo y sometido a la acción de condiciones climáticas y biológicas muy variables, ha originado que en un tiempo relativamente corto el territorio costarricense posea una diversidad de suelos.

De los órdenes de suelos establecidos por la Taxonomía de Suelos, son de importancia en el país los siguientes: Vertisoles, Andisoles, Alfisoles y Ultisoles, y los Inceptisoles<sup>2</sup>

### 1.2.3 Hidrografía

El país se ha dividido en 34 cuencas hidrográficas susceptibles de planificación en el uso del agua y del suelo.

Existen dos vertientes acuáticas. La Vertiente del Pacífico tiene la característica principal de que los ríos son cortos y profundos, con grandes pendientes accidentadas que aumentan su poder erosivo, de ahí la profundidad de sus cauces,

<sup>1</sup> Sistema Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (SNPRAE)/ Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). En: <http://www.eird.org>

<sup>2</sup> Asociación Costarricense de Ciencias del Suelo, Ministerio de Agricultura y Ganadería. En: <http://www.mag.go.cr>

tal es el caso de la Cuenca del Río Grande de Tárcoles, ubicada en la Región Pacífico Central. En cambio, en el Pacífico Sur y en el Pacífico Norte, los ríos deben recorrer grandes planicies antes de llegar al mar.

La Vertiente del Caribe tiene la característica de que sus ríos son más largos, más anchos y menos profundos que los del Pacífico, formando meandros en los cursos inferiores. Se caracterizan además por el abundante material que acarrean (sedimentos y restos de vegetación) y porque cambian con frecuencia la ubicación del cauce del río.

La generación hidroeléctrica es la actividad de mayor uso del agua de los ríos, utilizando para dicho propósito, cerca de un 70% del total, y la actividad agrícola con un 22,8%. El aprovechamiento de agua para el consumo humano, turismo, industria y agroindustria representan menos del 8,0% de la extracción total.

### 1.2.4 Calidad del agua

#### 1.2.4.1 Aguas superficiales

De las 34 cuencas hidrográficas que tiene el país, cinco han sido clasificadas de mayor importancia en relación con la cantidad de población que en ellas se asienta, lo que ocasiona que estén afectadas por contaminación física dada por los sedimentos, contaminación fecal por los vertidos domésticos no tratados y contaminación orgánica por las descargas agroindustriales, con bajo nivel de tratamiento. Estas cinco cuencas representan más del 50% del área geográfica del país.

La principal fuente de contaminación de los ríos proviene de las aguas residuales domésticas y agroindustriales. En los últimos cinco años se han detectado metales pesados en la desembocadura del Río Grande de Tárcoles y hacia el Golfo de Nicoya, que provienen de las descar-

gas de las aguas residuales industriales y de los insumos utilizados en la agricultura del Gran Área Metropolitana (GAM).

#### 1.2.4.2 Aguas Subterráneas

La contaminación de las aguas subterráneas no es tan crítica como la de las aguas superficiales. Sin embargo, ya se ha detectado una tendencia creciente en las concentraciones de nitratos en las aguas subterráneas en algunos pozos y manantiales. Como posibles causas de este incremento en nitratos, están la aplicación intensiva de fertilizantes nitrogenados en el café, el uso generalizado de tanques sépticos, algunos ubicados en sitios de alta permeabilidad y en densidades relativamente altas. También una probable presencia de fugas en tuberías de alcantarillado sanitario e ingreso de aguas contaminadas a los mantos freáticos.

Aunque Costa Rica ha establecido la legislación y reglamentación para la disposición de aguas residuales, no hay un cumplimiento eficiente. La descarga directa de aguas negras a cauces de ríos y el uso excesivo de tanques sépticos, son dos de los factores que mayor peso tienen en la contaminación de cuerpos de agua (superficiales y subterráneas). Cerca de 250 000 metros cúbicos ( $m^3$ ) de aguas negras caen directamente a ríos (La Nación, 24 de enero 2004, Pág.6 A).

#### 1.2.5 Litoral

La longitud del litoral costarricense comprende 1.376 kilómetros (km) de los cuales 1.164 están en la costa Pacífica y 212 km en el Mar Caribe. La costa Pacífica presenta una serie de irregularidades como penínsulas, golfos y bahías, condición que facilita el establecimiento de zonas portuarias y el desarrollo turístico. Por el contrario, la costa del Caribe es más regular, pero menos apta para este tipo de instalaciones. El país tiene soberanía sobre 200 millas náuticas (mn) de zona exclusiva económica, y 12 mn de aguas territoriales.

De las nueve islas en territorio costarricense, la Isla Calero es la de mayor superficie con 151,6 km seguida por la Isla del Coco con 24 km mundialmente reconocida por el valor de su biodiversidad. Asimismo, destaca la variedad de playas en todas las zonas del país lo que fomenta el turismo.

### 1.3 Perfil climático

Costa Rica se caracteriza por una gran diversidad de climas, resultado de la interacción atmosférica con la orografía del país en la cordillera volcánica que atraviesa el país de Noroeste a Sureste, con elevaciones de hasta 3.820 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m).

Su régimen pluviométrico se caracteriza por los grandes contrastes climáticos entre regiones geográficas altas y bajas.

En la Vertiente del Pacífico, la estación lluviosa transcurre de mayo a noviembre, con un “veranillo” en julio y agosto. Por su parte, en la Vertiente del Caribe, no se puede definir una estación seca, pues la precipitación promedio mensual se mantiene entre los 100 y 200 milímetros (mm) en los meses más secos. En general, se observan valores promedios de precipitación anual entre los 1.400 y 6.000 mm. La diferencia de temperatura no es acentuada, aunque entre la costa y las partes altas de las cordilleras, se pueden observar rangos de temperaturas entre 31 y 16 grados Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ) respectivamente (Cuadro 1.1). La humedad relativa media anual es del 80 por ciento (%) en el Valle Intermonitano Central y cercano a la saturación (100%) en ambos litorales. La dirección predominante de los vientos es del Noreste y el flujo de éstos presenta velocidades que se encuentran en el rango de 1 a 10 kilómetros por hora (km/h).

Cuadro 1.1: Promedios anuales de diversas variables en las Regiones Climáticas de Costa Rica.

Región Aspecto	Caribe Norte	Caribe Sur	Valle Central	Región Pacífico Norte	Región Pacífico Central	Región Pacífico Sur
Lluvia (mm)	3759	3296	2352	2072	3621	3651
Días con lluvia	277	188	151	131	174	188
Temperatura máxima (°C)	27	30	26	31	28	31
Temperatura mínima (°C)	19	21	16	21	20	21
Temperatura media (°C)	23	25	21	26	24	28

**Fuente:** IMN, 2007

Los desastres naturales ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos en Costa Rica, se vinculan con la actividad ciclogenética en la Cuenca del Caribe, la cual produce durante el verano boreal frecuentes inundaciones y “temporales” en la Vertiente del Pacífico, así como los frentes fríos producen los temporales en la Vertiente del Caribe durante el invierno del hemisferio Norte.

#### 1.4 Perfil demográfico

En el año 2007 la población costarricense alcanzó 4.444.922 habitantes con una densidad de población de 87,3 hab/km<sup>2</sup> (INEC, 2008). Ha tenido un crecimiento promedio de 2% desde el 2000 y se estima que para el año 2025, la población en el territorio nacional alcance los 5.567.811 habitantes.

La distribución territorial de la población se caracteriza por ser irregular, concentrándose en el Gran Área Metropolitana (GAM) y el Pacífico Central motivada en gran medida por las oportunidades de desempeño en actividades económicas.

El principal cambio en las tendencias demográficas se debe a los movimientos migratorios procedentes del exterior, particularmente de nicaragüenses, colombianos y ciudadanos de otros países centroamericanos. Asimismo, existe un incremento en la presión demográfica sobre el territorio y los recursos naturales ocasionada por el interés en inversiones en turismo por desarrolladores extranjeros, particularmente europeos y estadounidenses.

El Cuadro 1.2 resume información demográfica para el período 2000 – 2006.

#### 1.5 Perfil socieconómico

##### 1.5.1 Educación

Desde 1870, en Costa Rica la educación elemental ha sido universal, gratuita y obligatoria. Como consecuencia de ello, la tasa de alfabetismo y la tasa neta de escolaridad son unas de las más altas en América Latina y países en vías de desarrollo. El alfabetismo en los adultos ha crecido del 93,9% en 1990 al 97,2% en 2005 y se realizan esfuerzos para que siga creciendo en

Cuadro 1.2: Indicadores demográficos para Costa Rica del 2001 al 2006

Porcentaje / Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Población total	4.008.265	4.089.609	4.169.730	4.248.481	4.325.808	4.401.849
<i>Masculina</i>	2.038.585	2.080.026	2.120.743	2.160.688	2.199.858	2.238.327
<i>Femenina</i>	1.969.680	2.009.583	2.048.987	2.087.793	2.125.950	2.163.522
Densidad de población (hab./ km <sup>2</sup> )	78,44	80,03	81,60	83,14	84,65	86,14
Tasa bruta de natalidad (por mil habitantes)	19,06	17,40	17,49	17,01	16,54	16,18
Tasa bruta de mortalidad (por mil habitantes)	3,89	3,67	3,79	3,75	3,73	3,81
Tasa de mortalidad infantil (por mil nacidos vivos)	10,82	11,15	10,10	9,25	9,78	9,70
Esperanza de vida al nacer (años)	77,58	78,49	78,37	78,61	79,08	79,00

**Fuente:** Décimo Tercer Informe sobre el Estado de la Nación, Costa Rica. 2007

accesibilidad y calidad. La tasa neta de escolaridad aumentó de 90,1% en 1990 al 99,8% en 2007 para la educación primaria, mientras que para la educación secundaria pasó del 39,5% en 1990 al 71,2% en 2007.

A fin de proporcionar recursos suficientes para financiar el ambicioso objetivo nacional de garantizar el acceso universal a una educación de calidad, la constitución política demanda al Gobierno a asignar al menos un 6% del PIB para presupuesto dirigido a programas educativos. El país cuenta con cuatro universidades públicas de prestigio y reconocida trayectoria, Universidad de Costa Rica, Universidad Nacional, Universidad Estatal a Distancia e Instituto Tecnológico de Costa Rica, coordinadas mediante el Consejo Nacional de Rectores (CONARE) y, 50 universidades privadas, 37 de las cuales se han organizado en la Unión de Rectores de Universidades Privadas (UNIRE).

### 1.5.2 Salud

La rectoría del Sistema de Salud está bajo la responsabilidad del Ministerio de Salud quien tiene la función política para dirigir, conducir, vigilar, normar, regular e investigar el desarrollo de la salud y el modelo de atención. Por tanto, las acciones de las instituciones públicas, privadas y no gubernamentales, así como las personas que están relacionadas con la salud en el país, se regirán a partir de las políticas y programas de dicho sistema. Su función es prioritaria cuando se trata de velar por la prevención, promoción y atención de la salud relacionada con los factores del cambio climático.

### 1.5.3 Acceso a servicios

#### 1.5.3.1 Agua potable y saneamiento

Durante los últimos diez años, Costa Rica ha logrado avances significativos en la ampliación de la cobertura para el abastecimiento de agua potable. Sin embargo, el sector enfrenta

Cuadro 1.3: Porcentajes de cobertura de agua potable para el período 2001 al 2006<sup>3</sup>

Porcentaje/Años	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Cobertura de la población con servicio de agua de calidad potable	75,8	78,4	79,5	82,8	82,2	81,2

desafíos debido a la reducida cobertura de los servicios de alcantarillado sanitario, la deficiente calidad del servicio, y el bajo nivel de recuperación de costos.

Se estima que para el año 2007 el 61% de la población reside en zonas urbanas y de estas aproximadamente el 99 % cuenta con acceso a agua potable comparado con un promedio de 90% en la región América Latina y el Caribe y, en las zonas rurales aproximadamente el 92%.

Un 48% de la población en zonas urbanas cuenta con conexión domiciliaria al alcantarillado público o con tanques sépticos individuales. En zonas rurales el 97% dispone excretas mediante el uso de tanques sépticos y letrinas<sup>4</sup>

Según la Contraloría General de la República, se invirtieron US \$ 203 millones en el sector de agua potable y saneamiento entre 1990 y 2006, lo que resulta en promedio en US \$ 3.3 per cápita y año.

### 1.5.3.2 Electricidad y telecomunicaciones

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) brinda cobertura eléctrica en el 97% del país y

3 Según el Décimo Tercer Informe del Estado de la Nación 2007 a partir de fuentes de AyA, ESPH, ASADAS

4 Programa de Monitoreo Conjunto OMS/UNICEF (2006). Datos sobre agua y saneamiento basados en el "Global Water Supply and Sanitation Assessment" (2002) de la Encuesta sobre el Sector Agua y Saneamiento (1999)

los servicios en telefonía celular, cuyos precios figuran entre los más bajos de América Latina, subsidian la telefonía fija.

Los bajos precios hacen que el costarricense haga un uso intensivo de la telefonía celular. Costa Rica es, después de Estados Unidos y Hong Kong, el tercer país en el mundo con más alto consumo per cápita, con 286 minutos mensuales. Asimismo y según RACSA en el 2004 una cuarta parte de la población (un millón de usuarios) cuenta con acceso a Internet lo que sitúa al país en segundo lugar de cobertura en América Latina después de Chile y ocupa el lugar número 58 en el mundo entre los países mejor equipados con Internet y tecnologías de la comunicación.

### 1.5.4 Economía

#### 1.5.4.1 Principales actividades económicas

Los sectores que más contribuyeron al crecimiento económico en el 2006 fueron la industria, el transporte, el comercio y el agrícola. Cabe resaltar la disminución en el aporte del sector transporte, que entre 1996 y 2006 fue de 24,2% en promedio, pero cayó a 18,9% en el 2006 (Cuadro 1.4). Los sectores agrícola e industrial aumentaron su contribución entre el período indicado y el año 2006, mostrando que el dinamismo de ambos se debe a las empresas dedicadas al mercado internacional. El sector de servicios redujo su aporte en relación con

años anteriores, pero sigue siendo el sector que más contribuye al crecimiento, por lo que tiene la mayor participación en la generación del Producto Interno Bruto (PIB) (53,2% en el 2006). La contribución del sector de construcción fue de

8,8%, muy por debajo de los sectores mencionados anteriormente, pero esta cifra es superior a la reportada para el período de 1996-2004.

Cuadro 1.4: Contribución al crecimiento de la economía según sectores económicos

Sector	1996-2004	2005	2006
	(%)		
PIB a precios básicos	100,0	100,0	100,0
Sector primario	7,0	6,7	14,3
Agricultura, silvicultura y pesca	6,9	6,6	14,0
Extracción de minas y canteras	0,1	0,1	0,3
Sector secundario	27,9	42,7	32,5
Industria manufacturera	27,9	42,7	32,5
Sector terciario	65,1	50,6	53,2
Construcción	2,8	-0,3	8,8
Electricidad y agua	3,7	2,5	2,4
Comercio, restaurantes y hoteles	14,5	12,5	8,8
Transporte, almacenaje y comunicaciones	24,2	23,6	18,9
Servicios financieros y seguros	7,2	4,8	6,4
Actividades inmobiliarias	3,4	2,5	2,5
Otros servicios prestados a empresas	6,3	4,1	5,5
Servicios de administración pública	0,5	0,8	0,3
Servicios comunales, sociales y personales	8,3	5,7	4,0

Fuente: Banco Central de Costa Rica, 2007

#### 1.5.4.2 Crecimiento en la economía costarricense

Para el 2006, la economía costarricense experimentó una tasa de crecimiento del PIB de 8,2%, la más alta desde 1999. Este crecimiento superó el promedio de América Latina, que fue de 5,3%. Para los años 2004 y 2005, esa tasa fue de 4,3% y de 5,9% respectivamente, mostrando así una tendencia creciente que se ha sostenido en los últimos tres años.

El fuerte crecimiento del 2006 se debe al dinamismo de la demanda externa que se caracteriza por la continuidad de un entorno internacional favorable a las exportaciones de bienes y servicios (turismo), las cuales presentaron una tasa de crecimiento de 16,7%. Sin embargo, también fue como resultado de la reactivación de la demanda interna, que creció 7,6%, siendo éste el valor más alto de los últimos siete años.

En el 2006 el repunte de la economía costarricense se explica por el comportamiento de los sectores de construcción, agricultura, industria, transporte y comunicaciones que mostraron crecimientos del PIB de 18%, 10,8%, 10,4% y 10,3% respectivamente. Las razones que explican estos resultados se asocian al comportamiento del sector exportador y a la creciente inversión del sector privado.

### 1.5.5 Desempleo

En los últimos cinco años se observa un deterioro en el sector laboral, reflejado en el aumento del desempleo abierto, el subempleo visible e invisible<sup>5</sup>

En el 2006 el aumento de los ocupados fue del 3%, 5,2 puntos porcentuales menos que el crecimiento de la economía (8,2%). Se crearon 53.025 nuevos puestos de trabajo, un incremento menor a los 123.000 empleos generados en el 2005, pero a la vez superior a los 13.000 registrados en el 2004 y, ligeramente mayor que el promedio de los últimos años (48.000).

### 1.5.6 Pobreza

La incidencia de la pobreza sigue estancada desde 1994; en el 2007 el porcentaje de hogares que no son capaces de satisfacer sus necesidades básicas se estima en 19,7%, presentando una leve mejoría a la cifra registrada en el 2006 (20,2%). Un 7,50% se encuentra en condiciones de pobreza extrema, sin poder satisfacer sus necesidades alimentarias. (INEC<sup>6</sup>)

**5 Subempleo visible:** Se refiere a las personas ocupadas que trabajan habitualmente menos de un total de 47 horas por semana en su ocupación principal y en sus otras ocupaciones (si las tiene), que desean trabajar más horas por semana y están disponibles para hacerlo, pero no lo hacen porque no consiguen más trabajo asalariado o más trabajo independiente.

**Subempleo invisible:** se refiere a las personas ocupadas que trabajan habitualmente un total de 47 horas o más por semana en su ocupación principal y en sus otras ocupaciones (si las tiene), y su ingreso primario mensual es inferior al mínimo establecido.

6 Encuesta a Hogares de Propósitos Múltiples

La pobreza en las zonas urbanas para el 2006 se situó en 18,3%, ligeramente inferior a la del 2005 (18,7%), pero siempre entre las más altas de los últimos doce años.

## 1.6 Energía

El consumo de energía eléctrica en el país ha venido creciendo (5,2% en los últimos dos años). No obstante, la capacidad instalada del Sistema Interconectado Nacional para la generación de electricidad no ha variado en la misma proporción en que lo ha hecho la demanda (un promedio de 3,9% entre 2000 y 2006). El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) generó en el 2006 un total de 2.097 megavatios (MW), de los cuales 230 fueron aportados por el sector privado.

Las fuentes de energía utilizadas en el año 2006 para la generación de electricidad fueron: 76,4% hidráulica, 14,1% geotérmica, 3,2% eólica y 6,3% térmica (Dirección Sectorial de Energía –DSE-, 2006).

El consumo energético de Costa Rica se basa en el uso de tres fuentes: los derivados del petróleo, electricidad y biomasa. En el 2000 el consumo neto total de energía por sector fue de 115.930 terajulios (TJ), de los cuales 50,5% corresponde al sector de transporte, 19,4% al sector residencial, comercial y público, el 26,2% al sector industrial y agropecuario y el 4% a otras actividades. Para el 2006, esta estructura no ha presentado una gran variación, el sector transporte absorbe en promedio un 55% del consumo energético total, seguido por los sectores industrial (20%), residencial (11%), servicios y comercial (10%) y agrícola (4%)<sup>7</sup>.

Como muchos otros países, Costa Rica ha tenido un aumento sistemático en la demanda de energía relacionada con el desarrollo económico del país, el incremento de su población, los incrementos de consumo por habitante y otros múltiples factores asociados.

7 Dirección Sectorial de Energía, 2006

A inicios del 2007, en materia de energía eléctrica el país comenzó a mostrar limitaciones en su capacidad para satisfacer la demanda. En el 2000 la demanda de electricidad fue de 1.112,8 GWh y, se estima que para el 2010 sea de 11.116 GWh (DSE, 2007). La producción de electricidad creció un 5,2% entre 2005 y 2006, con una participación importante de fuentes fósiles (diesel y búnker). Por su parte, en el mismo período las ventas (consumo) crecieron un 6,1% y el consumo por cliente un 2,8% en promedio.

La mayor parte de electricidad del país se genera a partir de fuentes limpias, y en este sentido es líder en la región centroamericana. En el 2006 el 93,6% de la electricidad se originó en este tipo de fuentes (hidráulica, geotérmica y eólica), con una participación reducida (6,3%) de plantas termoeléctricas que utilizan combustible fósil.

Se proyecta para un futuro que el 91% de la energía se desarrollen comercialmente de la siguiente manera: 75% hidroeléctrica, 10% geotérmica, 9% térmica, 5% eólica y un 0,6% a partir del bagazo de caña (DSE, 2007). Actualmente se desarrolla un proyecto de generación de energía eléctrica para el autoconsumo de las actividades industriales a partir de la cascarilla del arroz, la cual es una fuente potencial de energía debido a su poder calórico de combustión y además disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub>.

## 1.7 Transporte

Según la Dirección Sectorial de Energía (DSE), del 2000 al 2006 se pasó de un vehículo por cada seis habitantes a uno por cada cuatro.

Del consumo de combustibles, las gasolinas y el diesel representaron el 75,3% (RECOPE, 2006); el 98% se usó en el transporte vehicular (85% en vehículos privados, 5% en transporte público, 6% en transporte de carga liviana y pesada, y el 4% restante en otros tipos) (DSE, 2005). Por su parte, el parque vehicular a gasolina contabi-

lizó 859.985 unidades (DSE, 2006), un 7% más que el año anterior. Otros combustibles tienen una participación menor en el consumo; entre ellos, el GLP registró un crecimiento de 2,2% con respecto al año 2005.

## 1.8 Industria y construcción

El sector industrial costarricense presentó en los últimos cinco años un importante dinamismo creciendo a una tasa promedio anual del 8,1%. Dicho crecimiento le ha permitido consolidarse como el principal sector en el aporte al PIB con una participación que en los dos últimos años ronda el 24% (Cámara de Industrias de Costa Rica, 2008).

Durante las dos últimas décadas, se ha dado una transformación significativa en el tipo y origen de la producción industrial costarricense, siendo la producción de empresas de alta tecnología las que han presentado el mayor dinamismo.

Para el año 2007, el 78% de las exportaciones costarricenses corresponde al sector industrial. Este hecho es explicado fundamentalmente por el crecimiento en subsectores tales como el alimentario (33,0%), metalmecánico (27,0%), papel y cartón (19,5%) y eléctrica y electrónica (18,9%), los cuales contrarrestaron la caída en subsectores tales como textiles, cuero y calzado y el sector de joyería; únicos que presentaron tasas de crecimiento negativas dentro del sector industrial (PROCOMER, 2007).

## 1.9 Desechos sólidos

El modelo de manejo de desechos sólidos no ha variado desde los años setenta. El 64% de los gobiernos locales dispone de éstos en botaderos a cielo abierto y en vertederos con y sin control. Para el 2005, el manejo de los desechos emitió 665 700 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

La provincia de San José tiene el mayor índice de generación de residuos domésticos por habitante (0,95 kg/persona/día) y la provincia de Limón el menor (0,65 kg/persona/día), sin embargo, en esta última solo se recolecta el 67% de los residuos sólidos. Del total nacional de desechos no recolectados, la provincia de San José aporta el 40% (122.219 toneladas métricas) y, las provincias de Alajuela el 17%, Guanacaste el 13% y Heredia apenas el 2%.

Costa Rica recibe cooperación internacional de los gobiernos de Alemania, España, Holanda y Japón, así como de la Unión Europea, la OPS y Repamar, centrada en asistencia técnica, capacitación, educación ambiental e infraestructura. Además, el sector académico participa en proyectos de recuperación de materiales aprovechables, de educación ambiental y gestión municipal. A esto se suma la labor de al menos diez ONG en programas de recuperación de materiales y proyectos de reciclaje en veintinueve empresas dedicadas al reciclaje nacional y de materiales para exportación.

Durante el 2007 se realizó un importante esfuerzo nacional para elaborar el Diagnóstico y definición de áreas prioritarias hacia un Plan de Residuos Sólidos. El esfuerzo derivó en el 2008 en un Plan de Acción para el Manejo de los Residuos Sólidos.

## 1.10 Turismo

El turismo es una de las actividades productivas más importantes para Costa Rica, y tiene un gran potencial para seguir contribuyendo con el crecimiento del país y el bienestar de los costarricenses. En el año 2002, el país recibió más de un millón de turistas (1.113.359), provenientes en su mayoría de los Estados Unidos (el 38%), Centroamérica (el 29%) y Europa (el 14%). En ese mismo año, esta actividad le generó a Costa Rica cerca de US \$1.100 millones y representó el 20.5% del valor total de las exportaciones,

superando las exportaciones de micro estructuras electrónicas (US \$899 millones), café (US \$165 millones) y banano (US \$478 millones). Esto ubica al turismo como la principal actividad generadora de divisas del país.

En un estudio reciente de la Organización Mundial de Turismo, se ilustran dos casos de la demanda para el turismo masivo que está relativamente estancada (según la Organización Mundial de Turismo, tasas de crecimiento anuales menores al 4%), y las utilidades de las empresas de ese segmento se están reduciendo. Por el contrario, la demanda para turismo con orientación ambiental y cultural está creciendo entre un 20% y un 30% al año. Destaca el hecho que Costa Rica (y el resto de la región), mantuvo un nivel estable en la llegada de turistas en los últimos años, pese a la amenaza del terrorismo, los efectos de los conflictos armados, y la recesión económica mundial. Esto es una fortaleza producto de un mayor énfasis en la promoción del turismo “alternativo” al de masas, enfocando la naturaleza y la conservación como sus ejes.

El “turismo sostenible” y el “turismo responsable” están surgiendo como los paradigmas dominantes para el turismo de alto valor agregado y Costa Rica se beneficia de estas tendencias por su posicionamiento internacional como un destino ecoturístico y seguro.

Como esfuerzos nacionales en el ámbito turístico que pretenden asegurar un futuro exitoso del sector y su contribución al desarrollo del país, se tienen la implementación del Plan Nacional de Desarrollo Turístico y, la creación de un Certificado para la Sostenibilidad Turística (CST) creado por el Instituto Costarricense de Turismo con la participación de empresarios del sector turístico, del sector académico, de la sociedad civil y del sector público. El programa consiste en otorgar una certificación a las empresas turísticas de acuerdo con el grado en que su operación se aproxime a un modelo de sostenibilidad

óptimo. Así, se evalúa exhaustivamente la interrelación de la empresa con el medio ambiente y el uso de los recursos naturales, su interacción con las comunidades locales, y la existencia de una relación costo/beneficio positiva para el empresario.

## 1.11 Agricultura

Cuadro 1.5: Área de cultivo de los principales productos por hectárea, 2000 y 2006

Cultivo	Hectáreas	
	2000	2006
Café	106.000	99.000
Palma africana	39.790	52.625
Arroz	68.357	48.386
Caña de azúcar	47.200	48.360
Banano	47.982	42.700
Piña	12.500	38.500
Naranja	25.300	23.000
Yuca	5.798	15.659
Frijol	30.827	14.035

Fuente: SEPSA, 2007

En el período 2000-2006 se incrementó el área de dos cultivos: palma africana y piña. Esta última muestra una gran expansión: en el 2006 creció un 43,5% y un 208% en relación con el 2000. La palma africana ha experimentado un aumento, aunque menor, de un 32,2% del área de cultivo en el período 2000-2006, para una tasa anual promedio de 4,8%.

En cambio, hubo una disminución en las áreas totales de café (12,7% menos que en 2004), arroz (19,3% menos que en 2004) y banano

En el 2006, el 11% del territorio nacional se dedicó a actividades agropecuarias, siendo el café el cultivo dominante, seguido por la palma africana, el arroz, la caña de azúcar, el banano y la piña.

## 1.12 Bosques

Para el 2005 la cobertura forestal alcanzó un 48% del territorio, sin contar manglares, páramos y plantaciones forestales. “De toda la cobertura forestal existente apenas un 45%

(1.118.995 ha) está bajo algún grado protección, mientras que un 55% (1.327.122 ha) está fuera de las distintas unidades de protección. También se debe señalar que de la cobertura forestal fuera de áreas protegidas un total de 451.500 ha han estado bajo conservación con el Pago de Servicios Ambientales en el periodo 1997-2005, lo cual equivale a 18,4% de la cobertura forestal nacional al 2005, o al 34% de la cobertura fuera de las área protegidas. Durante el periodo 2000-2005 la cobertura forestal aumentó en 169.900 ha como resultado de pro-

cesos de recuperación, mientras que la pérdida de cobertura fue de 23.600 ha. Esto equivale a una tasa anual de recuperación del territorio nacional de 0,66% y una tasa anual de pérdida del territorio del 0,09%.<sup>8</sup>.

Costa Rica ha logrado grandes avances en la política forestal, especialmente en el pago por servicios ambientales (PSA), la cual ha contribuido a la conservación de bosques primarios y secundarios. (Sánchez et al., 2006).

<sup>8</sup> Fondo Nacional de Financiamiento Forestal; EOSL-Universidad de Alberta, 2007. Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005. San José de Costa Rica.

## CAPÍTULO 2

### Inventario Nacional de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero

La segunda Comunicación Nacional presenta la evaluación de los inventarios de emisiones por fuentes y absorción por sumideros de gases de efecto invernadero para los años 2000 y 2005.

La metodología utilizada es la siguiente:

- Directrices Revisadas del IPCC para Inventarios de Gases de Efecto Invernadero.
- Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.
- Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas en el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y bosque.

Los siguientes gases han sido evaluados: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC), dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), halocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

Acorde a la metodología del IPCC, el inventario se divide en cinco sectores: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Cambio de Uso de la tierra y bosque y Manejo de desechos.

En estos inventarios no se llevó a cabo un plan para la gestión de calidad pero se realizaron procedimientos de documentación de datos, las fuentes de los mismos están en archivo, se realizó una verificación de que los valores contenidos en las hojas de cálculo coincidieran con los valores reportados en el informe, al igual que en los cuadros del mismo.

Se realizaron mejoras en los factores de emisión especialmente en el sector agrícola que incluyó un estudio de emisión de metano en la producción de arroz inundado, emisión de óxido nitroso en la producción de cinco cultivos: cebolla, café, banano, caña de azúcar, papa y en cuatro diferentes tipos de pastos.

No obstante, es necesario realizar un plan de gestión y control de calidad para asegurar que en los próximos inventarios todas las estimaciones estén debidamente revisadas y por ende, haya menor posibilidad de datos erróneos.

El procedimiento de gestión y control de calidad no cuenta con un protocolo, pero los datos se documentan tanto en formato impreso como electrónico y son guardados en un archivo en el Instituto Meteorológico Nacional.

Se realiza una verificación de los valores totales que se obtienen en las hojas de cálculo y los presentados en el texto del inventario así como en los cuadros del mismo.

El análisis de tendencias ha servido para determinar incongruencias en las estimaciones, que lleven a un estudio de posibles errores o bien, actividades con un patrón de uso variable.

No existe aún un proceso de verificación oficial en el sistema de inventarios. En algunos sectores se valida la información obtenida con los expertos del sector, tal es el caso del sector forestal. En el sector energético se realiza un control cruzado con los valores de emisiones obtenidos por la Dirección Sectorial de Energía en sus Balances Energéticos.

Se guardan datos en formato escrito y en formato electrónico de todos los inventarios realizados hasta la fecha.

## 2.1 Categorías principales

El Concepto de “Categoría Principal de Fuente” fue creado por el PICC como una herramienta para ayudar a los países a asignar recursos para mejorar los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Las categorías principales de fuente constituyen la mayor contribución de emisiones nacionales. También pueden ser las que con el tiempo tengan una gran influencia en las tendencias de emisiones.<sup>9</sup>

Para mejorar el inventario nacional de gases de efecto invernadero podría ser necesario considerar metodologías más exactas, elaborar factores de emisión específicos del país o recolectar datos de actividad más detallados. Todas estas actividades requerirían de recursos adicionales y no es posible hacer mejoras para cada una de las categorías de fuente. Por lo tanto, Costa Rica ha identificado las categorías de fuente comprendidas en el cuadro 2.1 como las que contribuyen de manera más importante a las emisiones nacionales.

Cuadro 2.1: Fuentes Principales para Costa Rica

Categoría de Fuente
Combustión móvil: transporte terrestre
Emisiones de fermentación entérica en ganadería
Emisiones de suelos agrícolas
Emisiones de la disposición de desechos sólidos
Industrias de manufactura y construcción
Emisiones de combustión estacionaria
Emisiones de la producción de cemento
Otros sectores: Agricultura/Bosque/pesca
Emisiones de la producción de arroz
Emisiones de la producción de ácido nítrico

Fuente: IMN, 2008

<sup>9</sup> *La Orientación para Buenas Prácticas* del PICC (IPCC 2000) define una categoría principal de fuente como “[categoría principal] que tiene prioridad dentro del sistema nacional de Inventario debido a que su estimación constituye una influencia importante en el inventario total de un país por la generación directa de gas de efecto invernadero en términos de nivel absoluto de emisiones, tendencia de las emisiones, o ambos.” Ver Capítulo 7 “Selección y Metodología de Nuevos Cálculos” en IPCC (2000).

Una parte integral para identificar prioridades es la evaluación de los métodos y datos utilizados para estimar las emisiones en estas categorías principales de fuente. Éstas se identificaron mediante un Análisis de Categorías Principales de Fuente tal y como se establece en el capítulo 7 de la Orientación del IPCC sobre las Buenas Prácticas y además utilizando el software facilitado por USEPA. Se realizó una evaluación de niveles, con lo cual se identificaron las principales

fuentes que comprenden el 95% del total de emisiones en el país.

## 2.2 Emisiones de gases de efecto invernadero

Los resultados obtenidos para el inventario del año 2000 fueron los siguientes:

Cuadro 2.2: Emisiones totales de gases de efecto invernadero Año 2000

Sector	Emisiones totales (Gg)								Total CO <sub>2</sub> equiv
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>	
Energía	4.717,2	1,7	0,17	NA	165,8	21,5	27,6	3,8	4805,6
Procesos industriales	387,5	NA	NA	0,043	NA	NA	24,4	0,22	449,8
Agricultura	NA	99,59	8,12	NA	1,41	0,029	NA	NA	4608,6
Cambio de Uso de la tierra	-3262,2	4,4	0,03	NA	17,2	0,5	NA	NA	-3160,5
Manejo de desechos	NA	58,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1236,9
Total	1842,5	164,6	8,3	0,043	184,4	22,0	52,0	4,0	-----
Total CO <sub>2</sub> equivalente	1842,5	3456,4	2.573	62,3	ND	ND	ND	ND	7940,48

Fuente: IMN, 2008

Cuadro 2.3: Emisiones totales de gases de efecto invernadero Año 2005

Sector	Emisiones totales (Gg)								
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	HFC	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>	Total CO <sub>2</sub> equiv
Energía	5.492,7	4,9	0,3	NA	246,4	25,1	37,6	4,5	5.688,6
Procesos industriales	496,6	NA	NA	0,121	NA	NA	31,4	0,38	672,5
Agricultura	NA	100,4	8,05	NA	1,07	0,025	NA	NA	4.603,9
Cambio de Uso de la tierra	-3.667,7	6,93	0,05	NA	60,6	1,72	NA	NA	-3.506,7
Manejo de desechos	NA	62,9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1.320,9
Total	2.321,6	112,2	8,4	0,121	308,1	26,8	69	4,9	
Total CO <sub>2</sub> equivalente	2.321,6	2356,8	2604	175,9	ND	ND	ND	ND	8.779,2

Fuente: IMN, 2008

## 2.3 Energía

Esta categoría cubre todas las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por la combustión o fuga de combustibles.

El sector energético se subdivide de la siguiente forma:

- Actividades de combustión de combustible
- Emisiones fugitivas provenientes de la extracción y manipulación de combustibles

### Actividades de combustión de combustible

- Generación de electricidad
- Industria manufacturera y de la construcción
- Residencial

- Comercial, Público y servicios
- Agropecuario
- Consumo propio (Refinación de petróleo)
- Transporte
  - Terrestre
  - Ferroviario
  - Marítimo
  - Aéreo

Emisiones fugitivas provenientes de la extracción y manipulación de combustibles y minería de carbón en las que se incluye:

- Transporte
- Refinación
- Almacenamiento

En el caso específico de Costa Rica, no existe minería de carbón.

Los resultados obtenidos en el año 2000 se presentan en el cuadro 2.4. En él se visualizan las emisiones por sector para cada uno de los gases estimados, de donde se desprende que tanto el sector transporte como el sector industrial son los mayores contribuyentes.

Para el año 2005, las emisiones por sector para cada uno de los gases estimados se presentan en el cuadro 2.5, encontrándose un patrón similar en la distribución de las emisiones pero con un aumento del 15 % en el total.

Cuadro 2.4: Emisiones de gases por sector para el año 2000

Sector	Gas Gg						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>
Generación térmica	59,3	0,01	0	0,26	0,18	0,02	0,05
Residencial	135,6	0,71	0,01	12,2	0,45	1,4	0,07
Comercial	177,2	0,02	0,001	0,08	0,25	0,01	0,09
Industria	847,4	0,26	0,04	29,7	1,87	0,43	0,92
Transporte	3.103,0	0,62	0,12	123,4	18,2	25,7	2,44
Agropecuario	394,6	0,05	0,003	0,11	0,54	0,03	0,21
Consumo propio	0,07	0	0	0	0	0	0
Emisiones fugitivas	NE	0,003	NE	NE	NE	0	NE
Total	4.717,2	1,7	0,17	165,8	21,5	27,6	3,8

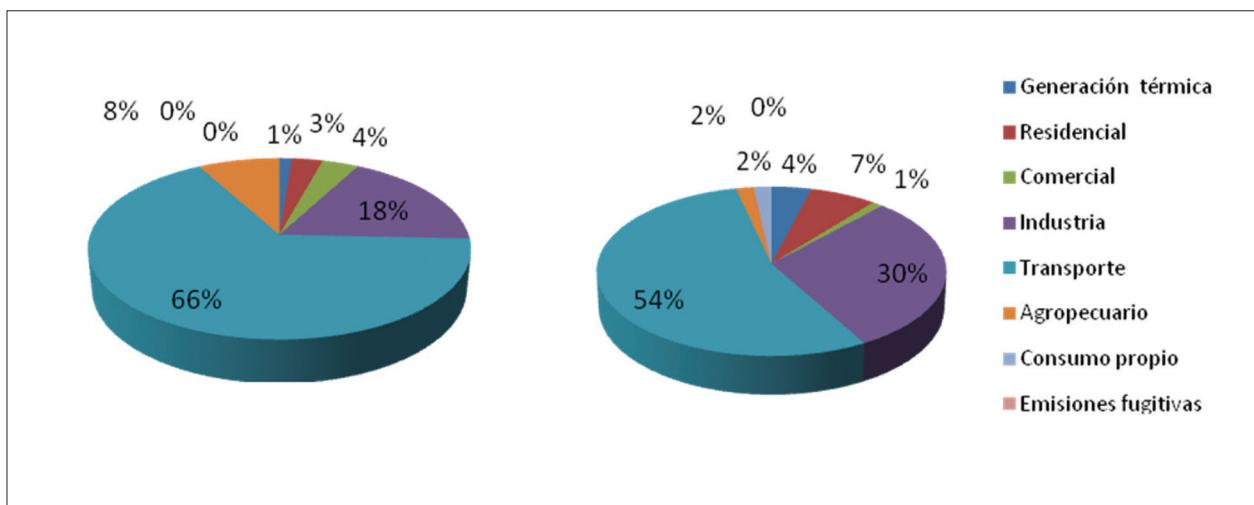
Fuente: IMN, 2008

Cuadro 2.5: Emisiones de gases por sector para el año 2005

Sector	Gas Gg						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	NMVOC	SO <sub>2</sub>
Generación térmica	233,5	0,02	0	0,5	0,67	0,04	0,18
Residencial	121,2	3,6	0,05	59,6	1,4	7,1	0,3
Comercial	134,2	0,02	0,0008	0,04	0,2	0,01	0,05
Industria	978,9	0,45	0,06	48,8	2,6	0,76	1,34
Transporte	3.812,1	0,8	0,2	137,5	20,0	29,7	2,44
Agropecuario	155,3	0,02	0,001	0,04	0,2	0,01	0,08
Consumo propio	57,3	0	0	0,02	0,08	0	0,08
Emisiones fugitivas	0	0,04	0	0	0	0	0
Total	5.492,7	4,9	0,3	246,4	25,1	37,6	4,5

Fuente: IMN, 2008

La figura 2.1 muestra la distribución porcentual de las emisiones del sector energético en el año 2000 y 2005.



## 2.4 Procesos Industriales

Existen diferentes tipos de gases de efecto invernadero que son generados por las actividades industriales como emisiones de sus procesos. Las directrices del IPCC establecen las principales categorías de fuentes de emisiones, dentro de las cuales se encuentran principalmente; la producción de cemento, la producción de cal, la industria siderúrgica, la producción de ácido adipíco y ácido nítrico, la producción de aluminio, la producción de magnesio, la utilización de hexafloruro de azufre ( $SF_6$ ), perfluorocarbonos y hidrofluorocarbonos. Adicionalmente existen otras fuentes no principales,

como la fabricación de alimentos que incluyen bebidas alcohólicas, la elaboración de carnes, azúcar y pan, entre otros.

Muchos de estos procesos no se realizan en el país en especial aquellos relacionados con la fabricación de productos químicos y la industria de metales, no obstante, actividades como la industria cementera contribuyen fuertemente en la formación de estos gases.

En el cuadro 2.6 se presentan las emisiones totales en los Procesos Industriales para los años 2000 y 2005.

Cuadro 2.6: Emisiones totales por procesos industriales en los años 2000 y 2005

Actividad	Gas							
	CO <sub>2</sub> (Gg)		SO <sub>2</sub> (Gg)		NMVOC (Gg)		HFC (Gg)	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Producción de cemento	387,5	496,6	0,22	0,38	NA	NA	NA	NA
Producción de cal	0,004	0,004	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Pavimentación asfáltica	NA	NA	NA	NA	20,2	26,8	NA	NA
Producción de vidrio	NA	NA	NA	NA	0,51	0,59	NA	NA
Producción de alcohol	NA	NA	NA	NA	0	0,015	NA	NA
Procesamiento de carne, pescado y aves	NA	NA	NA	NA	0,07	0,07	NA	NA
Producción de azúcar	NA	NA	NA	NA	3,6	3,9	NA	NA
Tostado de café	NA	NA	NA	NA	0,01	0,01	NA	NA
Importación de HFC	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,043	0,121
<b>Totales</b>	<b>387,5</b>	<b>496,6</b>	<b>0,22</b>	<b>0,38</b>	<b>24,4</b>	<b>31,4</b>	<b>0,043</b>	<b>0,121</b>

Fuente: IMN, 2008

## 2.5 Agricultura

En el sector agropecuario las emisiones de gases de efecto invernadero se producen en los siguientes campos:

- Ganado doméstico: fermentación entérica y manejo de estiércol
- Cultivo de arroz: arrozales anegados.
- Quema de pasturas
- Quema en el campo de residuos agrícolas
- Suelos agrícolas

Para el cálculo de las emisiones de  $\text{CH}_4$  en arroz y  $\text{N}_2\text{O}$  en los suelos agrícolas, se utilizaron los factores de emisión que fueron obtenidos en un estudio de campo en el país, que se realizó en 1998.

Durante el año 2000 el metano fue mayoritariamente generado por el hato bovino (86%) y en

menor grado por el arroz anegado (14%). Valores mínimos fueron determinados en la quema de residuos agrícolas y en la quema de pasturas. Valores similares fueron estimados para el 2005, los cuales tuvieron una distribución de 89% para el hato bovino, 11% para el arroz anegado, mínimos para la quema de residuos agrícolas y en la quema de pasturas.

El  $\text{N}_2\text{O}$  en su gran mayoría durante el año 2000 se emitió en los suelos dedicados a cultivos agrícolas y pasturas, siendo estos últimos los responsables de la mayor proporción de la emisión. La quema de los residuos agrícolas en el campo y la quema de pasturas generaron una cantidad mínima de este gas.

Durante el 2005 la proporción generada de este gas fue muy similar entre estas fuentes.

En el cuadro 2.7 se presentan los valores totales de las emisiones de gases en el sector agropecuario.

Cuadro 2.7: Emisión de gases de efecto invernadero en el sector agropecuario durante los años 2000 y 2005

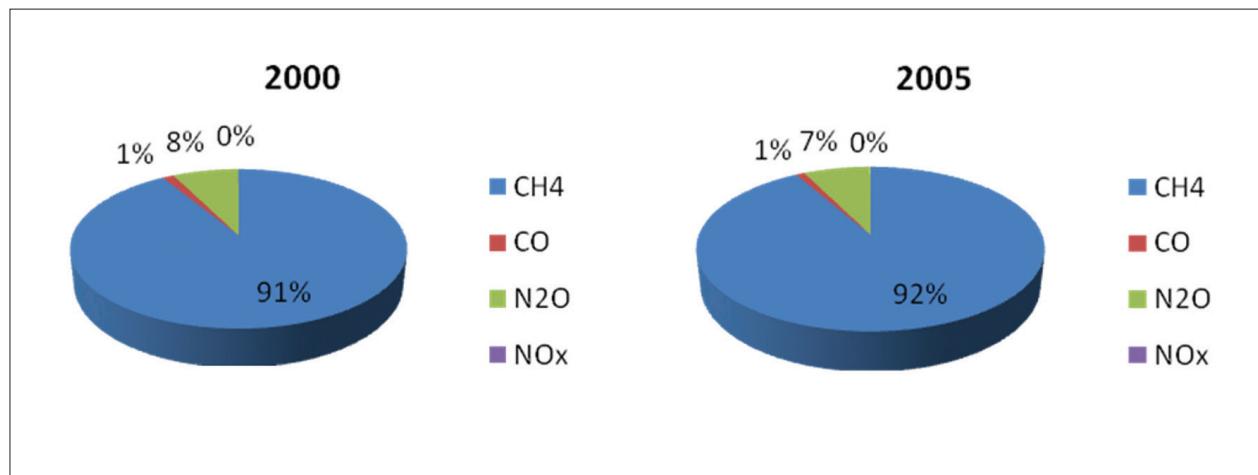
Actividad	Gas emitido Gg							
	CH4		CO		$\text{N}_2\text{O}$		NOx	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Fermentación entérica	85,1	88,7	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Manejo de estiércol	0,2	0,4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Cultivo de arroz	14,2	11,2	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Quema de pasturas	0,051	0,027	0,769	0,410	0,0005	0,0003	0,009	0,005
Quema de residuos agrícolas	0,043	0,044	0,647	0,658	0,0001	0,0001	0,02	0,02
Suelos agrícolas	NA	NA	NA	NA	8,1	8,05	NA	NA
Total	99,6	100,4	1,4	1,1	8,1	8,1	0,029	0,025

Fuente: IMN, 2008

En la figura 2.2 se presenta la distribución de las emisiones en el sector agropecuario por tipo de gas durante el 2000 y el 2005. Como puede observarse, el metano ( $\text{CH}_4$ ) constituye más del

90% de los GEI emitidos, mientras que el óxido nitroso representó valores arriba del 7%. Los otros gases representan el 3% restante.

Figura 2.2 Distribución de las emisiones de gases en el sector agropecuario durante los años 2000 y 2005



## 2.6 Cambio de uso de la tierra y silvicultura

La actualización del inventario nacional de fuentes y sumideros de GEI de Costa Rica permite estimar las cantidades emitidas, fijadas y almacenadas por las diferentes prácticas de manejo en el uso de la tierra y forestal, que se desarrollan en el país.

Las fuentes de información utilizadas en el presente inventario comprendieron las estadísticas forestales del gobierno, los mapas de cobertura de la tierra y datos sobre biomasa almacenada y fijada por tipo de bosque, principalmente.

Para esta actualización se estimaron las cantidades emitidas, fijadas y almacenadas de dióxi-

do de carbono producidas por tres prácticas de manejo y las emisiones de otros gases distintos de  $\text{CO}_2$ , resultado de las actividades antropogénicas:

- Cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa.
- Conversión de bosques y praderas.
- Crecimiento de tierras abandonadas.
- Emisiones de otros gases distintos de  $\text{CO}_2$  por tala del bosque.

En el cuadro 2.8 se pueden observar los valores determinados para las emisiones o absorción de  $\text{CO}_2$  por las diferentes actividades forestales.

Cuadro 2.8: Absorción y emisión total de gases de efecto invernadero para los años 2000 y 2005 en el sector Cambio de Uso de la tierra y silvicultura

Sector	Area (kHa)		Emisión o absorción de GEI (Gg)									
			CO <sub>2</sub>		CH <sub>4</sub>		N <sub>2</sub> O		CO		NOx	
	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005	2000	2005
Cambios de biomasa en bosque y otros tipos de vegetación	115,2	123,9	-1.823,0	-1.606,9	----	----	----	----	----	----	----	----
Conversión de bosques	3,03	4,8	1.055,6	1.671,5	----	----	----	----	----	----	----	----
Crecimiento en tierras abandonadas	252,0	377,0	-2.494,8	-3.732,3	----	----	----	----	----	----	----	----
Otros gases emitidos	NA	NA	----	----	4,4	6,9	0,03	0,05	38,3	60,6	1,1	1,7
Total	----	-----	-3.262,1	-3.667,7	4,4	6,9	0,03	0,05	38,3	60,6	1,1	1,7

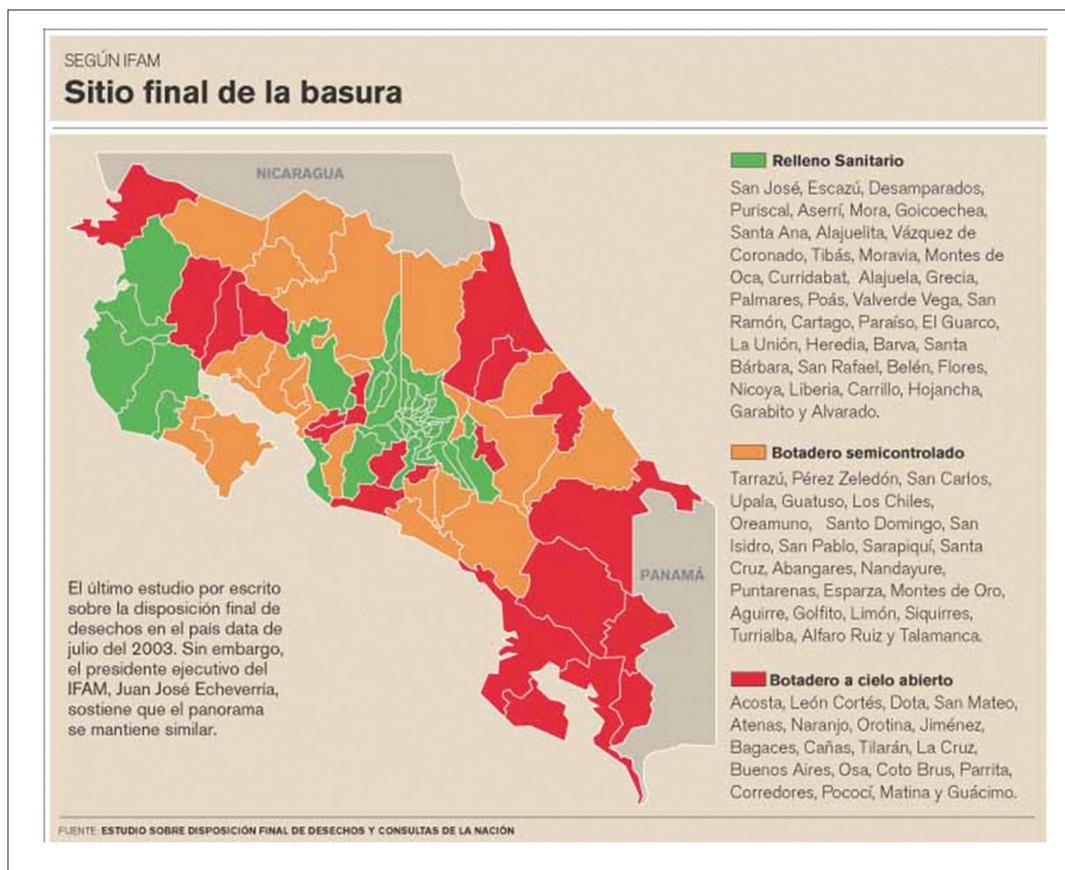
## 2.7 Manejo de desechos

En esta sección se analizan las emisiones de metano derivadas del manejo de los desechos sólidos en rellenos sanitarios así como las aguas residuales industriales y municipales para los años 2000 y 2005.

El país cuenta en la actualidad con cuatro rellenos sanitarios: Río Azul (con cierre técnico actualmente), Los Mangos, Los Pinos y La Carpio, estos últimos iniciaron operaciones en el año 2000 por lo que no tuvieron aporte en ese año. En todos los rellenos se realiza un manejo controlado, o sea que cumplen con las caracte-

rísticas de cobertura y profundidad aptas para la generación de gas natural. Dada la falta de conocimiento sobre la cantidad y condiciones de los sitios de disposición final de desechos sólidos no controlados, no se tiene la información necesaria y confiable para incluirlos en el inventario. En el siguiente mapa, se muestra los sitios de disposición final de los desechos sólidos en el país. En el mismo se señalan cuales municipalidades del país disponen sus desechos sólidos en rellenos sanitarios, botaderos semicontrolados y botaderos a cielo abierto. La información proviene del último estudio realizado por el IFAM en el año 2003.

Figura 2.3 Disposición final de la basura en Costa Rica



Fuente: La Nación, sábado 1 de abril 2006

En el país actualmente la recuperación se da solamente en el Relleno Sanitario de Río Azul, que cuenta con un sistema de recolección del metano, el cual es utilizado en una planta de generación eléctrica, sin embargo la operación de la misma comenzó en el año 2004 por lo que se considera que durante el año 2000 no se recuperó metano en ninguno de los sitios de disposición considerados.

La generación de metano calculada para el año 2000 es de 29,7 Gg/año utilizando el método por defecto. Con respecto al año 2005, la generación de metano es de 31,7 Gg/año utilizando el método por defecto.

Con respecto a las aguas residuales es variable dentro del mismo país. Muchas industrias descargan sus aguas residuales directamente a cuerpos de agua naturales, algunas de ellas poseen sistemas de tratamiento y otras no lo tienen. En el caso de las aguas residuales domésticas, el caso es similar, algunos domicilios, residenciales y similares colectan las aguas sanitarias por medio del alcantarillado sanitario, mientras otras descargan directamente a cuerpos de agua. El hecho de descarga las aguas residuales domésticas a alcantarillados no implica que se les efectúe un adecuado tratamiento, pues la mayoría de los casos esta agua se descarga a cuerpos de agua directamente, sin tratamiento alguno.

En Costa Rica, uno de los casos más comunes de disposición de las aguas residuales domésticas son los tanques sépticos.

No se analiza el aporte de producción de metano debido a los lodos provenientes de sistemas de tratamiento de aguas residuales, debido a la carencia de datos para realizar esta cuantificación.

Del total de población censada en el año 2000, tan solo un 22% posee acceso a alcantarillado sanitario. Asimismo, tan solo un 2,4% de la po-

blación posee acceso a un alcantarillado sanitario, seguido de un sistema de tratamiento de aguas residuales en operación.

El resto de la población no cuenta con alcantarillados, y descargan sus aguas residuales domésticas en tanques sépticos (67%), pozos negros o letrinas (9%) u otro tipo de sistema.

En el caso de las aguas residuales domésticas, se recopiló la información necesaria referente al censo poblacional, así como la información sobre los tratamientos aplicados a las aguas domésticas en el país. Esta información se segregó para determinar la cantidad de aguas domésticas tratadas de manera anaeróbica o que se degrada de manera anaeróbica. De esta manera se determinó que el aporte de estas aguas corresponden a una tasa de generación de metano de 22,3 Gg CH<sub>4</sub>/año en el año 2000 y de 24,9 Gg CH<sub>4</sub>/año en el año 2005, utilizando valores por defecto en su cálculo.

Para el estimado de la producción de metano aportado por aguas residuales industriales, se contempla únicamente las industrias que poseen sistemas de tratamiento de aguas residuales con alguna unidad anaeróbica y que a su vez disponen sus aguas tratadas a la cuenca del Río Grande de Tárcoles. Una vez calculado el metano generado en dichas industrias, se estima que las mismas representan el 5% de las industrias presentes en dicha cuenca (debido al incumpliendo anteriormente señalado), y a su vez se estima que en la cuenca se encuentra el 80% de las industrias nacionales.

Usando como criterio que los sectores industriales con mayor potencial de producción de metano, son aquellos cuyas aguas residuales poseen altos contenidos de materia orgánica degradable y que a la vez son tratados en sistemas anaeróbicos, Doorn y Eklund (IPCC 2000), analizando el caso de Costa Rica, se llega a la conclusión que a los sectores que deben analizarse sus aguas residuales son:

- Beneficios de café
- Ingenios Azucareros
- Mataderos
- Producción de Almidón
- Producción de aceite vegetal
- Frutas y Vegetales
- Granjas Porcinas
- Ganado Intensivo

Esto debido a que:

- Empresas manufactureras de papel, empresas productoras de cerveza, refinadora de petróleo: emplean sistemas totalmente aeróbicos para tratar sus aguas residuales
- No se generan vinazas ni aguas residuales asociadas en la producción de alcohol, pues este lo producen algunos ingenios azucareros.
- En el país no se producen hules, ni químicos orgánicos.

- La mayoría de las industrias de producción de tela, emplean sistemas aeróbicos en el tratamiento de sus aguas residuales.
- El aporte total del sector de granjas porcinas y ganado intensivo, se encuentra contemplado en el aporte del sector agrícola a los gases de efecto de invernadero, por lo que no se consideran en este apartado.

El aporte de las aguas residuales industriales para el año 2000 es de 6,8 Gg de metano mientras para el año 2005 es de 6,3 Gg de metano.

Este valor no contempla el aporte de los lodos, aguas residuales industriales que no se encuentren canalizadas a sistemas de tratamiento, aguas residuales que descarguen a alcantarillado sanitario ni tampoco contempla la recuperación debida al empleo de biodigestores.

Los resultados totales para los años 2000 y 2005 se presentan a continuación:

Cuadro 2.9: Emisiones de metano por manejo de desechos para los años 2000 y 2005

Subsector	Emisiones de metano (Gg)	
	2000	2005
Rellenos sanitarios	29,7	31,7
Aguas residuales	29,2	31,2
Total	58,9	62,9

Fuente: IMN, 2008

## 2.8 Potenciales de calentamiento global

Con el fin de determinar las emisiones relativas de los gases se expresan las emisiones de los gases de efecto invernadero en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. Los resultados se determina-

ron para un horizonte de 100 años con valores equivalentes de CO<sub>2</sub> para metano de 21, para óxido nitroso de 310, para R-134a de 1300 y R-404a de 3260, anotados en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.10: Emisiones de gases de efecto invernadero como CO<sub>2</sub> equivalente para los años 2000 y 2005

Fuente de emisión	Emisiones de CO <sub>2</sub> equivalente (Gg)	
	Año 2000	Año 2005
Energía	4.805,6	5.688,6
Procesos industriales	449,8	672,5
Agricultura	4.608,6	4.603,9
Cambio de uso de la tierra y silvicultura	-3.160,5	-3.506,7
Desechos	1.236,9	1.320,9
Total	7.940,5	8.779,2

Fuente: IMN, 2008

# CAPÍTULO 3

## Políticas, medidas adoptadas y propuestas para aplicar la Convención

### 3.1 Nivel Centroamericano

La definición de políticas y medidas de adaptación al clima actual se sustenta en el marco de las políticas internacionales que han suscrito los países de la región. Este espacio de concertación trabaja en función de favorecer, impulsar y crear capacidades para adaptarse al clima actual a nivel regional y a nivel de país considerando que la capacidad de adaptación de Centroamérica depende en gran medida de la efectividad y agilidad con que actúen las organizaciones regionales.

El país participa de manera permanente de las gestiones establecidas por organizaciones, convenios, estrategias y otros, como parte del marco político regional para la adaptabilidad al clima actual y mitigación del cambio climático. Entre estas las siguientes: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD); Consejo Centroamericano sobre Cambio Climático (CCCC); Plan Centroamericano para el Manejo Integrado y la Conservación de los Recursos del Agua (PACADIRH); Convenio Regional sobre Cambio Climático (CRCC); Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH); Estrategia Forestal Centroamericana (EFCA); Convenio Regional para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales (Convenio Regional Forestal); Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y Protección de áreas Silvestres Prioritarias en América Central; Plan Ambiental de la Región Centroamericana (PARCA), la Estrategia Regional de Cambio Climático, la Estrategia Regional Agroambiental y de Salud (ERAS).

#### 3.1.1 Lineamientos de la Estrategia Regional de Cambio Climático

Como producto de un esfuerzo iniciado en junio del 2007, los lineamientos de la ERCC fueron aprobados durante la III Reunión Intersectorial de los Consejos de Ministros de Agricultura, de Ambiente y de Salud en abril del 2008.

La Estrategia Regional de Cambio Climático es un instrumento armonizado de política que le permitirá a la CCAD avanzar en el desarrollo de acciones que mejoren la calidad de vida de la población centroamericana. Asimismo, representa la posición que los países del SICA llevarán a la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

La Estrategia Regional considera las siguientes áreas programáticas: Vulnerabilidad y adaptación; mitigación; desarrollo institucional y de capacidades; educación concienciación y sensibilización pública así como la gestión internacional. Actualmente se elabora el plan de acción correspondiente.

#### 3.1.2 Estrategia Regional Agroambiental y de Salud (ERAS)<sup>10</sup>

La ERAS es una iniciativa regional, consensuada y liderada por los consejos de ministros de agricultura, ambiente y salud (CAC, CCAD y COMISCA) pertenecientes a los subsectores econó-

<sup>10</sup> ESTRATEGIA REGIONAL AGROAMBIENTAL Y DE SALUD de Centroamérica 2009-2024. Centroamérica, mayo del 2008. SICA, COMISCA, CCAD, CAC.

mico, ambiental y social del Sistema de la Integración Centroamericana en forma respectiva.

La ERAS se sustenta en cinco ejes estratégicos interrelacionados: Manejo Sostenible de Tierras, Cambio Climático y Variabilidad Climática, Biodiversidad, Negocios Agroambientales, Espacios y Estilos de Vida Saludable el cual propone retomar, armonizar, fortalecer y dar seguimiento a políticas e instrumentos afines existentes y en proceso de formulación.

El planteamiento de una Estrategia Regional Agroambiental y de Salud se fundamenta en tres aspectos claves: en una visión de desarrollo humano sostenible; en las capacidades, ofertas, y restricciones del territorio y su gente; y en un enfoque intersectorial y de sinergia entre agricultura, salud y ambiente.

ERAS visiona a la región como un modelo que hace uso óptimo del espacio económico, propiciando el manejo equitativo y sostenible de los ecosistemas terrestres y acuáticos, transformando los procesos socioeconómicos en el territorio, con esquemas de producción agroambiental competitivos y sostenibles que aporten a la salud, seguridad alimentaria y nutricional, contribuyendo a la reducción de la pobreza, en beneficio de la calidad de vida de la población. Para ello plantea como Misión “Constituirse en la plataforma regional de coordinación y planificación entre los actores públicos y privados de agricultura, ambiente y salud que propicie la armonización de políticas y la elaboración e implementación de agendas compartidas que permiten priorizar y catalizar acciones estratégicas de desarrollo agrícola, salud y conservación, con un enfoque intersectorial”.

El abordaje regional de la variabilidad y cambio climático es particularmente relevante en este tema por la naturaleza de los problemas. Los efectos de eventos climáticos extremos como las sequías, los huracanes, los excesos de precipitación, suelen afectar a más de un país o a

todos a la vez. Los impactos sobre el ambiente, agricultura y salud, aunque diferentes en magnitud entre países, suelen tener características comunes. En términos de la frecuencia de ocurrencia, los fenómenos asociados al agua por exceso o defecto predominan, siendo un asunto que requiere ser abordado regional debido a que parte importante del territorio centroamericano se ubica en cuencas compartidas e intersectorialmente por la importancia del recurso hídrico para consumo humano, consumo animal, riego, turismo, generación de energía y, su impacto para la salud.

Cabe destacar que el “Marco Estratégico para la Reducción de la Vulnerabilidad y los Desastres en Centroamérica” y el “Marco Estratégico para enfrentar la situación de inseguridad alimentaria y nutricional asociada a las condiciones de sequía y cambio climático”, incluyen un Plan de Acción Agropecuario para hacer frente a Cambios Climáticos, aprobados en las cumbres presidenciales realizadas en octubre de 1999 y diciembre de 2002 respectivamente. Asimismo, el Programa Regional para la Reducción de la Vulnerabilidad y la Degradoación Ambiental (PREVDA), incluye el Plan de Acción del Sector Salud frente a la Variabilidad y Cambio Climático 2006.

Finalmente, la respuesta a la variabilidad y cambio climático en el ámbito de la ERAS no se agota en la propuesta para el eje Variabilidad y Cambio Climático. Las líneas de acción y medidas propuestas en materia de Manejo Sostenible de Tierras, Biodiversidad, Negocios Agroambientales y Espacios y Estilos de Vida Saludables, ofrecen una amplia gama de opciones para la adaptación, mitigación y aprovechamiento de oportunidades.

## 3.2 Nivel Nacional

### 3.2.1 Marco legal institucional para la implementación de la CMCC11

El Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET) es el ente rector que asume la responsabilidad primaria para la implementación de la Convención, por medio de las siguientes dependencias:

- El Instituto Meteorológico Nacional (IMN), que actúa como Punto Focal Técnico del IPCC. El IMN ha conducido primariamente las labores de preparación de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, así como los estudios de vulnerabilidad y adaptación, transferencia de tecnología, educación y sensibilización con apoyo de recursos de cooperación internacional.
- La Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC) es el punto focal ante la Convención, actúa como Autoridad Nacional Designada ante el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) con una función facilitadora que procura promover la participación del sector público y privado haciendo uso de las oportunidades de este mecanismo de la CMNUCC y el Protocolo de Kioto.

Otras entidades que implementan las obligaciones del país en el campo legal son el Sistema Nacional de Áreas de Conservación, el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, la Oficina Nacional Forestal y la Asociación Costarricense de Implementación Conjunta (ASOCIC)<sup>12</sup>, además de una serie de actores sectoriales que se

<sup>11</sup> Informe Final Proyecto Autoevaluación de las Capacidades Nacionales para la Implementación de las Convenciones Globales Ambientales (ACN), MINAE. FMAM, PNUD, San José, Costa Rica, 2007

<sup>12</sup> Surge en el 2002 como estrategia nacional para fortalecer la participación nacional a las negociaciones del MDL. En FAO-CCAD, 2003. Actualmente no es una estructura en operación. Se requiere formalizar el mecanismo para facilitar las negociaciones y el ingreso de recursos para que OCIC pueda cumplir su misión.

han unido a estos esfuerzos como resultado del proceso de elaboración de la estrategia nacional.

Instrumentos del marco legal incluidos son los siguientes:

- Constitución Política de la República de Costa Rica.
- Ley No. 5395. Ley General de Salud del 30 de Octubre de 1973
- Ley No. 7554. Ley Orgánica del Ambiente del 13 de Noviembre de 1995.
- Ley No. 7575. Ley Forestal del 16 de abril de 1996.
- Reglamento a la Ley Forestal No. 7575 mediante Decreto No. 25721 MINAE del 23 de agosto de 1996.
- Establecimiento del Fondo Específico Nacional para la Conservación y el Desarrollo de Sumideros y Depósitos de Gases de Efecto Invernadero. Decreto No. 25067-MINAE del 22 de abril de 1996.
- Ley No. 7779. Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos del 30 de abril de 1998.
- Ley No. 7788. Ley de Biodiversidad del 30 de abril de 1998.
- Ley No. 7513. Ley del Consejo Regional sobre Cambio Climático suscrito por los países centroamericanos el 29 de septiembre de 1995 en Guatemala
- Ley No. 7572. Ley de aprobación del Convenio Regional para el Manejo y la Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales de octubre de 1993.

- Directriz Presidencial para la Iniciativa Paz con la Naturaleza
- Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010
- Otras.

### 3.2.2 Política Nacional

Costa Rica ha participado y firmado los diversos convenios-acuerdos internacionales como regionales sobre cambio climático y adaptación al clima actual.

Por primera vez se evidencian de manera explícita los objetivos de la Convención en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006 – 2010 y, de manera que se da un avance fundamental hacia la creación de una Política Nacional que facilite planificar y ejecutar de manera articulada acciones sectoriales e institucionales en esta materia. En este sentido el país propone desarrollar una Estrategia Nacional de Cambio Climático para dar vida al Programa Nacional de Cambio Climático.

En el Capítulo 4 del PND, en el Eje de Política Ambiental, Energética y Telecomunicaciones, se asume el compromiso de ejecutar una serie de acciones estratégicas, donde se muestra la necesidad de facilitar la implementación de una visión integral del ambiente, articulada por medio de los siguientes planes:

- **Plan Nacional de Cambio Climático**, que permitirá consolidar la construcción de infraestructura física y tecnológica de preventión de desastres por fenómenos hidrometeorológicos extremos, así como consolidar una visión nacional y un mecanismo de coordinación interinstitucional para atender los retos y oportunidades del cambio climático en los diversos sectores del país.
- **Plan Nacional de la Gestión Integrada del Recurso Hídrico**, que proporcionará

un inventario nacional de las aguas subterráneas, balances hídricos por cuencas hidrográficas, estudios para el manejo integral del agua en las zonas costeras, identificando las zonas de protección y de recarga acuífera de las áreas más vulnerables del país, disponiendo de un programa de inversión en infraestructura para la distribución del recurso hídrico de acuerdo a las necesidades de las zonas urbanas y los sectores productivos.

- **Plan para adecuar y ejecutar las acciones prioritarias de la Estrategia de Conservación, Uso y Manejo de la Biodiversidad**, su principal propósito es recuperar y mantener la cobertura boscosa, ecosistemas y procesos ecológicos de importancia nacional así como el suministro de bienes y servicios ambientales.
- **Programa de impulso de una agenda ambiental integral que permita el posicionamiento internacional de Costa Rica como país líder en conservación de la naturaleza**, que promoverá el manejo, conservación y uso sostenible de productos, bienes y servicios derivados de los bosques por medio de instrumentos novedosos.
- **Elaboración y ejecución del Programa de Calidad Ambiental**, dirigido al establecimiento de normas para la recuperación de la calidad del ambiente, donde se destacan las responsabilidades institucionales del sector en calidad ambiental con sus respectivas actividades, responsables y costos de implementación permanente.
- **Elaboración y ejecución del Programa de Modernización del MINAET y las demás instituciones del sector**, posibilita la consolidación institucional y jurídica, generación de una visión estratégica, atención ágil y eficiente de los usuarios del sector.

- **Programa de Ordenamiento Territorial**, para elaborar y ejecutar, junto con el sector de Políticas Sociales y Lucha contra la Pobreza, el respectivo ordenamiento territorial, en coordinación con las entidades nacionales y sectoriales pertinentes; promoviendo la participación de los actores relevantes.
- **Programa de mejora tecnológica y restablecimiento de los niveles de confiabilidad, calidad, seguridad en el suministro de energía**, que impulsa la generación de energía, políductos así como el almacenamiento y eficiencia en las líneas de distribución de energía.
- **Programa de eficiencia energética del sector infraestructura y transporte**, tendiente a incentivar la eficiencia energética y disminuir la dependencia de los combustibles fósiles.
- **Desarrollo de la industria de biocombustibles**, incorpora la producción agroindustrial y el consumo de biocombustible a nivel nacional en forma sostenible.
- **Plan nacional de gestión integrada del Sub-sector geológico-minero**, para promover la investigación, monitoreo, control de los recursos minerales, la conservación y el uso sostenible del recurso geológico.
- **Desarrollo y mejoramiento de la prestación de los servicios de telecomunicaciones**, garantiza la competitividad del país y disminuye la brecha digital.

El resumen de acciones estratégicas del PND 2007 – 2010 es el siguiente:

- **Agenda de cambio climático**: Posiciona la Agenda de Cambio Climático (absorción de carbono, reducción de los gases de efecto invernadero y adaptación al cambio climático) como una agenda prioritaria a nivel nacional e internacional.

- **Liderazgo internacional**: Trata de convertir al país en un sinónimo de compromiso con el desarrollo sostenible, y en una nación líder en la lucha contra el cambio climático y en la adopción de políticas de paz con la naturaleza.
- **Elaboración y puesta en práctica del Plan Nacional de Cambio Climático, dirigido a mitigar los gases de efecto invernadero**: El Programa Nacional de Cambio Climático consolida la construcción de infraestructura física y tecnológica de prevención de desastres por fenómenos hidrometeorológicos extremos, así como propicia una visión nacional y un mecanismo de coordinación interinstitucional para atender los retos del cambio climático en los diversos sectores del país (energía, uso del suelo, transporte, manejo de residuos, etc.). Por ende, este programa pretende modernizar los sistemas de investigación y pronósticos del clima como herramienta básica de apoyo a la atención de emergencias.
- **Metas sectoriales**: Elaboración y puesta en práctica del Plan Nacional de Cambio Climático, dirigido a mitigar los gases de efecto invernadero. Además, se buscan avances sustanciales en la puesta en marcha de mecanismos financieros de mercado que compensen la deforestación evitada y los servicios ambientales prestados para la preservación de ecosistemas, atendiendo así una de las causas primarias del cambio climático. Plantea como meta sectorial el préstamo de servicios ambientales para la preservación de ecosistemas, con el propósito de atender una de las causas primarias del cambio climático.

**Objetivo del Plan Nacional de Cambio Climático**: Maximizar la competitividad y minimizar el riesgo de la población por los efectos del cambio climático en los diferentes sectores socioeconómico

### 3.2.3 Iniciativa Presidencial “Paz con la Naturaleza”<sup>13</sup>

La iniciativa “Paz con la naturaleza” contempla el cambio climático como una de las áreas prioritarias de acción, asumiendo el Gobierno de la República, el compromiso de que Costa Rica sea un país neutral en carbono para el año dos mil veintiuno.

Es una iniciativa creada por medio de dos Decretos Ejecutivos del 29 de diciembre del 2006, surge como respuesta del señor Presidente Oscar Arias ante sus preocupaciones y las de un grupo de profesionales, debido a los procesos de degradación ambiental que ha venido sufriendo el país y el Planeta.

Paz con la Naturaleza es una iniciativa con dos dimensiones:

Hacia lo interno, ser más consecuentes con el artículo 50 de nuestra Constitución Política que textualmente dice lo siguiente: “Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado”. Igualmente, con los tratados internacionales ratificados por el país, las leyes vigentes, las políticas públicas y planes de acción, incluido el manejo sostenible de los ecosistemas, sus bienes y servicios ambientales.

Lo que hagamos a lo interno de Costa Rica para mejorar nuestra gestión ambiental es sin duda una contribución importante, pero no lo suficiente para solucionar los problemas globales, si el resto de los países no asumen también su responsabilidad y no respaldan este esfuerzo, razón por la cual se consideran los siguientes enunciados.

#### 1. Neutralidad en carbono para el año 2021, liderada por el Poder Ejecutivo

Costa Rica se compromete a ser neutral en carbono, o “C-Neutral”, para el año 2021. El presidente Oscar Arias Sánchez asume el compromiso personal, e invita a todos los Ministros, Vice-ministros y Presidentes Ejecutivos a que hagan lo mismo, para que todos los viajes al exterior sean neutrales en carbono.

Se propone reducir significativamente el impuesto sobre los automóviles híbridos, y otros tipos de vehículos que usen fuentes renovables de energía, para acelerar la sustitución de la flota vehicular por automóviles que no lesionen el ambiente, ni propicien el calentamiento global.

#### 2. Plan de gestión ambiental obligatorio para las instituciones del Estado

Se establece un Decreto Ejecutivo que obliga a toda las instituciones del Estado a elaborar, y poner en práctica, un plan de gestión ambiental.

#### 3. Aumento en la cobertura boscosa y las zonas protegidas

Se propone expandir el sistema de Pago de Servicios Ambientales por medio de FONAFIFO, para que alcance una cobertura de 600 mil hectáreas.

#### 4. Fortalecer el currículo escolar y colegial, sobre el aprendizaje del desarrollo sostenible y la educación ambiental

Y hacia lo externo, insertar al país de manera más eficaz en los procesos internacionales, participando activamente y liderando con el ejemplo, para lograr incidir de manera significativa en las decisiones que a nivel mundial deban tomarse en torno a estos temas. Tomando en cuenta las acciones:

#### 1. Liderar una red internacional de países neutros en carbono

<sup>13</sup> Mayor información sobre la Iniciativa en <http://www.pazconlanaturaleza.org>

2. Impulsar la creación de un sistema global de retribución a la deforestación evitada, como mecanismo para asegurar la conservación y preservación del bosque primario
3. Respaldar el canje de deuda externa bilateral con base en la protección ambiental
4. Apoyar una iniciativa internacional a favor del establecimiento de un canon a la emisión de dióxido de carbono

Es por ello que “Paz con la Naturaleza” es una iniciativa nacional y global que busca convocar a todos los países del mundo a fortalecer sus acciones políticas públicas asumiendo un mayor compromiso para revertir por medio de un esfuerzo conjunto, las tendencias de degradación ambiental causadas por el impacto de las acciones humanas sobre la calidad de vida de las personas y los ecosistemas que dan vida al mundo. Esta iniciativa es un llamado para que cada país asuma la responsabilidad y el compromiso de que su desarrollo económico no afecte a los demás países, ni a las generaciones presentes y futuras.

### **3.2.4 Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)**

En el Acta No. 056, del Consejo de Gobierno celebrado el 1º de agosto 2007, consta la presentación de la “Estrategia Nacional de Cambio Climático” y la urgencia de hacer efectiva la consolidación de la visión de país para atender los retos del Cambio Climático en los diversos sectores y crear los mecanismos de coordinación interinstitucional correspondientes.

Mediante esta política nacional se solicita a todas las instituciones públicas, gobiernos locales e instituciones autónomas, elaborar y poner en ejecución un plan de acción de corto, mediano y largo plazo con metas claras que contemple las cuatro bases fundamentales y seis ejes de acción. Las bases fundamentales son responsabilidad compartida, oportunidad, amenaza y de-

sarrollo de capacidad y legitimidad para incidir internacionalmente. Los seis ejes de acción incluyen 1) mitigación, 2) vulnerabilidad y adaptación, 3) métrica, 4) desarrollo de capacidades y transferencia tecnológica; 5) educación y sensibilización y 6) financiamiento. Ver figura 3.1.

El eje de mitigación tiene como objetivo constituir un país “neutro en emisiones de carbono” para el año 2021. La mitigación se fundamenta en 3 sub-ejes: reducir emisiones de gases por fuentes, captura y almacenamiento de carbono y mercados de carbono en los sectores: energía, transporte, agropecuario, industria, residuos sólidos, turismo, hídrico y cambio de uso de suelo.

El eje de vulnerabilidad y adaptación tiene como objetivo desarrollar el país por medio de la identificación rigurosa de los sectores vulnerables y de la aplicación de medidas de adaptación logrando reducir los efectos del cambio climático en los siguientes sectores: hídrico, agropecuario, pesca, salud, infraestructura, zonas costeras y biodiversidad.

El eje de métrica considera ser un país que tenga un sistema de métricas preciso, confiable, verificable y que coadyuve en la implementación y seguimiento de las acciones en los diferentes ejes de la estrategia.

El eje de desarrollo de capacidades y transferencia de tecnología tiene como meta ser un país con capacidades a nivel local, regional y nacional que permita la aplicación operativa de políticas de mitigación y adaptación al cambio climático, así como la identificación e incorporación de tecnologías en estos campos.

El eje de educación y sensibilización espera ser un país que por medio de procesos de sensibilización pública y educación involucre a toda la sociedad en el proceso de toma y ejecución de decisiones relacionadas con el cambio climático.

Figura 3.1 Estrategia Nacional de Cambio Climático



Fuente: ENCC, 2008.

El eje de financiamiento pretende consolidar las fuentes de financiamiento que aseguren los recursos económicos y el apoyo internacional a la Estrategia.

La marca C-Neutral se ha inscrito a nivel nacional con el propósito de diferenciar al país y la producción de bienes y servicios asociados, a un sistema de verificación y certificación que contribuya al fortalecimiento de la competitividad. Tanto los productos como los servicios con la marca C-Neutral serán los escogidos por el consumidor, en procura de que el turismo, la banca, los seguros, las universidades y el gobierno puedan actuar como entes proactivos y comprometidos con el medio ambiente. Los productos con una huella de carbono balanceada, tales como bananos, microprocesadores, dispositivos médicos o pupas de mariposa, podrán ampliar la marca "Made in Costa Rica" por "Made C-Neutral en Costa Rica".

El proceso iniciado a mediados del 2006 en

la elaboración de la ENCC ha contado con amplia participación y está por concluirse. Uno de los productos más importantes es la propuesta para que cada institución en el país elabore planes para minimizar los efectos de cambio climático basados en los cinco ejes que contempla la estrategia.

La Agenda Internacional de la ENCC también fue definida alrededor de seis componentes, siendo los principales: Incidir internacionalmente y Atracción de recursos externos. Los otros componentes son transversales: Liderazgo, Legitimidad, Presencia en foros multilaterales y binacionales y, Desarrollo de capacidades internacionales.

Esta Estrategia responde a una visión integrada del cambio climático y procura ser replicable en otros países con circunstancias nacionales similares por lo que incidirá internacionalmente. Es un esfuerzo compartido por los dife-

rentes sectores de la sociedad costarricense en cuanto a actuar bajo los principios de equidad, urgencia, transparencia y costo efectividad.

Para la implementación de la Estrategia se requiere acceso a recursos nuevos y adicionales, incluyendo fondos oficiales, concesiones para los países en desarrollo y los mercados de carbono. Se visualiza un futuro régimen climático más flexible, orientado a expandir y ligar los diferentes mecanismos financieros y mercados de carbono para garantizar su aplicación más eficaz en función de costos y movilización de recursos necesarios para ofrecer incentivos a los países en desarrollo. Asimismo, se considera el mercado de carbono como una oportunidad para establecer un vínculo entre la Estrategia de Cambio Climático y la estrategia de competitividad.

En el marco de la Iniciativa presidencial “Paz con la Naturaleza”, Costa Rica ha tomado con liderazgo la decisión de implementar, unilateral y voluntariamente. La ENCC tiene como fin converger el desarrollo sostenible del país con la responsabilidad de inducir las acciones colectivas y procurar que esta iniciativa pueda ser replicada internacionalmente.

Por otra parte, es una iniciativa que persigue responder a la problemática mundial con un enfoque nacional en el marco de una amplia participación de los diferentes actores y sectores, públicos y privados, que permita generar credibilidad y confianza de las acciones y decisiones tomadas en torno a reducción de emisiones por fuentes y absorción por sumideros, tanto en el ámbito legal como institucional, y bajo el sistema de métrica descrito.

La presencia en foros internacionales es esencial para lograr la influencia a nivel nacional e internacional y atraer recursos, mediante la difusión y el posicionamiento de nuestra estrategia, bajo una visión integrada de cambio climático.

La consolidación de un equipo multidisciplinario e interinstitucional con habilidades internacionales y de negociación es una parte clave para la implementación de esta Estrategia, ya que se necesitará promover una combinación de acciones que incluyen innovación tecnológica, implementación de políticas, así como cambios a nivel institucional y de comportamiento.

## CAPÍTULO 4

# Políticas, medidas adoptadas y propuestas para mitigación de emisiones de GEI

### 4.1 Evaluación de las políticas propuestas en la Primera Comunicación Nacional (PCN) para mitigar las emisiones de GEI para determinar grado de avance y vigencia de las mismas

La evaluación de las políticas para mitigar las emisiones de GEI se realizaron por sector IPCC, donde se consultan una cantidad importante de documentos, entre otros Planes Nacionales de Desarrollo, Informe de Labores de Instituciones, planes de expansión, reportes, decretos, acciones actuales, y se mantuvo estrecha consulta con la Coordinación y equipo de especialistas en Cambio Climático.

Sobre este estudio, la principal conclusión de las políticas de la PCN es que las mismas no fueron diseñadas con el objetivo específico de reducir emisiones de GEI, por el contrario dan la impresión de ser una conjunción de áreas de interés de instituciones. Los esfuerzos nacionales actuales por una Política Nacional de Cambio Climático solventan la necesidad de contar con un mayor respaldo político para disponer de recursos humanos, técnicos y económicos dedicados a la coordinación y seguimiento de la misma para fortalecer las capacidades nacionales en el cumplimiento de lo convenido ante la CMCC.

a) **Sector transporte:** No se presenta avance alguno en cuanto a la reducción de emisión vehicular y del transporte público. El programa de revisión vehicular no realiza análisis de las emisiones de los automóviles, por otro lado, la reglamentación vehicular se ha entrabado durante varios años y no existe regulación congruente con los

objetivos de neutralidad. En cuanto al transporte público, los proyectos de gran necesidad y efectividad en reducción de emisiones de GEI como el tren eléctrico aún están en proceso de aprobación. Por un lado, se ha logrado una mejora en cuanto a la calidad de los combustibles mientras que no se ha concretado la reestructuración vial necesaria para disminuir el congestionamiento vehicular y la infraestructura se ha visto altamente dañada en los últimos años, debido probablemente a la alta vulnerabilidad de esta a los crecientes embates del cambio climático (inundaciones más intensas y más frecuentes, deslizamientos, otros). En general se tiene un balance negativo para este sector.

- b) **Sector agropecuario:** Ha presentado leves avances en lo que respecta a educación a los agricultores en el uso de químicos y en la producción de abonos orgánicos. No obstante, el sector presenta debilidades en cuanto a la gestión y uso de fertilizantes. Algunas limitantes para mejorar dicha gestión es la falta de recursos económicos, aunque sí se tiene el recurso humano para llevar a cabo las acciones. Existe un notable rezago en el apoyo a la investigación sobre el manejo de aspectos ambientales, tema que se ha mencionado dentro de los planes de gobierno pero que no se concretan. No existen lineamientos a seguir en estos enfoques y en general se han dejado de lado.
- c) **Sector eléctrico:** Los logros más significativos se han concentrado en las campañas de ahorro energético y en la concientización de sectores industriales para que aprovechen la generación de energía por medio

de métodos alternativos como la biomasa, entre otros. Se han presentado avances en la producción de bioetanol por parte de la empresa privada a pequeña escala y se creó la Comisión Nacional de Biocombustibles. Algunas de las debilidades que presenta el sector eléctrico es la falta de crédito para el financiamiento de nuevos proyectos, así como la falta de inversión en generación hidroeléctrica que se supone ha sido detenida por falta de presupuesto. En cuanto al tema de los biocombustibles, debe tomarse en cuenta la limitada cantidad de tierras de Costa Rica lo que podría influir en los precios de los alimentos.

- d) **Sector industrial:** Es el sector que ha logrado un mayor avance desde la PCN. Destaca la modificación a la ley de estándares de efluentes el apoyo a la producción sostenible, así como la certificación de las empresas bananeras. La principal debilidad del sector se encuentra en el control de vertidos agrícolas e industriales, ya que no se han concretado políticas que den soluciones a nivel municipal. Recientemente, el Poder Ejecutivo publicó un nuevo decreto que obliga a la gestión del metano en rellenos y sus resultados se concretarán en el mediano plazo.
- e) **Sector cambio de uso de suelo:** Persisten las complejidades para avanzar en el ordenamiento territorial que se asocia a Planes Reguladores y a su efectivo control y que depende de recursos municipales. El PAP no se ha cumplido como se planeó debido a las limitaciones que presentaron las iniciativas de implementación conjunta. En cuanto a los PSA, se desconoce la efectividad real de estos, ya que los mismos no cubren el costo de oportunidad de los dueños de los bosques privados. Por lo tanto, el incremento en la cobertura boscosa se asocia más a condiciones de mercado que al pago de PSA y dado que la rentabilidad de las acti-

vidades agrícolas y ganaderas ha aumentado, es posible que se pierdan los incentivos para mantener bosques privados.

## 4.2 Propuesta de Actualización de Lineamientos y Políticas Nacionales para la Mitigación de Emisiones y la Carbono Neutralidad

El principal elemento transversal que se propone en las políticas es que estén focalizados sobre la reducción de emisiones de GEI y donde las medidas, instrumentos y proyectos propuestos combinen disposiciones para la reducción por medio de incorporación de infraestructura y tecnologías. También, se apoyan en el reconocimiento de la importancia de contar con un conjunto de políticas de Estado para avanzar como país hacia la Neutralidad de Carbono.

La propuesta incorpora el reconocimiento explícito de la relevancia de la política económica ambiental, por medio de una política económica de internalización que, por un lado permite la incorporación en las tarifas de los beneficios económicos que genera la energía renovable, y por lo tanto reducir y evitar una importante cantidad de emisiones de GEI, que de otra forma se hubiesen generado a partir de un escenario base; la internalización y estímulo al transporte con base en energía renovable, ya que más del 60% de las emisiones GEI provienen del uso de energía fósil requerida para actividades de transporte.

Se incorpora como otro elemento de política innovadora un esquema interno, que generará un catalizador para incentivar a los empresarios y productores nacionales a avanzar en el proceso de Investigación y Desarrollo (I+D) con objeto de tener tecnologías que permitan por unidad de producto, emisiones cada vez menores. Esto se logra al Diseñar un Mercado Local para reducciones de emisiones netas, las cuales podrán ser adquiridas por aquellos agentes

que no logren sus metas de emisión. En ese esquema un fijador neto- el cual después de ser verificado y autorizado podrá colocar sus emisiones en agentes cuyo balance de emisión neta es positiva. Este esquema irá funcionando progresivamente con objeto de detonar el proceso y avanzar hacia la neutralidad de carbono.

Ese esquema es una política de reducción de emisiones y preparación ante el cambio climático de segunda generación, pues a diferencia de otros proyectos ofrece la posibilidad de incorporar a todos los tipos de ecosistemas con capacidad de fijar o mitigar emisiones de GEI. Lo anterior permitirá superar lo puntualizado solo en un sector, como puede ser el forestal por medio del pago de incentivos, como el PSA, el cual además ha mostrado tener efectos distributivos regresivos, al concentrar ingreso en pocos grandes parcelarios.

Las emisiones reducidas permitirán generar incentivos económicos y mercados para potenciar el carácter de transabilidad de reducciones autorizadas de emisiones entre aquellos agentes cuyo balance de emisión neto es negativo. Esto permitirá el intercambio y la generación de incentivos económicos, estimulando el cambio hacia tecnologías que potenciaran el logro de las metas de neutralidad de carbono, por medio

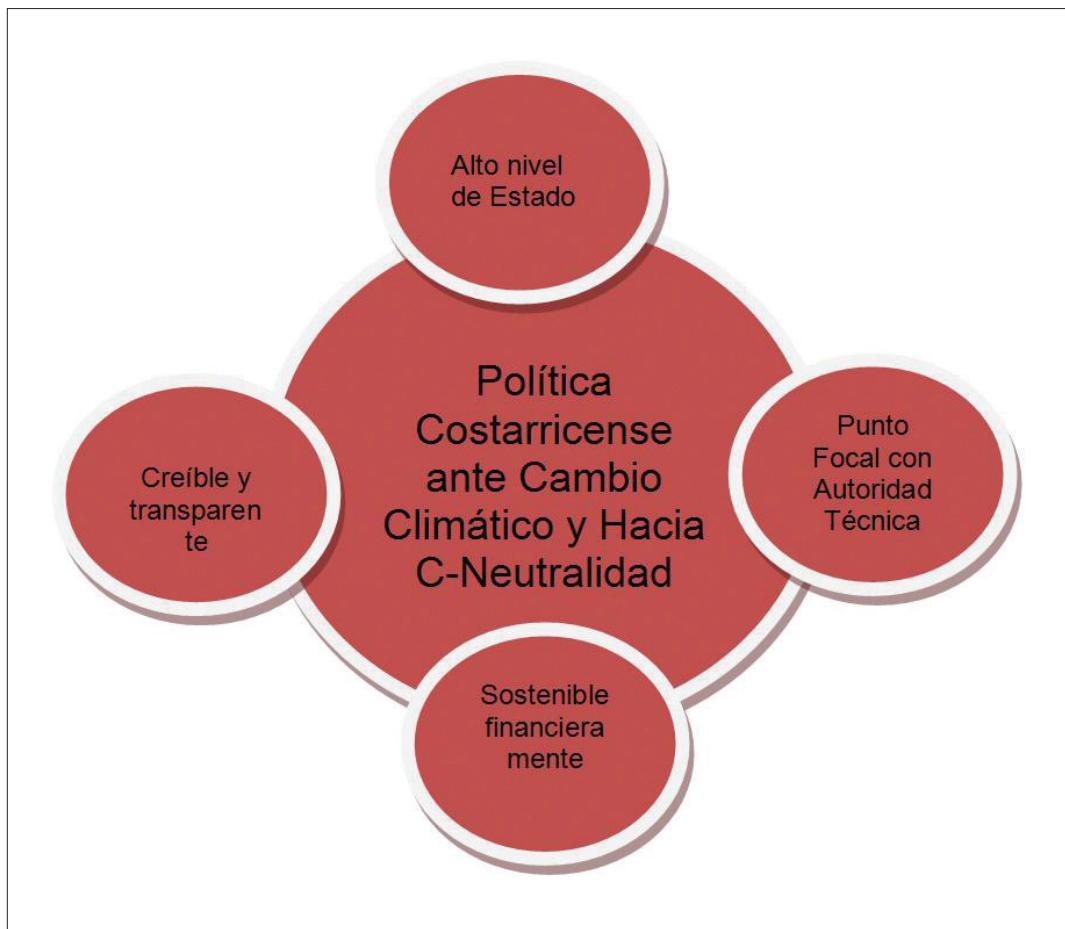
de prácticas productivas, generación energética cada vez más renovable y menos intensiva en generación de emisiones GEI.

Las medidas propuestas incorporan tanto acciones a nivel de sector individual, así como transversales con el objetivo de establecer políticas de índole nacional. Adicional, a los lineamientos, áreas, medidas y propuestas, se incluye un listado de principales proyectos con el propósito de que el país avance en la mitigación de GEI, ante el cambio climático y hacia la C-Neutralidad. Estos están íntimamente relacionados con las tecnologías de mitigación y reducción de emisiones evaluadas de GEI.

El diseño de estas políticas reconoce que Costa Rica ha emitido un llamado internacional a la neutralidad de carbono. Por tanto, el diseño de estas políticas considera la responsabilidad nacional de mantener sosteniblemente esta convocatoria. Es decir, estas políticas no buscan ser una agregación de iniciativas aisladas con la finalidad de presentarlas únicamente ante la CMCC y cumplir con el requisito. Por el contrario, buscan efectivamente generar un esquema de trabajo de Estado que pueda suplir la coordinación, ejecución, control y puesta en funcionamiento de las mismas. La Figura 4.1 presenta los pilares de las políticas propuestas.

Figura 4.1: Ejes principales de las políticas para la Neutralidad de Carbono

Elementos de la Política de Estado ante el Cambio Climático y hacia la C-Neutralidad



Fuente: CIESA, 2008.

A continuación, se presenta una síntesis de las políticas o lineamientos, instrumentos y proyec-

tos por sector IPCC propuestos para la neutralidad del carbono en Costa Rica.

Cuadro 4.1: Propuesta de políticas para el sector de energía

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
<p>Promover la generación competitiva y el consumo energético renovable y eficiente utilizando fuentes diversificadas con objeto de sustituir la energía fósil de forma progresiva y sistemática apoyado en:</p> <p>a. Internalización de beneficios y costos de la energía renovable y fósil.</p> <p>b. Otros instrumentos de mercado que permitan lograr las metas de reducción de las emisiones de GEI.</p>	<p>Rectoría permanente de sector y cambio climático congruente con rectoría energética, mitigación y reducción de vulnerabilidad nacional.</p>	<p>Coordinación permanente del sector energético con la Oficina Nacional para el Cambio Climático (OCIC).</p>	<p>Desarrollo en congruencia con la Oficina para el Cambio Climático del Plan Nacional Energético que será el plan rector. Plan de Inversión y Expansión Energético Nacional, la generación por fuentes y, las reducciones de emisiones GEI autorizadas a comercializar internamente (sector eléctrico, biocombustibles, generación geotérmica, solar, eólica, hidrógeno, biotecnológica) e instrumentos económicos a utilizar para internalizar beneficios/costos por reducciones netas positivas/emisiones netas de GEI de los energéticos y viabilizar proyectos.</p>
		<p>Inversión en capacidad de generación renovable y en capacidad de mitigación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático.</p>	<p>Priorizar al más alto nivel de política económica nacional las necesidades de infraestructura de generación hidroeléctrica y otras fuentes renovables viables, la inversión en mitigación y reducción de la vulnerabilidad del país ante el cambio climático, su financiamiento y desarrollo en concordancia con el PROCLIMA y el Plan Nacional Rector Energético. La principal posibilidad nacional para reducir emisiones de GEI subyacen en la capacidad de crecimiento relevante, en la capacidad de hidrogeneración y de las otras fuentes renovables de generación eléctrica y, la factibilidad económica descansa en la internalización económica efectiva.</p>

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
Internalización económica	Internalización económica de beneficios y costos por emisión de CO <sub>2</sub> e en tarifa de energéticos.		<ul style="list-style-type: none"> <li>-Incorporación en las tarifas eléctricas por parte de la ARESEP del componente por generación renovable y reinversión en consolidación de cuencas con alto potencial hidrogenerador – conservación; regeneración de bosques para la mitigación de emisiones de GEI y regulación climática; reinversión en nueva infraestructura en generación de energía renovable de generación eléctrica.</li> <li>-Incorporación simultánea de costos por emisiones de GEI en tarifas de combustibles fósiles y, reinversión de ese componente a los proyectos de mitigación climática del país.</li> <li>- Contabilización y acreditación de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas para su comercialización interna, así como para el establecimiento de PSA en la generación de energía que sustituya la fósil.</li> </ul>
	Emisiones evitadas y compensación de emisiones de CO <sub>2</sub> e.		<ul style="list-style-type: none"> <li>-En coordinación con el mercado local de emisiones de CO<sub>2</sub>, centralizar una oficina para la contabilización de emisiones GEI evitada durante la generación renovable.</li> <li>-Autorización y comercialización en mercado local de estos derechos entre agentes económicos deficitarios netos en términos de emisiones sobre escenarios base autorizados.</li> <li>-Incorporación de modificación en legislación existente (p.e: Ley 7575 y otras) requeridas con objeto de crear la figura de emisión de GEI evitadas por generación térmica y PSA a la generación renovable neta negativa.</li> <li>-Comercialización en el mercado de compensación de emisiones de CO<sub>2</sub> e interno a través de compra de derechos de generación térmica evitada por parte de emisores netos positivos como incentivo a la I+D para reducción de carbono.</li> <li>-Diseño de Reporte de Mercado Nacional de Reducción y Compensación de Emisiones GEI por generación térmica evitada.</li> </ul>

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
	Eficiencia energética y gestión de la demanda.	Optimización tecnológica y productiva en el uso de energía eléctrica.	<p>-Diseño de un programa de financiamiento en conjunto con el sistema financiero nacional y la Banca Nacional de Desarrollo con objeto de ofrecer financiamiento a los grandes consumidores eléctricos para actualizar tecnológicamente la maquinaria, el equipo y la infraestructura y hacerlos más eficientes al reducir sus emisiones GEI.</p>
	Incentivos económicos	Diseño de otros incentivos económicos en generación renovable y supervisión de mercados de biocombustibles.	<p>Promoción y creación de otros incentivos económicos a la generación eléctrica a partir de biomasa y reconocimiento de emisiones netas evitadas o generadas autorizadas en sustitución de energía fósil (extensión de impuestos, financiamiento, otros), biocombustibles de segunda generación, es decir que no compitan con producción de alimentos.</p> <p>-Normativas de regulación del sector biocombustibles de primera generación con objeto de no estimular el impacto ambiental ni el encarecimiento de bienes agrícolas ni estructuras oligopólicas.</p>

Cuadro 4.2: Propuesta de políticas para el sector Industrial

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
		Políticas económico ambientales ante el cambio climático y neutralidad del carbono más el fortalecimiento institucional.	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Incorporación de líneas presupuestarias con previsión suficiente en el presupuesto nacional.</li> <li>- Diseño de una propuesta de políticas económico ambientales por sector económico e industrias y, de los instrumentos económicos de coordinación con Hacienda, el Banco Central, el Ministerio de Economía con el objetivo de potenciar la reducción progresiva y sistemática de emisiones de CO<sub>2</sub></li> <li>-Estudio económico de diseño de mercado para la puesta en operación del Mercado Costarricense de Transacciones de Emisiones y Reducciones Certificadas de Emisiones de GEI y de otros instrumentos de mercado.</li> </ul>
Progresividad, sistematicidad y continuidad de la mitigación y reducción de emisiones de GEI		<ul style="list-style-type: none"> <li>Establecimiento del Registro Nacional de emisores públicos y privados en coordinación con el Inventario Nacional de Emisiones de GEI</li> </ul>	<p>Fase A: Establecer el registro de principales contribuyentes en emisiones (cementeras, compañías agrícolas grandes como bananeras, piñeras, municipalidades, otras).</p> <p>Fase B: Avanza hacia los medianos y; Fase C: se incorporan los pequeños emisores. Debe incluir sectores de servicios que emiten por uso de combustibles fósiles en sus empresas y se debe cubrir a todos los sectores productivos públicos y privados.</p> <p>Sistematizar la información y generar el Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros y, el Informe Anual de Emisiones de GEI, Políticas y Metas de Reducción calendarizadas.</p>

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
	Normativas	Estrategia anual de reducción de emisiones de GEI y plan de inversión.	Generar la normativa necesaria para que las instituciones públicas y privadas generen una estrategia anual de reducción, así como su inventario de emisiones, estrategia de reducción y programa de inversión asociado en sincronización con las fases previas y aspectos legales para el comercio de reducción de emisiones y mitigación.
	Instrumentos económicos y reducción de emisiones de GEI: Creación del mercado de reducción.	Definición de metas progresivas de reducción subsectoriales y derechos de emisión de GEI	Definición de metas nacionales de emisiones de GEI, totales y subtotales por subsectores en consistencia con las metas de reducción y mitigación de emisiones de GEI, penas por incumplimiento, períodos de ajuste, normas en coordinación con la Estrategia de Neutralidad y las metas macroeconómicas y sociales.
		Establecimiento de mercado nacional de reducción de emisiones de CO2 verificadas	Establecimiento de forma de distribución de derechos de emisión, comercio de reducción de emisiones interno, verificación y control y, normativa requerida. Establecimiento de un instrumento económico como esquema diversificado de reducción y canje de derechos de emisión y reducciones verificadas autorizadas así como de emisiones mitigadas en todos los sectores productivos y ecosistemas.
	Financiamiento nacional e internacional	Líneas de crédito e incentivos para la innovación de procesos productivos carbono neutrales.	Líneas de crédito, asesoría técnica a los productores nacionales para fomentar procesos y tecnología carbono neutrales o, esquemas de inversión para lograr las reducciones verificadas autorizadas o emisiones evitadas en coordinación con la Banca de Desarrollo, el MICIT, CONICIT y sus líneas de fondos de investigación. Financiamiento a la investigación científica y tecnológica para la mitigación y reducción de emisiones GEI en los diferentes sectores.
		Estrategia Nacional de Promoción Global de Mitigación y Reducción de GEI	Dotar de presupuesto a la iniciativa de globalización y búsqueda de socios para las metas de neutralidad nacional. Búsqueda de empresas líderes emisoras, innovadoras, gobiernos amigos, organismos internacionales dispuestos a financiar proyectos demostrativos de neutralidad. Promoción internacional de C-Neutral, C-Neutral + potencia biodiversidad; C-Neutral + biodiversidad + social, otros. Posicionamiento en la agenda diplomática y de cooperación técnica no reembolsable y reembolsable en coordinación con la Presidencia de la Repùblica.

Fuente: CIESA, 2008

Cuadro 4.3: Propuesta de políticas para el sector transporte

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
Reducir emisiones de GEI a través de la sustitución modal hacia un transporte público de calidad, eléctrico o de otras fuentes renovables y sostenibles socialmente apoyado en mejorar la infraestructura vial y el uso de políticas e instrumentos económicos que permitan avanzar hacia la Neutralidad de Carbono.	Cambio modal de vehículos. Particular a Tren Eléctrico	Priorización de estado y puesta en práctica del uso del tren eléctrico para pasajeros.	Puesta en funcionamiento del TREM intensivo en hidroelectricidad con objeto de reducir un 11% de las Emisiones Totales de GEI de Costa Rica.
		Internalización de los beneficios de las tarifas del tren.	Valoración económica de externalidades positivas del TREM (mejora en congestión, ruido, calidad del aire, accidentes, otros) e internalización en la tarifa.
	Reducción de emisiones vehiculares en transporte de carga pesada.	Diseño de política específica para el desarrollo del tren de carga.	Búsqueda de financiamiento y cooperación técnica internacional para el desarrollo de estudios de factibilidad, inversión pública estatal y puesta en marcha del tren de carga de costa a costa.
		Ejecución de inversión en infraestructura vial rezagada y prioritaria con carácter de emergencia nacional.	Definición de proyectos, preparación de ofertas y asignación con criterio de emergencia nacional.
		Reagrupación de rutas de transporte e incentivos económicos.	Rediseño de rutas en consonancia con el TREM. Diseño de incentivos económicos para concesionarios que usen buses intensivos en electricidad o energía renovable e incorporación de premios en tarifas de transporte público o márgenes de renta.
	Infraestructura vial	Mejora en capacidad de circulación en las rutas metropolitanas.	

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
	Políticas e instrumentos económicos que hagan endógenos los cambios y estimulen la sostenibilidad financiera e internalización en el sector transporte.	<p>Internalización</p> <p>Fomento de la cultura del transporte público de calidad y neutro en emisiones.</p> <p>Reorganización de destino de impuestos selectivos a hidrocarburos para potenciar el cambio modal hacia el transporte eléctrico.</p> <p>Diseño de estructura tarifaria que refleje tarifas de transporte público de buses y taxis incentivos económicos para concesionarios que premien uso de vehículos eléctricos o de energías renovables y socialmente sostenibles. En caso del TREM, el diseño de una tarifa que permita internalizar los beneficios sociales (reducción de emisiones, ruido, congestión, mejora en salud, otros= y de esta forma una tarifa económica menor a la tarifa financiera</p>	<p>Incorporación de costo social de uso de vehículo privado en precio de los combustibles</p> <p>Diseño de un programa de uso de cultura de transporte público de calidad.</p> <p>Redefinición de destino de impuestos selectivos a hidrocarburos destinados a PSA. Estudio de internalización de esos recursos en TREM y otros medio de transporte eléctrico en función de la reducción de emisiones de CO2. Diseño de estructuras tarifarias en transporte público que incentiven el uso de tecnologías eléctricas en transporte público y desestimulen el uso de tecnologías obsoletas e intensivas en hidrocarburos.</p>

Fuente: CIESA, 2008

Cuadro 4.4: Propuesta de políticas para el sector agropecuario

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
Incentivar la adopción de prácticas y tecnologías agropecuarias que reduzcan de forma integrada la emisión de metano y otros GEI.	Reducción sostenida de emisiones de metano y optimización energética en el sector agropecuario nacional.	Generar y transferir conocimiento y tecnología a fincas productoras.	Desarrollo de un programa estatal de investigación – acción y apoyo técnico para el manejo de pastos y dietas en las principales zonas ganaderas en coordinación con fincas experimentales universitarias, sector privada y, la gestión integrada de fertilizantes nitrogenados en fincas que tengan como meta reducir hasta en un 25% de metano y, promover prácticas de sustitución energéticas renovables (biodigestores, otros) y mejores prácticas productivas y ambientales.
		Posibilitar espacios de difusión tecnológica para la reducción de emisiones GEI en el sector agropecuario.	Una feria nacional bianual de tecnologías para el sector agropecuario que permita la difusión de las tecnologías en coordinación con el sector privado, universidades y actores internacionales.
		Transferibilidad de reducción y mitigación de emisiones GEI	Crear transferibilidad de emisiones reducidas o mitigadas asociadas a nuevas áreas reforestadas o regeneradas de bosque natural en linderos dobles o triples y caminos de fincas, otros hacia la misma finca u otros sectores productivos deficitarios en emisiones, a partir de un determinado nivel de carbono fijado, expresado en número de árboles.
		Incentivar la sustitución de fertilizantes químicos por abonos orgánicos.	Establecimiento de metas de emisión por cultivo y tamaño de finca asociada al uso de fertilizantes nitrogenados (desde programas voluntarios hasta una normativa de estándares máximos de aplicación). Establecimiento de un programa nacional de verificación y control de emisiones GEI- principales productores nacionales – a partir de ciertos tamaños de operación. Gestión y a los productores locales de abonos orgánicos, revisión y acreditación en procesos de sustitución por fertilizantes nitrogenados en grandes fincas procesos agrícolas intensivos en estos.

#### 4.5: Propuesta de políticas para el sector cambio de uso del suelo

Política	Área	Medidas	Principales Iniciativas para que Costa Rica avance ante el cambio climático y la C - Neutralidad
Pago por internalización a dueños de suelos con base en daño evitado del valor de reducción, mitigación de emisiones de GEI diversificando por ecosistema, otras externalidades ambientales y sociales positivas.	Cambio de uso del suelo y silvicultura.	Compensación y reducción de emisiones.	<p>Crear transferibilidad de emisiones reducidas o mitigadas de ecosistemas como humedales y acuáticos regenerados sean públicos (áreas protegidas) o privados hacia interesados con perfiles de emisiones GEI deficitarios de otros sectores.</p> <p>Crear transferibilidad de reducciones de misiones GEI netas superavitarias en actividades agropecuarias hacia otros interesados deficitarios en emisiones GEI de este u otro sector.</p> <p>Estudio de potencial mitigación de emisiones GEI en áreas disponibles en linderos de carreteras y caminos nacionales, así como de los cauces de los ríos, humedales, manglares que requieran regenerarse con especies propias de esos ecosistemas.</p> <p>Crear transferibilidad de esas reducciones a terceros deficitarios en emisiones de GEI y las áreas serán puestas a la venta en función de su potencial de mitigación y fijación de CO<sub>2</sub> a los productores nacionales (públicos y privados) emisores netos positivos según las metas nacionales de emisión y subsectoriales.</p>
		Hidrogeneración y áreas protegidas.	<p>Estudios para la generación de energía hidroeléctrica derivado del potencial hídrico en bosques de áreas protegidas.</p> <p>Autorización y pago de toda reducción de emisiones evitadas de GEI generada por esta vía y reinversión efectiva directa para consolidar áreas protegidas y recuperación de ecosistemas – marinos, regeneración de humedales y, labores de coordinación asociadas en función de planes de inversión verificables.</p>
	Internalización y Pagos por Servicios de Mitigación de Emisión Neta de CO <sub>2</sub> nueva generación.	Rediseño del Programa de PSA en función de los objetivos de reducción de emisiones de GEI.	<p>Cambios en la Ley del PSA (Ley 7575) para diversificar el concepto de servicio ambiental permitiendo que sea propio de actividades privadas o públicas forestal que logra almacenar y que potencie esquemas que no estimulen regresivamente la distribución del ingreso.</p> <p>Pago por mitigación de carbono al bosque a costo de oportunidad de manera neta, progresiva, sistemática y continua en función del costo de oportunidad real por hectárea dedicada a actividades de mitigación, compensación o fijación de CO<sub>2</sub> e.</p> <p>Creación del pago por mitigación de carbono a toda actividad, pública o privada, que permita la mitigación verificada de reducción de emisiones de GEI, sea por cambio modal de transporte o por sustitución de energía fósil por energía renovable verificables, por creación de nuevos sumideros que sean favorables al ambiente y los objetivos sociales.</p>

Fuente: CIESA, 2008

### 4.3 Opciones de Mitigación de GEI hacia la Neutralidad de Carbono al 2021

Las proyecciones por escenario económico del consolidado de emisiones de GEI para Costa Rica que permiten realizar un análisis sobre implicaciones económicas, barreras y oportunidades de políticas sectoriales así como consideraciones socioeconómicas y ambientales de cara a la mitigación y avance hacia la neutralidad de carbono, congruente con el análisis de intensidad energética y, con los resultados obtenidos sobre la Evaluación de Necesidades Tecnológicas de Mitigación de Emisiones GEI.

Lo anterior, usando una metodología similar<sup>14</sup> a la definida en la PCN, para resumir la actividad productiva y de manera consistente con las recomendaciones del IPCC, se utilizó el PIB de Costa Rica, el cual mide el valor a precios de mercado de la producción agregada de un país durante un periodo de tiempo, regularmente un año.

Los resultados indican que la participación relativa histórica y proyectada del consumo de energía según fuente, para el escenario base muestra que los hidrocarburos, han venido ganando terreno y se proyecta que la economía nacional requerirá que poco más del 60% de la energía total, provenga de hidrocarburos. La energía eléctrica, ha venido creciendo en su contribución relativa y se estima que contribuirá con cerca del 21%. La biomasa tenderá a perder importancia, conforme la economía crezca, y se haga más escasa la leña asociado además con el límite natural del uso de suelo y de las áreas de recolección de biomasa, en las cuales salvo las áreas protegidas y suelos en categoría en las cuales no pueden deforestarse por sus gradientes, quedan mínimas alternativas de suplir leña e incrementar otra biomasa (produ-

tos de café, azúcar, otros), como se ha realizado tradicionalmente.

Con relación a la neutralidad de carbono, es relevante considerar el crecimiento que está teniendo la contribución relativa de energía fósil y la electricidad, a expensas de la biomasa. Esto se asocia con la importante demanda de energía de hidrocarburos y la producción lo cual puede explicarse por los coeficientes de elasticidad de ambos tipos de consumo de energía con respecto a la producción o ingreso del país (PIB), para el caso del consumo de energía fósil su coeficiente es de 1,131, mientras que el consumo de electricidad es de 1,153 en el largo plazo, indicando que ambas responderán de forma importante ante el crecimiento de la producción.

Esta estructura energética ofrece una importante demanda de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>e por lo que requiere de un importante contingente de alternativas u opciones de mitigación de emisiones.

La economía de Costa Rica ha venido disminuyendo y estabilizando su intensidad energética (energía/PIB), de poco más de 8 TJ por millón de dólares (del 2005) de PIB a finales de los ochenta, hasta cerca de 6. 5 TJ/millón de dólares (del 2005) de PIB en el 2006. De acuerdo con el Cuadro 4.11 los modelos pronostican una relativa estabilidad de esa intensidad, ubicándose en el 2012 en 6,34; 6,343 y 6,35 para el escenario bajo, base y alto, respectivamente. La tasa de crecimiento proyectada de esta intensidad es relativamente baja y no sobrepasan el 0.55%.

Cuando se desagrega esta intensidad en sus componentes por fuente energética, se encontró que la intensidad fósil, está levemente incrementándose pasando de cerca de 4 TJ/millón de USD (2005) de PIB a cerca de 4,50, 4,58 y 4,66 TJ/millón de PIB (USD 2005) para el 2021, según sea el escenario bajo, base o alto respectivamente. Esta información evidencia

<sup>14</sup> Véase: PCN. 2000 y Adamson M. 1999; así como Manso y De Ford (2007).

dos hechos inseparables: Un importante reto y restricción por resolver, al ser el sector de energía fósil, claramente el principal emisor, y al considerarse que la economía nacional se ha adaptado y no responde a los precios de los

hidrocarburos y; una gran oportunidad para la identificación de proyectos de mitigación con objeto de lograr la neutralidad, pues el grueso de estas emisiones provienen del consumo de energía fósil utilizada en transporte.

Cuadro 4.6: Costa Rica. Intensidades energéticas de combustibles fósiles históricas y proyectadas según escenario de crecimiento de la producción (TJ/PIB en millones de USD del 2005)

	Año	Histórico	Bajo	Base	Alto
<b>Historia</b>	1990	3,58			
	1996	4,22			
	2000	4,17			
<b>Proyecciones</b>	2010		4,31	4,33	4,35
	2020		4,48	4,56	4,63
	2021		4,50	4,58	4,66
	2030		4,66	4,80	4,94
<b>Tasa de crecimiento promedio interanual</b>	1991-2000	1.56%	0,62%	0,66%	0,69%
	2001-2010		0,39%	0,52%	0,64%
	2011-2020		0,39%	0,52%	0,64%
	2021-2030				

Fuente: Elaborado por M.Adamson (datos históricos del MINAE y BCCR)

Un importante hallazgo, desde el punto de vista de análisis de oportunidades y políticas de mitigación sectorial, es que la intensidad de energía eléctrica (por millón constante de PIB) es creciente. Esta se ubicó en 1988 en 1,2 TJ/millón de USD (2005) de PIB, ya para el 2006 se ubicó en 1,3 TJ/millón de USD (2005) de PIB y, los modelos indican que para el 2021 habrá crecido a 1,47, 1,48 y 1,50 TJ/millón de USD (2005) de PIB, según el escenario sea el bajo, base o alto respectivamente.

Del análisis sectorial, para la definición del portafolio de mitigación y la búsqueda hacia la meta nacional por la neutralidad de carbono, es imprescindible considerar que la economía nacional requiere aumentar sustancialmente la velocidad a la que crece la intensidad de energía eléctrica y simultáneamente reducir la intensidad de energía fósil. A la luz de los resultados y cuantificaciones previas, se identifica al sector hidroenergético con alto potencial para posibilitar la mitigación de GEI a través de la sustitución de energía fósil (emisora de GEI) por hidroenergía, teniendo en cuenta su vulnerabilidad al cambio climático.

El sector de hidroenergía cuenta con ventajas comparativas importantes, resultado de condiciones endógenas (amplia dotación de recurso y potencial hídrico nacional, experiencia, otros); pero también ha presentado en el pasado restricciones en particular en términos de generación y utilización de su capacidad instalada. Así, en términos del portafolio, es relevante que el Plan de Expansión de Electricidad del ICE potencie la generación hidroenergética para que se genere una significativa mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero que potencien la neutralidad de carbono nacional. De otra forma, será muy poco probable que el país logre la meta de neutralidad.

Además, el Plan de Expansión de Generación Eléctrica deberá diversificarse. La hidroenergía muestra un costo financiero relativo bajo (has-

ta de \$0,2/KWh si se realiza con inversión con costos hundidos). Sin embargo, esos costos financieros no incorporan el costo económico creciente por vulnerabilidad asociada al cambio global que alterará los regímenes hídricos e impactará la infraestructura de generación hidroeléctrica. La inclusión de este costo en el costo marginal de largo plazo, vendría a diversificar el portafolio por fuente de capacidad de generación nacional, tornándola menos concentradora de riesgos y por tanto minimizando su vulnerabilidad al cambio global.

La biomasa como fuente energética, y desde el punto de vista de la neutralidad, será una oportunidad siempre y cuando la misma sea regenerada el año siguiente, de forma que se tenga un balance anual de emisiones y fijación. Sin embargo, el limitante en este sentido está en la restricción física de tierras arables que vive actualmente el país, salvo por incrementos sustitutivos en los rendimientos de cultivos y, por correspondencia en biomasa residual aprovechable. Costa Rica no presenta potenciales relevantes alternativos para lograr un incremento en la intensidad energética de la biomasa por millón constante de PIB. Pese a que existen casos de ingenios que han logrado dicho aprovechamiento, se han generado barreras para la incorporación de los excedentes en el sistema de distribución eléctrico nacional.

El potencial de biomasa, debería provenir de un incremento de rendimientos que no vaya a generar más emisiones por uso de fertilizantes ( $N_2O$  por ejemplo en cultivos de caña de azúcar), pues de otra forma aunque se incremente esta intensidad el efecto no será el óptimo en el resultado neto en mitigación de emisiones. De suerte que las posibilidades están más del lado del crecimiento de fuentes de leña. Sin embargo, esta usualmente proviene residualmente de áreas de cultivos permanentes como el café que son desplazados por el proceso de urbanización. Esta intensidad energética en Costa Rica tiende hacia la reducción, tal y como ha sucedido en

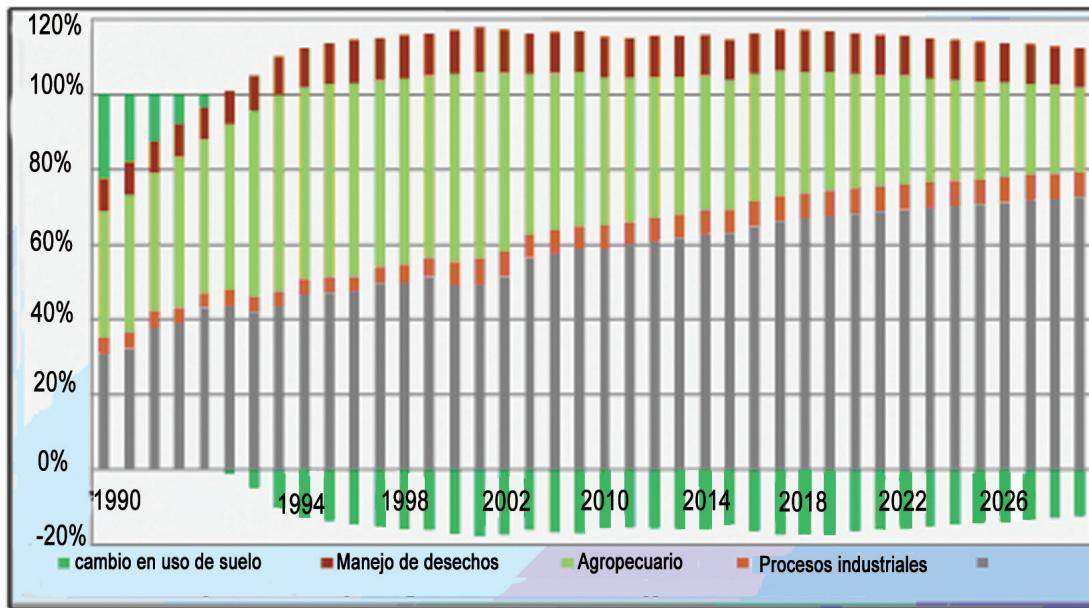
los países desarrollados, salvo que se transforme en una actividad rentable por sí misma.

Algunas consideraciones, restricciones, limitaciones y barreras que enfrenta Costa Rica desde el punto de vista social y económico en relación con sus emisiones de GEI por sector y que es necesario considerar para avanzar hacia la Neutralidad de Carbono, son las siguientes:

- a) En la década del 90 y primera mitad del 2000, las emisiones relativamente se estacionaron debido a los ciclos de recesión y recuperación económica. La situación cambia a partir de finales del 2006, conforme la economía ha acelerado su crecimiento, la demanda de energía fósil se ha intensificado elásticamente respecto al PIB, consecuentemente también las emisiones de GEI del país.<sup>15</sup> Esto representa una importante barrera a superar en términos de las opciones de mitigación que tiene el país.
- b) El escenario base indica que con un crecimiento de línea base (4% del PIB) en términos netos, para el 2021 el país estaría duplicando las emisiones que generó en el 2000, ubicándose en poco más de 18 mil Gg de CO<sub>2</sub>e. Esta emisión ya contabiliza o incorpora el efecto neto de la absorción y fijación producto del bosque resultante del cambio de uso del suelo. Si la economía creciera al 5% anual, dichas emisiones se incrementan aproximadamente en 2,5 mil Gg y, si la economía creciera solo en un 3%, las emisiones se reducirían cerca de 2 mil Gg. Esto refleja la barrera de intensidad y elasticidad de energía fósil de la economía nacional: a mayor crecimiento de la producción mayor respuesta proporcional en las emisiones.

<sup>15</sup> Por ejemplo en el 2007 la tasa de crecimiento del PIB fue poco más del 6%.

Figura 4.2: Costa Rica. Distribución relativa de las emisiones netas totales de CO<sub>2</sub>e, por sector



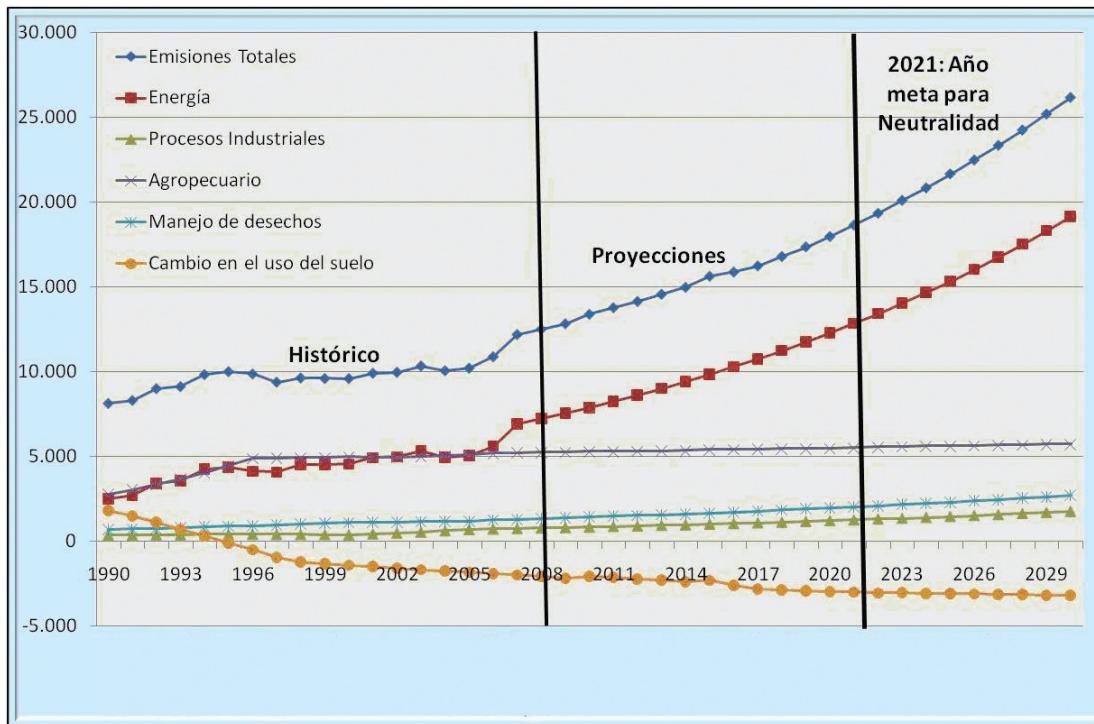
Fuente: Elaborado por M. Adamson , CIESA (datos históricos del MINAE ) para la SCN-IMN- MINAE

En términos económicos, lo anterior implica que las emisiones presentan rendimientos a escala creciente respecto al PIB (un crecimiento en 1% en el PIB se ve reflejado en un crecimiento mayor en las emisiones, aproximadamente un 1.14%), por lo que se deduce que los aumentos en la producción están requiriendo incrementos proporcionalmente mayores en energía fósil y, el uso de una tecnología productiva intensiva en emisiones GEI se ve incentivada de diversas formas por la ausencia de políticas públicas que promuevan el uso de tecnologías poco

intensivas en emisiones GEI y reduzcan las tecnologías intensivas en estas emisiones. Existe limitada disponibilidad de tecnologías a base de fuentes energéticas con costos relativos menores o iguales a los fósiles.

El sector productivo y el sistema social hace un uso cada vez más agresivo de energía fósil a pesar de los esfuerzos realizados para la generación hidroeléctrica así como en menor medida, las fuentes eólica y geotérmica.

Figura 4.3: Costa Rica. Emisiones totales netas, escenario base: histórico y proyecciones (Gg)



Fuente: Elaborado por M. Adamson con base en el desarrollo de modelos econométricos para energía de escenarios incluye el uso de parámetros previstos por proyecto de Cambio Climático, IMN, MINAE, PNUD, GER y OCIC.

La Figura 4.3 presenta la trayectoria estimada de emisiones por sector para el escenario base. Se observa el correspondiente crecimiento esperado en las emisiones del sector energético, y la relativa estabilidad en los niveles de emisión del resto de sectores con las exigencias que esto representa para la neutralidad nacional de carbono.

Si Costa Rica define como un concepto de neutralidad el mantener los niveles de emisión logrados en el 2000, por ejemplo (cerca de 10.000 Gg), significa que tendría que tener un portafolio de políticas económico-ambientales y proyectos resultantes tendientes a reducir de

manera paulatina de 2.000 Gg/año hasta cerca de 8.000 Gg/año en el 2021.

Si el concepto de neutralidad significa cero emisiones netas, esto implica una variedad de opciones o esfuerzos de mitigación apoyados en el establecimiento de políticas y proyectos que permitan reducir desde las 12.000 Gg/año hasta cerca de 18.000 Gg/año en el 2021. Puntualizando los esfuerzos del país en superar las barreras asociadas a la intensidad de la economía a la energía fósil y tomando en cuenta el factor limitante de tierras adicionales que enfrenta el país ya sea para reforestar o regenerar nuevos bosques.

En ese sentido, la alternativa y opciones de mitigación para lograr la neutralidad claramente no radica en limitar las posibilidades de crecimiento de la producción (PIB). Evidentemente, Costa Rica no es por mucho un contribuyente importante en el contexto internacional de emisiones de GEI, lo cual se ve reflejado al no estar en la lista de países Anexo I del Protocolo de Kyoto. Por otro lado, el país aún presenta variadas e importantes necesidades que atender de cara a su desarrollo humano, como la reducción de pobreza, habitacionales, de salud, infraestructura, educación, entre otras.

Desde el punto de vista de la internalización económica, Costa Rica ha recibido un muy limitado reconocimiento monetario por parte de países desarrollados que están obligados a reducir sus niveles de emisión según el Protocolo. Esto en parte se debe a que los proyectos que se promovieron en el pasado se presentaron como Iniciativas de Implementación Conjunta (IC), y a que las nuevas alternativas abiertas a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), generan oportunidades en el tanto se cuente con una escala o tamaño relativamente grande de proyectos en términos de mitigación de emisiones en los cuales los costos de transacción (determinación, línea base, factibilidad y verificación) no los hagan prohibitivos, y donde los ingresos percibidos por la mitigación, hagan la diferencia entre realizar o no el proyecto.<sup>16</sup>

Lo anterior ha conducido a que el país haya financiado sus esfuerzos en esta materia, como el PSA, principalmente por medio de endeudamiento público, utilizando para el servicio de esa deuda recursos provenientes de impuestos pagados por los costarricenses (en este caso

provenientes del selectivo de hidrocarburos). Lo anterior contrasta con el hecho de que los beneficios de la fijación de emisiones GEI los reciben todos los países globalmente (es, por tanto, una externalidad positiva global). En términos económicos, Costa Rica ha internalizado –asumido- los costos pero ha socializado globalmente los beneficios económicos generados de esas medidas de reducción de emisiones, y otras metas que busca mediante el PSA.

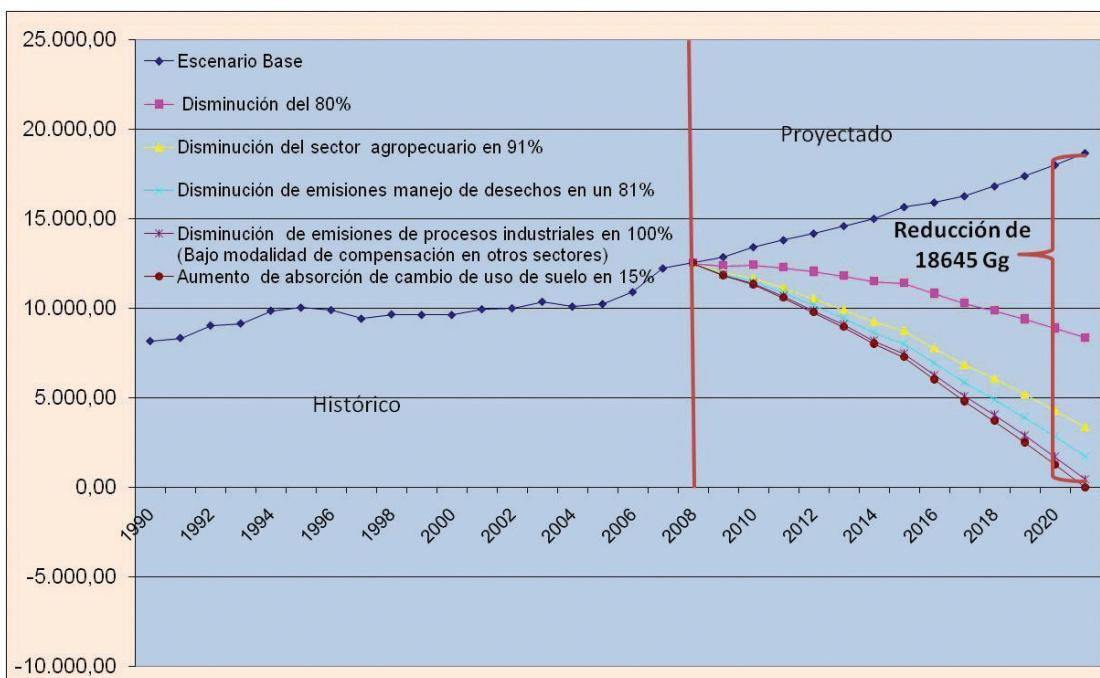
Razón por la cual, el reto consiste en lograr generar y alinear políticas económico-ambientales con una estrategia internacional de neutralidad de carbono que permita financiar como proyecto demostrativo al país, y que conjuntamente coadyuve e incentive de manera paulatina y progresiva la sustitución energética y el parque tecnológico productivo. Sobre este aspecto se profundizará en el apartado sobre “Necesidades Tecnológicas en relación con relación a la Miti-gación al Cambio Climático en Costa Rica”.

#### *4.3.1 Opción de Mitigación A: Cuñas (o esfuerzos de mitigación, conocidas en el argot técnico, como wedges) y logro de neutralidad de carbono para el 2021.*

La opción A se caracteriza porque Costa Rica podría llegar al 2021 con una reducción acumulada de 18.645 Gg, esto, logrando C-neutralidad por medio de disminuciones acumuladas en los porcentajes de emisión de los distintos sectores. La opción A constituye una reducción o mitigación de emisiones de 81% en el sector fósil; un 91% en el sector agropecuario; 81% para el manejo de desechos; 100% procesos industriales y un incremento de fijación del 15% en el sector de cambio de uso de suelo. Estos porcentajes de reducción serían las metas a cumplir para el año 2021 para obtener una reducción del 100% en las emisiones de CO<sub>2</sub>, dada la fijación que realiza el sector de cambio uso de suelo (Figura 4.4).

<sup>16</sup> La definición de adicionalidad seguida para la evaluación en los proyectos de MDL ha sido restrictiva, limitándose a considerar que no puede existir un proyecto que mitigue y sea rentable aún sin el componente de venta de las reducciones de emisión. Esto evidentemente, limita y crea un incentivo perverso, para el desarrollo de tecnologías para mitigación, y por otro, restringe a un estrecho rango de proyectos que puedan desarrollarse.

Figura 4.4: Opción de Mitigación A: Wedges para el logro de neutralidad de carbono al 2021



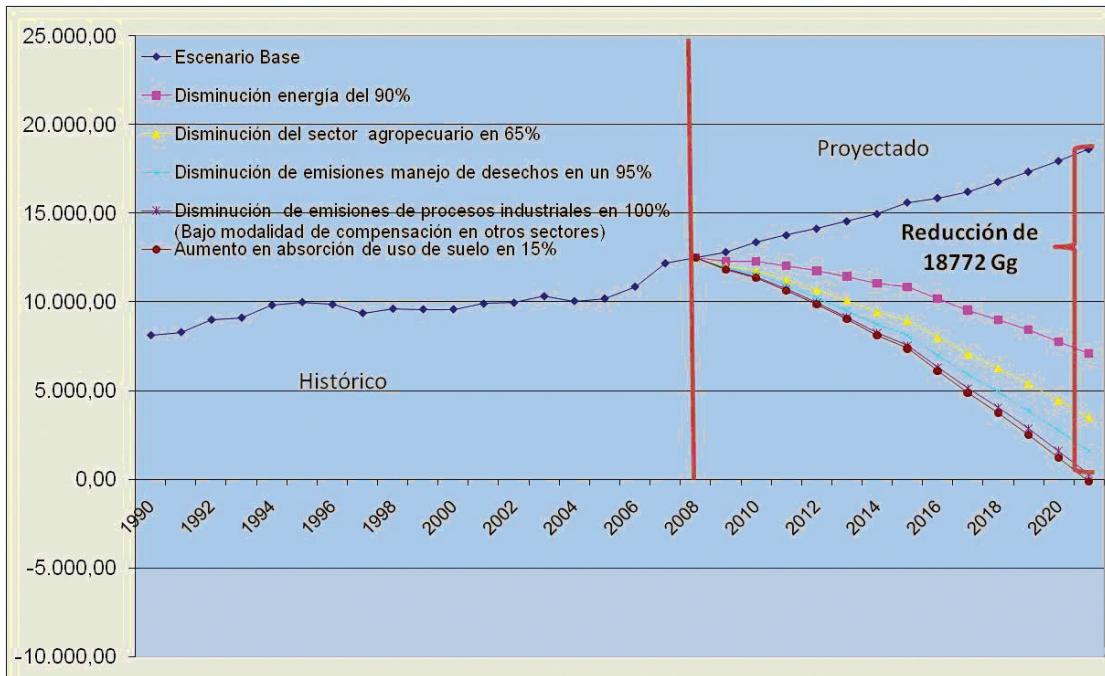
Fuente: Elaborado por M. Adamson CIECSA para la SCN-IMN-MINAE-PNUD-GEF,-2008

#### 4.3.2 Opción de Mitigación B: Cuñas o wedges y logro de neutralidad de carbono para el 2021

Para la opción B, las metas de reducción en el año 2021 serían de un 90% en el sector fósil; 65% en el sector agropecuario; 95% para

el manejo de desechos; 100% en procesos industriales y un cambio de uso de suelos en un incremento de fijación del 15% (Figura 4.5).

Figura 4.5: Opción de Mitigación B: Wedges para el logro de la neutralidad de carbono en Costa Rica al 2021.



Fuente: Elaborado por M. Adamson CIECSA para la SCN-IMN-MINAE-PNUD-GEF, 2008

#### 4.3.3 Opción de Mitigación C: Cuñas o wedges y logro de neutralidad de carbono para el 2021

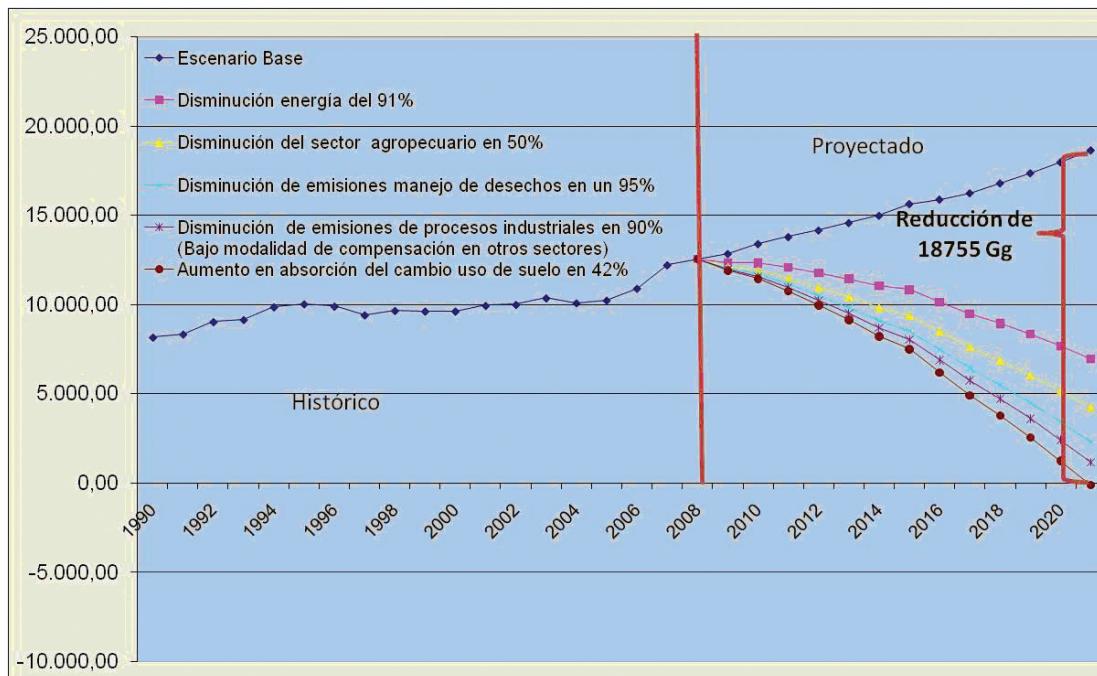
En la opción C, las metas de reducción acumuladas al 2021 para lograr la neutralidad de carbono son 91% en el sector fósil; 50% para el sector agropecuario; 95% manejo de desechos; 90% en procesos industriales y un incremento de fijación en el sector de cambio de uso de suelo de 42% (Figura 4.6).

Los esfuerzos para el logro de cualquiera de las opciones de neutralidad de carbono son significativos, tanto en términos de reducción de energía fósil, como en tecnología asociada no carbono intensiva. Los mismos, no se obtendrán sin una política de internalización y otras

medidas sugeridas en la Propuesta de Políticas por sector IPCC para incentivar procesos de cambio sectoriales.

Para lograr las metas, el país requerirá de un apoyo sostenido y coherente lo que demandará prioridades y recursos, con la claridad política de que el costo de no hacerlo puede ser mucho mayor. La descarbonización de la socio economía nacional potenciará los ecosistemas, podrá generar recursos económicos para permitir simultáneamente la reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático y, diversificará las fuentes energéticas premiando las limpias, lo cual dará capacidad de reacción ante los efectos que el cambio climático tendrá sobre el régimen hídrico y la generación.

Figura 4.6: Opción de Mitigación C: Wedges y logro de neutralidad al 2021



Fuente: Elaborado por M. Adamson CIECSA para la SCN-IMN-MINAE

Si la política de internalización se logra efectuar, los consumidores podrán tener alternativas de calidad para el transporte intensivo en energía limpia, convirtiéndose en defensores de la Neutralidad de Carbono y; potenciará la distribución de ingreso en sectores productivos como se indica en las propuestas de políticas.

La Política de Neutralidad de Carbono planteada por Costa Rica es un reto desafiante. En sí misma ofrece valiosas oportunidades para el desarrollo económico, ambiental y social del país. El costo de no proceder, según estimaciones y reportes internacionales, muestran que pueden ser significativamente mayores que el de actuar desde ahora, generando las holguras y capacidades nacionales para lograr generar una sociedad y una economía descarbonizada y neutral.

Se beneficiarán las actividades privadas locales (turismo, industria, productos c-neutros, otros.). Los Organismos Internacionales como el GEF, Banco Mundial, PNUD, están llamados a potenciar y financiar esta visionaria búsqueda de la neutralidad de carbono con una mayor decisión. El mundo necesita observar que un país en vías de desarrollo puede ser neutral en sus emisiones de carbono, pues cerca de las tres cuartas partes de las nuevas emisiones de GEI en el Planeta provendrán de estos países. En este sentido, es importante que se puedan aprovechar esquemas de internalización global como el MDL y entablar marcos de colaboración tecnológica, por ejemplo en el área de transporte descarbonizado con países estratégicos.

#### 4.4 Mecanismo de Desarrollo Limpio

Costa Rica participó activamente en la fase piloto de actividades de Implementación Conjunta, desarrollando nueve proyectos, de los cuales 4 eran proyectos de energía renovable (hidro y eólico), 4 proyectos forestales y un proyecto de aguas servidas en beneficios de café.

Posteriormente, con la evolución de los mecanismos de flexibilidad, surge el Mecanismo de Desarrollo Limpio, como la opción de reducción de emisiones en los países desarrollados y un nuevo canal de asistencia

financiera, inversión en programas de desarrollo sostenible y transferencia de tecnología para los países en desarrollo.

Costa Rica cuenta en la actualidad con seis proyectos registrados bajo el régimen MDL y tres proyectos en proceso de validación.

En el cuadro 4.7 se presentan los proyectos incluyendo la reducción potencial de emisiones.

Cuadro 4.7: Proyectos registrados bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio

Proyecto	Status	Tipo	Reducción potencial de emisiones en el primer período ktCO <sub>2</sub> e/año	Fecha de inicio
Utilización del gas de relleno sanitario de Río Azul	Registrado	Gas de relleno	156,08	18 agosto 2004
Proyecto Hidroeléctrico Cote	Registrado	Hidro	6,43	01 abril 2003
Proyecto Hidroeléctrico La Joya	Registrado	Hidro	38,27	25 septiembre 2006
Proyecto eólico Tejona	Registrado	Eólico	12,6	01 enero 2003
Uso de residuos de biomasa en la planta de producción de cemento (Cemex)	Registrado	Energía biomásica	42,04	05 junio 2008
Switching of fuel from coal to palm oil mill biomass waste residues at Industrial de Oleaginosas Americanas S.A. (INOLASA).	Registrado	Energía biomásica	38.21	30 noviembre 2007
Guanacaste Wind Farm	En validación	Eólico	91,09	01 enero 2009
Los Mangos landfill gas capture and flaring project	En validación	Gas de relleno	49,27	01 abril 2009
Proyecto Hidroeléctrico El General	En validación	Hidro	54,91	01 julio 2009

Fuente: OCIC,2009

## CAPÍTULO 5

### Evaluación de la vulnerabilidad, efectos del cambio climático y medidas de adaptación

El principal reto de adaptación al cambio climático es entender y caracterizar la vulnerabilidad, mientras se asegura que las medidas y políticas de adaptación tomadas son compatibles con las metas del desarrollo sustentable. Este proceso debe ser económicamente eficiente y las opciones deben ser diseñadas para contribuir al máximo con los objetivos del bienestar económico nacional. La adaptación también debe ayudar a avanzar en las metas sociales y debe ser ambientalmente sustentable.

Costa Rica es un país vulnerable a eventos extremos del clima. Condiciones hidrometeorológicas extremas han causado daños y desastres en diversos sectores socioeconómicos del país. La caracterización del clima, la variabilidad y el cambio climático, constituyen un aporte importante para la comprensión de la situación actual y las proyecciones que fortalecen el diseño de una Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático.

#### **5.1 Regionalización climática de Costa Rica**

La interacción de factores geográficos locales, atmosféricos y oceánicos son los criterios principales para regionalizar climáticamente el país. La orientación noroeste-sureste del sistema montañoso divide a Costa Rica en dos vertientes: Pacífica y Caribe. Cada una de estas vertientes, presenta su propio régimen de precipitación con características particulares de distribución espacial y temporal (Manso et al 2005).

Los dos regímenes de precipitación, la disposición montañosa, junto con los vientos predominantes y la influencia de los océanos, permiten diferenciar siete grandes regiones climáticas Pa-

cífico Norte, Pacífico Central, Pacífico Sur, Región Central, Zona Norte, Región Caribe Norte y Región Caribe Sur.

Actualmente, la mayor parte de las “líneas base climáticas” se construyen a partir de los registros del período normal 1961-1990. El análisis de la variabilidad climática de estos períodos base permite detectar tendencias, fases de oscilación de largo período e incluso cambios climáticos que se estén sucediendo (DINAMA 2005, Sinha y De 2003).

La línea base (LB) para Costa Rica se desarrolló para el período 1961-1990, a nivel anual y mensual. La información se obtuvo de la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

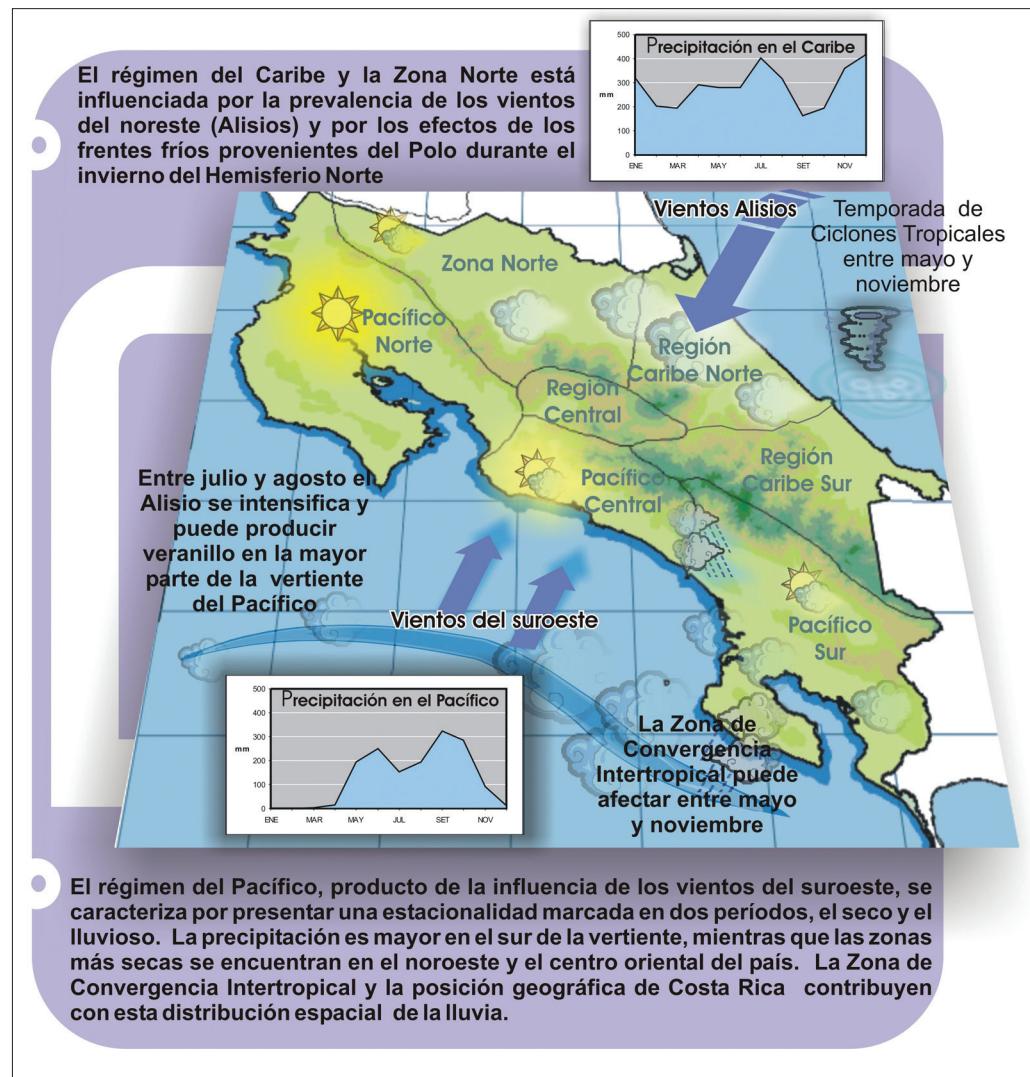
La LB se caracterizó por región climática del país, con la única particularidad que la Región Central fue dividida en el Valle Occidental y el Valle Oriental. Se utilizaron las unidades fisiográficas estructurales propuestas por Bergoeing (1998) como punto de partida para la división del país por regiones y para explicar la variación de la lluvia de cada una. Se analizó el valor promedio y los diferentes rangos de variabilidad de precipitación a nivel anual y mensual. Se estimó la magnitud de los cambios en precipitación anual, días con lluvia, temperatura máxima y mínima, durante eventos extremos y la influencia que presentan las fases de ENOS sobre éstos.

Como parte del análisis de la LB, se caracterizaron algunos eventos extremos propios de la variabilidad climática. Se utilizó el registro de eventos del Boletín Meteorológico mensual del IMN, con un registro de 1980 al 2006, para

identificar los principales tipos de fenómenos meteorológicos y relacionarlo con la precipitación registrada en las diferentes estaciones de análisis, durante eventos extremos.

En la figura 5.1 se presenta la caracterización climática de Costa Rica.

Figura 5.1 Caracterización climática de Costa Rica



Fuente: IMN, 2009

## 5.2 Eventos extremos en Costa Rica

Para realizar el análisis de los eventos extremos en Costa Rica, se conceptualiza el “evento” como una situación de emergencia donde un fenómeno hidrometeorológico frecuente o no, causa alteraciones significativas en el estado del tiempo o clima de alguna zona y cuyas conse-

cuencias son impactos negativos importantes en actividades sociales o productivas. En el Cuadro 5.1 se observan algunos fenómenos meteorológicos que pueden causar eventos extremos en precipitación y temperatura si su magnitud es lo suficientemente fuerte y si los sistemas impactados, son vulnerables a estos cambios.

Cuadro 5.1: Algunos fenómenos meteorológicos causantes de eventos extremos en Costa Rica.

FENOMENOS METEOROLOGICOS GENERADORES DE EVENTOS EXTREMOS			EFFECTOS EN EL CLIMA	IMPACTOS
FENOMENOS DE VARIABILIDAD CLIMATICA	FENOMENOS ESTACIONALES	FENOMENOS POCO FRECUENTES		
Escala evolutiva años y décadas	Escala evolutiva días	Escala evolutiva horas		
El Niño Oscilación Sur ENOS	Ciclones	Granizadas		
Oscilación Atlántico Norte NAO	Tormentas tropicales	Tornados		
Oscilación Decadal del Pacífico PDO	Ondas tropicales	Olas de calor		
Oscilación mayo-junio Madden-Julian	Depresiones tropicales	Grandes bancos de neblina en lugares normalmente despejados		
	Sistemas de bajas presiones	Escarcha y congelamiento de espejos de agua		
Oscilación Ártica AO	Vaguadas			
	Frentes fríos			

Fuente: IMN, 2009

Con respecto a los Cuadros 5.2 y 5.3 presentan información sobre los cambios en magnitud de

lluvia y temperatura durante un año extremo seco y lluvioso sin importar el fenómeno que lo haya causado.

**Cuadro 5.2:Características de los eventos secos extremos en Costa Rica.  
Estimación anual.**

Región	Eventos Extremos Secos				
	Promedio lluvia (mm.)	Reducción % y (mm.)	Reducción días con lluvia	Aumento en máxima (°C)	Aumento en mínima (°C)
Pacífico Norte	1481	26 (528)	26	1.2	1.0
Pacífico Central	2715	22 (772)	21	0.2	0.7
Pacífico Sur	2949	20(744)	32	1.5	1.2
Valle Occidental	1718	26 (604)	18	1.0	1.3
Valle Oriental	1290	23 (385)	26	1.2	1.4
Zona Norte	2437	25 (810)	21	1.2	0.6
Caribe	2412	27 (731)	13	1.4	1.0

Fuente: IMN, 2009

**Cuadro 5.3:Características de los eventos lluviosos extremos en Costa Rica  
Estimación anual**

Región	Eventos Extremos Lluviosos				
	Promedio lluvia (mm.)	Aumento % y (mm.)	Aumento días con lluvia	Reducción en máxima (°C)	Reducción en mínima (°C)
Pacífico Norte	2546	27 (538)	22	1.2	1.6
Pacífico Central	4537	31 (1050)	26	0.7	0.5
Pacífico Sur	4470	23 (777)	9	0.3	0.6
Valle Occidental	2967	27 (645)	18	0.7	0.9
Valle Oriental	2185	32 (510)	12	1.2	1.3
Zona Norte	3939	23 (692)	21	1.1	1.2
Caribe	4248	40 (1105)	27	0.9	0.7

Fuente: IMN, 2009

En promedio para Costa Rica, un evento climático extremo, representa un aumento de un 29% o una disminución de un 24% del total anual de la lluvia, cuya distribución también se ve alterada. Se puede reducir o aumentar hasta en 3 semanas la cantidad de días con lluvia. Durante eventos secos extremos se puede experimentar un aumento de 1,1 y 1,0 C en la temperatura máxima y mínima, respectivamente. Mientras tanto, durante eventos lluviosos, la máxima puede disminuir en 0,8 C, y la mínima 0,9 C. Estos umbrales coinciden en la mayoría de los casos, con impactos negativos en algún sector social o productivo del país. Estos valores anuales se componen de una serie de alteraciones mensuales que, dependiendo del fenómeno que las causa, pueden presentarse en diferentes momentos del año.

Normalmente, años lluviosos extremos indican la presencia de eventos ciclónicos que han impactado al país en el curso de semanas o días. Igualmente, un año seco en extremo, puede reflejar un período seco extendido a escala estacional o incluso a nivel de meses. En el Cuadro 5.4 se presentan algunos ejemplos de señales

de eventos de escala mensual o diaria, evidenciados en la precipitación anual.

Los frentes fríos son los fenómenos que más lluvia aportan al promedio de precipitación anual en Costa Rica (mayor a un 14%). Se dan con mayor frecuencia entre noviembre y marzo, afectando principalmente el Valle Oriental de la Región Central, la Zona Norte y la región Caribe. Los sistemas de baja presión pueden aportar más de un 12% a la lluvia anual afectando principalmente el Pacífico Norte, Pacífico Central y el Valle Occidental de la Región Central de Costa Rica. Los ciclones tropicales (efectos indirectos de huracanes), aportan en promedio un 9% de la lluvia anual, afectando todo el país, con excepción del Caribe. Se produce el mayor efecto en el Pacífico Norte y Central. En el Cuadro 5.5 se presentan algunas características de fenómenos meteorológicos asociados a eventos extremos. Por su distribución, frecuencia y aporte, tienen altas probabilidades de generar grandes eventos extremos.

Cuadro 5.4: Eventos extremos en Costa Rica y su relación con valores anuales de precipitación

Año	Estación	Lluvia anual (mm.)	Diferencia respecto promedio (%)	Eventos asociados	Impacto
1954	Coto 47	5118	+25	Evento La Niña desde abril. Efecto indirecto de huracanes Dolly y Hazel entre agosto y octubre	Inundaciones en Ciudad Cortés . 500 familias damnificadas
1959	Pacayas	1799	-20	Déficit de lluvias desde agosto hasta noviembre.	₡16 millones de pérdidas por sequía en Cartago
1969	San Vito	3005	-19	Evento El Niño durante todo el año	Pérdida de ₡5 millones en arroz
1970	Limón	5681	+71	Frentes fríos en diciembre.	Inundaciones en el Caribe
1992	Nicoya	1329	-37	Evento El Niño desde enero y hasta julio. A finales de año reaparece el calentamiento de aguas	Retraso de la época lluviosa. Sequía en Guanacaste y Pacífico Central.
1995	Barranca	2485	+27	Evento La Niña desde agosto. Paso de huracanes Orin, Opal y Roxanne	Fuertes precipitaciones en el pacífico de Costa Rica. Inundaciones.
1997	San José	2362	-33	Evento de El Niño desde abril de 1997 hasta junio de 1998	Sequía en la mayor parte del país. Desabastecimiento de agua potable
1998	Monteverde	3345	+35	Huracán Mitch en octubre. Un evento El Niño que inició en 1997 finaliza en junio y luego inicia un evento La Niña	Pérdidas en agricultura por ₡10000 millones (obedecen en gran parte a los daños causados por el huracán Mitch)
2007	Liberia	1351	-58	Evento El Niño desde junio del 2006 y hasta abril del 2007. Déficit de lluvia desde septiembre	Sequía severa en el Caribe Sur.

Fuente: IMN, 2009

Cuadro 5.5: Fenómenos meteorológicos asociados a eventos extremos lluviosos (1980-2006)

FENÓMENO	Número de eventos promedio por año	Aporte a la lluvia anual (%)	Meses de mayor frecuencia	Regiones más afectadas	Tiempo de afectación promedio (días)	Máximo tiempo de afectación (días)
<b>Frente frío</b>	4.4	14.7	De noviembre a diciembre	Caribe, Zona Norte y Valle Oriental.	2.8	8
<b>Baja presión</b>	2.5	12.4	De abril a noviembre	Pacífico Norte, Pacífico Central, Valle Occidental.	2.9	8
<b>Vaguada</b>	1.6	3.0	De marzo a octubre	Región Central, Pacífico Norte, Pacífico Sur, Caribe.	3.3	7
<b>Ciclón</b>	1.4	9.0	De julio a noviembre	Pacífico Central, Pacífico Norte y Zona Norte.	4.0	7
<b>Onda</b>	1.4	2.0	De mayo a octubre	Caribe, Zona Norte, Pacífico Norte, Pacífico Sur, Valle Occidental.	1.7	5
<b>Tormenta</b>	0.5	1.4	De setiembre a octubre	Pacífico Norte, Zona Norte, Valle Occidental.	4.4	8
<b>Depresión</b>	0.2	0.5	De mayo a agosto	Pacífico Norte, Pacífico Sur, Zona Norte.	1.2	2

Fuente: IMN, 2009

Estos fenómenos en conjunto, podrían contribuir con un 43% de la lluvia total anual promedio para Costa Rica.

### 5.2.1 Inundaciones

En cuanto al detonante climático, cualquier fenómeno meteorológico de gran escala puede provocar inundaciones. Sin embargo, a nivel de vertiente, existen fenómenos particulares que pueden tener mayor probabilidad de producir este tipo de eventos siendo los temporales, los disturbios atmosféricos que mayores desastres ocasionan en Costa Rica, seguido por las tormentas locales severas que se presentan en cualquier parte del territorio pero con más frecuencia en la Región Central. Estas tormentas están confinadas a áreas geográficas pequeñas del orden de las decenas de kilómetros cuadrados, son de corta duración, no obstante acumulan grandes cantidades de lluvia en pocas horas.

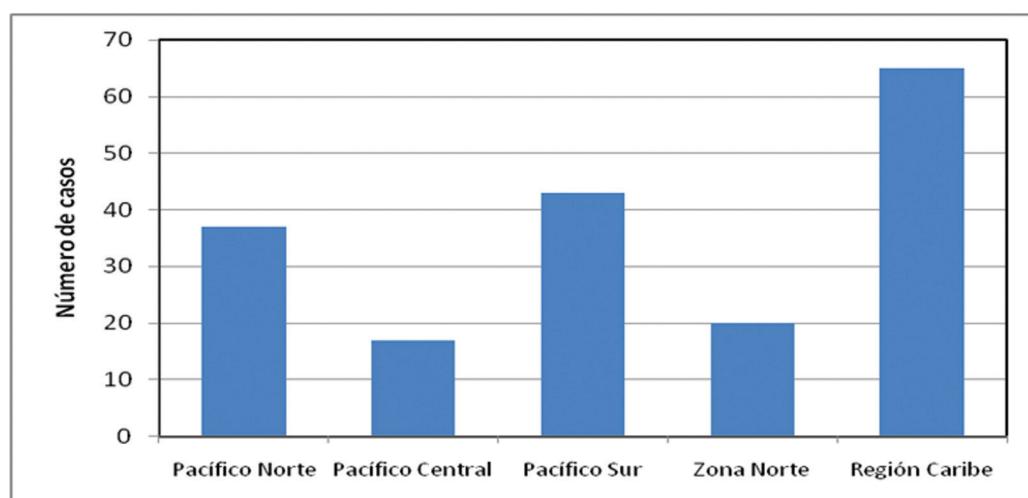
En la Figura 5.2 se resume la frecuencia de eventos de inundación para las cinco regiones analizadas. La región Caribe es la más afectada por número de eventos mientras el Pacífico Central es la menos afectada.

La mayor parte de los eventos que se presentan en la Región Central del país, responden a inundaciones urbanas, que tienen una complicada génesis. La falta de ordenamiento territorial y el manejo de desechos sólidos son generadores de inundaciones durante períodos de lluvia normal, por lo que no corresponden con eventos extremos aún cuando el impacto es evidente (Solano *et al.*, 2002).

### 5.2.2 Sequías

La sequía para Costa Rica se define cuando las precipitaciones anuales se encuentren por debajo de su primer quintil.

Figura 5.2: Frecuencia de inundaciones para cinco regiones climáticas de Costa Rica. 1949–1999

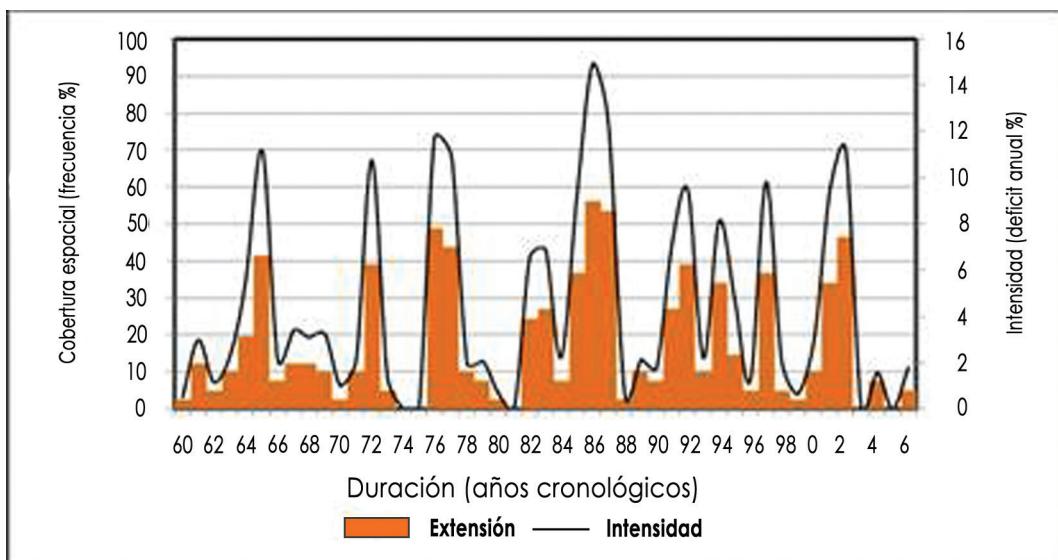


En la Figura 5.3 se resumen las condiciones de sequía intensidad, duración y cobertura espacial para un período 1960-2006 en Costa Rica

La disminución significativa de la lluvia anual en Costa Rica se puede presentar en cualquier región climática, sin embargo, la intensidad varía. Así por ejemplo las sequías son mayores en el norte y noroeste del país, en la zona fronteriza con Nicaragua donde las reducciones sobrepassan el 32% anual. La zona baja del Tempisque y las zonas llanas (pampa Guanacasteca) son la segunda área en cuanto a intensidad de sequías

se refiere. Una tercera área de consideración, se encuentra en el resto del Pacífico Norte, Pacífico Central y el Caribe hacia el sur donde las disminuciones promedio se aproximan al 28%. En el Valle Central, las Llanuras del Norte y el Caribe, se pueden presentar disminuciones promedio del 25% considerados verdaderos eventos extremos. El resto del país, sobre todo en la zona montañosa las reducciones son menores (22%). Hacia el Valle de El General y toda la depresión del río Térraba, se presentan las menores reducciones promedio durante sequías. La sequía a nivel mensual, tiene características

Figura 5.3: Sequías en Costa Rica. 1960-2005



Fuente: IMN, 2009

estacionales que coinciden con lo observado durante años El Niño. Según el IMN, el mes de mayor frecuencia de inicio de un evento El Niño es abril. Bajo su influencia, se puede presentar un atraso en el inicio de las lluvias (mayo) o bien un junio deficitario. El inicio del veranillo es normal, sin embargo, los mayores problemas se observan en el segundo período lluvioso: El veranillo se alarga y los meses de septiembre y octubre no aportan lo esperado. Esto se debe a que durante El Niño la posibilidad de que un huracán afecte nuestro país se reduce a la mitad comparada con eventos La Niña.

### **5.2.3 ENOS, El Niño Oscilación Sur**

ENOS afecta diferencialmente el territorio nacional. Ramírez (1990), Vega y Stoltz (1997), Alvarado (1998), Alvarado y Fernández (2001) concuerdan en que durante ENOS el patrón de vientos se altera por lo que la distribución y cantidad de precipitación en ambas vertientes se altera, lo mismo que la temperatura, sobre todo durante El Niño. Según Retana y Villalobos (2000) y Pereira (2001), cualquiera de las fases de ENOS puede producir condiciones secas, normales o lluviosas con diferente probabilidad de ocurrencia. En aquellas zonas donde existe una alta probabilidad de ocurrencia de un escenario en particular, se dice que ENOS tiene una buena señal. Por el contrario, donde las probabilidades de ocurrencia de varios escenarios climáticos son semejantes, la señal de ENOS es poco clara.

En forma general, la señal de El Niño es más clara que la de La Niña. Durante El Niño existe mayor probabilidad de que toda la vertiente Pacífica y la Región Central de Costa Rica experi-

menten condiciones de secas a secas extremas, mientras que en el Caribe, existe una mayor probabilidad de escenarios lluviosos extremos. La Zona Norte no presenta una señal clara. Durante La Niña, los escenarios lluviosos a lluviosos extremos tienen más probabilidad de ocurrir en toda la vertiente Pacífica, la Región Central y la Zona Norte. El Caribe como lo señalan Pereira (1998), Alvarado (1998), tiene mayores probabilidades de escenarios deficitarios.

En el Cuadro 5.6 se muestran los cambios en precipitación (porcentuales y absolutos) según el escenario climático más probable durante un Niño o una Niña. Además, con base en la información recopilada por Alvarado et al (2007) y Ortíz (2007), se presenta el número de eventos que individualmente contribuyen más con la precipitación anual y que están relacionados con las distintas fases de ENOS. Como lo señala Alvarado (1998), durante La Niña se puede percibir un aumento de la actividad de huracanes en el mar Caribe.

La Niña tiende a presentar condiciones más lluviosas en la generalidad del país. Mucho de este efecto se debe a un aumento del número de eventos que normalmente ocasionan fuertes temporales tanto en el Pacífico como en el Caribe. Por el contrario, durante El Niño, las condiciones son más secas y calurosas debido a un reforzamiento del viento Alisio que evita la penetración del viento suroeste generador de fuertes lluvias en el Pacífico. El siguiente esquema presenta las generalidades que se pueden esperar con mayor probabilidad, para cada una de las vertientes de Costa Rica y para cada una de las fases de ENOS.

Cuadro 5.6: Variación de la precipitación anual durante eventos ENOS y algunos eventos meteorológicos asociados en Costa Rica.

	El Niño	La Niña
Pacífico Norte	-450mm (-26%)	+800mm (+46%)
Pacífico Central	-700mm (-26%)	+1000mm (+28%)
Pacífico Sur	-500mm (-13%)	+1200mm (+34%)
Región Central	-500mm (-23%)	+1200mm (+62%)
Zona Norte	No se define*	No se define*
Región Caribe	+650mm (+18%)	No se define*
Número frentes fríos por evento	2.7	6.1
Número de huracanes por evento	1.2	2.9

Fuente: IMN, 2009

\*Probabilidad semejante para más de tres escenarios, por lo tanto la señal no es clara

Figura 5.4 Comportamiento del Fenómeno La Niña en Costa Rica

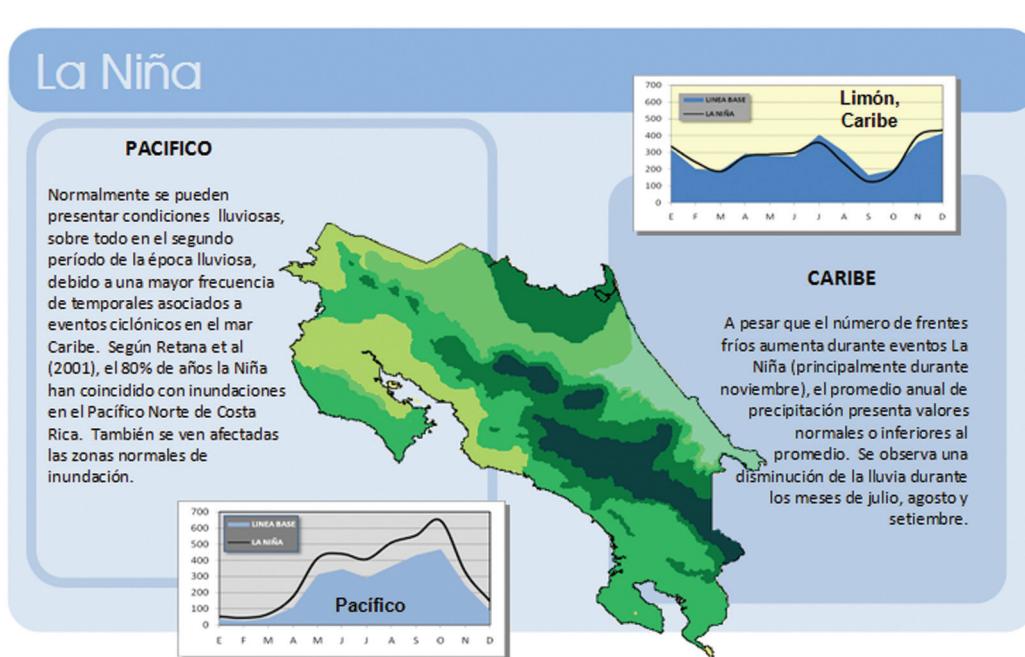
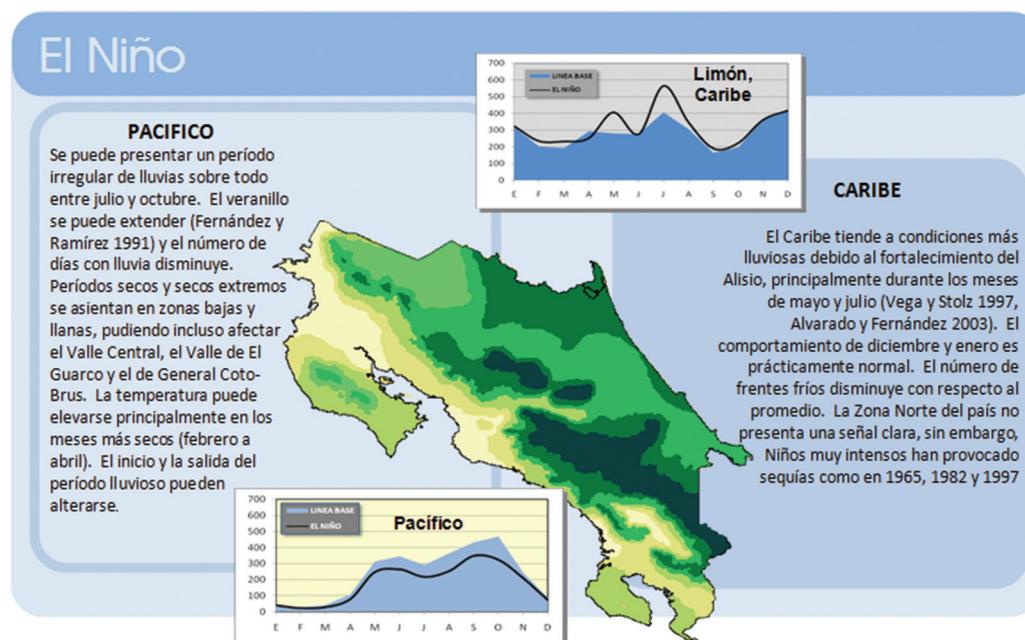


Figura 5.5 Comportamiento del Fenómeno El Niño en Costa Rica



### 5.2.4 Solidificación del agua

Recientemente se han registrado fenómenos de solidificación de agua de lluvia y precipitación

sólida en los mismos puntos donde los registros históricos mencionan la frecuencia de estos fenómenos. Los reportes meteorológicos que los explican se detallan en el Cuadro 5.7

Cuadro 5.7: Reportes sobre precipitaciones sólidas recientes en Costa Rica

Fecha	Fenómeno	Reporte meteorológico del IMN	Fuente
24/01/02	Precipitación sólida en forma de nieve granulada	En el Cerro de La Muerte entre la 1:00 y 1:50 p.m., se observó la caída de precipitación sólida en forma de nieve, debido a la influencia de una baja fría en la atmósfera alta que se proyectó hasta los niveles inferiores, originando un leve descenso en las temperaturas. Además el viento Alisio de moderada intensidad y la orografía, ayudaron con la formación de nubosidad dispersa sobre las cordilleras y transportada hacia el Cerro de La Muerte. La corta distancia entre la superficie y la base de la nube, permitió la precipitación en forma de nieve granulada. Este fenómeno puede ser observado entre diciembre y febrero en las partes altas de Costa Rica.	IMN (2002)
27/07/07	Precipitación sólida en forma de cristales de hielo	Sobre la carretera Interamericana Sur, en el sector del cerro de La Muerte a las 10 am precipitaron pequeños cristales de hielo. Aunque no es frecuente, el fenómeno ya se ha presentado en ese sector, principalmente entre los meses de diciembre y febrero. Los cristales de hielo tienen una forma y consistencia diferente a la nieve. Este fenómeno se originó por el descenso en la temperatura interior de una nube a menos de 0 grados, que también presentó un crecimiento vertical considerable sobre el sector específico del cerro de la Muerte.	Castillo 2007, Arias 2007
06/04/08	Precipitación sólida en forma de granizada	En las partes altas de Heredia se produjo una tormenta generada por un cumulonimbo, que originó una fuerte granizada. En aquellas zonas donde la temperatura descendió, el hielo en el suelo pudo conservarse por algún tiempo, dando un panorama denso y blanco, muy semejante a las nevadas verdaderas. El hielo se formó por el contraste de temperaturas. Por la mañana hubo temperaturas altas e ingresó humedad desde el Pacífico, mientras que por la tarde la temperatura bajó a 10° Celsius. La condensación de esta agua, favoreció la formación de nubes cumulonimbos (pueden alcanzar hasta 15 kilómetros de altura). A ese punto, el agua de las nubes se congela formando el hielo que luego baja en forma de granizo. Este fenómeno es muy extraño en estos meses del año.	Vargas (2008)

Fuente: IMN, 2009

### 5.2.5 Tornados

En Costa Rica son poco frecuentes y de pequeñas dimensiones e intensidades, si se comparan con los tornados que se desarrollan en latitudes medias. Sin embargo, su impacto local en el destecho de viviendas principalmente, es importante. En nuestro país duran unos pocos minutos (15 aproximadamente), son estacionarios y cuando se desplazan su trayectoria es errática, pero restringida al área de nubosidad, el diámetro se mide con base a la zona afectada (30 metros como promedio).

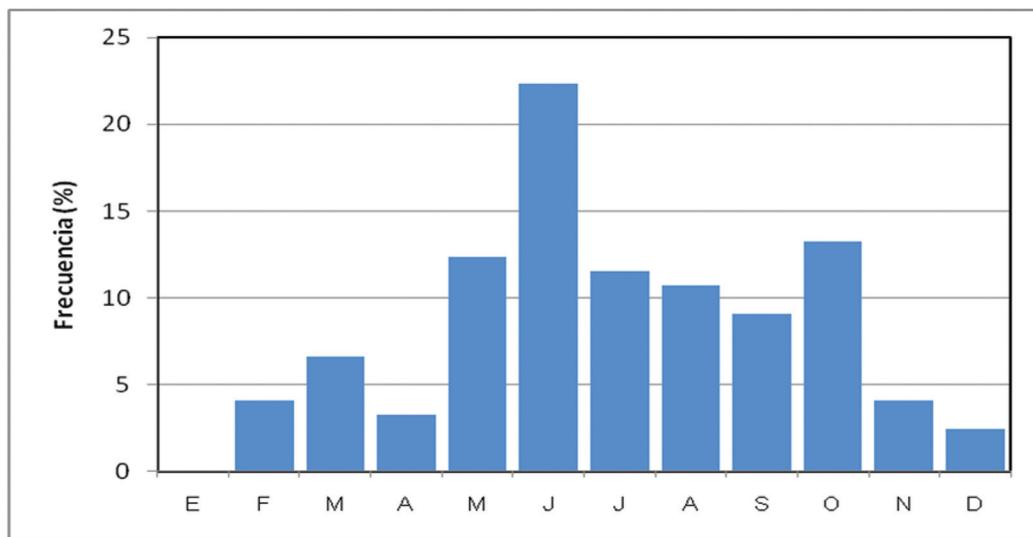
Según las estadísticas recopiladas por Ortiz (2007), los tornados se pueden presentar duran-

te todos los meses excepto en enero (Fig. 5.6). La mayor frecuencia se presenta en junio y octubre que corresponden con dos de los meses más lluviosos en el Pacífico y centro del país.

Espacialmente se pueden desarrollar en cualquier parte del país, aunque el 87% de los casos se concentra en la Región Central. La provincia que reporta más número de casos es San José con 41%.

Como la mayor parte de eventos de rápido desarrollo y fuerte impacto, los tornados son registrados cuando afectan la sociedad civil, por esta razón el registro noticioso se referencia a los centros de población principalmente.

Figura 5.6: Frecuencia mensual de tornados en Costa Rica. 1954-2007.



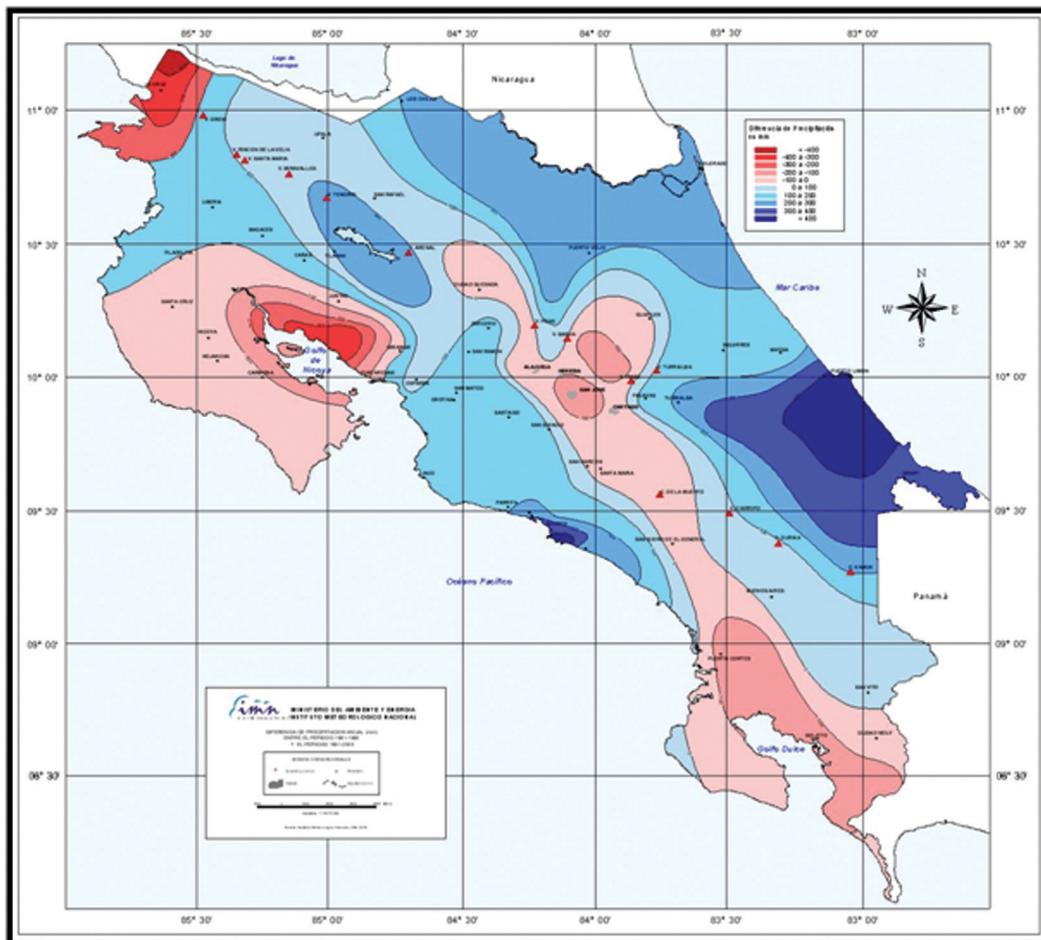
## 5.3 Señales de cambio en el clima de Costa Rica

### 5.3.1 Cambios observados comparando Línea Base y el período 1991-2005

En la Figura 5.7 se resumen las variaciones observadas entre la LB y el período 1991-2005. Además de las estaciones usadas para LB, se analizaron otras estaciones de menor período pero con registros confiables y actualizadas al 2005, con el fin de robustecer los resultados y tener una mejor cobertura por región para trasladarlos a un mapa.

La mayor parte de las diferencias obtenidas se encuentran dentro del rango normal de variación (desviación estándar). Sin embargo, existen algunos puntos en el Pacífico Norte, el Pacífico Central y el Caribe Sur, que salen de este rango. Se pueden observar patrones de comportamiento regionales consistentes sobre todo en el Valle de Parrita, la Península de Santa Elena y la parte baja de la cuenca del Tempisque, donde los datos de Línea Base presentan una buena cobertura. En el Caribe, la información de LB en el período estricto 61-90 es deficitaria a pesar de mostrar cambios significativos.

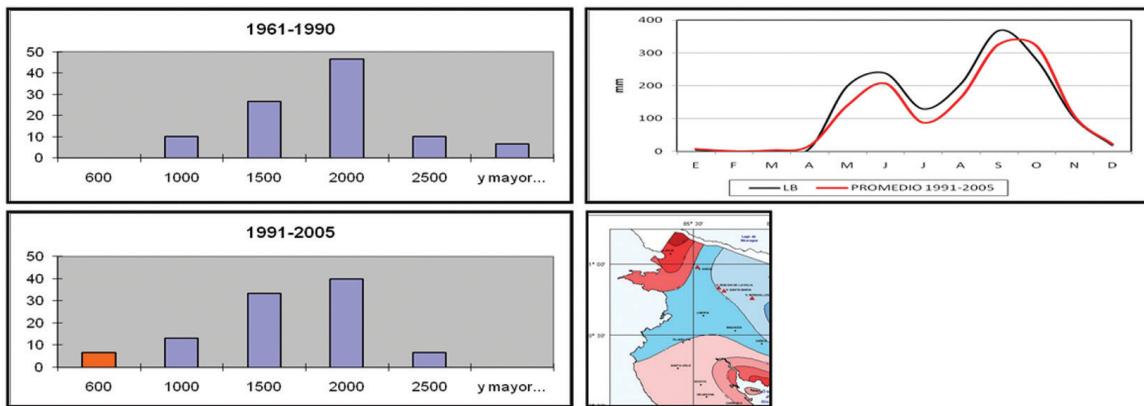
Figura 5.7: Anomalía de precipitación anual al comparar el período 1961-1990 contra 1991-2005



En la siguiente figura se presenta la distribución mensual de las lluvias y un histograma de frecuencia de lluvias anuales para las zonas donde

las variaciones en los últimos 15 años han sido significativas.

Figura 5.8. Distribución mensual de lluvias



A nivel mensual se observa una disminución de lluvia desde mayo hasta septiembre. A nivel de lluvia anual, aparece un nuevo grupo extremo seco y desaparece un grupo extremo lluvioso.

### 5.3.2 Cambios observados en los eventos extremos

Según los análisis de Alvarado et al (2007) en el Cuadro 5.8 se presenta la variación de cuatro fenómenos de variabilidad en diferente escala, en los últimos 16 años comparados con LB.

A escala planetaria, el número de eventos El Niño ha aumentado en los últimos 16 años, sin embargo su duración se ha reducido y su magnitud se mantiene. Si la frecuencia de estos eventos continúa a este ritmo, para el año 2021 se habrá duplicado su número con relación a la LB. La frecuencia y magnitud de La Niña se mantiene constante (8 eventos en 30 años), pero se ha reducido su duración en casi 6 meses.

A escala regional, el número de huracanes del Atlántico que han afectado Costa Rica, ha disminuido ligeramente al igual que su magnitud. El tiempo de evolución se redujo en un día. Por lo tanto, estos fenómenos se han vuelto menos frecuentes e intensos, de acuerdo a lo que concluye Alvarado y Alfaro (2003) quienes demuestran que la década más activa fueron las de los 40, 50 y 60. Según Bengtsson (2007), algunos autores no identifican una señal clara de aumento de estos fenómenos a nivel mundial.

A pesar de que estos registros históricos tienen una corta extensión y pueden estar influenciados por oscilaciones naturales y decadales del clima, se registran otro tipo de señales que indican que algunos sistemas no se están adaptando, o bien, se están transformando ante estas variaciones del clima (naturales o no). En el Cuadro 5.9 se resumen algunas observaciones de evidencias próximas en Costa Rica.

Cuadro 5.8: Frecuencia de fenómenos de variabilidad climática para dos períodos de tiempo

Fenómeno	Período 1961-1990				Período 1991-2007			
	Casos	Años*	Duración	Magnitud	Casos	Años*	Duración	Magnitud
El Niño	8	19	15.6 mes	1.6	7	13	13.1 mes	1.5
La Niña	8	20	19.6 mes	-1.5	4	9	13.7 mes	-1.3
Huracanes	34	17	11 días	3.2	17	10	10 días	3.0
Tornados	57	-	-	-	48	-	-	-

\* Se refiere al número de años que han sido afectados por el evento

Fuente: IMN, 2009

Cuadro 5.9: Evidencias próximas del Cambio Climático en Costa Rica

Sistema	Zona	Observación	Relación con cambio Climático	Fuente
Costero	Damas, Pacífico Central	Variaciones geomorfológicas de la espiga de Damas provocada por la penetración del mar hacia el estero en 1997 y separando la punta de tierra continental. Observación desde 1997.	Aumento en el nivel del mar, efecto del fenómeno El Niño 1997-1998 y marea alta.	Lizano y Salas 2001.
Costero	Puntarenas, Pacífico Norte	Inundación de aguas de mar en el centro de Puntarenas luego de una inusitada marea alta. Observación en el 2007.	Efecto de El Niño, inicio de Luna nueva y el equinoccio de primavera.	Rivera, 2007
Forestal	La Selva, Sarapiquí, Zona Norte	El aumento de la temperatura dificulta el proceso de fotosíntesis y disminuye el grosor de árboles. Mediciones desde 1980.	Aumento de temperatura media y temperatura nocturna.	Clark y Clark 2007, citado por Ponchner 2007a

Sistema	Zona	Observación	Relación con cambio Climático	Fuente
Forestal	Todo el país	Orquídeas silvestres amenazadas por pérdida de su hábitat, cambios en floración y polinización. Observaciones recientes.	Aumentos de temperatura alteran el hábitat de algunas especies y desequilibran poblaciones de agentes polinizadores.	Vargas, 2007a.
Biodiversidad	La Selva, Sarapiquí, Zona Norte	33 especies de aves han disminuido la población un 50%, murciélagos en un 30% . Observaciones desde 1970.	Aumento de la temperatura asociado con sequías y uso de plaguicidas	Siegel 2007, Sánchez 2007, citados por Ponchner 2007
Biodiversidad	La Selva, Sarapiquí, Zona Norte	El 75% de los anfibios en esta estación biológica, han desaparecido en los últimos 35 años.	Sequías asociadas con altas temperaturas hacen variar la hojarasca, sitio de reproducción de muchas especies de anfibios.	Whitfield 2007, citado por Ponchner 2007b
Biodiversidad	Monteverde, Puntarenas, Pacífico Norte	El hongo <u>Batrachochytrium dendrobatidis</u> , es el agente causante de la muerte y desaparición del sapo dorado y la rana arlequín. Dos tercios de la población de ranas desparecieron entre 1980-1990	El cambio climático provoca ambientes más húmedos y noches más calurosos, lo cual es detonante del hongo.	Ponds 2006, citado por Vargas 2006, Margolis 2006.
Biodiversidad	Parque Marino las Baulas, Pacífico Norte y Central	Alteraciones en el desove de tortugas marinas (Loras, Baulas y Carey). En 1990 se esperaban entre 246 a 1000 Baulas. En el 2005-2006 solo anidaron 58. Se encontraron nidos de tortugas Carey en Pacífico Central, algo inusual. En 20 años aumentó 20 veces el número de tortugas Lora que arriban a desovar a Ostional.	Altas temperaturas del mar y efectos de El Niño afectan el metabolismo y su capacidad de desplazamiento. La salinidad y la temperatura puede afectar las rutas de migración de las tortugas marinas.	López, 2007a, López 2007b, Acuña 2005, Vargas 2006, Arrieta 2005.

Sistema	Zona	Observación	Relación con cambio Climático	Fuente
Biodiversidad	Manglares, todo el país.	La amazilia es un ave endémica de Costa Rica que habita en manglares. Es una de las 1226 especies en estado crítico de extinción. Declarada en peligro de extinción en el 2007.	Las altas temperaturas y las sequías alteran los espejos de agua y hacen desaparecer esta ave.	Vargas 2007b.
Biodiversidad	Parque Nacional Corcovado, Pacífico Sur	De 220 000 primates en 1995, hoy solo quedan 107 000. En el 2006 murieron 1000 ejemplares de las 4 especies en Costa Rica, durante un temporal que azotó la Península de Osa.	Aumento de eventos extremos, más intensos y destructivos. Los monos murieron por estrés climático.	Gudiño 2007, Coto, 2006.
Biodiversidad	Humedal Caño Negro, Zona Norte y Sierpe. Pacífico Central	Se ha observado una inversión en la proporción de sexos que puede estar ligada al incremento de las temperaturas ambientales. Registro desde 1984-2005 en Caño Negro, revelan un aumento de la población de machos a partir de años cálidos asociados con El Niño. Se observó un aumento en la temperatura de los nidos en el 2005.	Aumento de la temperatura ambiental asociada con elevación de temperatura en nidos y nacimiento de machos. Sequías y El Niño inciden en desproporción del sexo.	Escobedo, 2005, Escobedo 2005.
Clima	Pacífico de Costa Rica	La tormenta tropical Alma es la primera tormenta tropical del Pacífico que se origina a menos de 50km de las costas de Guanacaste.	Aumento de eventos extremos. Nunca antes se había presentado un caso como Alma	IMN. 2007. Reportes técnicos.
Clima	Monteverde, Puntarenas, Pacífico Norte	El bosque nuboso pierde humedad. La base de las nubes asciende por el calentamiento poniendo en riesgo de extinción muchas especies.	Las altas temperaturas hacen que las nubes se alejen del piso habitual del bosque	Mora, 2001

Fuente: IMN, 2009

## 5.4 Proyecciones futuras del clima en Costa Rica

Una forma de exponer el conjunto de la información actualmente disponible sobre la posible evolución del clima, para poder aplicarla a las evaluaciones de impacto del cambio climático, son los llamados “escenarios de cambio climático”. Es importante enfatizar que los escenarios de cambio climático no están diseñados como una predicción o pronóstico del futuro climático y de sus posibles impactos, sino que básicamente se utilizan como una herramienta para evaluar la sensibilidad de sistemas o sectores ante condiciones climáticas nuevas (Benioff et al, 1996). Así, con ellos se puede investigar el signo de ciertos cambios, por ejemplo, posibilidad de un mayor o menor caudal en cuencas y ríos, o el impacto potencial de ese cambio (inundaciones, escasez de agua en una región).

En la Primera Comunicación Nacional (IMN, 2000) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), el IMN obtuvo los escenarios climáticos nacionales mediante la integración de las proyecciones de los Modelos de Circulación General (MCG) y la climatología base (1961-1990) de estaciones meteorológicas; sin embargo, desde el 2006 se están aplicando técnicas estadísticas y dinámicas para aumentar la resolución espacial.

El escenario climático futuro será determinado mediante un método de reducción de escala (downscaling) dinámico, usando un modelo climático regional (MCR): PRECIS. PRECIS es un modelo dinámico adaptado para la creación de escenarios climáticos, tiene una alta resolución espacial y temporal, y se puede rodar sobre cualquier parte del planeta.

La línea base para Costa Rica se construyó con el periodo de 30 años de 1961 a 1990, que es aceptado ampliamente por la OMM y el

IPCC. Para tal efecto, se utilizaron 3 bases de datos climáticos, dos de ellas en el formato de puntos de malla: (i) la del proyecto CRN073-IAI realizada por el Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA) de la Universidad Nacional Autónoma de México<sup>17</sup>; (ii) puntos de grilla de la salida de control del modelo PRECIS, forzado con las condiciones de frontera del modelo global HadAM3P; la resolución horizontal es de 0.5 C latitud/longitud, las variables incluidas son lluvia anual y temperatura media anual; (iii) la climatología de 81 estaciones meteorológicas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) distribuidas en todo el país con parámetros mensuales y anuales de la temperatura máxima, la temperatura mínima y lluvia ubicadas en 28 de los 30 pixeles del dominio PRECIS para Costa Rica. De estas 81 estaciones, 50 tienen el período de LB (61-90), las restantes tienen períodos menores y fueron utilizadas como puntos de referencia para la validación del modelo. El modelo PRECIS proporcionará los escenarios climáticos futuros del 2010 al 2100, bajo el escenario de emisiones A2<sup>18</sup>.

Los resultados de PRECIS fueron calculados para dos períodos, uno del clima actual (1961-1990) y otro del clima futuro (2071-2100). Con estos dos horizontes de tiempo se tienen resultados directos del modelo, sin embargo, para este estudio así como otros de impacto y adaptación fue necesario estimar un clima futuro de corto plazo (2011-2040) y otro a mediano plazo

<sup>17</sup> Existen tres versiones de esta climatología, la primera de 1999 (la cual contiene datos tanto en tierra como en el mar); la segunda del 2007 (es una serie de tiempo más larga que la primera, además solo contiene datos de puntos en tierra).

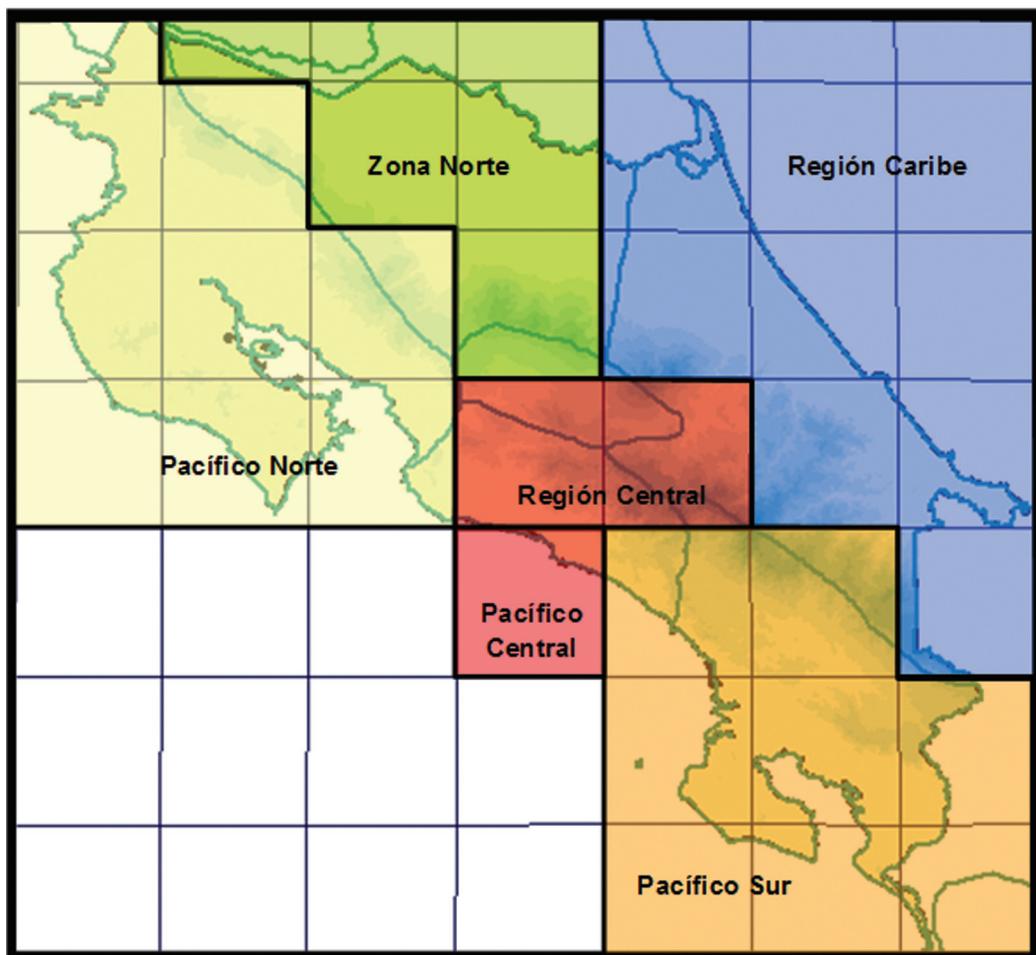
<sup>18</sup> En este estudio se seleccionó el escenario de emisiones A2 por diversas razones: por la disponibilidad de datos de frontera para forzar al MCR, por acuerdos regionales, por recomendaciones de estudios previos (Echeverría, 2004) y para realizar comparaciones con investigaciones similares. Además, A2 es un escenario que se está ajustando a las circunstancias globales actuales, particularmente de una alta y creciente tasa de emisiones de GEI, debido a que las naciones con mayores emisiones se niegan a firmar los protocolos internacionales de reducción de GEI. De modo que este escenario puede proporcionar una clara idea de todos los posibles impactos del cambio climático, incluso a los que no se desea enfrentar.

(2041-2070). En vista de que no existían datos para ambos períodos, se optó por realizar una extrapolación. El patrón o factor de escala debido a la simplicidad, rapidez de cálculo y uso más extendido.

Los resultados son las proyecciones de precipitación anual y temperatura máxima y mínima promedio anual para cada una de las

regiones climáticas. El horizonte de tiempo es el 2100. En la Figura 5.9 se presenta el dominio, la malla y la resolución espacial del modelo PRECIS, ajustando los límites de las regiones climáticas a la disposición de la grilla. Cada cuadrado o píxel representa un área de 0.5 de latitud por 0.5 de longitud, equivalente a un área de 3000 km<sup>2</sup>.

Figura 5.9: Dominio y resolución espacial del modelo PRECIS para Costa Rica.



### 5.4.1 Análisis regional: Pacífico Norte

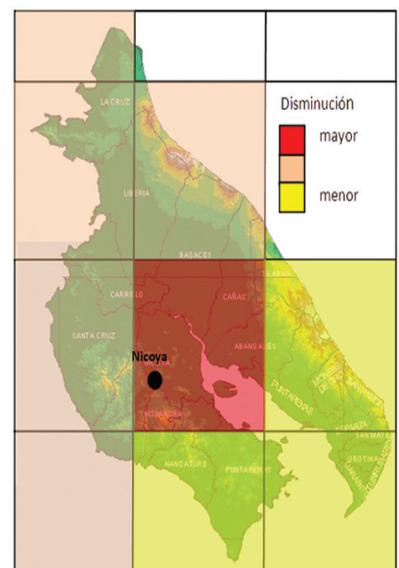
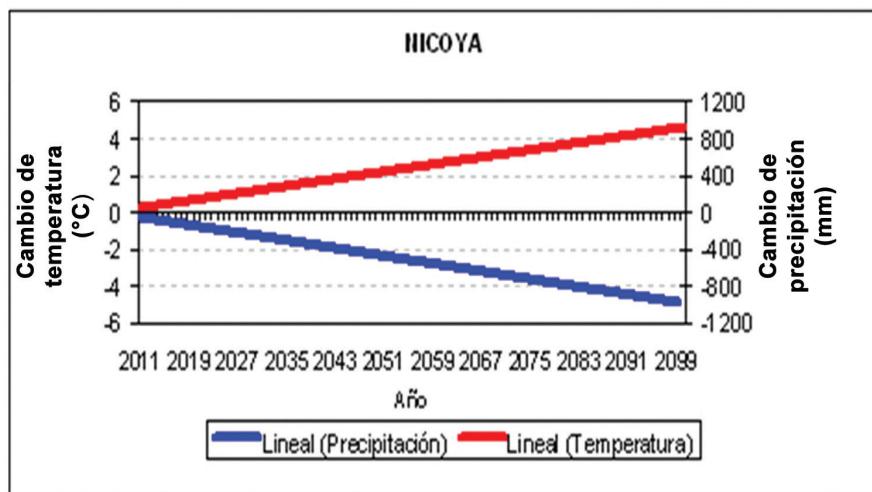
La precipitación anual disminuye en toda la región. Los datos de PRECIS indican niveles de reducción entre el 13 y el 24%, siendo la zona del Golfo de Nicoya la más afectada (color rojo en el esquema).

Las menos afectadas son las zona montañosa de la Cordillera de Tilarán y el sur de la Península

de Nicoya, donde las reducciones son del orden del 2 al 18%. La Cordillera Volcánica, la Península de Santa Elena y la parte oeste de la Península, presentan valores de reducción del 20 al 29%.

En cuanto a la temperatura el comportamiento para toda la zona es de aumento tanto en la máxima como en la mínima. La máxima muestra un rango de aumento desde 3 hasta 8 C, y la mínima entre 2 y 3 C.

Figura 5.10: Escenarios de cambio climático para el Pacífico Norte



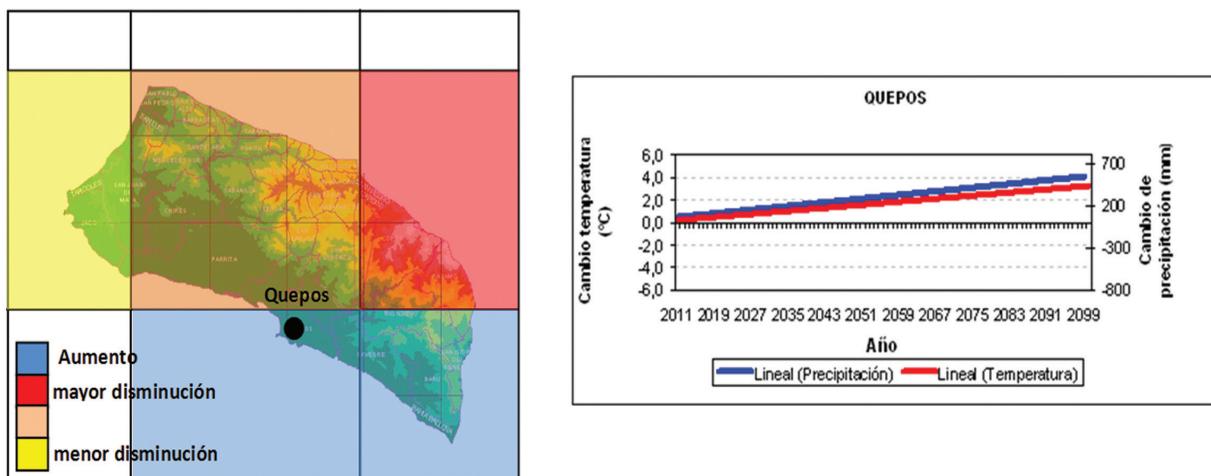
#### 5.4.2 Análisis regional: Pacífico Central

Se observa una disminución de la precipitación anual en la parte norte de la Región. La menor reducción se presenta en la zona de Jacó y Herradura. Hacia el Valle de Parrita la disminución es mayor y progresiva hacia la zona alta

del Pacífico Central. Los aumentos de lluvia se presentan al sur, luego de Puerto Quepos y siguiendo la Fila Brunqueña.

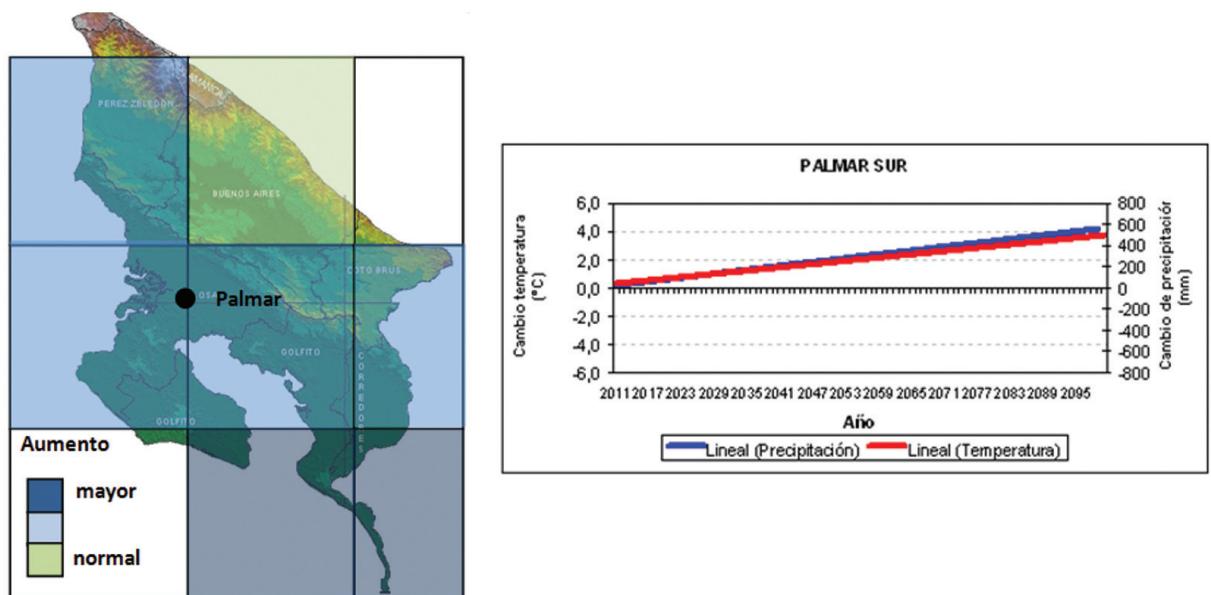
Las temperaturas, máxima y mínima, aumenta en toda la región. La máxima puede aumentar hasta 6 C, mientras que la mínima puede subir hasta 4 C

Figura 5.11: Escenarios de cambio climático para el Pacífico Central



Fuente: IMN, 2009

Figura 5.12: Escenarios de cambio climático para el Pacífico Sur



Fuente: IMN, 2009

### 5.4.3 Análisis regional: Pacífico Sur

El Pacífico Sur muestra una tendencia de aumento de las precipitaciones anuales. Este aumento es más elevado hacia el sur de la Península de Osa y hacia Punta Burica. Un aumento menos elevado se presenta en el resto de la Península, la Fila Brunqueña y la parte sur del Valle de El General y Coto Brus. En el Valle de El General y hacia la Cordillera de Talamanca, los cambios en la precipitación son poco perceptibles a nivel anual, por lo que se considera una tasa de cambio igual a cero.

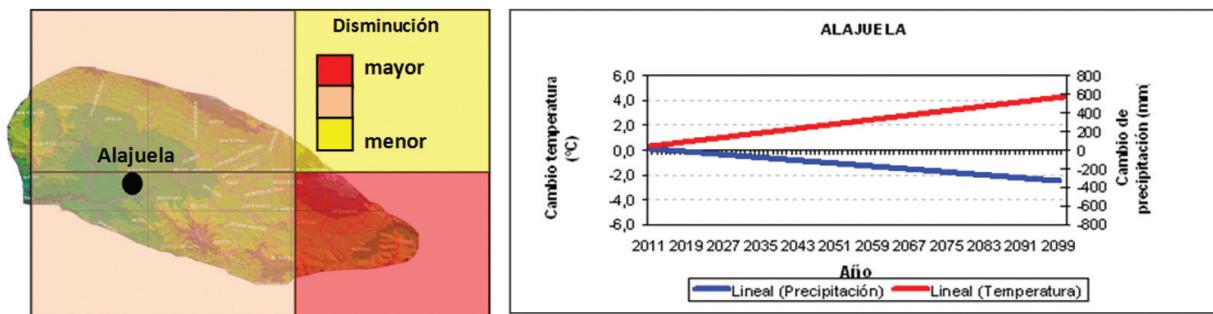
Con respecto a las temperaturas, se observa un incremento en toda la Región. La temperatura

máxima aumenta en rangos que van desde los 2 a los 4 C, mientras que la mínima aumenta entre 1 y 3 C. El Pacífico Sur es la región donde más aumenta la temperatura mínima en Costa Rica.

### 5.4.4 Análisis regional: Región Central

Se observa una disminución progresiva de la precipitación anual en toda la Región hasta alcanzar valores de disminución entre el 16 y el 23% hacia fines del siglo XX. La zona de mayor impacto es el Valle Oriental. La temperatura máxima y la mínima tienden a aumentar. La máxima puede subir entre 4 y 5 C, mientras que la temperatura mínima puede aumentar entre 2 y 4 C aproximadamente.

Figura 5.13: Escenarios de cambio climático para la Región Central



Fuente: IMN, 2009

#### 5.4.5 Análisis regional: Región Caribe

En la Región Caribe se observa un aumento de la precipitación en el sector costero, más acentuado en el sector central y sur. Hacia la zona montañosa el comportamiento es prácticamente normal. En la zona cercana al Valle Central Oriental, el comportamiento es de disminución de la precipitación anual.

La temperatura máxima y la temperatura mínima muestran un comportamiento de aumento progresivo en toda la región. La máxima se puede incrementar entre 2 y 4 C, mientras que la mínima puede aumentar entre 2 y más de 3 C.

#### 5.4.6 Análisis regional: Zona Norte

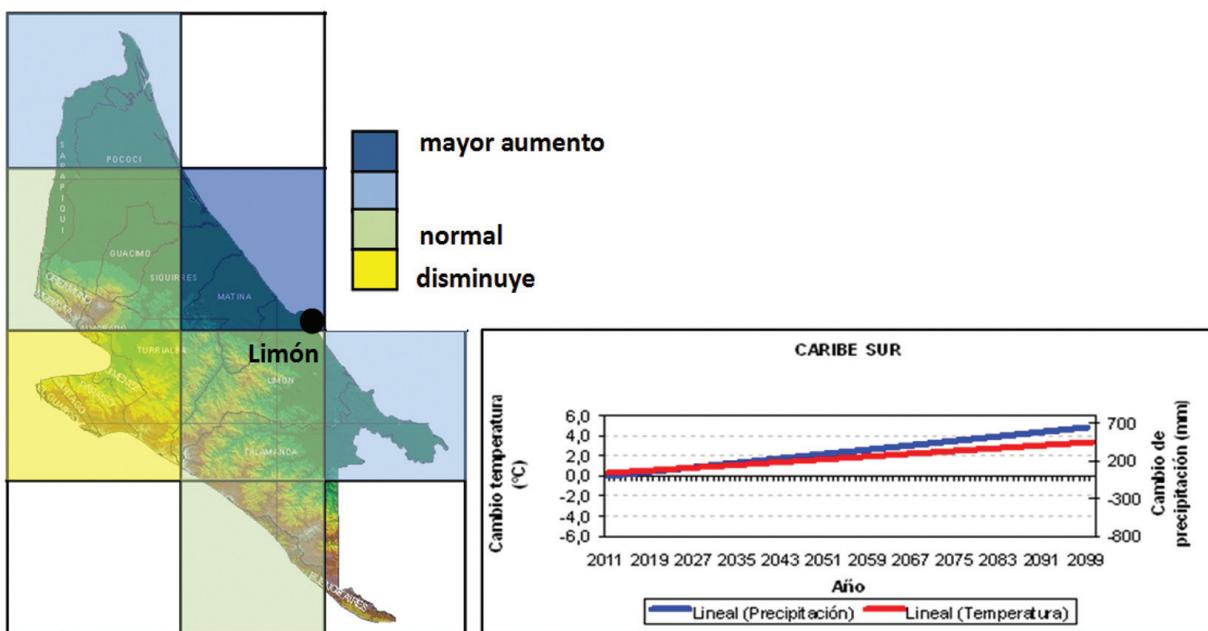
La precipitación anual disminuye en toda la Región, principalmente en la zona fronteriza y

cercana al Lago de Nicaragua. Sin embargo, las disminuciones hacia Palo Seco en las Llanuras de San Carlos se consideran dentro de los rangos normales de variación. De acuerdo con los resultados de PRECIS, las disminuciones tienen un rango entre 7 y 56%. En cuanto a las temperaturas, las máximas pueden aumentar entre 4 y 5 C, mientras que las mínimas aumentarían entre 2 y 3 C aproximadamente.

#### 5.5 Proyecciones del clima

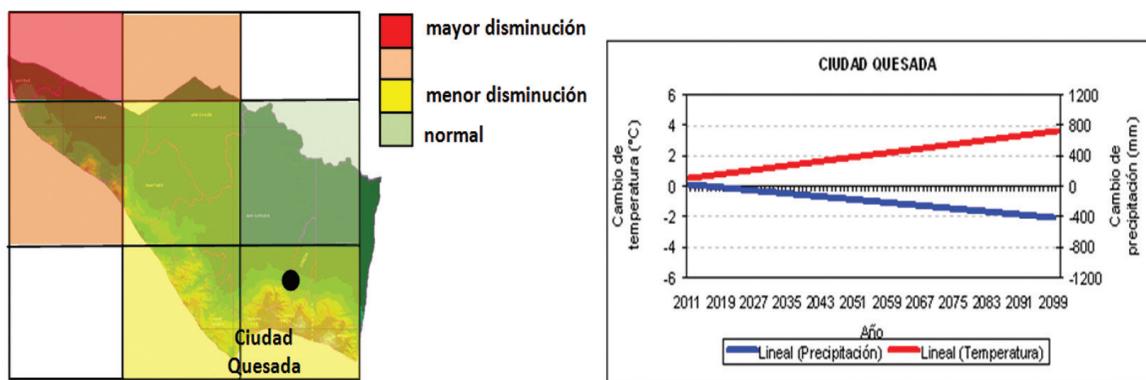
Las proyecciones futuras del clima de acuerdo a los resultados cuantitativos del modelo PRECIS se presentan en las siguientes figuras.

Figura 5.14: Escenarios de cambio climático para la Región Caribe.



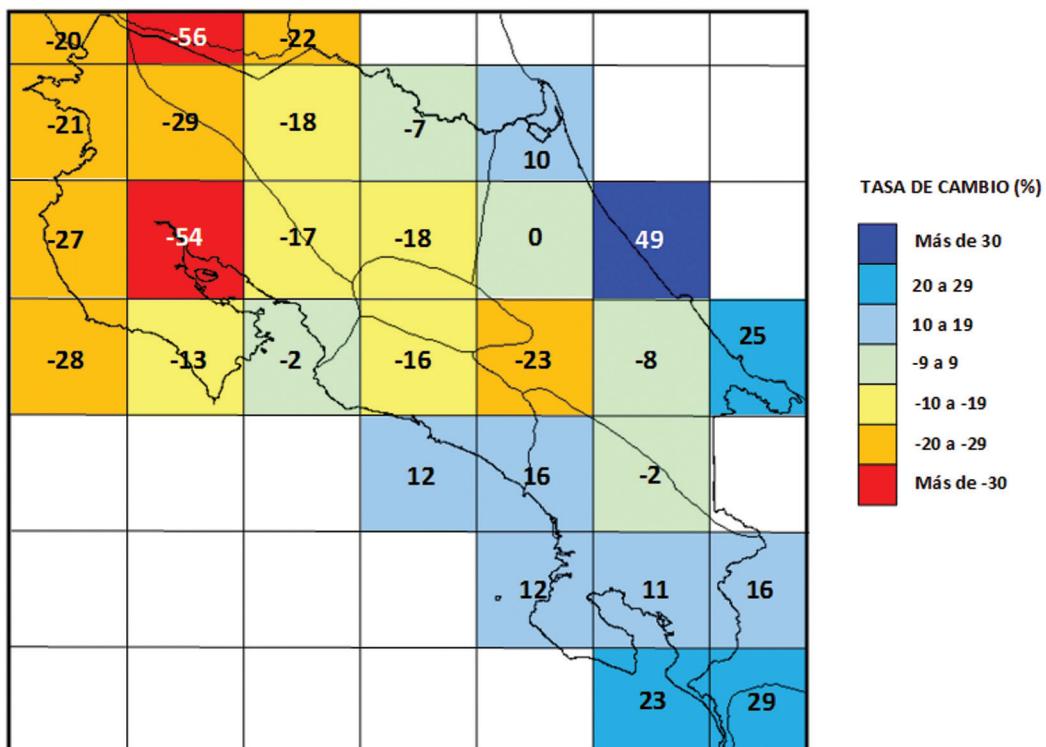
Fuente: IMN, 2009

Figura 5.15: Escenarios de cambio climático para la Zona Norte.



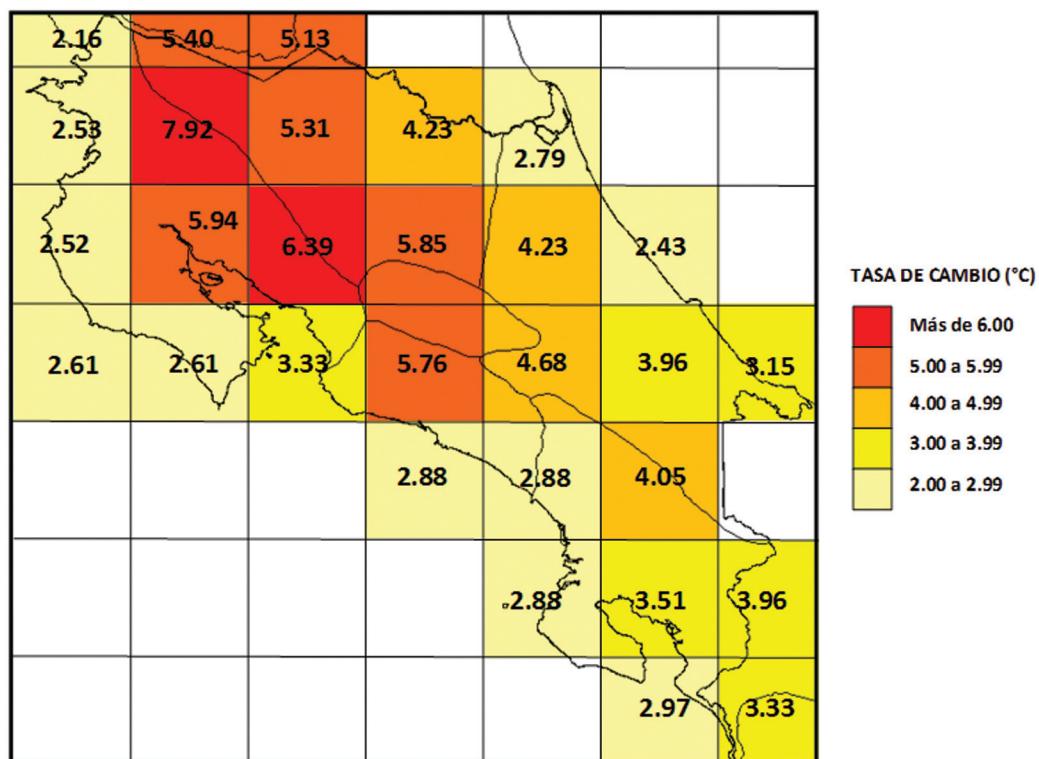
Fuente: IMN, 2009

Figura 5.16: Escenarios de cambio climático para la precipitación. Tasa de cambio (%) comparando el promedio de LB (período 1961–1990) con el promedio del período (2071–2100).



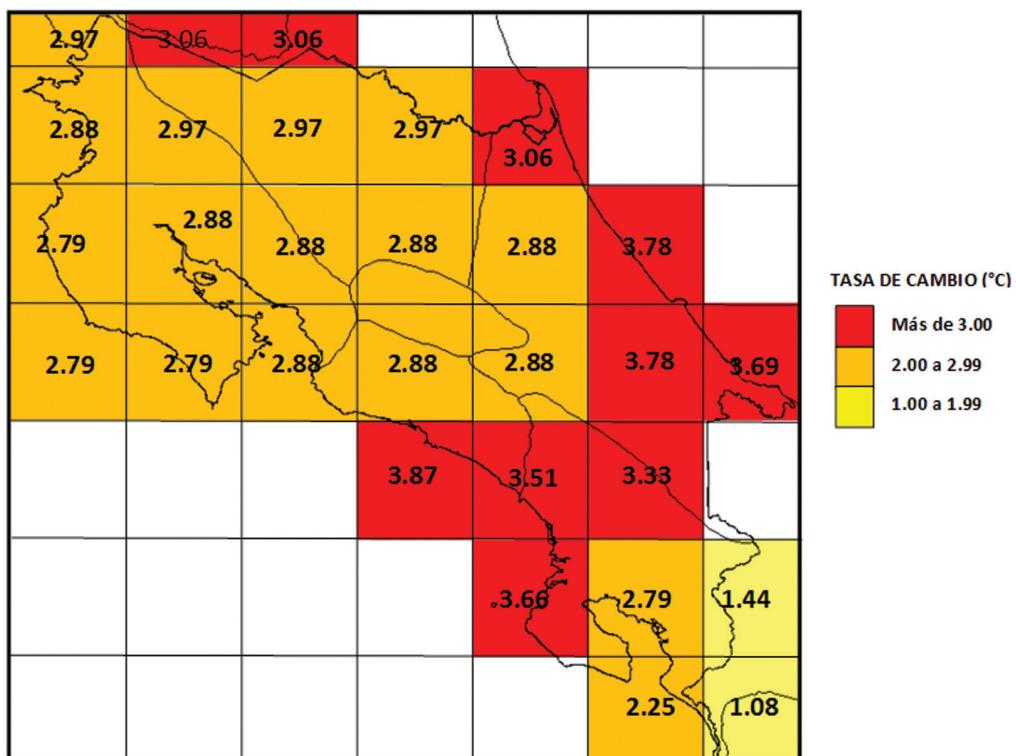
Fuente: IMN, 2009

Figura 5.17: Escenarios de cambio climático para la temperatura máxima. Tasa de cambio (°C) de acuerdo con la tendencia de aumento que proyecta PRECIS para el período 2071-2100.



Fuente: IMN, 2009

Figura 5.18: Escenarios de cambio climático para la temperatura mínima. Tasa de cambio (°C) de acuerdo con la tendencia de aumento que proyecta PRECIS para el período 2071-2100.



Fuente: IMN, 2009

## 5.6 Sectores y sistemas evaluados

Analizar el impacto del cambio climático sobre el sistema hídrico, la salud pública y la biodiversidad resulta trascendente para conocer las implicaciones sociales y económicas en el desarrollo nacional. El estudio sobre la vulnerabilidad que ocasiona el cambio climático en estos sectores, brindará apoyo relevante para avanzar en la aplicación oportuna de medidas para la adaptación presentando los aspectos más relevantes sobre los estudios realizados para cada uno de estos sistemas.

### 5.6.1 Recursos hídricos

En el marco técnico y administrativo del Proyecto Regional Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba, el país realizó un análisis del sistema hídrico al cambio climático.

Se seleccionó la Región Central del país para desarrollar la experiencia piloto. La que se encuentra ubicada geográficamente dentro del Valle Central, limita al norte con las estribaciones del volcán Barva y al este con la Depresión de La Palma entre los volcanes Barva

e Irazú, mientras que al sur su límite es el río Virilla. El área de estudio cubre 13 cantones y 60 distritos.

El Proyecto se sustenta en el Marco de Políticas de Adaptación, el cual propone cinco etapas.

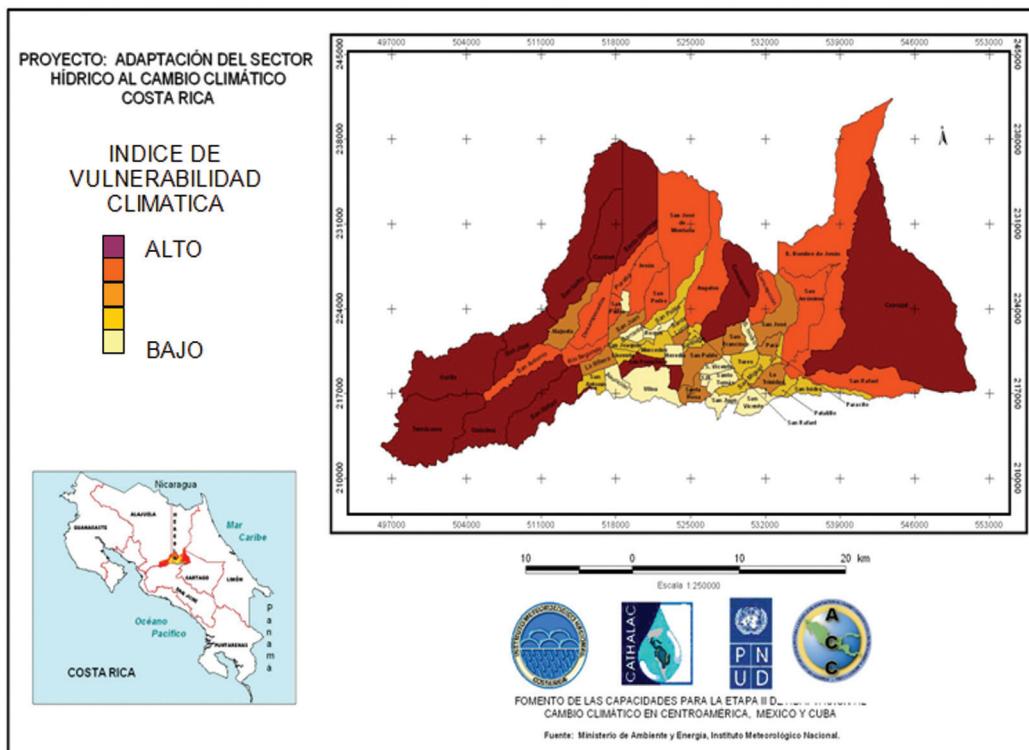
Se estimó el riesgo actual y futuro de la zona para lo cual se utilizó el concepto:

**Riesgo = (Amenaza, Vulnerabilidad)**

El abordaje del riesgo actual y riesgo futuro es igual en concepción pero diferente en método. Parten de la misma expresión de riesgo y utilizan indicadores semejantes pero son diferentes porque los limitantes para el cálculo del riesgo futuro hacen variar el abordaje metodológico.

La vulnerabilidad actual se construyó a partir de 15 indicadores socioeconómicos y biofísicos, a nivel de distrito, los cuales se agruparon en un índice de Vulnerabilidad Actual (IVA), a nivel de distrito, tal y como se presenta en la figura 5.19. De acuerdo con la figura 5.19, la mayor vulnerabilidad actual se concentra en las partes bajas de los cantones de Alajuela, las zonas altas de Heredia y Vásquez de Coronado. Estas áreas dibujan la periferia de la zona en estudio y presionan la zona central, que está más poblada y es menos vulnerable. Los análisis individuales por indicador, comprueban que las zonas más vulnerables, son las que corresponden a los distritos con mayor porcentaje de área dedicada a labores agropecuarias y con problemas de conflicto de uso de suelo. Además cuentan con un mayor porcentaje de población analfa-

Figura 5.19: Mapa de vulnerabilidad actual ante el Cambio Climático en la zona de estudio



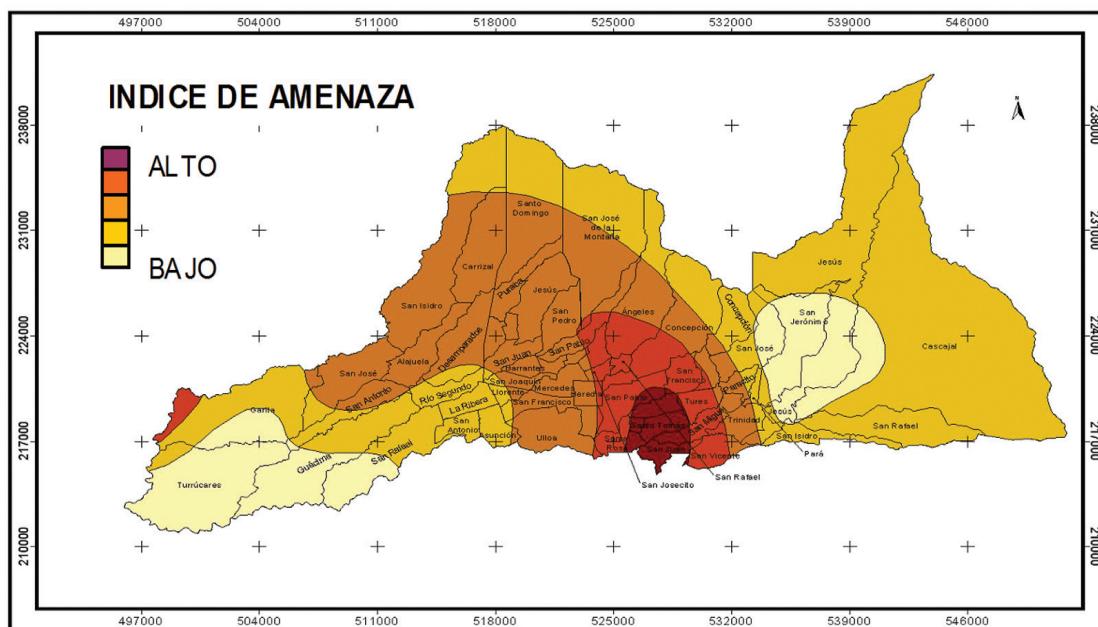
Fuente: IMN, 2007

beta, y una precaria infraestructura de vivienda, en algunos casos con un alto porcentaje de hacinamiento. Son distritos de características rurales antes que urbanas y no son centros importantes de población en cuanto a número de habitantes se refiere. Por otra parte, los distritos de menor índice de pobreza, analfabetismo y hacinamiento, son los de menor vulnerabilidad agregada. Se encuentran circunscritos en la zona central del área en estudio y corresponde a los mayores núcleos de población, con mejores condiciones de infraestructura, servicios básicos y oportunidades. Sin embargo, son distritos que presentan altos índices de población teóricamente vulnerable: niños y adultos mayores, así como mayores problemas de asma. Por

otro lado, estas zonas menos vulnerables tienen una alta concentración de tanques sépticos como medio de eliminación de excretas y los mayores índices de consumo potencial de agua por persona. Esta característica podría potenciar la vulnerabilidad actual en un futuro cercano ya que está identificado que los tanques sépticos son una de las principales fuentes de la incipiente contaminación por nitratos en los acuíferos de la Gran Área Metropolitana.

La amenaza actual se elaboró a partir de 7 indicadores de clima bajo la perspectiva de amenaza. Estos fueron agregados en un Índice de Amenaza Climática (IAC) y expresados espacialmente tal y como se observa en la figura 5.20.

Figura 5.20: Índice Integrado de Amenaza Climática. Año 2000



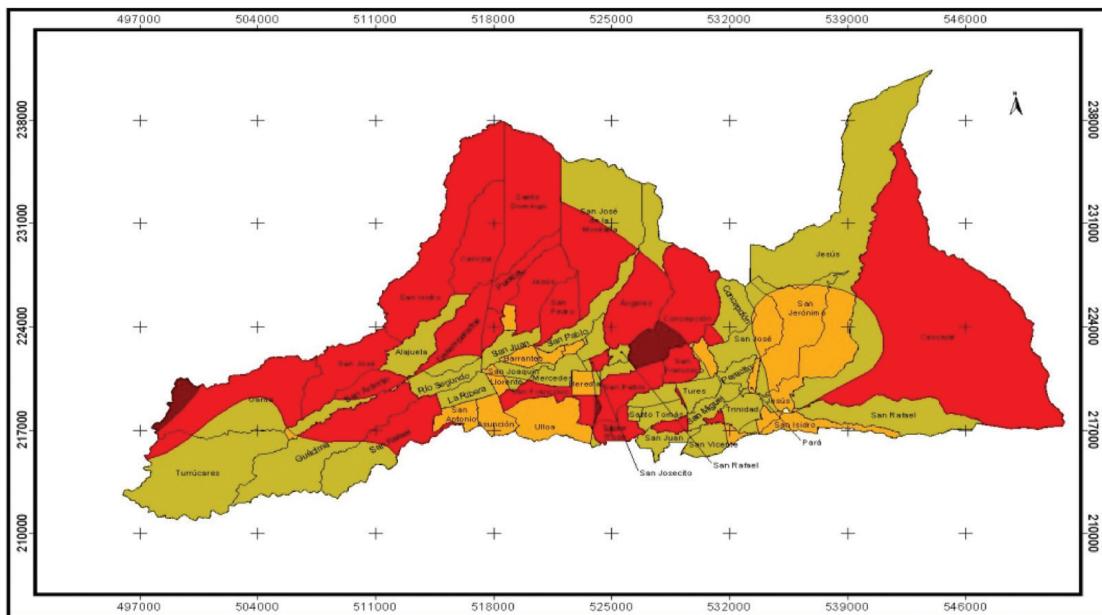
Fuente: IMN, 2007

De acuerdo con la figura 5.20, la mayor parte de la zona de estudio presenta condiciones medias de amenaza climática y una zona de alto IAC que se concentra principalmente en las altitudes medias y al sur del área y que corresponde con el espacio de mayor densidad poblacional.

La combinación del IVA y el IAC estimó el riesgo en una escala de valores de base cien

suponiendo que el riesgo está compuesto en un 50% por la vulnerabilidad del sistema y el otro 50% por la amenaza climática. Aquellas zonas que coinciden con los más altos índices de amenaza y vulnerabilidad, tendrán un índice de riesgo igual a 100. En la figura 5.21, se presenta el resultado de la combinación del Índice de Vulnerabilidad (IV) y Índice de Amenaza Climática (IAC).

Figura 5.21: Índice de Riesgo



Fuente: IMN, 2007

En el área del proyecto no existen zonas que presenten el más bajo valor del riesgo (índice de 20 o menor), pero sí aparecen pequeñas manchas con el más alto valor del índice de riesgo en el distrito de La Garita, cantón central de Alajuela, y en los distritos de San Francisco, cantón central de Heredia además de Concepción y Los Angeles, cantón San Rafael. Las zonas de mayor riesgo, coinciden con las zonas de mayor vulnerabilidad o de mayor impacto por extremos de clima.

Se pueden distinguir tres grandes áreas de riesgo de forma muy general. La primera se ubica en la provincia de Alajuela, en el noroeste del área en estudio, cubriendo los distritos norte del cantón central y se extiende hacia las zonas altas de la provincia de Heredia, en varios de los distritos de Barva, Santa Bárbara y Santo Domingo. El riesgo se debe principalmente por la vulnerabilidad social agregada y no tanto por los efectos de eventos extremos. Por ejemplo, el distrito de San José de Alajuela es vulnerable principalmente por la concentración de población dependiente (niños y adultos mayores) los casos de asma y la alta dotación potencial de agua en la población. El resto de la zona tiene problemas generalizados de materiales de construcción en la vivienda e inundación. A pesar de ser una zona agropecuaria no tiene altos índices de analfabetismo o conflicto de uso del suelo.

Una segunda área de riesgo se ubica en la parte este del área en estudio y abarca el distrito Cascajal del cantón Vázquez de Coronado. Al igual que la primera zona, esta no presenta un alto índice de amenaza climática, sin embargo, tiene una alta vulnerabilidad agregada, principalmente por el uso de materiales no adecuados en la vivienda (paredes de madera y ausencia de cielo raso), que se asocian perfectamente con los niveles de pobreza, analfabetismo, conflicto de uso del suelo y actividades agropecuarias.

La tercera zona de riesgo se encuentra inmersa en la parte central del área que corresponde al límite este de la provincia de Heredia, desde las zonas altas de los cantones de San Rafael, hasta algunos distritos muy céntricos a la cabecera de provincia como son San Pablo, San Isidro y Santo Domingo. Las partes altas se caracterizan por ser rurales, con altos índices de analfabetismo, conflicto de uso de suelo y mala infraestructura de viviendas. En las partes centrales y cercanas a la ciudad, la característica es la presencia de muchos casos de asma, alta concentración de población discapacitada y uso de tanques sépticos como medio de eliminación de excretas. A pesar de que poseen mayores recursos y oportunidades para responder ante emergencias, es una zona de alta amenaza por extremos climáticos.

Estas tres áreas pueden ser clasificadas como prioritarias en cuanto a la atención correctiva de la vulnerabilidad, sin embargo, el resto de la zona no puede ser dejado de lado en la formulación de un plan estratégico tendiente a adaptarse a condiciones extremas de clima.

Para analizar el riesgo bajo el esquema  $R = f(V, A)$ , se cuantificó arbitrariamente las tendencias futuras del clima y de los indicadores socioeconómicos. En el caso del clima, la valoración fue acorde con las tendencias progresivas de precipitación y temperatura en el tiempo. De esta forma, los mayores cambios se presentarán en el quinquenio 2016-2020 (valor alto) y los menores en el quinquenio 2006-2010 (valor bajo). En el caso de los indicadores de vulnerabilidad, se valoraron de acuerdo con dos criterios: la tendencia (aumento, disminución, estabilidad), y el escenario (deseable, normal, no deseable) provenientes de las líneas evolutivas. El riesgo se compone por la combinación del clima y la vulnerabilidad en una matriz que valoró los quinquenios 2006-2010, 2011-2015 y 2016-2020.

De acuerdo con la escala de valores y colores usada para la vulnerabilidad actual, se presenta en el siguiente cuadro la evolución del riesgo a futuro.

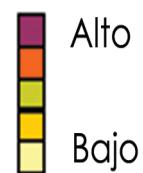
A pesar de que algunos indicadores de vulnerabilidad tienen proyecciones favorables a futuro,

el peso del clima es mayor como componente del riesgo, de forma que el riesgo va a ir aumentando hacia el 2020, debido principalmente al aumento de la amenaza del clima.

Cuadro 5.10: Estimación del riesgo futuro para los indicadores socioeconómicos seleccionados durante los quinquenios 2010, 2015 y 2020.

Indicadores socioeconómicos		Riesgo		
		2010	2015	2020
1	Tanque séptico			
2	Material de techo			
3	Material de paredes			
4	Agricultura			
5	Asma			
6	Discapacitados			
7	Analfabetismo			
8	Hacinamiento			
9	Pobreza			
10	Dotación de agua			
11	Adultos			
12	Niños			

Escala de riesgo



Fuente: IMN, 2007

### 5.6.1.1 Medidas de adaptación del recurso hídrico ante el cambio climático

Para identificar las políticas y medidas de adaptación se utilizaron diferentes metodologías de abordaje. Siendo el primer paso la búsqueda de fuentes bibliográficas con el propósito de identificar las más apropiadas para cada sector u organización. Estas políticas y medidas de adaptación dirigidas a la gestión del recurso hídrico, aunque no respondan ante la amenaza del clima. Un segundo componente metodológico consistió en la implementación de entrevistas personales o telefónicas con personal de entidades clave en el área en estudio. De esta forma se documentaron las experiencias que por su naturaleza no estaban registradas. Finalmente, se realizó un taller con personas exper-

tas para validar el análisis de las políticas y medidas de adaptación encontradas y determinar su efectividad. Adicionalmente, se analizaron las fortalezas y debilidades del sector hídrico. Se detalla una serie de necesidades que deben trabajarse para enfrentar la vulnerabilidad del sector hídrico a los cambios en el clima actual.

No existen políticas claras ni definidas para enfrentar los cambios en el clima, sin embargo, se pueden identificar medidas que aunque en términos generales no son respuesta directa para la adaptación al clima, pueden ser consideradas como medidas de adaptación a la vulnerabilidad climática del país. En el Cuadro 5.11 se resumen las medidas identificadas.

Cuadro 5.11: Medidas de adaptación realizadas por los diversos sectores

Sector	Medidas de adaptación
Forestal	<p>Protección, reforestación y mejoramiento de paisajes degradados</p> <p>Educación ambiental formal e informal</p> <p>Introducción de madera al mercado, procedente de plantaciones</p> <p>Incremento de control de la tala ilegal</p> <p>Aumento del número de viveros forestales</p> <p>Restauración de pendientes y riberas de ríos</p> <p>Sistemas agroforestales :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ mantenimiento de la fertilidad del suelo</li> <li>▪ reducción de la erosión mediante el aporte de material orgánico al suelo</li> <li>▪ fijación de nitrógeno</li> <li>▪ reciclaje de nutrientes</li> <li>▪ conservación del agua (cantidad y calidad) al favorecer la infiltración y reducir la escorrentía superficial que podría contaminar cursos de agua</li> <li>▪ captura de carbono, enfatizando el potencial de los sistemas silvopastoriles</li> <li>▪ conservación de la biodiversidad en paisajes fragmentados</li> </ul> <p>Manejo de cuencas (Proyecto Pirris/ Platanar a nivel de nacientes)</p>

Sector	Medidas de adaptación
Agropecuario	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manejo integrado de Finca (cuenca alta Virilla)</li> <li>Introducción de cultivos perennes, la producción como el café con sombra</li> <li>Nuevas alternativas de producción (hidroponía, invernadero, hortalizas para climas controlados, otros)</li> <li>Campañas de información – organización de talleres</li> <li>Proyectos de riego y capacitación para elevar la eficiencia del riego</li> <li>Reprogramación de actividades (ajuste de épocas de siembra, por ej.)</li> <li>Suspensión de siembras en zonas muy críticas</li> <li>Sustitución de cultivos afectados en las fases tempranas de su desarrollo, por otros más resistentes a condiciones adversas (solo en extensiones grandes).</li> <li>Drenajes o zanjas en zonas afectadas por exceso de precipitación</li> <li>Vigilancia de plagas y enfermedades</li> <li>Suspensión temporal de exportaciones (privados)</li> <li>Combinación con actividades forestales y pastoriles para lograr sistemas menos vulnerables (ganado, caña de azúcar y bosque)</li> <li>Introducir fuentes de alimentación alternativas para los animales</li> <li>Aumento de los esfuerzos en investigación para lograr variedades más resistentes a condiciones adversas</li> <li>Establecimiento de estrategias de información técnica a los agricultores</li> <li>Programas de control biológico, hidroponía (INA)</li> <li>Sistemas de piscicultura y sistema de riego (combinados), reciclaje de aguas</li> <li>Programas de Ganado Estabulado</li> <li>Sistema de siembra orgánicos</li> <li>Asesoría de técnicos</li> </ul>

Sector	Medidas de adaptación
Servicios públicos	<p><b>1. Agua</b></p> <p>Programas “De verano” de Acueductos y Alcantarillado</p> <p>Campañas de educación (formal e informal)</p> <p>Construcción de pozos y tanques de almacenamiento de agua</p> <p>Reparación y cambio de tuberías en mal estado</p> <p>Disminución de sedimentos (tomas de agua)</p> <p>Inversión en infraestructura (pozos y tanques) y tecnología</p> <p>Otorgamiento de concesiones bajo nuevos criterios<sup>19</sup></p> <p>Reducir caudal de la concesión o mantener el caudal ambiental</p> <p>Protección de acuíferos y tomas de agua</p> <p>Limitar el número de concesiones de acuerdo al sector y la fuente</p> <p>Canon de vertidos</p> <p>Canon de aprovechamiento (en proyecto)</p> <p>Tarifa hídrica ambientalmente ajustada (ESPH, S.A.)</p> <p>Mejoramiento de las medidas de control y monitoreo en el uso del recurso (medidores)</p> <p>Mejorar la infraestructura, vigilancia y control de tomas de captación nacientes (ASADAS)</p> <p>Programa de riesgo sanitario en Acueductos y Alcantarillados</p> <p>Vigilancia y control</p> <p>Racionamiento del agua</p> <p><b>2. Electricidad</b></p> <p>Horarios alternativos</p> <p>Equipos de mayor eficiencia por ejemplo lámparas fluorescentes compactas</p> <p>Pagos de Servicios Ambientales</p> <p>Control de carga</p> <p>Utilización de sistemas de generación con nuevas alternativas</p> <p><b>3. Saneamiento</b></p> <p>Construcción de alcantarillado sanitario metropolitano</p> <p>Aplicación de legislación en construcción de tanques sépticos</p> <p>Regulación en construcción de tanques sépticos y plantas de tratamiento por parte de urbanizadoras</p> <p>Sistema sanitario urbano</p> <p>Mejorar el manejo de desechos sólidos y reciclaje</p> <p>Poner en funcionamiento plantas de tratamiento en mal estado</p>

19 Basado en el Manual de Dotaciones del Departamento de Aguas MINAE

Sector	Medidas de adaptación
Industria	Eficiencia de procesos productivos mediante la innovación tecnológica
	Pagos de Servicios Ambientales
	Uso de material reciclable
	Reutilización de aguas
	Tratamiento y manejo de desechos sólidos
	Tratamiento de agua
	Sistemas de gestión ambiental (recuperación)
Salud	Certificación Ambiental mediante ISO 14001
	Participar a la sociedad civil para que exija a los diversos operadores de servicios de agua, un recurso de calidad y en cantidad que satisfaga sus necesidades básicas <sup>20</sup> .
	Coordinar el abastecimiento de las comunidades por medio de camiones cisterna con agua potable en caso de escasez
Vivienda	Campañas de educación sanitaria
	Reubicación momentánea de familias afectadas
	Subsidios de alquiler para familias afectadas
Organización	La formulación del Plan Nacional de Desarrollo urbano
	Intercambio de información entre organizaciones para identificar escenarios vulnerables
	Divulgación adecuada de la información
	Creación de comités para gestión de riesgos, prevención y atención de emergencias
	Educación y capacitación a ASADAS
Infraestructura	Grupos organizados en pro del ambiente
	Reparación de vías de acceso (puentes, carreteras) (MOPT y Municipalidades)
	Construcción de diques
	Construcción de drenajes a orillas de la red vial

20. Ante la ineffectividad de las herramientas actuales para exigir agua de calidad a los diferentes operadores de acuerdos, el ministerio está socializando su conocimiento en torno al tema para que sea el mismo pueblo quien exija un servicio de calidad (Moreira, com. pers.)

Fuente: Miranda et al. 2005

## 5.6.2 Conocimiento, estado actual y amenazas a la biodiversidad

El cambio climático está considerado como una de las principales amenazas globales para la biodiversidad en todos sus niveles. Si bien el cambio climático no es algo nuevo, la actividad humana ha alterado la estructura de muchos de los ecosistemas del mundo, disminuyendo su resiliencia frente a los cambios.

Costa Rica cuenta con 166 áreas silvestres protegidas en sus diferentes categorías las cuales cubren un 26,0% del territorio terrestre y un 0,9% de su extensión marina. Sin embargo, este esfuerzo conservacionista está muy lejos de proteger adecuadamente los diferentes ecosistemas identificados en el país, y más aún de proteger los procesos evolutivos y ecológicos necesarios para una buena salud de los ecosistemas.

El análisis de las interacciones entre biodiversidad y cambio climático resulta particularmente relevante para el país, donde se registran cerca de 91.000 especies, el 18% del medio millón de especies que se estiman están presentes en el país y aproximadamente un 4,5% de las especies conocidas en el mundo.

En Costa Rica se han realizado varios estudios, algunos de ellos desde hace 30 años, que bajo diferentes enfoques y grupos taxonómicos, analizan los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad. No obstante, aún existen limitaciones en disponer de una línea base como método de muestreo sistematizado y detallado para documentar los cambios poblacionales de las especies del país.

En general, se puede decir que todos los ecosistemas del país han sufrido cambios en su estructura y composición como producto de las acciones humanas. Es evidente que la contaminación, la sobreexplotación de recursos y cambios en la cobertura natural de la tierra producidos por el ser humano han producido y

están provocando cambios en la integridad de los ecosistemas, y por ende en la calidad de los bienes y servicios que estos ecosistemas brindan a los seres humanos.

Muchas de las especies del país han experimentado una reducción en su área de distribución y en su tamaño poblacional debido a los cambios en la cobertura de sus hábitat y/o sobre explotación por parte del ser humano, llevando a que algunas de estas se encuentren amenazadas, sin embargo, existen pocos estudios que nos permitan evaluar cambios en la diversidad de especies y vincularlos con relaciones directas al cambio climático.

### 5.6.2.1 Casos de estudio para Costa Rica

#### a) Anfibios y reptiles

La declinación poblacional de especies de tierras altas ha sido bien documentada (Pounds et al. 2005), pero recientemente se han encontrado evidencias de una declinación similar en especies de anfibios y reptiles de tierras bajas. Whitfield et al. (2007) dan la voz de alarma sobre una reducción de un 75% en la densidad poblacional de todas las especies de anfibios terrestres y una tendencia similar para las poblaciones de reptiles comunes. Estos autores sugieren que reducciones en la cantidad de la hojarasca, un microhábitat importante para estos animales, atribuido a un aumento gradual en la temperatura y en la humedad de la región, es la principal causa de estas declinaciones.

Varios investigadores liderados por Allan Pounds han estudiado la declinación de anfibios en tierras altas. Pounds et al. (2006) proponen que la declinación de anfibios es debida a la invasión del hongo patógeno *Citriidium* (*Batrachochytrium dendrobatidis*) en tierras altas favorecido por un aumento en

la temperatura mínima provocada por el calentamiento global. Después de analizar los períodos de las declinaciones de las especies de *Atelopus* en América tropical en relación con los cambios de temperatura en la superficie del océano y del aire, estos autores concluyen que el calentamiento a gran escala es un factor clave en la desaparición de especies. Ellos proponen que la temperatura en muchas localidades de tierras altas está cambiando hacia la temperatura óptima para el crecimiento del hongo patógeno en cuestión, favoreciendo así esta mortal epidemia entre los anfibios.

En un estudio realizado entre mayo 2004 y mayo 2005 (Escobedo 2005), se analizó el efecto del clima en la proporción de sexos del **caimán** (*Caiman crocodilus*), en el Refugio de Vida Silvestre Caño Negro.

El objetivo general de la investigación fue determinar el efecto del clima sobre la proporción de sexos en caimanes, en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Caño Negro, Costa Rica y las implicaciones de esta relación ante un eventual cambio de clima.

Se midió la temperatura de los nidos y ésta se asoció a variables climatológicas mediante pruebas estadísticas específicas. Cada individuo recolectado fue medido y analizado para obtener datos básicos según los objetivos específicos. Se recolectaron 144 individuos en 22 muestreos.

Los resultados y conclusiones de este estudio detallan:

- Existe relación entre el mayor número de machos y la disminución de precipitación durante los años noventas causada por el fenómeno El Niño. Hay relación negativa entre la disminución de la precipitación y el aumento de caimanes macho.

- Aumento de temperatura de incubación en aproximadamente 1 grado Celsius. El número de machos puede estar asociado a la temperatura de incubación en épocas anteriores de anidación.
- Mayor tasa de mortalidad en hembras. Los huevos incubados a bajas temperaturas son los más afectados en mortalidad, en el caso de caimanes son las hembras las que se ven afectadas.
- Temperatura de incubación favorece un nacimiento mayor de machos. La temperatura media fue superior para obtener una relación de 1:1 en hembras y machos. Al mantenerse la temperatura media durante todo el período de incubación y en especial en las primeras semanas de incubación, el sexo de las crías puede ser entre un 80 y 100% machos.
- La temperatura mínima diaria y la precipitación de la región Huetar Norte parecieron afectar la temperatura de incubación. Estos factores tuvieron una relación con la temperatura de incubación (prueba estadística) en dos nidos.
- En el estudio climático se observó un aumento de temperatura mínima en la zona y una disminución de la precipitación. De mantenerse la relación entre la temperatura de los nidos con la precipitación y la temperatura mínima, se podría esperar un aumento de la temperatura de incubación durante las siguientes épocas de anidación.

## b) Árboles

Estudios de largo plazo realizados en la estación La Selva en Puerto Viejo de Sarapiquí han documentado el efecto del cambio climático sobre el crecimiento de los árboles. Clark et al. (2003) registraron que el crecimiento diametral de los troncos de indivi-

duos adultos de 6 especies de árboles del doble sel, en un período de 16 años (1984-2000), estuvo negativamente correlacionado con el promedio anual de la temperatura mínima diaria y con la liberación de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por parte de los ecosistemas tropicales terrestres. Este resultado es consistente con otros que indican una reducción en la producción primaria neta de los bosques tropicales en años calientes durante las últimas dos décadas. Los autores sugieren que sus resultados son congruentes con otros estudios que demuestran que el aumento de la temperatura provoca que la tasa de respiración sea mayor que la tasa de fotosíntesis, reduciéndose la producción primaria neta.

#### c) Nubes, Monteverde y el Corredor Biológico Centroamericano

Las nubes de Monteverde parecen estar desapareciendo. La razón principal es la deforestación pero no en los bosques nubosos de Monteverde, sino en las tierras bajas, lo cual está generando un fuerte impacto en las nubes de Monteverde. No basta entonces con la conservación de bosques en esta región. Los estudios de Lawton et al. (2001) sugieren que el uso de la tierra en zonas bajas tiene serios impactos en los ecosistemas de las montañas adyacentes. Apoyado también por Nair et al. (2006) y Zeng et al. (2006), estos autores sugieren que la deforestación tropical y cambios asociados en el uso de la tierra, pueden alterar las características de la atmósfera, lo cual influye en la formación de nubes en la estación seca con implicaciones muy serias en las montañas adyacentes. La reducción de humedad es lo que pudo haber influenciado la desaparición del sapo dorado y puede estar afectando con certeza las poblaciones de anfibios en general en bosques nubosos.

Ray et al. (2006), apoyados por otros autores como Welch et al., 2005, analizaron que el éxito de la iniciativa del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) dependerá en parte de la habilidad de conectar corredores que provean hábitat adecuados para la permanencia de algunas poblaciones de especies y el movimiento migratorio de otras. Idealmente esta conexión a través de corredores podría contener poblaciones que originalmente han estado presentes en el sitio particular, sin embargo, la mayoría de estos corredores propuestos en esta iniciativa, no poseen sus bosques originales, sino más bien, están ocupados por paisajes agrícolas con tierras degradadas. Por lo tanto, el establecimiento de corredores exitosos dependerá de la regeneración de bosques.

#### d) Zonas de Vida

Enquist (2002) realizó un análisis sobre el efecto del cambio climático en la distribución de las 19 zonas de vida de Holdridge presentes en Costa Rica. Para este análisis utilizó diferentes modelos del cambio climático en los cuales aumentó la temperatura y simultáneamente incrementó o disminuyó la precipitación. Los resultados sugieren que las zonas de vida localizadas en elevaciones altas podrían ser más sensibles a incrementos en temperatura que a los cambios en la precipitación, mientras que aquellas en elevaciones bajas podrían ser más susceptibles a los cambios en las precipitaciones. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Karmalkar et al. (2008) usando escenarios de cambio climático para los bosques montanos de Costa Rica.

En un escenario con temperatura y humedad extremas, Enquist (2002) encontró una reducción en el número de las zonas de vida de Holdridge. Esta autora también incluyó datos sobre inventarios de especies de árboles en cada una de las zonas de vida, encontrando

que el bosque pluvial montano bajo, bosque pluvial montano, bosque pluvial premontano y el bosque estacional seco de tierras bajas son únicos en su composición de especies. Sin embargo, estas zonas de vida ricas en especies de árboles serán probablemente impactadas fuertemente por los cambios en la temperatura y la precipitación.

#### e) Aves

Las aves son uno de los grupos de organismos más estudiados y por lo tanto uno de los que ha dado la alarma sobre el cambio climático y su efecto en la biodiversidad. Estudios de aves en Monteverde comparando datos recolectados en los años 70 con datos a finales de los 90 han mostrado que varias especies se han mudado a tierras más altas en donde estaban ausentes, mientras que aquellas que ocupaban previamente tierras altas han declinando en abundancia (Powell & Hamilton De Rosier 1999).

Algunas especies de colibríes también han mostrado cambios al moverse a elevaciones mayores en el área de Monteverde (Fodgen & Fodgen 2005). Deliso (2007) recopiló información de cómo el cambio en la precipitación, temperatura, nubosidad y luz pueden afectar la producción de néctar y por lo tanto tener su efecto sobre la presencia y abundancia de las especies de colibríes. Los cambios en la distribución de los colibríes pueden tener un marcado efecto sobre la dinámica y funcionamiento de los bosques que habitan debido a su coevolución con las plantas que polinizan (Deliso 2007). Por otro lado se ha asociado que las temperaturas más elevadas en los bosques lluviosos de Costa Rica, han permitido que tucanes de tierras bajas invadan tierras altas, los cuales consumen los huevos de los quetzales, especies amenazadas. Existen también varios reportes informales sobre los movimientos de aves hacia tierras más altas en todas partes

del país aunque se carecen de las evidencias científicas que asocien estos movimientos con el cambio climático.

#### f) Especies de tierras bajas y transectos altitudinales

Colwell et al. (2008) en una investigación con 1.902 especies de epífitas, rubiáceas del sotobosque, geométridos (pollillas) y hormigas en el transecto altitudinal que se extiende de la Estación Biológica La Selva al volcán Barva a 2.900 m.s.n.m., concluyeron que dado un aumento de la temperatura de 3,2 grados Celsius (5,8 grados Fahrenheit) en el curso de un siglo, causará un "desgaste" o "debilitamiento" ("attrition") en un 53% de las 1.902 especies estudiadas. Eso no significa que los bosques de la actualidad se convertirán en desiertos, algunas especies prosperarán, especialmente aquellas ya adaptadas a condiciones de mucha tensión. Indican que en los trópicos, en particular, una respuesta podría ser ascender a sitios altos, siendo las rutas de escape más probables las laderas montañosas.

#### g) Pesquerías

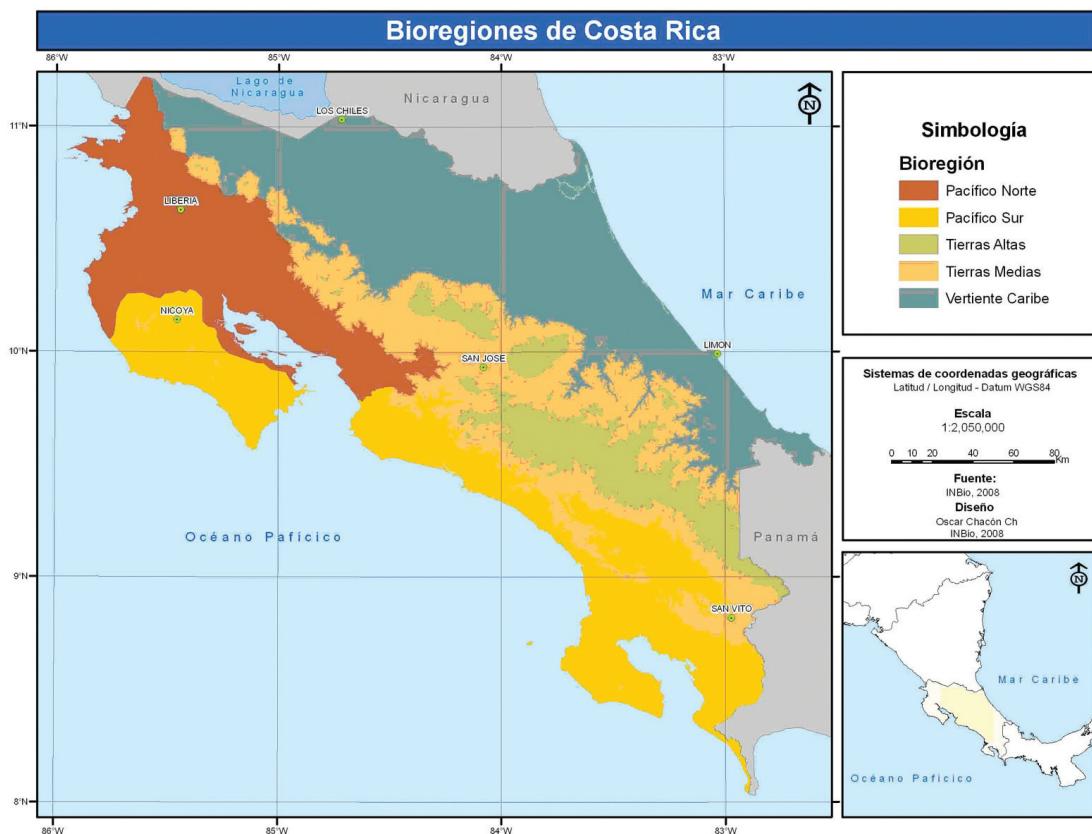
En relación con la pesca, las aguas costeras, los arrecifes coralinos y la biodiversidad típica son los más afectados por El Niño, dada la gran sensibilidad que tienen a los cambios bruscos de la temperatura del mar. Este cambio en la temperatura obliga a muchas especies comerciales como el tiburón y dorado a emigrar a otros lugares (Vega y Stoltz 1997). En 1997, por ejemplo, en el mar patrimonial de Costa Rica se experimentó una disminución severa en las capturas de dorado, especie de alto valor comercial; también disminuyó la pesca de pargo, cabrilla, corvina y atún, y se presentaron otros problemas de menor dimensión en la captura de camarón y tiburón (CNE s.f.).

### 5.6.2.2 Cambio climático y biorregiones

Las biorregiones propuestas en este análisis representan los principales ecosistemas del país, siguiendo la clasificación de las zonas de vida de Holdridge. Cada biorregión está en general definida por condiciones climáticas determinantes, especialmente la estacionalidad y cantidad de las precipitaciones, asociadas con una

biota particular adaptada a estas condiciones. El país se dividió en 5 biorregiones: Pacífico seco, Pacífico lluvioso, Vertiente del Caribe, Tierras medias y Tierras altas (Figura 5.22).

Figura 5.22: Mapa con Biorregiones para Costa Rica



Al comparar la información de las tres variables climáticas del período línea base 1961-1990 con el escenario al 2030, es posible determinar sus cambios y extrapolar cómo estos cambios afectarán de manera general a la biodiversidad del país.

#### 5.6.2.3 Análisis del cambio climático por área silvestre protegida

Dada la alta cantidad de áreas silvestres protegidas (166) presentes en el país, se decidió concentrar el análisis únicamente en aquellas de protección permanente, terrestres y continentales, es decir parque nacionales y reservas biológicas (33). Estas categorías de protección permanente cubren el 50,4% de la extensión total de las áreas silvestres protegidas, y abarcan aproximadamente un 12,7 % del territorio terrestre nacional. Además, los parques nacionales y reservas biológicas contienen muestras representativas de los principales ecosistemas del país.

Mediante el software ArcView se intersectaron la cobertura de las áreas silvestres protegidas con cada una de las coberturas de los parámetros climáticos analizados, tanto para el período línea base 1961-1990 como para el 2030. Este procedimiento permitió determinar el porcentaje de la extensión terrestre de los parques nacionales y reservas biológicas que sufrirán un cambio, incremento o disminución, con respecto a cada una de las tres variables climáticas.

En general, se puede observar como tendencia que los parques nacionales y reservas biológicas que se verán más afectados son los ubicados en las partes altas. Así, por ejemplo, entre estas áreas silvestres protegidas con menor área afectada por el cambio climático según los modelos propuestos están los Parques Nacionales: Santa Rosa, Palo Verde, Manuel Antonio y Cahuita; y entre los más afectados están los parques nacionales: Volcán Turrialba, Volcán Tenorio y Volcán Poás.

Los Parques Nacionales Tapantí-Macizo de la Muerte y Braulio Carrillo, importantes como fuente de agua potable para las poblaciones del Valle Central, sufrirán una marcada disminución en su precipitación anual, dando un ejemplo de la forma en que el cambio climático afectará el suministro de algunos de los servicios ambientales de los ecosistemas. Específicamente el PN Braulio Carrillo, el cual actualmente presenta en aproximadamente un 80% de su extensión precipitaciones anuales entre 4.000-6.000 mm. Para el 2030 aproximadamente el 95% de la extensión de este parque tendrá precipitaciones anuales entre 3.000–4.000 mm, reduciéndose así su capacidad como zona de recarga acuífera. En el caso del Parque Nacional Tapantí-Macizo de la Muerte actualmente el 53% de su extensión presenta precipitaciones anuales de 3.000–5.000 mm, para el futuro estas precipitaciones se reducirán aproximadamente al 15% de su extensión.

#### 5.6.2.4 Especies, vulnerabilidad futura e impactos del cambio climático sobre la biodiversidad

Para este estudio se seleccionaron 16 especies con el fin de desarrollar un análisis de los cambios en la distribución potencial de las especies basados en tres variables climáticas: precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima. Tomando en cuenta los siguientes criterios para la selección de especies:

- Especies representantes de los grupos de mamíferos, aves y anfibios. Los reptiles no se consideraron por no tener especies con suficiente información según criterio. Especies para las cuales se contará con información (coordenadas geográficas) de varios sitios en donde ocurren actualmente.
- Especies endémicas o amenazadas según la lista roja de IUCN.
- Especies cuya distribución fuera representativa de las especies de su grupo en un área determinada (Pacífico Lluviosos, Pacífico Seco, Vertiente Atlántica o zona montañosa)

Los mapas de distribución potencial se generaron mediante el algoritmo GARP (Genetic Algorithm Rule Set Production), que correlaciona datos de ocurrencia de una especie (longitud y latitud) con variables ambientales como altitud, precipitación y temperatura, para producir un modelo del nicho ecológico de esa especie, expresado en un mapa que muestra la probabilidad de ocurrencia de la misma en un área determinada.

Para cada una de las especies estudiadas se generaron dos mapas: el mapa de distribución potencial con base en el clima actual (línea base 1961-1990) y el mapa de distribución potencial proyectada al 2030). Cada uno de estos mapas se construyó seleccionando los 10 mejores modelos obtenidos.

En el cuadro 5.12 se observan las diferencias en hectáreas obtenidas entre la distribución potencial según la línea base 1961-1990 y el 2030, escenario A2. Para cuatro especies el área de distribución potencial se reduce a 0 o casi 0 hectáreas (*Amazilia boucardi*, *Carpodectes antoniae*, *Oophaga granuliferus* y *Phyllobates vittatus*); para 6 especies se espera que su área de distribución potencial se reduzca de entre 1,9% y 72,4% (en su orden: *Bufo aucoinae*, *Smilisca puma*, *Craugastor podiciferus*, *Saimiri oerstedii*, *Ara ambiguus* y *Cephalopterus glabricollis*); para 5 especies se espera que su área de distribución potencial aumente entre 14,1% y 47,5% (en su orden: *Oedipina poelzi*, *Touit costaricensis*, *Cryptotis gracilis*, *Caluromys derbianus* y *Isthmohyla picadoi*); en el caso de *Habia atrimaxilaris* se proyecta un aumento en el área de distribución potencial de un 109.06%.

#### 5.6.2.5 Impactos positivos y negativos potenciales sobre la biodiversidad dados por las actividades llevadas a cabo para mitigar el cambio climático<sup>21</sup>

Existe evidencia de que el cambio climático está afectando y continuará afectando la diversidad biológica. Las consecuencias del cambio climático en el componente de las especies son (Parmesan 2006):

- cambios en la distribución,
- aumento de las tasas de extinción,
- cambios en los tiempos de reproducción, y
- cambios en la duración de la estación de crecimiento de las plantas.

Es importante señalar que muchas de las medidas de adaptación presentes en el país, no necesariamente obedecen a una política explícita de adaptación al cambio climático, sino más bien son respuesta a políticas de conservación y recuperación de cobertura boscosa en el país, en atención a intensos procesos de deforestación que se dieron en las décadas de los 70 y 80 con promedios superior a 60.000 hectáreas anuales. A continuación se presentan algunas de estas medidas con un análisis de los posibles efectos positivos y negativos sobre la biodiversidad:

- a. **Plantaciones forestales:** A partir del año 1979, Costa Rica inició una nueva experiencia en el área forestal como fue el establecimiento de plantaciones forestales con fines comerciales. Es importante anotar que la mayoría de las plantaciones han utilizado especies exóticas (melina, *Gmelina arborea*, y teca, *Tectona grandis*) establecidas como monocultivos.

Las acciones de reforestación realizadas en el país producen más efectos negativos que

21 Incluye forestación, reforestación, agrosilvicultura, manejo forestal, manejo de pastizales, transferencia de tecnología, entre otros.

Cuadro 5.12: Cambios esperados en la distribución potencial de 16 especies en Costa Rica con base en tres variables climáticas: precipitación anual, temperatura mínima y temperatura máxima

Especie	Área apta en el presente (Ha.)	Área apta en el futuro (Ha.)	Diferencia	%
<i>Amazilia boucardi</i> (colibrí, gorrión)	16394	0	-16394	-100,00
<i>Ara ambiguus</i> (Lapa verde)	20098	11844	-8254	-41,07
<i>Bufo aucoinae</i> (sapo)	11772	0	-11772	-100,00
<i>Caluromys derbianus</i> (zorro de balsa)	9215	16989	7774	84,36
<i>Carpodectes antoniae</i> (Cotinga piquiamarilla)	11930	877	-11053	-92,65
<i>Cephalopterus glabricollis</i> (pájaro danta, pájaro sombrilla cuellinudo)	14606	19655	5049	34,57
<i>Craugastor podiciferus</i> (Ranita, sapito))	10409	14187	3778	36,30
<i>Cryptotis gracilis</i> (musaraña)	4679	4656	-23	-0,49
<i>Oophaga granuliferus</i> (Rana venenosa, sapito venenoso)	14346	0	-14346	-100,00
<i>Habia atrimaxilaris</i> (Tangara hormiguera carinegra)	7238	5082	-2156	-29,79
<i>Isthmohyla picadoi</i> (Rana)	5129	6972	1843	35,93
<i>Oedipina poelzi</i> (Salamandra)	7164	9601	2437	34,02
<i>Phyllobates vittatus</i> (Rana venenosa, sapo venenoso)	14346	0	-14346	-100,00
<i>Saimiri oerstedii</i> (Mono ardilla, tití)	11407	5867	-5540	-48,57
<i>Smilisca puma</i> (Rana)	22812	11844	-10968	-48,08
<i>Touit costaricensis</i> (Periquito alirrojo)	6783	7339	-556	-8%

Fuente: INBIO, 2009

positivos sobre la diversidad biológica. Por ejemplo, en las etapas iniciales se partió de la destrucción de ecosistemas naturales (bosques transformados en plantaciones) o terrenos que estaban en diversas etapas de sucesión natural; la mayor parte de la reforestación realizada se basa en monocultivos de especies exóticas de una misma edad con rotaciones de corta con un máximo de diez años.

- b. Regeneración natural (bosques secundarios). De acuerdo con información del SINAC presentada por el Estado de la Nación 2007, al año 2000 existían más de 580.000 ha de bosque tipo secundario, producto principalmente del abandono de terrenos que estaban siendo utilizados en ganadería extensiva, en especial, en la región Chorotega. Muchos de estos terrenos se han acogido al sistema de pago de servicios ambientales de protección, con lo cual se le da una seguridad temporal para su mantenimiento y conservación. Estos terrenos que tienen actualmente la función de mitigación, potencialmente contribuyen a conservar la biodiversidad, ya que esta regeneración natural y las especies nativas que se utilizan reflejan en su mayoría, propiedades estructurales de los bosques de los alrededores.
- c. Políticas de conservación del país: Aunque las políticas de conservación que se han venido desarrollando en los últimos años en el país no fueron establecidas como medidas de mitigación, si son un elemento fundamental en la capacidad de adaptación que puede tener el país ante los efectos del cambio climático. En este caso, las relaciones entre la diversidad biológica y el cambio climático actúan en ambas direcciones.

Contar con el Sistema Nacional de Áreas de Conservación como el elemento integrador a nivel de gobierno de las políticas ambientales del país; y disponer de un sistema

de áreas protegidas que cubre el 26% del territorio nacional; el Programa Nacional de Pago de Servicios Ambientales a cargo de FONAFIFO mediante el cual se protege más del 1% del territorio continental con bosques privados del país; el Programa Nacional de Corredores Biológicos que cubre cerca del 24% del territorio nacional, estudios como el proyecto GRUAS II (SINAC 2007 a, b) que realiza un análisis de vacíos de conservación en el país, son elementos que contribuyen positivamente no solo a la conservación de la diversidad biológica del país, sino también a mitigar los efectos del cambio climático.

#### 5.6.2.6 Acciones de adaptación identificadas

- Definición de criterios para determinar la vulnerabilidad de la biodiversidad ante el cambio climático.
- Identificación de los vacíos de información con respecto a los diferentes componentes de la biodiversidad.
- Evaluación del impacto de otros impulsores de cambio sobre la relación biodiversidad.
- Revisión e integración de los diferentes escenarios de cambio climático generados para el país.
- Generación de datos con respecto a los volúmenes de captura y emisión de carbono según las especies o vegetación que se promueva.
- Evaluación del sistema de Áreas Silvestres Protegidas a la luz de los conceptos de resiliencia y cambio climático.
- Implementación de un programa de monitoreo de la biodiversidad y la adecuada sistematización de la información generada que permita contar con métrica confiable y verificable.
- Actualización de datos sobre componentes como el suelo.
- Ajuste del Sistema de Áreas Silvestres Protegidas a la luz de los conceptos de resiliencia y cambio climático, incorporando pro-

- puestas como la de vacíos de conservación y consolidación de ASP identificadas en GRUAS II.
- Gestión integrada y sostenible del recurso hídrico integrando las dimensiones del cambio climático.
  - Gestión de hábitat enfocada en especies en peligro.
  - Mejora de las acciones de control de cambio de uso del suelo y tala ilegal.
  - Incorporación al mantenimiento y restablecimiento de ecosistemas naturales de los posibles impactos del cambio climático.
  - Promoción de la gestión sostenible y del manejo adaptativo tanto dentro como fuera de las ASP.
  - Ordenamiento de la gestión sostenible de los recursos marinos y marino-costeros en relación con el cambio climático
  - Fortalecimiento de la generación y la valoración de los bienes y los servicios provenientes de los ecosistemas.
  - Promoción de diferentes formas de conservación privada (corredores biológicos, reservas privadas, servidumbres).
  - Incorporación al pago de servicios ambientales de las dimensiones del cambio climático.
  - Fortalecimiento de las acciones de protección y manejo sostenible en arrecifes de coral en ambas costas y ecosistemas de interés particular como Golfo de Papagayo, de Nicoya, Dulce y humedal Térriba-Sierpe.
  - Definir planes de gestión adaptativa para los componentes de la biodiversidad priorizados.
  - Ordenamiento ecosistémico dinámico del territorio integrando iniciativas como Corredores biológicos (Grúas II), Bosques modelo y Unidades Socioecológicas de Gestión.
  - Elaboración e implementación de un Plan Nacional Marino y Marino-costero con base en Grúas II.
  - Actualización e implementación de la Estrategia Nacional de Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad y la de Humedales.
  - Determinación y eliminación de las inconsistencias en el marco legal y político de los diferentes entes estatales.
  - Articulación de las políticas, planes y programas a nivel interinstitucional que permitan implementar las medidas de adaptación en las instancias relacionadas con la biodiversidad.
  - Aplicación del marco legal nacional e internacional relacionado con la gestión sostenible de la biodiversidad y el impacto del cambio climático.
  - Análisis del costo beneficio de las diferentes alternativas de adaptación.
  - Implementación del mecanismo para mejorar la complementariedad y las sinergias en la implementación de las convenciones ambientales globales, propuesto por el proyecto "autoevaluación de capacidades nacionales para la implementación de las convenciones globales ambientales" (Ulate & Villegas, 2007).
  - Establecimiento de una instancia de coordinación interinstitucional que permita integrar la información, el conocimiento y las iniciativas relacionadas con la interacción entre la biodiversidad y el Cambio Climático.
  - Articulación de las acciones de los órganos de MINAET relacionados con la conservación de la biodiversidad y cambio climático.
  - Consolidación de la capacidad institucional de los órganos de MINAE relacionados con la conservación de la biodiversidad y cambio climático (SINAC, CONAGEBIO, FONAFIFO, IMN, SETENA, Departamento de Aguas, DSE)
  - Fortalecimiento de la coordinación interinstitucional y alianzas para la gestión sinérgica entre biodiversidad y cambio climático.
  - Establecimiento de una red de información científica a nivel nacional e internacional que facilite la determinación de la vulnerabilidad y la respuesta a las medidas de adaptación de la biodiversidad ante el cambio climático.

- Fortalecimiento de las alianzas entre el Estado, el sector privado y académico.
- Fortalecimiento de los mecanismos participativos y de sensibilización de la sociedad civil con el apoyo de los medios de comunicación masiva.
- Fortalecimiento de los programas de educación formal y no formal que incluyan las dimensiones del cambio climático y la biodiversidad.

### 5.6.3 Salud Pública

Uno de los sectores de mayor vulnerabilidad ante el clima, su variabilidad y cambio climático es el de la salud pública. La vulnerabilidad de este sector no se basa solo en la estrecha relación entre los elementos atmosféricos y los procesos biológicos que desatan la enfermedad, sino en la relación existente entre la salud y la calidad de vida de la población. Esta a su vez, repercute directamente en el desarrollo del país. Por otro lado, el sector salud de Costa Rica, también ofrece una plataforma organizativa importante para el tema de adaptación al cambio climático bajo esquemas de desarrollo y aprovechamiento de oportunidades.

Parte de la vulnerabilidad de la salud humana está dada por la mayor frecuencia de aparición de algunas enfermedades ante la variabilidad climática, y el impacto socio económico que dejan a su paso. Ahora bien, el repunte de enfermedades debido al clima, puede deberse entre otros factores a efectos indirectos y directos de los elementos meteorológicos. Los efectos indirectos del clima sobre la salud, se asocian con el efecto sobre vectores transmisores de enfermedades como los roedores (Retana et al 2003), la marea roja (Delgado 1997, Gutiérrez 2004), o el dengue (Ebi, Dlewis, Corbalán 2005), que presentan fluctuaciones poblacionales relacionadas con eventos de variabilidad climática. Los períodos de resurgimiento y mayor incidencia de estas enfermedades han afectado

la economía y la vida social del país. A su vez el tema de seguridad alimentaria y su vinculación con el clima, es otro efecto indirecto de las posibles implicaciones del cambio climático sobre la salud humana. La disponibilidad de alimentos de un país se ve comprometida por la fluctuación poblacional de plagas asociado a la variabilidad del clima (Retana et al 2003, Retana 2000) y por la afectación sobre los rendimientos de los cultivos ante eventos extremos (Villalobos 1999, Retana y Villalobos 2004). Si bien es cierto, la población costarricense tiene buenos índices de nutrición, aún existen grupos de población afectados.

La evaluación de la vulnerabilidad de la salud humana ante el clima, su variabilidad y cambio climático tiene como objetivo caracterizar un grupo de enfermedades en cuanto a sus componentes de vulnerabilidad: sensibilidad, exposición. Además se proponen guías para fortalecer la resiliencia y capacidad adaptativa del ente rector de la salud pública en Costa Rica.

Metodológicamente y en concordancia con los resultados obtenidos por el IPCC en materia de salud (IPCC 2007), se definen cuatro grupos de enfermedades y seis casos de estudio, que tienen importancia social, económica y académica.

Para evaluar la vulnerabilidad de las enfermedades con mayor incidencia, se utilizaron métodos cuantitativos de análisis de la sensibilidad, que pudieran establecer relaciones entre elementos del clima y registros históricos de tasas o número de casos de acuerdo con la disposición de información. Los impactos económicos de las enfermedades formaron parte de esta cuantificación. La exposición del sistema se realizó por la identificación espacial de las áreas y de grupos poblacionales de mayor incidencia de la enfermedad y su relación con las regiones climáticas del país. Los insumos para la resiliencia se obtuvieron por medio del trabajo con grupos focales.

Cuadro 5.13: Grupo de enfermedades y casos de estudio

Grupo de enfermedades	Caso de estudio
Enfermedades de transmisión vectorial	Dengue
	Malaria
Enfermedades cardiorrespiratorias	Asma
	Cardiopatías
Enfermedades gastrointestinales	Diarreas
Enfermedades parasitarias	Angiostrongilosis abdominal

Fuente: IMN, 2009

Los datos sobre casos y tasas de dengue y malaria se obtuvieron por medio del Departamento de Vigilancia Epidemiológica del Ministerio de Salud Pública. La información de Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS), diarrea y cardiopatías proviene del registro colectivo de la Unidad Estadística del Ministerio de Salud. Los datos de angiostrongilosis abdominal se tomaron del estudio realizado por Conejo y Morera 2007. Toda la información climatológica fue obtenida de la base de datos del IMN.

En cuanto a las enfermedades de transmisión vectorial se encontró lo siguiente:

#### 5.6.3.1. El dengue (vector *Aedes aegypti*)

En Costa Rica el dengue reaparece en 1993 y, para mediados del 2004 ya había contagiado a más de 92 mil personas, desde que reapareció, los picos máximos se dieron en 1994, 1997, 2003 y el 2005 (Morris, 2004b).

La población entre los 5 y 45 años de edad es la más vulnerable. Entre este rango, se encuentra la población económicamente activa del país, así como la escolar y colegial. Por estas características, la vulnerabilidad de este grupo etario tiene un fuerte impacto en el desarrollo nacio-

nal debido al ausentismo por incapacidades tanto en escuelas como en el trabajo<sup>22</sup>. En cuanto a la exposición, las áreas vulnerables según registros de la Unidad de Vigilancia Epidemiológica del MINSA, se da en las zonas bajas y cercanas a la costa.

Los cantones más afectados por casos de dengue, de acuerdo con el registro de 1993 hasta el 2006 (Unidad Epidemiológica del MINSA) se presentan en el cuadro siguiente.

<sup>22</sup> Doctora Teresita Solano, 2008. Unidad de vigilancia epidemiológica. MINSA. Taller de Validación de resultados.

Cuadro 5.14: Cantones con mayor tasa anual de incidencia de dengue  
Promedio período 1993-2006.

Cantón	Tasa (casos/ 100000 habitantes)	Altura promedio (msnm)
Orotina	26,02	229
Puntarenas	20,80	4
Cañas	18,10	86
Liberia	16,80	144
Santa Cruz	15,46	49
Garabito	15,41	7
Montes de Oro	15,02	340
Esparza	14,10	208
Abangares	11,85	150
Limón	11,66	3

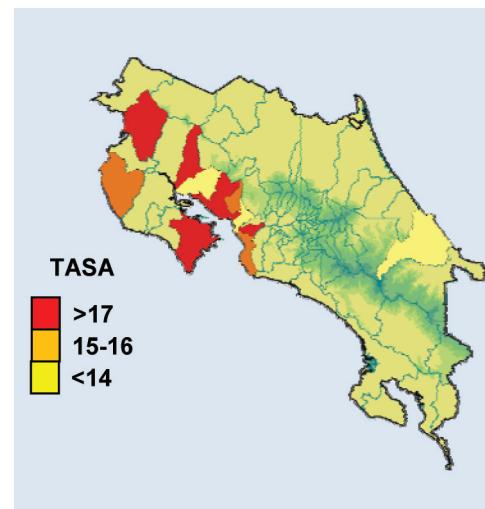
Fuente: IMN, 2009

Los cantones de mayor incidencia pertenecen a la Región Pacífico Norte de Costa Rica, con excepción de Limón que se ubica en el Caribe del país. Son áreas de menos de 340 msnm, cercanos a la costa, con clima cálido y una estacionalidad marcada en el caso del Pacífico. El clima del Caribe es cálido y húmedo, con una alta precipitación a lo largo de todo el año.

### Sensibilidad: Relación climática

En Costa Rica, durante El Niño (fase cálida de ENOS) la tasa aumenta en las provincias de influencia Pacífico. En Limón, la fluctuación de la tasa es inversa y se asocia con la fase fría de ENOS, La Niña.

La provincia de Limón se presenta como caso de estudio para evaluar la sensibilidad y la rela-

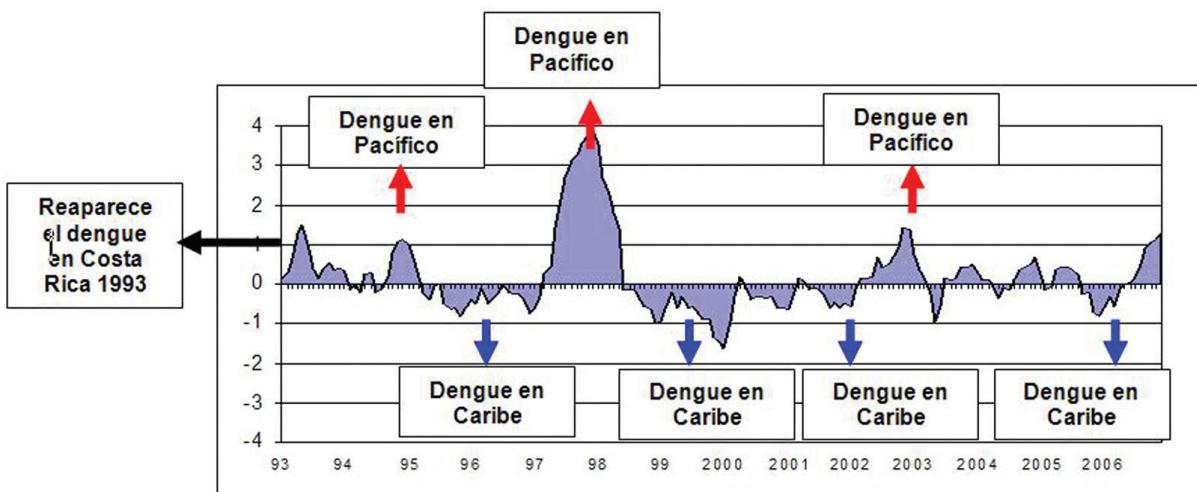


ción climática con el vector del Aedes aegypti.

### Sensibilidad: Impactos actuales

El costo económico de atención del dengue representa un 0.015% del PIB en promedio para el período analizado, sin embargo, para el 2003, el costo duplicó el promedio debido al importante brote reportado en Guanacaste. Por otra parte, del 2004 al 2006 se presentaron brotes muy importantes que probablemente harán aumentar los valores promedio del período 97-03 aquí analizados. Por ejemplo, según cita Oviedo (2007) para julio del 2007, la CCSS estimaba el costo de la atención de la epidemia de dengue en 2400 millones de dólares y terminó invirtiendo 3527 millones (Morris 2007). Hasta agosto del 2008 la CCSS había invertido cerca de ₡1000 millones entre incapacidades y atención de enfermos (Avalos, 2008). Al impacto económico de la enfermedad se debe de agre-

Figura 5.23: Temperatura superficial del mar (anomalía en grados Celsius) en la Región Niño 3.4, y su relación con la incidencias de casos de dengue en Costa Rica.



gar el impacto social que afecta profundamente la vida familiar y eleva el riesgo de un nuevo contagio con virus más agresivos y mortales, lo cual crea una sensación de inseguridad difícil de subsanar.

#### 5.6.3.2 La malaria (vector Anopheles albimanus)

De acuerdo con Vargas (2001), la historia de la Malaria en Costa Rica se remonta a 1925, año en que se realiza la primera encuesta nacional de esta enfermedad.

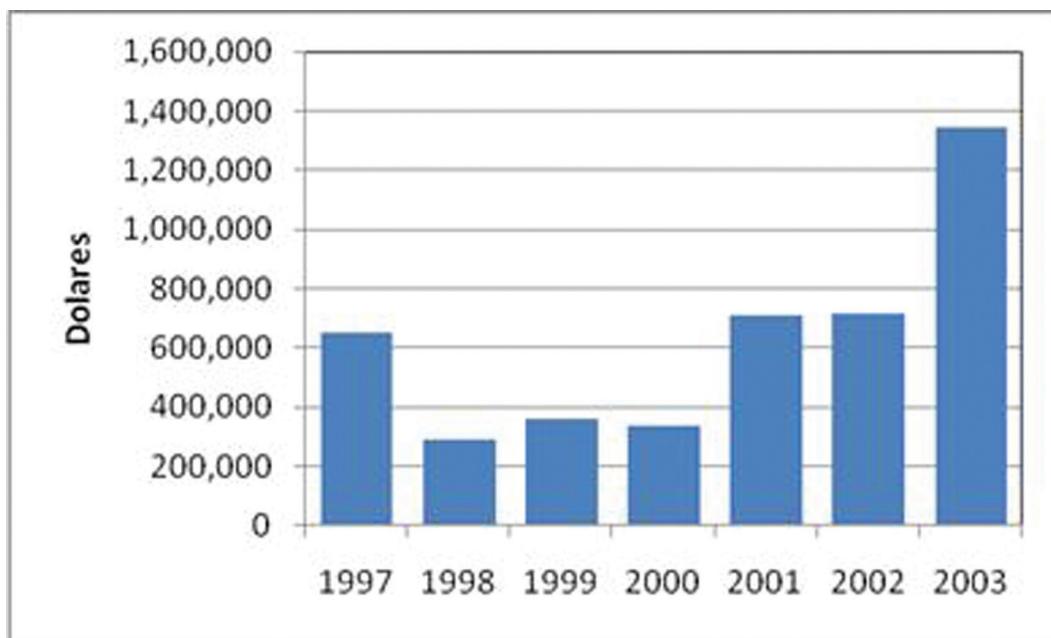
A partir de 1991, la tasa de la enfermedad aumenta. El desarrollo del sector bananero en la región Caribe de Costa Rica, contribuye a que la enfermedad se traslade a este litoral debido a la agresiva tasa de deforestación que promueve los criaderos y una masiva contratación de trabajadores procedentes de áreas endémicas de malaria. Hasta 1992, la Región Caribe aporta-

ba el 80.0% de los casos del país, sin embargo, a partir de 1993 la Región Huetar Norte comenzó a compartir este porcentaje y para los últimos años, dicha Región contribuyó con el 40.0% del total de casos, promovido en parte por el agresivo desarrollo agroindustrial, tal y como sucedió con la Región Caribe y el desarrollo del cultivo del banano.

La población más vulnerable se encuentra en edades comprendidas entre los 15 y 44 años, o sea la población económicamente activa (Teresita Solano, Directora de la Unidad de Vigilancia Epidemiológica del MINSA, citada por Morris, 2005b).

De acuerdo con los datos de la Unidad de Epidemiología del MINSA, entre el 2004 y el 2006 la mayor incidencia de malaria en Costa Rica se presentó en el Caribe de Costa Rica y, en menor grado en algunos cantones de la Zona Norte y el Pacífico Central. El cantón de mayor tasa co-

Figura 5.24 Impacto económico de la atención del dengue



responde a Matina con un 46.9% por cada 100 mil habitantes. Los otros cantones afectados en menor exposición son Talamanca, Garabito (Pacífico Central), Guácimo, Limón, Siquirres, Los Chiles (Zona Norte), Pococí, Aguirre (Pacífico Central) y Sarapiquí. En la Figura 5.23 se presenta la incidencia nacional de la enfermedad y su distribución espacial a nivel de cantón.

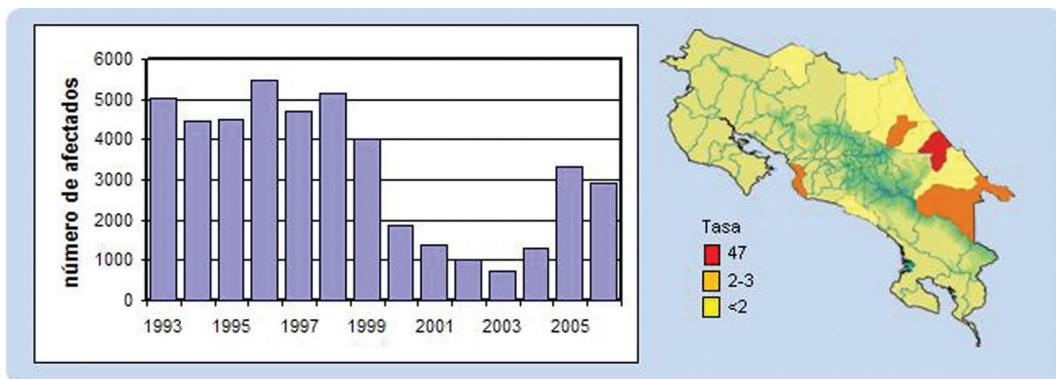
### Sensibilidad: Relación climática

De acuerdo con análisis de las series de tiempo de registros de malaria en Costa Rica desde los cincuenta hasta los noventas (Vargas 1992 y Vargas 2001), existen períodos de aumento y disminución del número de casos. Según los autores, las fluctuaciones son debidas al fortalecimiento y debilitamiento de programas de lucha contra la enfermedad, cambios del uso del suelo asociados con el desarrollo agroindustrial y las condiciones sociales de la zonas (incluidas las migraciones por contratación de mano de

obra). Aunque Vargas (1992) afirma que uno de los factores que afecta la distribución temporal de los casos de malaria son los desastres naturales, no da evidencias de la eventual relación climática.

La Organización Panamericana de la Salud, cita que el riesgo de epidemia de malaria es unas cinco veces mayor el año siguiente a un episodio de El Niño (OPS 2008). Sin embargo, de acuerdo con los registros a nivel nacional de la Unidad Epidemiología del Ministerio de Salud, la relación no es clara. La Figura 5.25 presenta el registro nacional de casos desde 1993 al 2006, junto a la distribución espacial promedio de acuerdo con las tasas a nivel de cantón del 2004 al 2006. El cantón de mayor incidencia es Matina. De hecho, la malaria es una enfermedad predominantemente del Caribe, si bien existen algunos focos en el Pacífico del país.

Figura 5.25: Incidencia nacional de malaria y distribución espacial de la tasa (100 mil habitantes) en los 10 cantones de mayor afectación (2004-2006)



Fuente: Unidad Epidemiológica del Ministerio de Salud

Aunque no se percibe una relación consistente entre ENOS y la incidencia de malaria, existen relaciones con la temperatura ambiente y la precipitación.

### Sensibilidad: Impactos actuales

Los impactos económicos generados por la atención de la malaria en Costa Rica (en promedio para el período 1997-2006), representan el 0.004% del PIB, lo cual significa aproximadamente unos \$154.000, (unos ₡85 millones, al tipo de cambio actual).

De 1998 al 2003 se mantuvo una tendencia de disminución pronunciada, sin embargo, en el 2005 se presentó un repunte de la enfermedad que quebró la tendencia, lo cual se ve reflejado en los impactos económicos entre el 2005 y el 2006.

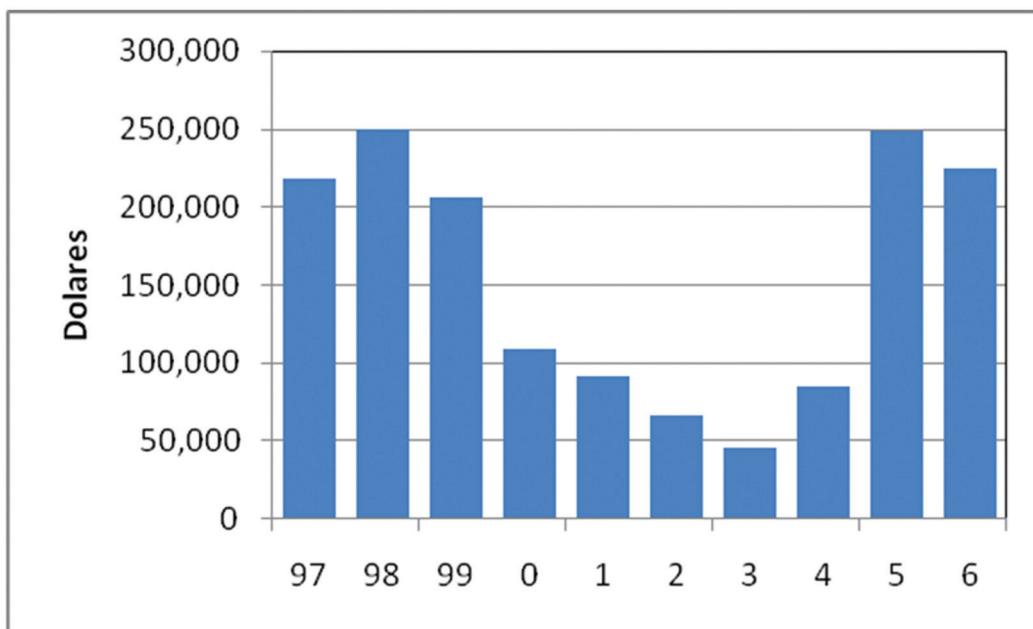
Los escenarios de cambio climático hablan consistentemente de incrementos de temperatura diurna y nocturna que probablemente van a contribuir no solo con la expansión de

la frontera ecológica del mosquito, sino con un aumento de su metabolismo. De acuerdo con los más recientes resultados de las proyecciones del clima futuro para Costa Rica, algunas partes la zona central de la Región Caribe (las áreas de mayor incidencia de malaria actualmente), experimentarían un aumento de la precipitación y de las temperaturas máxima y mínima. Estas condiciones pueden afectar la fisiología del mosquito, como por ejemplo su tasa alimenticia y su frecuencia reproductiva, lo cual se podría traducir en una mayor incidencia de la enfermedad.

### 5.6.3.3 El asma como ejemplo de IRAS

El asma es una de las enfermedades crónicas que causa mayor impacto socio económico en Costa Rica debido a sus costos de atención hospitalaria y el ausentismo escolar y laboral que provoca (Soto y Soto 2004, Cantero y Fonseca 2006). El porcentaje de niños de los 700 000 pacientes de esta enfermedad (Avalos 2006), hacen de Costa Rica uno de los siete países de mayor prevalencia de asma infantil a nivel mundial (Soto y Soto 2004, Zeledón et al 2001).

Figura 5.26: Impacto económico de la atención de malaria



Con el objetivo de definir la prevalencia del asma en la población infantil de Costa Rica, se realizaron cuatro estudios epidemiológicos. En 1989 la prevalencia era del 23.4%. Para 1995, la prevalencia aumentó a 27.7%, esta tasa disminuyó en 1998 a valores del 27.1%. Sin embargo, para el 2002, los resultados indican que el asma infantil en Costa Rica presenta una prevalencia del 33.2%.

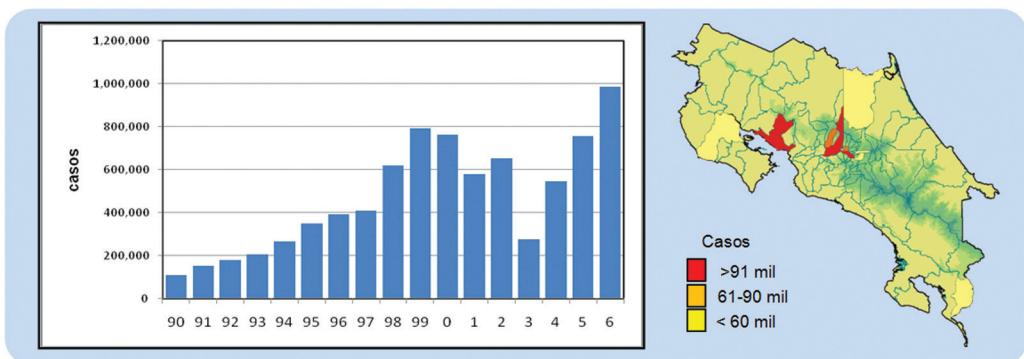
De acuerdo con OECC (2005), la población adulta mayor que padecen bronquitis crónica o asma, es el grupo etario más vulnerable ante el incremento de los contaminantes atmosféricos generadores del calentamiento global. En Costa Rica, la población infantil es la más amenazada con este padecimiento. De acuerdo con datos de la CCSS los niños entre uno y nueve años y los adultos mayores de 65 años, son las principales víctimas de problemas respiratorios, siendo el asma, la tercera causa de muerte en la población adulta mayor (Solís 2006). En los

últimos años se ha notado un incremento de casos en la población económicamente activa, producto de la carga contaminante.<sup>23</sup>

Según lo expresado por González 2005, las zonas de mayor incidencia de asma en Costa Rica son las bajas y cálidas (Guanacaste, Puntarenas y Limón), sin embargo, los datos de la Unidad Estadística del Ministerio de Salud para el período 1998-2006, indican que donde se atiende la mayor cantidad de casos es en la Región Central, seguida del Pacífico Norte y luego el Pacífico Central. A nivel de cantón, los 10 primeros en cuanto a número de afectados son: Alajuela Centro, San José Centro, Puntarenas Centro, Grecia, Heredia Centro, Goicoechea, La Unión, Corredores, Nicoya y Sarapiquí (Fig. 5.27).

<sup>23</sup> Taller de Validación de Resultados. San José.

Figura 5.27 Casos de IRAS a nivel nacional (1990-2005) y distribución espacial en los cantones de mayor afectación (2003-2006).



Fuente: IMN, 2009

### Sensibilidad: Relación con clima

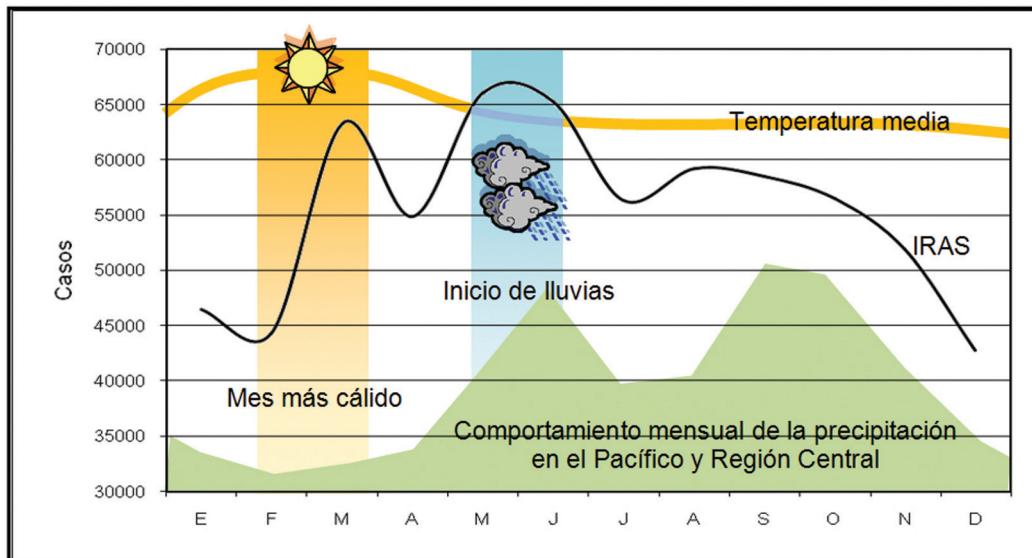
Es ampliamente reconocido que uno de los disparadores de las crisis asmáticas es el factor climático. Por ejemplo, tanto Chavarría (2001) como Celedón et al (2001), indican que el aumento en el número de casos de asma puede estar relacionado con la humedad del aire y la cantidad de lluvia. Fernández (2006) menciona que los problemas respiratorios se dan durante todo el año, pero entre mayo y junio se exacerbaban con la llegada de la estación lluviosa. Fernández (2006) indica que los cambios bruscos de temperatura o permanecer en lugares muy húmedos o calientes, son condiciones ambientales propicias para producir asma.

De acuerdo con la información anual de la Unidad Estadística del Ministerio de Salud es difícil encontrar una señal clara entre las IRAS a nivel nacional y fenómenos de variabilidad climática como el ENOS. A nivel mensual, existe una relación cualitativa con la climatología promedio del Pacífico y Región Central de Costa Rica. En la Figura 5.28 se esquematiza el comportamiento

mensual de las IRAS a nivel nacional (línea negra en miles de episodios), con el comportamiento promedio de la precipitación (área verde, sin unidades) y temperatura media (línea naranja, sin unidades).

El primer pico de episodios de IRAS se presenta en el mes de marzo, que es el mes más seco y cálido en la vertiente del Pacífico y Región Central. Normalmente durante marzo y abril, se presenta una alta concentración de partículas suspendidas en las capas bajas de la atmósfera. Estas partículas son muy variadas en su composición ya que pueden ser minerales como el cloruro de sodio, provenientes del rompimiento de las olas del mar y arrastrados por el viento; puede ser material propio de las quemas agrícolas (zafra de la caña de azúcar) o incendios forestales. También pueden ser partículas de polvo proveniente de la preparación de tierras para la siembra o bien puede ser contaminación variada concentrada principalmente en las zonas urbanas. Estos núcleos suspendidos en el aire, son los puntos de condensación necesarios para la formación de nubes, además de que contribuyen con el

Figura 5.28: Casos mensuales de enfermedades respiratorias en Costa Rica. 1990-2005.



Fuente: IMN, 2009

aumento de la temperatura ambiente.

Durante este período se produce una mayor sensación térmica puesto que la velocidad del viento alisio disminuye permitiendo el paso de los vientos del sureste, que son húmedos y cálidos, son los precursores de las primeras lluvias en el Valle Central (aguaceros de los cafetales) lo cual da una sensación de “bochorno”. La bruma es característica de la vertiente del Pacífico durante marzo y abril. En la Región Central se vuelve más densa por la adición de contaminantes producidos por la combustión de hidrocarburos en las áreas urbanas. En las partes bajas del Caribe, se presentan brumas marinas principalmente durante marzo, abril y octubre (IMN 1988). Todas estas condiciones ambientales prevalecientes entre marzo y abril en la mayor parte del territorio, hacen que este período presente una atmósfera “enrarecida”, lo cual puede ser un factor desencadenante de crisis respiratorias.

El segundo pico de IRAS se observa en junio, corresponde con el primer máximo de precipitación en el Pacífico y Centro del país, con primeras lluvias muy intensas. Junto con los núcleos de condensación precipitan gran cantidad de aerosoles en suspensión que pueden ser alergénicos. De acuerdo con la figura 5.27, se debe considerar de marzo a junio como el momento crítico de incidencia de IRAS, debido en parte por los cambios en la temperatura esperados por la estacionalidad y por una mayor precipitación de agentes alergénicos. El segundo máximo de lluvia que se da entre septiembre y octubre, no presenta la misma variación de temperatura como la que se experimenta entre marzo y junio, razón por la cual, el número de IRAS no aumenta.

### Sensibilidad: Impactos actuales

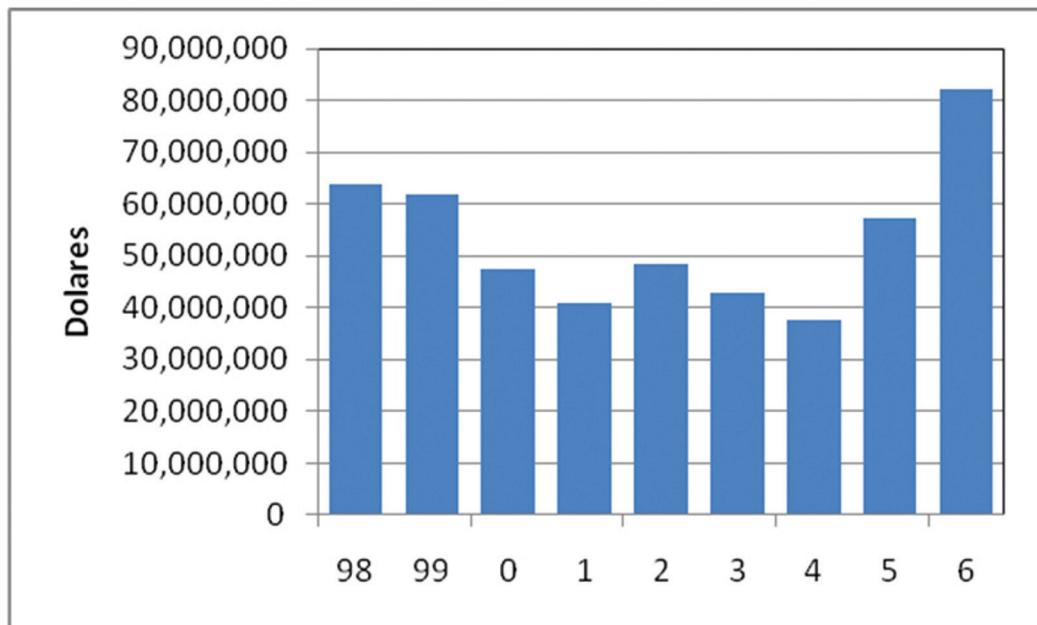
El costo promedio anual por atención de pacientes con IRAS es de 53 millones de dólares, unos 29 mil millones de colones al tipo de cambio actual. Esto representa el 1.3% del PIB para el período de 1998 al 2006.

El asma y las alergias respiratorias podrían aumentar debido a que existe una mayor concentración de partículas contaminantes bajo un escenario de cambio en el clima motivado por contaminación ambiental (Cantero y Fonseca 2007).

De acuerdo con los escenarios futuros de clima, se espera que el Pacífico Norte y algunas partes de la Región Central experimenten condiciones secas severas, lo cual podría agudizar los pro-

blemas de IRAS si se propone la temperatura como un factor desencadenante de crisis. Aumentos de temperatura ambiental provocarían stress fisiológico en aquellos individuos que se vean forzados a salir de la zona de confort térmico. La respuesta de los grupos más vulnerables, niños y adultos mayores, es limitada ante estas condiciones. Por otro lado, las proyecciones de un clima más lluvioso para la zona Caribe costera y el Pacífico Central, pueden ser perjudiciales para los pacientes de IRAS, si esto supone una mayor exposición a ambientes de elevada humedad ambiental y altas temperaturas. Según Rodolfo Hernández Gómez, Director del Hospital Nacional de Niños, citado por Morris (2005a), la prevalencia del asma infantil para el 2015 podría llegar al 40% lo cual complicaría la situación de atención hospitalaria al ser una de las poblaciones más vulnerables.

Figura 5.29 Impacto económico de la atención de IRAS.



#### 5.6.3.4 Enfermedades cardiovasculares

Las enfermedades cardiovasculares son una de las principales causa de muerte en Costa Rica desde 1970, y la cuarta que resta más vida a la población, ya que recientemente ha descendido la edad promedio en la que se da este tipo de afección (Hernández, 2000).

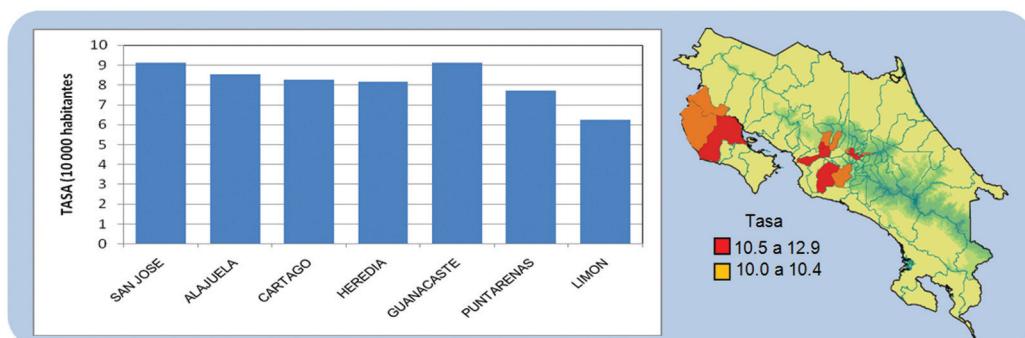
Las personas de 65 años y más con padecimientos cardiacos son el grupo más vulnerable. Sin embargo, el ozono estratosférico es tóxico para cualquier individuo. Además, las olas de calor y el ozono bajo, son generadores de crisis en pacientes que sufren de enfermedades broncorespiratorias.

#### Sensibilidad: Relación con clima

Las cardiopatías pueden ser relacionadas con el clima en dos sentidos: altos niveles de ozono en las partes bajas de la atmósfera y por el estrés fisiológico que causan las olas de calor en adultos mayores y personas afectadas en su sistema cardiorrespiratorio.

A pesar de que la estadística del Ministerio de Salud sobre la tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares muestra una tendencia de disminución (1990-2006), la temperatura máxima en algunos de los cantones con mayor mortalidad tiende a aumentar al igual que el número de defunciones.

Figura 5.30: Tasa de mortalidad por enfermedades cardiovasculares por provincia y principales cantones afectados. 1990-2005.



Fuente: IMN, 2009

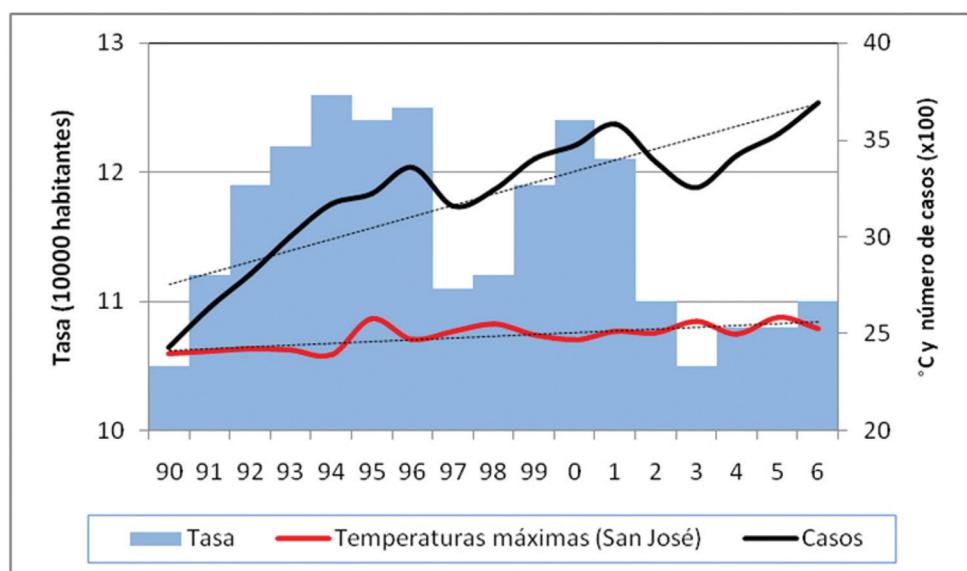
Se ha observado un aumento de casos en adultos jóvenes en áreas urbanas.<sup>24</sup>

Las estadísticas del Ministerio de Salud, indican que a nivel provincial, San José y Guanacaste son las zonas donde la tasa de mortalidad es mayor, tal y como se aprecia en la Figura 5.28 los diez cantones de mayor tasa de incidencia son Atenas, Flores, Montes de Oca, Tibás, Palmare, San José Centro, Santa Cruz, Puriscal, Orotina y Nicoya.

En la figura 5.31 se presenta la relación entre la tasa de mortalidad nacional, la temperatura máxima anual promedio para San José (cantón de mayor número de casos y una alta tasa) y el número de muertes por país. Si la población ha ido aumentando y el número de defunciones también, la disminución en la tasa de mortalidad se explica por los esfuerzos en materia de salud preventiva, lo cual significa que las medidas de adaptación (control, cobertura, sensibilización, adopción de nueva tecnología, entre otros) han sido efectivas.

24 Taller de Validación de Resultados. San José. 2008.

Figura 5.31 Tasa de mortalidad nacional y número de defunciones por enfermedades cardiovasculares en relación con la temperatura máxima promedio de San José. 1990-2005



Fuente: IMN, 2009

### 5.6.3.5 Diarreas

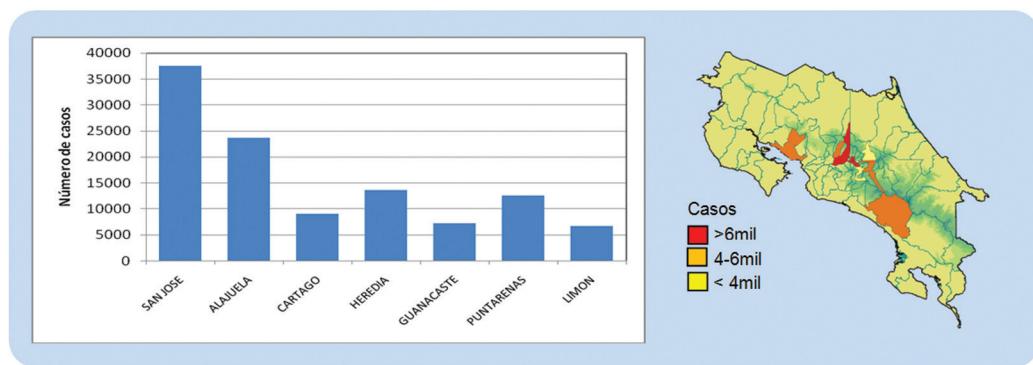
De acuerdo con las estadísticas del Ministerio de Salud (1996 hasta el 2006), la provincia de mayor incidencia es San José, seguida de Alajuela, Heredia y Puntarenas. Las estadísticas de número de casos por cantón indican que los 10 primeros corresponden a los cantones centrales de San José, Alajuela, Heredia, Puntarenas y Cartago, seguidos de Pérez Zeledón, Grecia, Tibás, Desamparados y Coronado (Fig. 5.32). Los centros de concentración de población son altamente vulnerables a enfermedades contagiosas y de propagación vectorial. En este caso, por agua o alimentos contaminados. Además, las condiciones de los anillos de pobreza que rodean las ciudades, pueden influir en la incidencia de diarrea en los centros cantonales, afectando principalmente la población infantil (Cantero 2008).

### Sensibilidad: Relación con clima

La relación entre las diarreas y los factores del clima, se pueden establecer en dos sentidos. Primero, por los desequilibrios hídricos y térmicos que causan períodos de sequías o inundaciones y que alteran el ambiente de desarrollo de bacterias y virus. Segundo, la contaminación de fuentes de aguas (almacenadas y tomas de agua para uso poblacional) o la descomposición de alimentos perecederos durante eventos climatológicos extremos y cuya ingestión causa problemas gastrointestinales.

Espinosa (2004) demostró que los picos máximos de incidencia de diarreas a nivel nacional se presentan en los meses de marzo y junio.

Figura 5.32: Incidencia de diarrea por provincia y principales cantones afectados. 1996-2006.



Fuente: IMN, 2009

### Sensibilidad: Impactos actuales

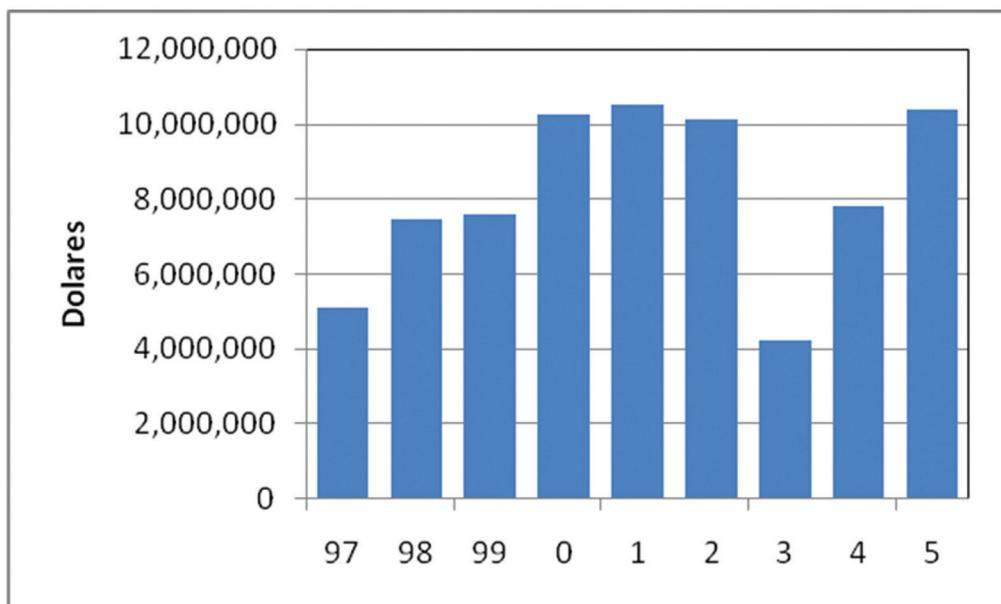
De acuerdo con la información suministrada por el Departamento de Contabilidad, Sección de Costos Hospitalarios Actuariales de la CCSS, el costo promedio de atención por diarreas para el período 1997-2006, es de 9 millones de dólares (casi 5000 millones de colones al tipo de cambio actual). Esto representa cerca 0.2% del PIB. Tal y como se presenta en la Figura 5.31, desde 1997 los costos fueron ascendiendo hasta el 2002. Posteriormente, el número de casos disminuyó en el 2003 para luego volver a un ritmo de crecimiento semejante al del período 97-2002.

Según indicó Carlos Corvalán, coordinador del Intervenciones para Ambientes Saludables de la OMS (Cantero 2007), “el aumento de un grado en la temperatura del planeta eleva en un 5% el número de casos de diarrea en países en vías de desarrollo”, Estas afirmaciones concuerdan con el comportamiento de las enfermedades diarreicas encontrado para la provincia de San José, donde pareciera que la temperatura y la

estacionalidad son factores importantes en la distribución mensual de casos. Sin embargo, existe evidencia que años lluviosos pueden provocar brotes de diarrea en algunas partes del país (Arguedas 2007). De hecho, la tasa a nivel nacional aumenta durante años de eventos La Niña, en comparación con eventos El Niño (Fig. 5.34).

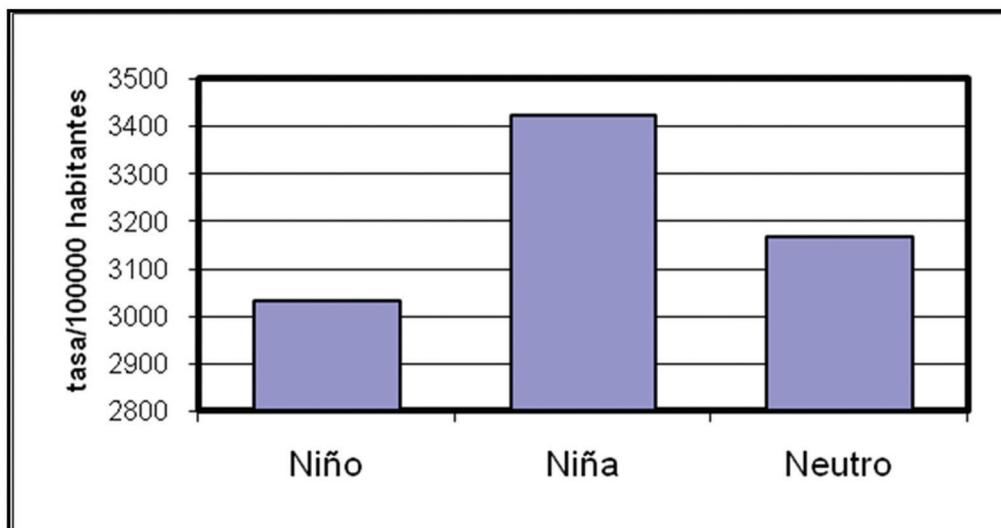
Durante La Niña, se asocian condiciones lluviosas para toda la vertiente Pacífica y Región Central del país. De Durante una Niña se presentan más del doble de casos de diarrea que durante un evento El Niño. Las alteraciones en la lluvia proyectadas por escenarios de cambio climático, provocarán desequilibrios hídricos que facilitan la propagación de virus y bacterias causantes de diarreas en niños y adultos (Cantero 2007a). Mientras que los casos mensuales de diarrea se pueden incrementar por una estacionalidad más marcada (períodos secos más cálidos), los eventos extremos lluviosos pueden causar brotes importantes de diarrea en zonas inundables fuera de los centros urbanos.

Figura 5.33 Costos de atención de pacientes afectados por diarreas



Fuente: IMN, 2009

Figura 5.34: Tasa nacional de diarreas de acuerdo con la fase ENOS.  
1996-2005



Fuente: IMN, 2009

### 5.6.3.6 Angiostrongilosis abdominal

La Angiostrongilosis abdominal es una parasitosis producida por el nemátodo *Angiostrongylus costaricensis* (Aa) que utiliza dos huéspedes para completar su ciclo: el huésped definitivo natural lo constituyen varias especies de roedores. El huésped intermediario es un molusco, principalmente babosas de la familia Veronicellidae (Morera y Ash, 1970, citado por Conejo y Morera, 2007). La infección en humanos se produce cuando por accidente el ser humano entra en contacto con babosas infectadas por el parásito, principalmente al consumir productos agrícolas contaminados por babosas (frijol, tiquizque, yuca, entre otros) o bien por el contacto directo con el molusco. A su vez, las babosas adquieren el parásito al ingerir heces de roedores infectados. En el ser humano, el parásito se localiza a nivel de intestino, disminuyendo la luz del órgano y produciendo lesiones en la pared intestinal. En forma menos frecuente, el parásito puede alojarse en otras áreas del cuerpo y afectar el hígado y los testículos.

La enfermedad fue observada en niños costarricenses en 1952, pero no fue sino hasta 1971 que se describió su agente etiológico (Deford 2007). En Costa Rica, cada año, se presentan alrededor de 300 casos de angiostrongylosis, principalmente en niños. Conejo y Morera (2007) encontraron un promedio de 350 casos anuales para el período 1995-1999.

El principal grupo vulnerable es la población infantil entre 1 y 5 años, así como en edades escolares. En estos grupos de edad, es frecuente el contacto con la tierra y no se discrimina los objetos que se llevan a la boca. Este es el principal mecanismo por el cual se adquiere la parasitosis en infantes. En otras edades, el consumo de productos agrícolas contaminados y sin la debida preparación (limpieza y cocción), son los mecanismos de infestación<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> Pedro Morera y Martha Conejo. Escuela de Salud Pública. Universidad de Costa Rica. Taller de validación de resultados. San José. 2008.

La Zona Norte es la región de mayor tasa (Fig. 5.35), sin embargo, Conejo y Morera (2007) encuentran que es en el Valle Central donde se presenta el mayor número de casos de la enfermedad. Cerdas (2005), citados por Deford (2007) encontró que el 8% de las lechugas en el Valle Central, presentaban babosas en sus hojas. Este es uno de los principales focos de contagio en la población costarricense.

En escala cantonal, los 10 primeros en orden de afectación son Coto Brus, Guatuso, Upala, San Carlos, Los Chiles, Tilarán, Santa Bárbara, Puriscal, Naranjo y Osa.

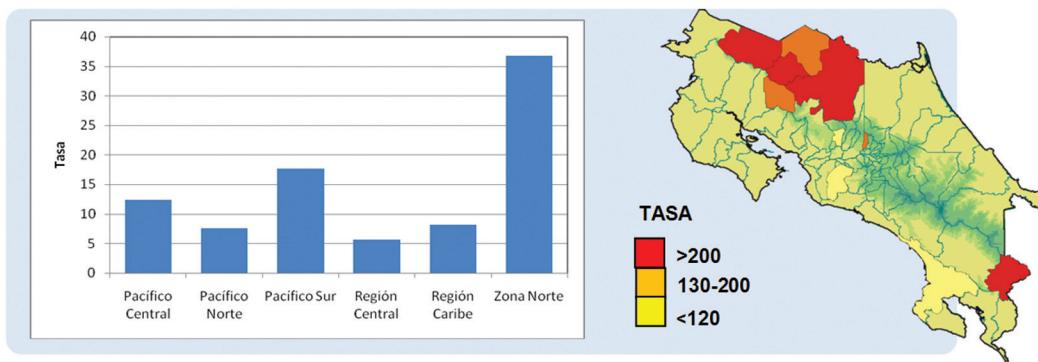
#### Sensibilidad: Relación con clima

Un estudio realizado en la Zona Norte de Costa Rica y el Valle Central, demostró que existe una correlación entre la precipitación y la prevalencia de Angiostrongilosis (Morera y Amador, 1998). Es una enfermedad que presenta una clara estacionalidad. Durante el período seco (enero-mayo) se concentra el 33% de los casos, mientras que el 67% restante se presenta de junio a diciembre.

La información recopilada por Conejo y Morera (2007) tiene un período de registro poco extenso, por lo que los resultados que se obtengan no pueden ser concluyentes con respecto al efecto de la variabilidad climática sobre la fluctuación del número de afectados por la enfermedad. Sin embargo, para el período de análisis, se observa un comportamiento ajustado a las fases de ENOS y su efecto esperado en la precipitación anual para las dos vertientes de Costa Rica.

Tal y como se observa en la Figura 5.36 A, durante los eventos La Niña, la tasa en las regiones del Pacífico tiende a aumentar y durante el evento El Niño de 1997, la tasa disminuyó. Es probable que las condiciones húmedas favorecieron el desarrollo de la babosa. Adicionalmente, Retana et al (2003) encontraron que durante La Niña, se presenta un aumento en

Figura 5.35 Tasa promedio de Angiostrongylosis abdominal (por 100 mil habitantes) por región climática y distribución espacial en los 10 primeros cantones afectados. 1995-1999



Fuente: IMN, 2009

la población de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*) en zonas del Pacífico Norte de Costa Rica. Precisamente esta especie de rata constituye el huésped definitivo más importante del parásito en Costa Rica. Por lo tanto, si estas condiciones de variabilidad climática influyen en el ciclo de desarrollo del parásito y su eventual contagio en los humanos, los eventos La Niña favorecerían un aumento en la tasa de la enfermedad.

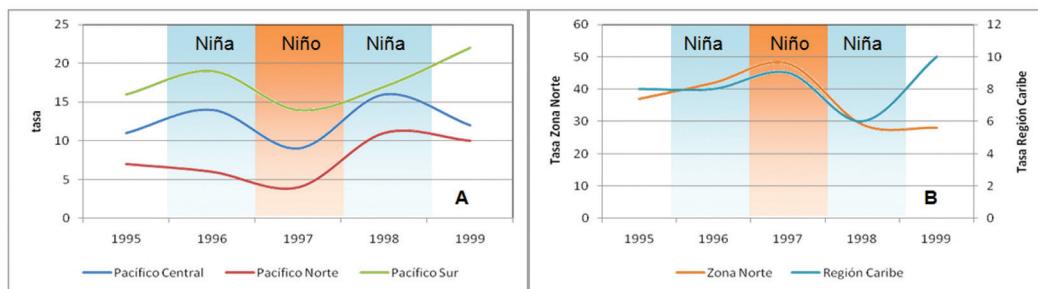
Por otra parte, en la Figura 5.36 B. se observa el caso contrario a lo descrito anteriormente para el Pacífico de Costa Rica, ya que la vertiente Caribe y la Zona Norte, presentan comportamientos opuestos al Pacífico durante las fases de ENOS. Normalmente, El Niño presenta condiciones lluviosas en el Caribe, mientras que La Niña presenta condiciones secas. Por ese mo-

tivo, un aumento de casos en el Caribe durante El Niño de 1997 podría relacionarse bien con el comportamiento de la lluvia esperada.

### Sensibilidad: Impactos actuales

De acuerdo con Conejo y Morera (2007), el costo diario de la hospitalización de un paciente con angiostrongilosis es de aproximadamente US \$ 91. Considerando que el promedio de estadía para este tipo de enfermos es de cinco días, el costo solo por hospitalización es de ¢255.000. Si el promedio anual de afectados es 350 personas, el costo en hospitalización serían \$162 300 (¢89 millones). Según los mismos autores, a estos costos habría que sumar los costos por el control periódico de por lo menos un año.

Figura 5.36: Tasa de Angiostrongilosis abdominal (por 100 mil habitantes) por región climática de acuerdo con la vertiente: Pacífica (A), Caribe (B).  
1995-1999



Fuente: IMN, 2009

#### 5.6.3.7 Análisis integral de la vulnerabilidad

En el Cuadro 5.15, se presenta un resumen de la vulnerabilidad por enfermedad, de acuerdo a sus componentes de exposición y sensibilidad.

Para cuantificar la vulnerabilidad en sus componentes de exposición y sensibilidad, se utilizó el número de casos promedio por año como componente de exposición. El componente de sensibilidad se expresó por medio del efecto cuantificado del clima usando valores arbitrarios de la siguiente forma: si los estudios demostraron relación con temperatura, con precipitación o con el fenómeno ENOS, se calificaba con valores entre 1 y 6. Valores cercanos a 6 indican una mayor relación encontrada en todos los elementos. La calificación toma en cuenta el período de análisis, la solidez de los resultados y el tipo de análisis realizado. El Cuadro 5.16 presenta el resumen de la cuantificación.

Este análisis permite agrupar las enfermedades de acuerdo a dos características de vulnerabilidad. Por ejemplo, las enfermedades del dengue y el asma tienen un alto valor de vulnera-

bilidad, sin embargo, el asma tiene un mayor componente de exposición (más casos por año), mientras que la alta vulnerabilidad del dengue se debe a su gran sensibilidad (relación con el clima). Este tipo de ejercicios, permite priorizar enfermedades de atención y dirigir recursos en función del impacto socioeconómico.

De acuerdo con esta información se descubre un patrón interesante de distribución. Con excepción de la malaria, las demás enfermedades tienden a presentar mayor exposición en la zona del Pacífico Norte y la Región Central (Valle Central y Occidental sobre todo).

Tanto la malaria como el angiostrongilosis tienen un área de exposición de influencia caribeña, caracterizado por la alta humedad y temperatura. El dengue, las cardiopatías, las diarreas y las IRAS afectan áreas de influencia pacífica, caracterizado por un período seco bien definido, alta temperatura y un intenso período lluvioso. La acción prioritaria (por enfermedad y áreas) debe ser estudiada a la luz de las condiciones futuras del clima, tomando como base las experiencias en años anteriores.

Cuadro 5.15: Resumen de las características sobre la vulnerabilidad

Enfermedad	Exposición		Sensibilidad	
	Grupo vulnerable	Zona vulnerable (Región y cantón más vulnerable)	Relación con cambio climático	Impacto económico*
<b>Dengue</b>	Grupo poblacional entre 15 y 44 años. Población económicamente activa	Pacífico Norte y Región Caribe . (Orotina)	Aumento de temperaturas ambientales y lluvias	\$630 000 (₡346 millones)
<b>Malaria</b>		Región Caribe (Matina)		\$154 000 (₡85 millones)
<b>Asma</b>	Niños menores de 9 años, adultos mayores de 65 años	Región Central, Pacífico Norte y Pacífico Central (Alajuela Centro)	Aumento de contaminación ambiental, olas de calor y humedad	\$53 000 000 (₡29000 millones)
<b>Cardiovascular</b>	Adultos mayores de 65 años con padecimientos cardíacos, broncorrespiratorios, hipertensión y obesidad	Pacífico Norte, Pacífico Central y Región Central (Atenas)	Aumento del ozono estratosférico, aumento de temperatura y olas de calor	No aplica porque el indicador es tasa de mortalidad.
<b>Diarreas</b>	Niños menores de 5 años y adultos mayores de 65 años	Región Central, Pacífico Norte (San José Centro)	Desequilibrios hídricos	\$9 000 000 (₡5 mil millones)
<b>Angiostrongilosis abdominal</b>	Niños entre 1 y 5 años así como la población escolar	Zona Norte (Upala)	Desequilibrios hídricos que afecten el desarrollo de plagas de moluscos y roedores	\$162 300 (₡89 millones)

\*Promedio anual del costo de atención de enfermos (dólares al tipo de cambio actual ₡550/US\$ 1), tomando de base el costo promedio por atención, el número de atendidos y el promedio de consultas por persona

Fuente: IMN, 2009

Cuadro 5.16: Análisis de los componentes sobre la vulnerabilidad

	Exposición		Sensibilidad				
	Casos promedio anual	Valor	Temperatura	Precipitación	ENOS	Valor	
<b>Dengue</b>	19 752	4	1	1	1	6	
<b>Malaria</b>	3 168	2	1	1	0	5	
<b>Asma</b>	665 110	6	1	1	0	4	
<b>Cardiovascular</b>	3 221	3	0	0	0	1	
<b>Diarreas</b>	134 740	5	0	1	0	3	
<b>Angiostrongilosis</b>	350	1	0	1	1	4	

Fuente: IMN, 2009

Cuadro 5.17: Vulnerabilidad integral



Fuente: IMN, 2009

En la Figura 5.37 se presenta el resumen de los cantones de mayor afectación de las enfermedades en estudio, junto con el escenario de precipitación proyectado para el período 2071-2100. El escenario de clima corresponde al tipo A2 para el dominio de Costa Rica, modelado por PRECIS. Este escenario contempla las variables más pesimistas.

De acuerdo con el IMN, las proyecciones futuras del clima en Costa Rica presentan un incremento en la temperatura máxima y mínima en todo el territorio nacional. La temperatura puede aumentar entre dos y 7 grados Celsius. La precipitación anual, posee un comportamiento diferencial: seco desde el Valle Central hasta el norte del país, mientras que hacia la costa Caribeña y el Pacífico Sur, las condiciones tienden a ser más lluviosas.

Analizando las áreas de mayor exposición con el escenario de clima a futuro, se puede observar que las zonas de mayor incidencia de alguna de las enfermedades evaluadas, se encuentran en una región cuyo clima a futuro se proyecta más seco y cálido. Aquellas enfermedades que mostraron relación con altas temperaturas

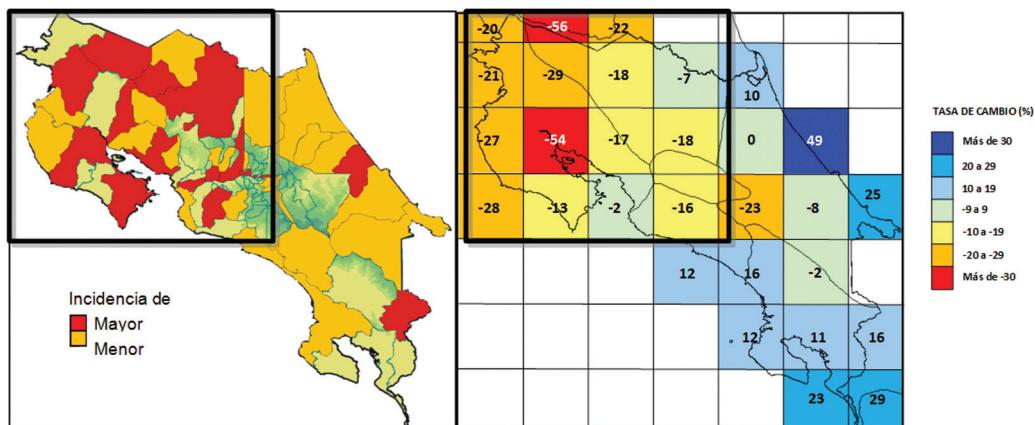
y disminuciones de la precipitación, tienen una alta probabilidad de desarrollarse en ambientes favorables para mantener o aumentar su tasa de incidencia. Este tipo de análisis, resulta valioso para la planificación futura.

#### 5.6.3.8 Oportunidades y prioridades de adaptación

Una de las principales oportunidades que brinda actualmente la visión de adaptación al cambio climático, es la posibilidad de organización social a todo nivel. Esta organización debe dirigirse hacia la promoción de acciones que permitan primero mantener y posteriormente mejorar, el nivel de la calidad de vida de la población. Las campañas de educación y sensibilización, así como la divulgación de información, constituyen el insumo de pensamiento para diseñar planes de prevención y atención de emergencias relacionadas con el clima y la salud. Dentro de las principales oportunidades que el sector salud identificó<sup>26</sup> a la luz del cambio climático, se pueden enumerar las siguientes:

26 Taller de validación de resultados. San José. 2008.

Figura 5.37 Cantones de mayor exposición y escenario A2 de precipitación anual para el 2071-2100 de acuerdo al modelo PRECIS, para Costa Rica.



Fuente: IMN, 2009

- Se abre una ventana a la investigación integral
  - Se establecen vínculos de cooperación interinstitucional e interdisciplinario
  - Trabajo conjunto, soluciones conjuntas
  - Uso de Sistemas de Alerta Temprana en sectores no tradicionales
  - Crecimiento del sector salud
  - Fortalecimiento de los programas de tratamiento y prevención de enfermedades
  - Crea conciencia del valor cultural y científico de la información
  - Mejoría en el control de calidad y sostenibilidad de la información

- Fortalecimiento de las capacidades adaptativas
  - Planificación integral
  - Mejorar y fortalecer la articulación sectorial

El sentido de adaptación siguiendo el norte del desarrollo de las comunidades y de los países, debe aprovechar la coyuntura del replanteamiento mundial de acciones productivas, para crear cambios de pensamiento y actitudes dirigidos a mejorar nuestro entorno.

El desarrollo limpio es parte de este principio y debe permear hasta el ámbito familiar. Es una nueva cultura de cambio, de protección ambiental y fiscalización de procesos productivos.

# CAPÍTULO 6

## Transferencia de tecnología

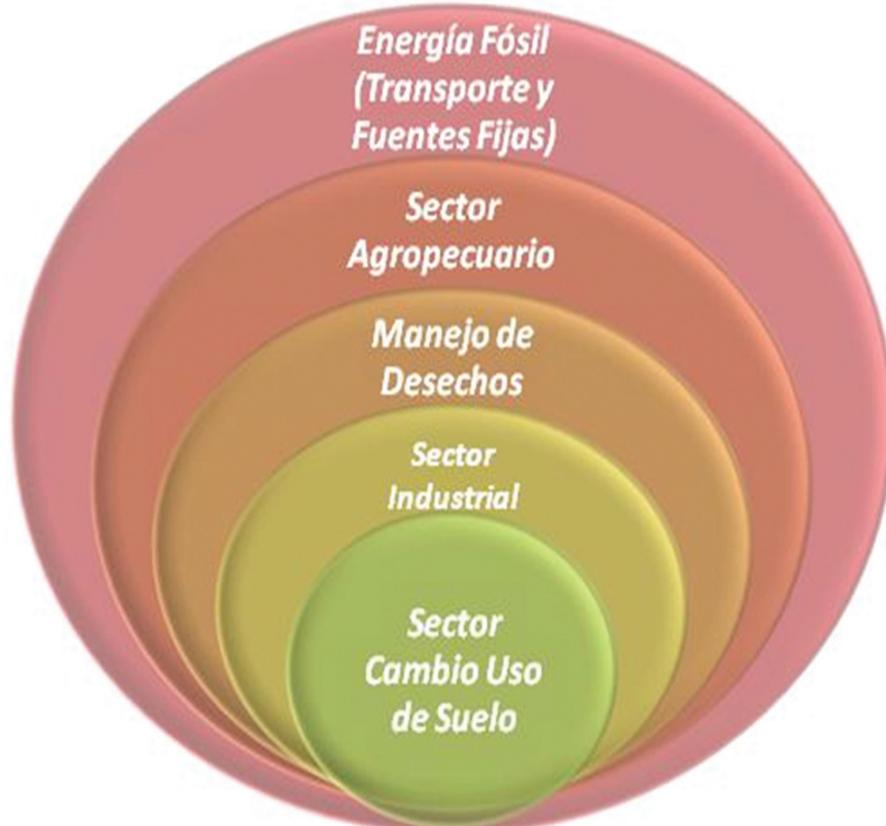
### 6.1 Sectores IPCC meta potenciales para la mitigación y búsqueda de la neutralidad del carbono

Basado en los resultados obtenidos en los escenarios económicos y de emisiones, se han jerarquizado los macro sectores de mitigación de acuerdo con el peso relativo que tienen en el volumen total de emisiones GEI. El sector que ha presentado un mayor crecimiento en cuanto a emisiones es el de energía fósil, por tanto se

toma a este sector como prioritario en la evaluación de necesidades de mitigación. El segundo sector en prioridad es el agropecuario que aun posee una contribución significativa a pesar de que se espera que tienda a disminuir. Los demás sectores se mantienen estables.

A continuación, la Figura 6.1 presenta una lista macro sectorial priorizada por sector de mitigación de emisiones GEI y para avanzar hacia la neutralidad de carbono (C-neutralidad).

Figura 6.1: Priorización de macro-sectores de mitigación de emisiones GEI (los externos son los de mayor prioridad)



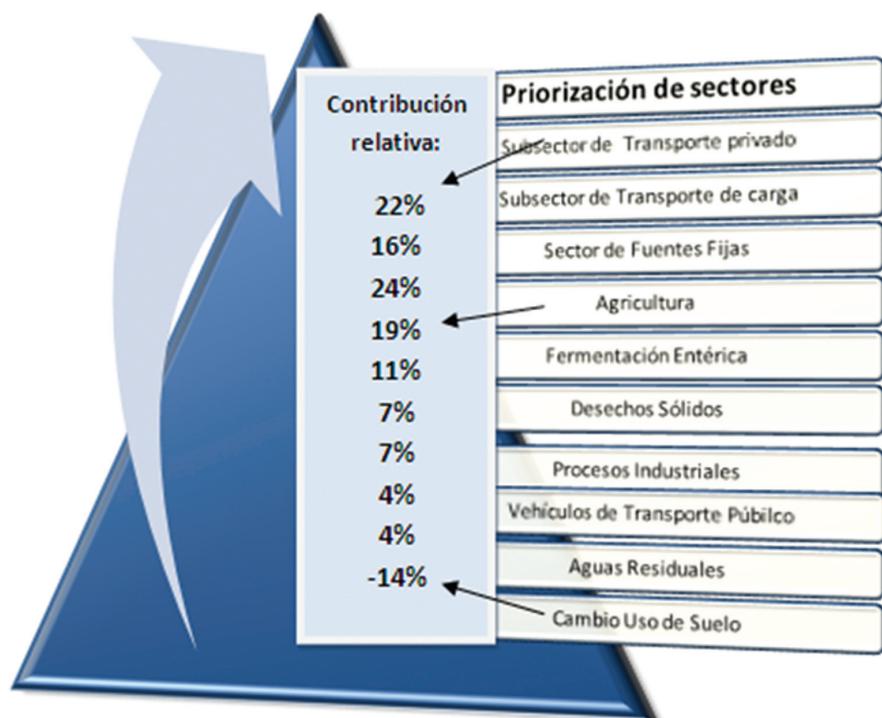
Fuente: CIESA, 2009

## 6.2 Identificación de prioridades para la evaluación de tecnologías

Se realiza la priorización considerando la contribución relativa de las emisiones netas subsec-

toriales. La idea central es puntualizar primero en aquellos subsectores en los cuales se puedan lograr las mayores reducciones o mitigaciones de emisiones según se indica a continuación:

Figura 6.2: Prioridades para la evaluación de tecnologías



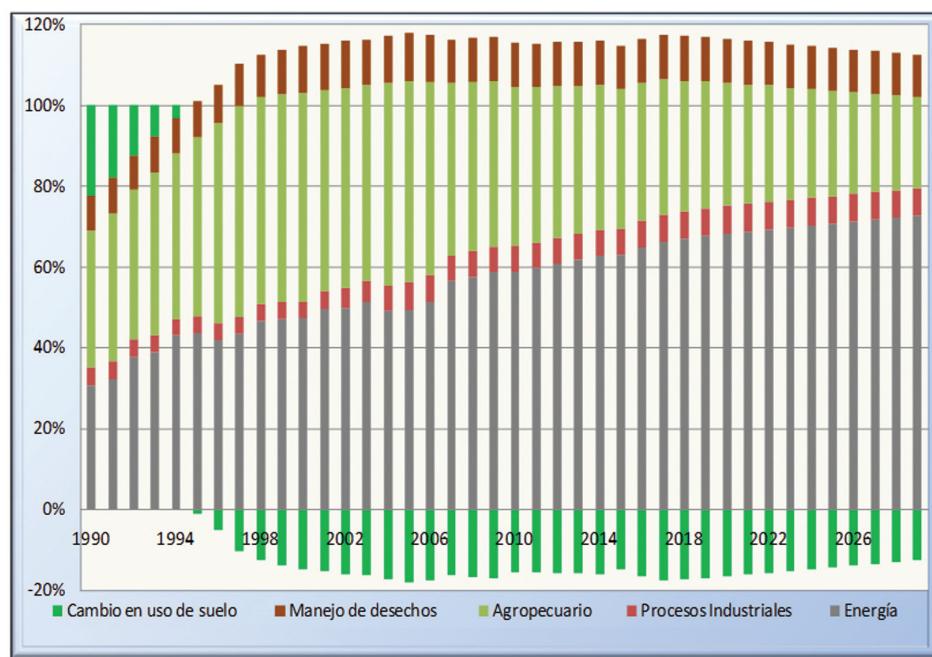
Fuente: CIESA, 2009

### 6.3 Sectores con potencial de mitigación: estructura relativa de emisiones y necesidades tecnológicas

La distribución relativa del total de emisiones netas de Costa Rica (Figura 6.3) muestra la contribución histórica de los sectores Energía y

Agropecuario, donde el energético es el primer sector potencial a mitigar emisiones con una creciente participación proyectada (a niveles de un 70% para el 2021) y, el agropecuario con una tendencia de reducción del 30 al 20% para el 2021.

Figura 6.3: Costa Rica. Distribución relativa de las emisiones totales netas de CO<sub>2</sub>e por sector (incluido el uso de suelo)



La Figura 6.3 evidencia el comportamiento del sector cambio uso de suelo, el cual durante el periodo 1990-1994 actuó como un emisor neto. Sin embargo, a partir de este último año asume el papel de fijador neto, es decir, sus niveles de CO<sub>2</sub> absorbidos resultan mayores que la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida, es por esta razón que a partir de 1995 su participación relativa en las emisiones de GEI es negativa. Debido también a la ya casi inexistencia de áreas nuevas disponibles y aptas para nuevas plantaciones forestales, así como para la regeneración de bosques, las proyecciones realizadas por la

OCIC en conjunto con el FONAFIFO, muestran que esta participación se mantendrá relativamente estable (fijando en promedio un 16% de las emisiones de GEI).

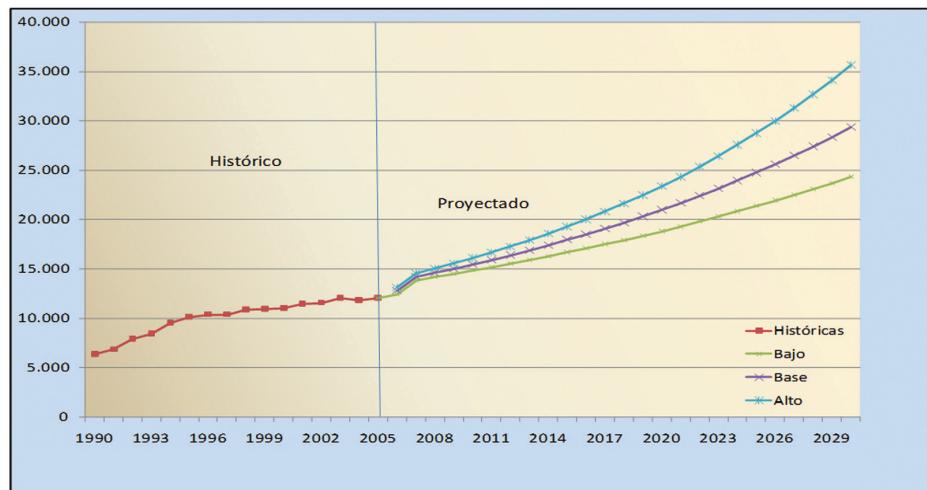
El sector manejo de desechos sólidos, aparece en tercer lugar como contribuyente en emisiones netas, y se ubicará en el 2021 con un 10% de emisiones de GEI y, el sector procesos industriales se localiza en cuarto lugar con un 6% para el 2021. En ambos casos su aporte evoluciona con relativa estabilidad, fundamentalmente

debido a la estabilización de la proyección en la tasa de crecimiento poblacional.

Los datos históricos de emisiones subtotales muestran que en 1990 (Figura 6.4), el subtotal para los sectores de energía, agropecuario, manejo de desechos y procesos industriales (sin incluir las del sector Cambio de Uso de Suelo), emitieron un total de 6.345 Gg de CO<sub>2</sub>e. Esa cantidad que creció un 74% al 2000, llegando

a 11.020 Gg con respecto a las proyecciones en el escenario base, las estimaciones para el 2010 pronostican 15.450 Gg; lo cual representa un crecimiento del 40% durante la presente década. Al 2021 se pronostica 21.630 Gg; y para el 2030 los modelos estiman que las emisiones de GEI crecerán en un 36%, situándose cerca de los 30 mil Gg.

Figura 6.4: Costa Rica. Subtotal consolidado de Emisiones de GEI (en CO<sub>2</sub>e) sin incluir al sector cambio uso de suelo; históricas y proyectadas (Gg)

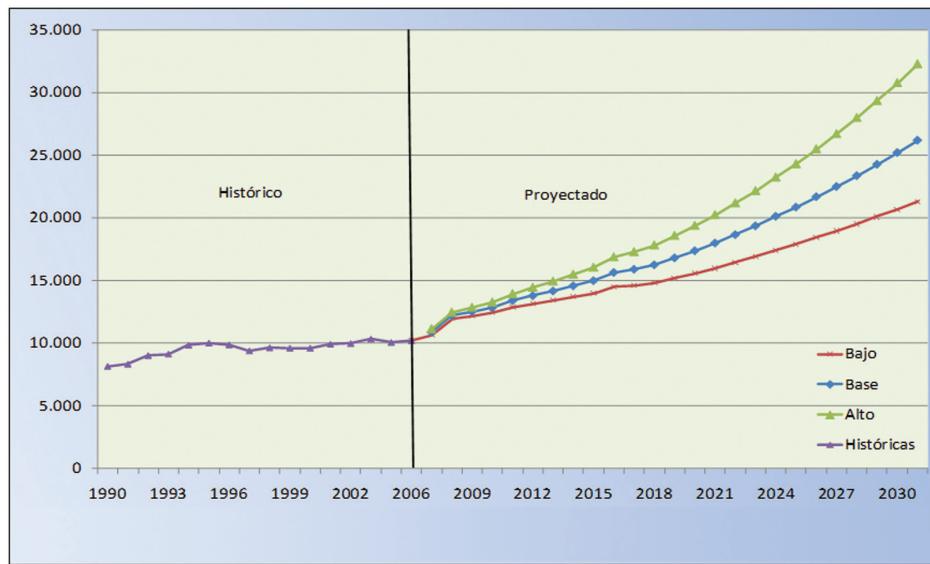


Al analizar las emisiones netas totales de Costa Rica, tomando en consideración al sector de uso de suelo, se encuentra que, para 1990 el total del país de emisión neta de GEI (en CO<sub>2</sub>e), fue de 8.150 Gg (Figura 6.5). Para el 2000 esta cifra creció un 18%, ubicándose en los 9.615 Gg. Es importante hacer dos observaciones: la emisión en 1990 sin incluir al sector cambio uso de suelo (6.345 Gg) fue menor que la emisión neta al incluir dicho sector (8.150 Gg); debido a que para 1990 ese sector fue un emisor neto. A partir del 2000, ocurre lo contrario (el subtotal de emisión sin incluir dicho sector ascendió a 11.020 Gg, y a 9.615 Gg las emisiones netas), con lo cual se deduce que para esta fecha, el sector de cambio de uso de suelo almacenaba una mayor cantidad que la emitida.

Los modelos pronostican, en el escenario base, que el total de emisión neta de GEI para Costa Rica (en CO<sub>2</sub>e) crecerá cerca de un 40% al 2010, ubicándose ese año en 13.400 Gg. Para el 2021 este total será un 45% mayor, alcanzando poco más de los 18.600 Gg, y al finalizar el periodo de proyección, en el 2030 se prevé que las emisiones netas se situarán cerca de 26 mil Gg, lo cual implica un incremento del 40%.

A pesar del importante esfuerzo realizado en el país por la generación hidroeléctrica y, en menor medida, por la generación de energía eólica y geotérmica, el sector productivo y el sistema social hacen un uso intensivo de energía fósil para su funcionamiento.

Figura 6.5: Costa Rica. Emisiones totales netas de CO<sub>2</sub>e históricas y proyectadas (Gg) por escenario de PIB



El sector agropecuario ha venido disminuyendo su representatividad dentro del total de emisiones. Este sector mantiene una tasa decreciente inferior al 1%, con lo que el valor máximo de emisiones ronda los 6 mil Gg. No hay duda que el sector agropecuario aparece como meta por su volumen de emisiones de GEI. Debe considerarse que en este sector, el hato ganadero (debido a los costos de oportunidad del suelo y la producción establecida en países exportadores), ha estado relativamente estancado. Simultáneamente, los potreros se han ido regenerando, a la vez que los dueños han recibido un pago por servicios ambientales (PSA). Sin embargo, este pago por hectárea de bosque secundario regenerado es simbólico (alrededor de US \$ 40/hectárea), lo cual no cubre el costo alternativo del recurso suelo. Por tanto, en el sector ganadero se requieren tecnologías que permitan reducir las emisiones del hato y que sean incentivo-compatibles con los dueños de las fincas.

En el sector agrícola se requieren tecnologías que permitan variar la composición de fertilizantes, que sean competitivas y atractivas en términos económicos para los agricultores. Una

alternativa sería la sustitución de emisiones de estos sectores a través del “cultivo” de oxígeno, es decir reconvertir y sustituir áreas agrícolas en plantaciones o áreas en regeneración (bosque secundario). Esto evidentemente tendría importantes implicaciones en autoabastecimiento y seguridad alimentaria en períodos de escasez en mercados internacionales; suponiendo que se logra establecer un PSA que cubra el costo de oportunidad de los cultivos sustituidos. En todo caso, se considera que debido a la restricción que impone el tamaño muy limitado del uso de suelo agrícola disponible en Costa Rica, aún en este caso, la fijación de carbono sería también relativamente limitada, por lo cual esta no aparece como una alternativa tecnológica que permita contribuir sostenida y significativamente a la mitigación de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Los sectores de manejo de desechos y procesos industriales crecen a una tasa menor al 4%. En el primer caso, el MINAET ha generado la regulación con el fin de que se efectúe la recopilación y uso de gas metano de los rellenos sanitarios, y se espera que pronto el país (a través del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcan-

tarillados) pueda dar respuesta a la necesidad de tratar las aguas municipales de carga orgánica que actualmente van a ríos o se procesan en tanques sépticos generando metano.

El sector procesos industriales, presenta la característica de ser relativamente pequeño en número de actores-empresas y requiere de oportunidades para una mejora tecnológica radical para lograr reducir emisiones de GEI. Una importante alternativa tecnológica es la de compensar emisiones intersectorialmente, si se logra imprimir un carácter de transabilidad y compensación de emisiones netas entre sectores.

#### **6.4 Opciones y alternativas tecnológicas para la mitigación de emisión de GEI**

Las evaluaciones de tecnologías de mitigación de emisiones de GEI seleccionadas en talleres de consulta realizados durante el proceso de investigación, recomendadas por orden de prioridad y acordes a su efectividad en la contri-

bución de la mitigación de emisiones GEI. En algunos casos conforme a la disponibilidad de información, se incorporan efectos en externalidades económicas por reducción de contaminación, mejora en calidad de vida (efectos positivos urbanos, rurales), retos distributivos y sociales e impactos ambientales potenciales.

##### **6.4.1 Proyecto Tren Eléctrico Metropolitano (TREM)**

El proyecto TREM tiene como objetivo principal el descongestionamiento vial y, paralelamente permitiría una importante reducción de la dependencia fósil y de las emisiones de GEI.

Consiste en la instalación de un Tren Eléctrico en el país que permitirá disminuir la contaminación al sustituir el uso de vehículos por opciones que utilizan energía hidroeléctrica, con la importante característica de posibilitar el cambio modal de transporte vehicular privado hacia uno masivo, puntual y que ofrecería calidad en el transporte.

Figura 6.6 Tren Eléctrico



Fuente: Consejo Nacional de Concesiones

Esta tecnología tiene la ventaja de disponer de una importante preinversión en estudios de pre-factibilidad. De acuerdo con los estudios realizados por SYSTRA en el 2004, esta tecnología lograría la descongestión de las vías al ser un medio de transporte masivo de alta velocidad que vendría a reducir los tiempos de desplazamiento y la contaminación ambiental, además no se vería afectado por las horas pico puesto que se moviliza en una vía aparte cuyo derecho ya es del Estado.

Según la modelación la tecnología del TREM instalada y operando en régimen, generaría una reducción de alrededor del 6% al 8% de las emisiones totales netas y cerca del 11%<sup>27</sup> de las emisiones fósiles debido a la sustitución de energía fósil por energía hidroeléctrica. Esto equivale a una reducción bruta del 17% del consumo fósil requerido por las fuentes móviles. En síntesis, esto representa un 32% de las emisiones del transporte que no es de carga ni de equipo especial. Desde esta perspectiva, este proyecto presenta el mayor potencial de efectividad en reducción de emisiones de GEI.

La tasa de crecimiento de la demanda de electricidad (sin TREM) en Costa Rica es de 5% anual<sup>28</sup>. Según los estudios (SYSTRA, 2004) el TREM consume cerca de 7,6 mil GWh al año (7,644,600 KWh al año) de manera que el ahorro neto que se estima para el 2010 es de 3,4 mil GWh, en el 2014 y 2018 se espera un ahorro de 4 mil GWh y 4,8 mil GWh respectivamente. El ahorro esperado para el 2021 alcanzaría los 5,6 mil GWh. El porcentaje de energía requerido por el TREM con respecto al ahorro que genera es muy bajo, se calcula que en el periodo de estudio esta proporción ronda 0,2% y 0,1%

Desde el punto de vista de impacto ambiental positivo, en términos económicos esta tecno-

logía generaría externalidades positivas como las siguientes: a) reducción de contaminación y disminución en pérdidas en el sector salud por enfermedades asociadas (aparato respiratorio superior); b) reducción en el valor económico de las pérdidas en tiempo productivo; c) reducción del valor de pérdidas por accidentes y vidas perdidas; d) reducción de pérdidas por ruido y por supuesto los costos evitados (beneficio de externalidad global) del calentamiento global. En el caso nacional, todo apunta a que las externalidades locales positivas ambientales generan un mayor beneficio económico que las globales. Esto por la importante situación actual en la congestión vial, representando una importante oportunidad para el establecimiento de una política en este sentido.

Desde el punto de vista de impacto negativo ambiental, los efectos serán mínimos pues el Estado ya cuenta con el derecho de vía y actualmente circula un tren con tecnología fósil generando ruido, emisiones y agravando los problemas de congestión vial.

Es relevante agregar que desde el punto de vista distributivo esta tecnología puede servir de mecanismo redistributivo de ingreso, en el tanto se internalicen esas externalidades positivas y se reviertan en una tarifa económica calculada que necesariamente deberá ser menor que la tarifa financiera estimada.

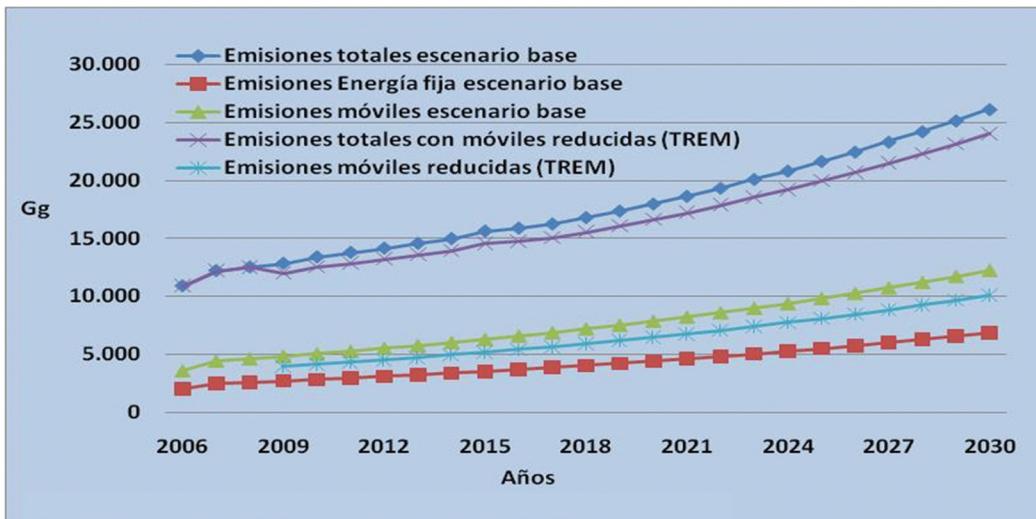
#### **6.4.2 Desarrollo del Proyecto del Tren Eléctrico de Carga**

El Tren de Carga de costa a costa es un proyecto que aparece reiteradamente en los Planes Nacionales de Desarrollo, ya sea eléctrico y atravesando las planicies o con base en diesel, con el objeto de proveer una fuente de transporte masiva de carga, que se conectaría con puestos periféricos.

27 Parámetro internacional provisto por J. Sauma, CMC

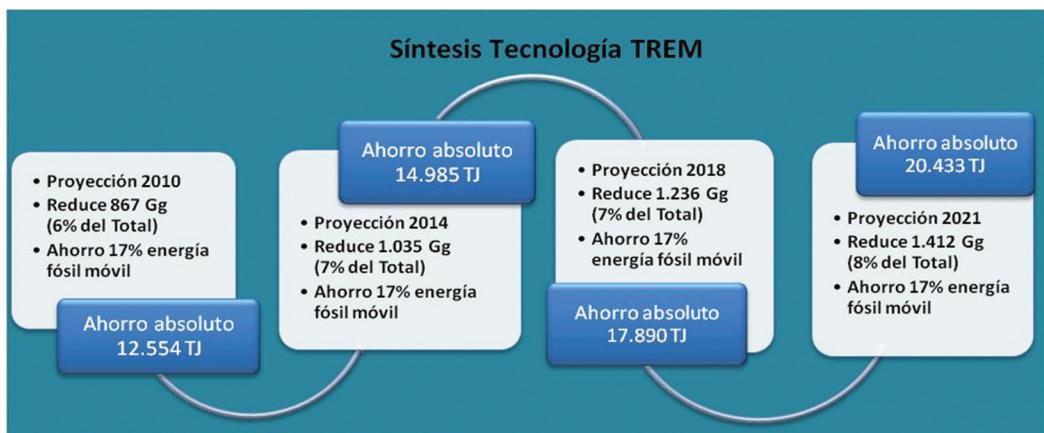
28 La Nación, martes 15 de abril del 2008

Figura 6.7: Costa Rica. Reducción de emisiones totales, móviles y fijas de CO<sub>2</sub>e con el uso de la Tecnología de Tren Eléctrico Metropolitano (Gg, Escenario Base)



Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN-IMN-MINAE

Figura 6.8 Diagrama de reducción de emisiones y ahorro energético con la implementación del TREM

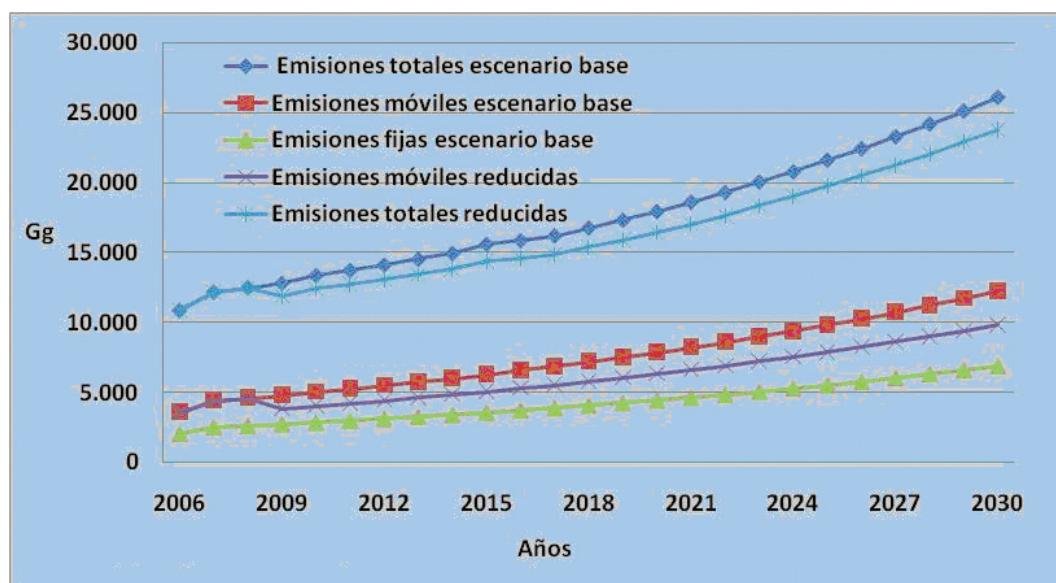


Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN

Se estima que la incorporación de un tren eléctrico de carga reduciría las emisiones CO<sub>2</sub>e del sector fósil en un 12,2%, lo que representa un 19% de reducción en emisiones GEI de fuentes móviles, a falta de más estudios de preinversión, no se dispone el consumo hidroeléctrico del tren de carga o un estimado del consumo fósil en caso de uno a diesel. Este parámetro<sup>29</sup> representa una reducción del 50% de la energía requerida en el transporte de carga (pesada y liviana). En síntesis, representa un 57% de reducción de emisiones del sector de carga. Para el año 2010, si se dispusiera de este proyecto, el consumo total de energía fósil se reduciría a un nivel de 98 mil TJ, de los cuales 57 mil TJ corresponderían a las fuentes móviles. De igual manera se espera que el nivel de consumo total de energía fósil para el 2021 sea de 159 mil TJ, de los cuales 94 mil TJ serían de fuentes móviles.

Este proyecto a pesar de su mayor potencial de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> se ubica en segunda prioridad después del TREM, debido a que no cuenta con la inversión en estudios de factibilidad (preinversión), no tiene el mismo impacto en el sector vial comparado con el TREM, y consecuentemente presenta menores externalidades positivas urbanas que generen valor económico asociado a menor ruido, emisiones y contaminación, salud, efectos indirectos en reducción de tiempos muertos, congestionamiento, reducción de accidentalidad, incremento de la vida útil de la carpeta rodante, entre otros.

Figura 6.9: Costa Rica. Reducción de emisiones totales, móviles y fijas de CO<sub>2</sub>e con el uso de la Tecnología de Tren Eléctrico de carga (Gg, Escenario Base)



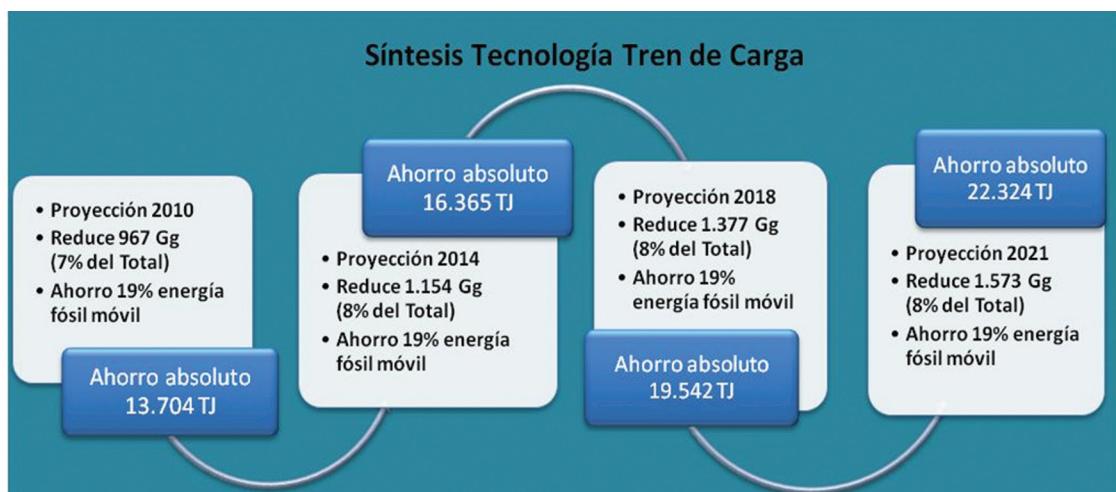
Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN-IMN-MINAE

29 Parámetro provisto por J. Sauma, CNC-MOPT

Las acciones deberán dirigirse y concentrarse sobre estas dos opciones las cuales conjuntamente son capaces de lograr un quinto de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> y a la vez promover el desarrollo de la capacidad de energía hidroeléctrica. Se debe de tomar en cuenta que en ambos casos se incrementa la vulnerabilidad nacional energética ante el cambio climático, por lo que debe diversificarse la explotación de energías renovables.

En ambos casos esta alternativa tiene fuertes argumentos económicos que lo favorecen. El principio distributivo es uno de ellos creando externalidades positivas directamente sobre el grueso de la población. Ofrecerían una diversificación y una opción de tercera generación al pago de servicios ambientales y una alternativa concreta con financiamiento ya existente para la política de neutralidad.

Figura 6.10 Diagrama de reducción de emisiones y ahorro energético con la implementación del Tren de Carga



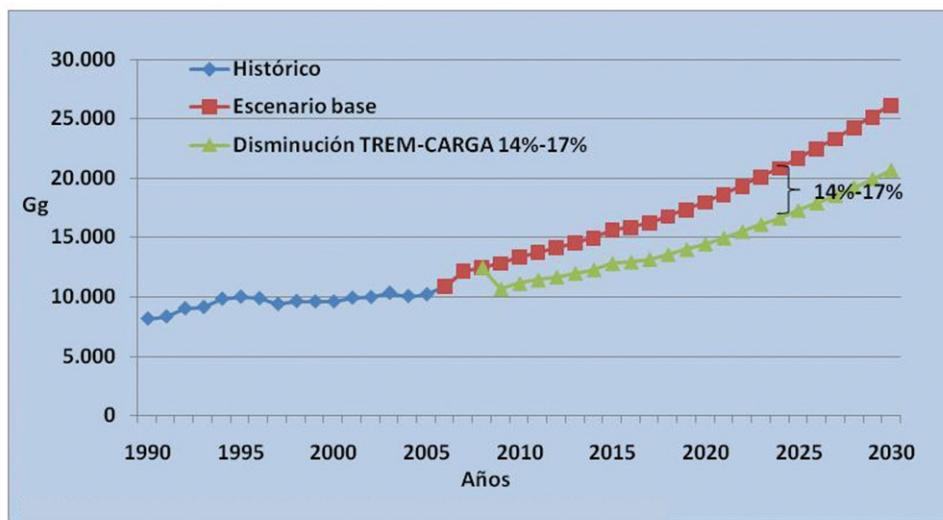
Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN

Si se incorporan ambas variantes tecnológicas en forma paralela, el porcentaje de reducción en las emisiones fósiles de dióxido de carbono sería de un 28,5% lo que equivale a un 45% de reducción del consumo fósil en fuentes móviles.

Para el año 2010 ambos proyectos reducirían a 85 mil TJ el consumo total de energía fósil, del cual 45 mil TJ corresponderían al consumo de fuentes móviles. Se proyecta que para el año 2021 el consumo total sería de 139 mil TJ, de los cuales 74 mil TJ son de fuentes móviles.

Para el año 2010 la emisión total neta (escenario base) se estima en 13 mil Gg, y con esta tecnología se ubicaría en 11 mil Gg. Las emisiones totales netas sin y con los proyectos para el año 2015 serían 15 mil Gg y 13 mil Gg respectivamente, y para el año 2021 de 18 mil Gg y 15 mil Gg., respectivamente. Esto representa una disminución en las emisiones totales netas de Costa Rica del orden de un 14%-17% (Figura 6.11).

Figura 6.11: Costa Rica. Reducción de emisiones totales netas de CO<sub>2</sub> con el uso de la tecnología de Tren Eléctrico Metropolitano y el Tren de Carga (Gg, Escenario Base)



Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN-IMN-MINAE

Si se calcula el valor de las emisiones reducidas con precios de 5 y 10 Euros por tonelada de CO<sub>2</sub>e, se tiene que el valor actual neto sería de 167 millones y 334 millones, respectivamente.

#### 6.4.3 Sector Agropecuario

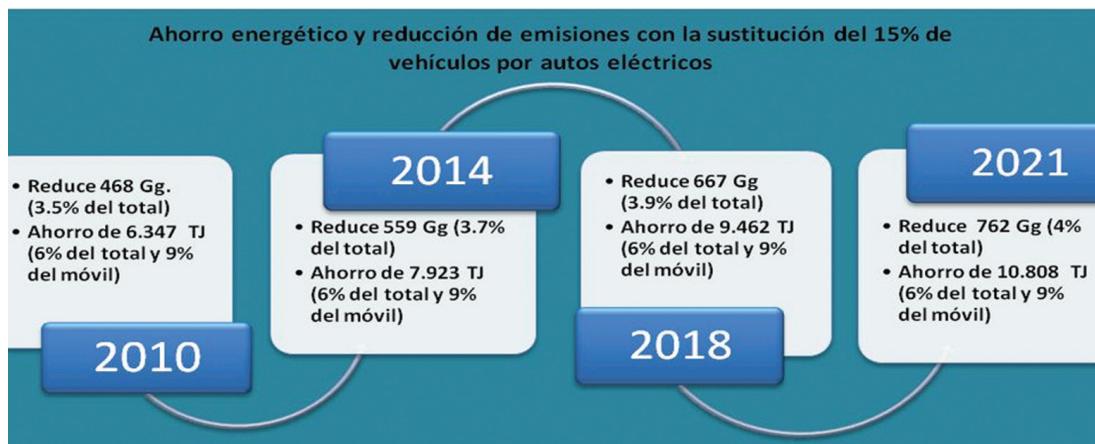
El país no cuenta con estudios profundos que muestren los efectos del cambio tecnológico en este sector, en particular de manejo de pasturas para las distintas variedades de pastos y

de ganado, altura y suelos. A continuación se presentan estimados de CO<sub>2</sub>e asociados a proyectos de mejoras en la tecnología de manejo de pasturas y hatos según criterio del experto J. Montenegro.

Una posibilidad es tratar de manejar el nitrógeno en los fertilizantes. Estos contribuyen tanto a la contaminación de las aguas subterráneas y la salinización de los suelos como al calentamiento global.



Figura 6.12 Diagrama de reducción de emisiones y ahorro energético con la implementación del TREM y del Tren de Carga



Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN

Cuadro 6.1: Costa Rica. Emisiones totales y del sector agropecuario con mejoras en el manejo de pasturas y resultado de una mejor gestión de abonos nitrogenados.

	Año	Emisiones Totales	Emisiones Agropecuarias	% Disminución Emisiones Totales
Emisiones Escenario Base	2010	13.396	5.287	-
	2014	14.981	5.360	-
	2018	16.796	5.450	-
	2021	18.646	5.499	-
Emisiones con abonos -Δ10% y pasturas -Δ5%	2010	12.967	4.858	3,2%
	2014	14.545	4.924	2,9%
	2018	16.352	5.006	2,6%
	2021	18.197	5.050	2,4%
Emisiones con abonos -Δ15% y pasturas -Δ8%	2010	12.742	4.633	4,9%
	2014	14.317	4.696	4,4%
	2018	16.120	4.774	4,0%
	2021	17.963	4.816	3,7%

Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN-IMN-MINAE

Si se combinan las tecnologías, la reducción del 5% en CO<sub>2</sub> proveniente del manejo de pasturas con una reducción del 10% por mejor gestión de abonos nitrogenados, se obtiene que para el 2010 las emisiones del sector agropecuario han disminuido unos 400 Gg. Esto genera una reducción del 3,2% sobre las emisiones totales que se ubicarían en 13 mil Gg. Para el 2014 y el 2018 se proyecta una reducción similar en las emisiones agropecuarias, con lo que se tendrían emisiones totales por 14 mil Gg y 16 mil Gg respectivamente. Para el 2021, la proyección de emisiones del sector agropecuario es de 5 mil Gg, las totales de 18 mil Gg y la reducción de emisiones de un 2,4% del total (Cuadro 6.1).

La combinación de la variación en manejo de pasturas, con una consecuente reducción del CO<sub>2</sub> por fermentación entérica de un 8% y, gestión y manejo de abonos nitrogenados con una disminución del 15% en emisiones, reduciría la contaminación del sector agropecuario a 4,6 mil Gg, lo que representa una reducción del 5% en las emisiones totales para el 2010. En el 2014 y el 2018 se espera un nivel de emisiones del sector agropecuario de alrededor de 4,6 mil Gg y una reducción porcentual de las emisiones totales cercana al 4%. En el 2021, las emisiones agropecuarias llegarían a los 5 mil Gg y las emisiones totales serían 18 mil Gg aproximadamente, lo cual significaría una reducción del 3,7% del total proyectado.

En el caso de estas tecnologías, debe tenerse presente que su incorporación sin asistencia técnica especializada puede generar un mayor costo de producción para el agricultor. Si se propone una incorporación vía estándares de emisión su monitoreo sería muy costoso. Por lo que conviene concentrar su práctica en conjunto con los grandes productores (Dos Pinos, Copecoronado, otras) y, promover asistencia técnica que demuestre que las mejoras tecnológicas y los proyectos pueden ser rentables, de manera que su incorporación sea endógena.

El logro de sellos de neutralidad y su reflejo en el precio podría endogenizar el proceso e impulsarlo a nivel de sector. Es claro que su reflejo en un mayor precio de bienes agrícolas y lácteos tendrá un efecto similar en el precio de los alimentos al incrementarlos, lo cual puede generar efectos indeseables desde el punto de vista de la pobreza y nutrición.

Es necesario hacer una investigación más exhaustiva para presentar casos demostrativos en diferentes formulaciones de manejo de pasturas en los diferentes tipos de ganado, así como con los abonos.

#### 6.4.4 Autos eléctricos

Esta tecnología no ha sido evaluada en Costa Rica. No existen estudios sobre el impacto económico y ambiental que tendría la introducción de vehículos eléctricos.

La Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) ha realizado una limitada experiencia de la revisión de la eficiencia de estos vehículos y recientemente, se ha dedicado a la promoción de estos vehículos desde el Departamento de Transporte Eléctrico, el cual está adscrito a la Dirección de la Conservación de Energía.

Con fines ilustrativos se presentan resultados de una modelación, si los automóviles: particulares, jeep, taxis, motocicletas, autobuses y microbuses se sustituyeran en un 15% por vehículos eléctricos. Se supone que el consumo de energía fósil de estos vehículos se reduciría en un 15%, (disminución menor a un 15% del sector móvil ya que no incluye a los vehículos de carga pesada ni de equipo especial).

Con esta variante el consumo fósil total del año 2010 sería de 104 mil TJ, de los cuales 65 mil TJ corresponden al sector móvil. En el 2014, el consumo total sería de 125 mil TJ, el consumo del sector móvil en ese año alcanzaría los 77 mil TJ. En

el 2018, el consumo fósil total y del sector móvil sería de 150 mil TJ y 92 mil TJ respectivamente. Se proyecta que para el 2021, el consumo total alcance los 170 mil TJ, de los cuales 105 mil TJ corresponderían al sector móvil.

La incorporación de vehículos eléctricos en estas posibilidades generaría para el año 2010 una reducción de un 3,5% de las emisiones totales, lo cual equivale a una disminución de

500 Gg de CO<sub>2</sub> del sector móvil. En el 2014 las emisiones móviles llegarían a 5,5 mil Gg y el total de emisiones se reduciría en 3,7%. Para el 2018 y el 2021 se esperaría una reducción de un 4% en las emisiones totales, las cuales se ubicarían cerca de 16 mil Gg y 17 mil Gg, respectivamente.

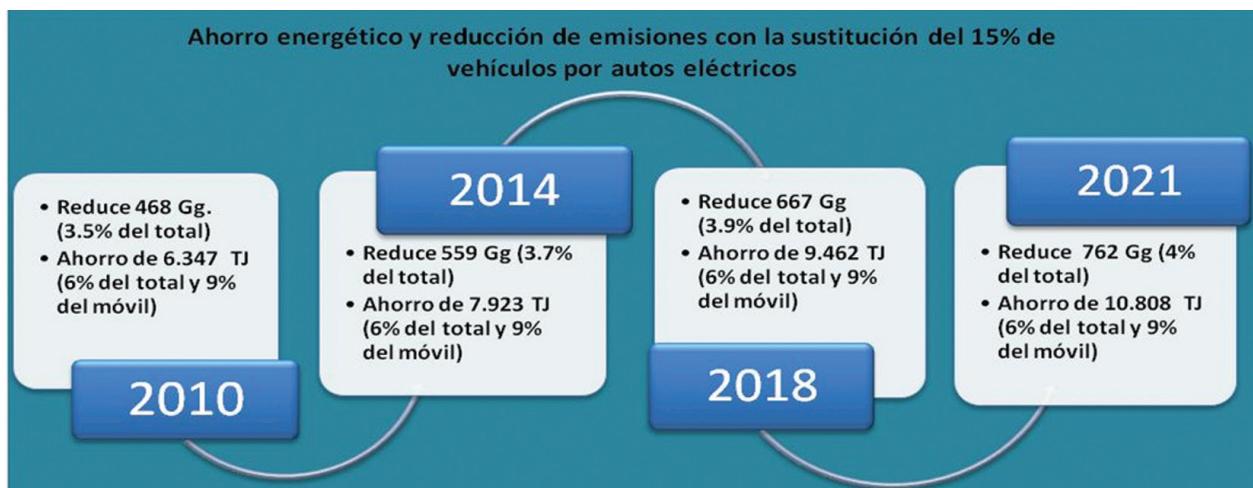
La reducción anual de las emisiones móviles es cercana a los mil Gg anuales.

Cuadro 6.2: Costa Rica. Emisiones totales y móviles con el cambio modal de un 15% a favor de autos eléctricos.

	Año	Emisiones Totales	Emisiones Móviles	% Disminución Emisiones Totales
Emisiones Escenario Base	2010	13.396	5.050	-
	2014	14.981	6.027	-
	2018	16.796	7.195	-
	2021	18.646	8.219	-
Emisiones con autos eléctricos	2010	12.928	4.582	3,5%
	2014	14.423	5.468	3,7%
	2018	16.129	6.529	4,0%
	2021	17.884	7.457	4,1%

Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN-IMN-MINAE

Figura 6.13 Diagrama de reducción de emisiones y ahorro energético derivado de la sustitución de un 15% de vehículos por autos eléctricos



Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN

## 6.4.5 Biocombustibles

### 6.4.5.1 Biodiesel

En un estudio de CIESA en el 2002, se calculó el porcentaje de diesel sustituido que se obtenía de la producción de biodiesel con aceite de palma africana para tamaños de plantas de 10 mil, 20 mil y 40 mil toneladas de aceite al año, con una mezcla de 20% aceite de palma y 80% diesel (B20).

De acuerdo con este estudio, la producción de 10 mil toneladas de aceite anuales desplazaría entre un 3% y un 5% del diesel consumido, con el doble de la producción se sustituiría entre el 8% y el 11% y con una producción de 40 mil toneladas anuales de aceite se cubriría entre un 14% y un 23% del diesel consumido.

A su vez, para suplir una planta de 10 mil toneladas al año, se requeriría una producción de palma africana equivalente a un 5%-6% del total de las tierras dedicadas al cultivo de la pal-

ma, entre el 11%-12% de las tierras cultivadas de palma del sector cooperativo nacional y del 16%-18% de las tierras cultivadas del sector agrícola independiente.

Se puede observar la limitación importante en materia prima que enfrenta el país (aceite de palma) una planta mediana (40 mil toneladas al año, planta 3 del Cuadro 6.3) requeriría recibir materia prima de casi el 50% del sector cooperativo, o casi tres cuartas partes de la producción del sector agrícola palmero independiente. Una planta de esta dimensión podría satisfacer aceite transesterificado para sustituir entre un 15%-23% del diesel consumido al 2015.

Es importante resaltar que la producción de aceite de palma crea externalidades negativas debido al uso de agroquímicos que generan emisiones de GEI, además podría incentivar la deforestación.

Cuadro 6.3: Costa Rica. Reducción de emisiones totales de CO<sub>2</sub>e y ahorro en energía fósil móvil con diversas cantidades de Biodiesel (B15).

Año	2010		2014		2018		2021	
Emisiones totales proyectadas Gg	13.396		14.981		16.796		18.646	
Variante Tecnológica	Reducción Emisiones totales Gg	Ahorro Energía Fósil TJ	Reducción Emisiones totales Gg	Ahorro Energía Fósil TJ	Reducción Emisiones totales Gg	Ahorro Energía Fósil TJ	Reducción Emisiones totales Gg	Ahorro Energía Fósil TJ
Sustitución del 5%	17	240	20	286	24	342	28	391
Sustitución del 10%	34	479	40	573	48	684	55	781
Sustitución del 20%	68	959	81	1145	96	1367	110	1562

Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN

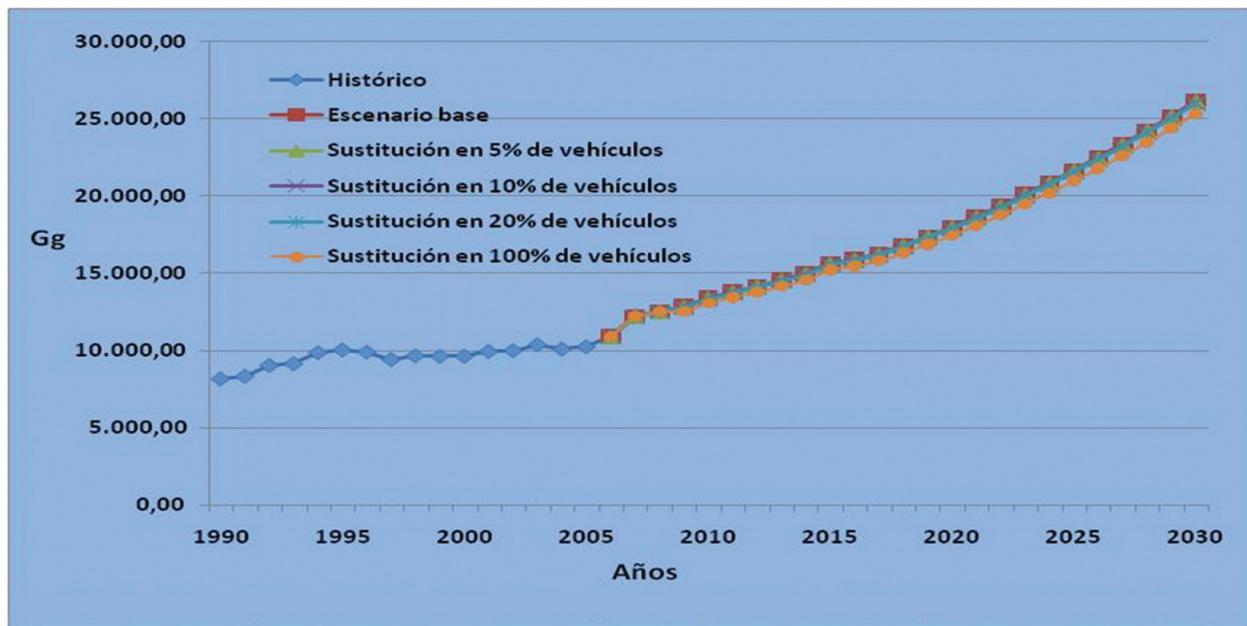
Si se utilizara un B15 (15% de aceite y 85% de diesel), las disminuciones en las emisiones totales con esta tecnología serían relativamente bajas, por ejemplo, el uso de biodiesel en un 5% de los vehículos de diesel, representa una disminución del 15% de uso de combustible fósil sobre sólo ese 5% de los vehículos. Esto representaría al 2010 una reducción de emisiones de apenas 17 Gg y un ahorro de 240 TJ. Para el 2021 equivaldría a una reducción de 28 Gg y un ahorro energético de 391 TJ.

De manera similar, una sustitución de diesel por biodiesel en el 10% de vehículos de diesel representa en el 2010 una reducción de 34 Gg y

un ahorro de 479 TJ. Para el 2014 de 40 Gg y ahorro de 573 TJ, en el 2018 y 2021 se proyectaría una disminución de emisiones de 48 Gg y 55 Gg y un ahorro de 684 TJ y 781 TJ, respectivamente.

Una sustitución de biodiesel en el 20% de los vehículos tendría como efecto en el 2010 una reducción de emisiones 68 Gg y un ahorro energético de 959 TJ, para el 2021 se proyecta una reducción de emisiones de 110 Gg y un ahorro de 1.562 TJ.

Figura 6.14: Costa Rica. Emisiones totales proyectadas con las diversas variantes estudiadas para biodiesel.



Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA (Datos históricos del MINAE) para la SCN-IMN-MINAE

La Figura 6.14 muestra las diferentes variantes de la introducción del biodiesel y su efecto en las emisiones totales. En general, no provocan una disminución significativa, de manera que estas tecnologías no son las más efectivas en la disminución de CO<sub>2</sub>e.

Sobre lo anterior se agrega el eventual impacto ambiental debido a las plantaciones y a la extracción. La limitada cantidad de tierra disponible para el cultivo de palma aceitera y el conocido incremento en el precio de los alimentos derivado de la disminución de oferta de bienes agrícolas, al reducirse la tierra arable disponible por la utilización de esta con fines de biocombustibles o incrementar el precio del petróleo.

### Bioetanol.

El uso de etanol como variante tecnológica de mitigación de emisiones GEI es similar al biodiesel. Esta se hace por medio de la mezcla de etanol proveniente de la fermentación de caña de azúcar por ejemplo, con gasolina. Algunos estudios para Costa Rica<sup>30</sup> sobre su factibilidad de producción de etanol, se resaltan los supuestos beneficios que se obtienen en la disminución de emisiones GEI y de las buenas condiciones que existen para desarrollar la producción de etanol: el alto nivel de experiencia en el producto, infraestructura existente y nivel organizacional del sector, alto grado de tecnifi-

<sup>30</sup> Chaves Marco, Producción de Alcohol Carburante (Etanol) en Costa Rica: Consideraciones Sobre su Potencial Real de Uso, (DIECA), XV Congreso de FITACORI celebrado en septiembre del 2003, Guanacaste, Costa Rica.

Cuadro 6.4: Costa Rica. Emisiones totales y ahorro de energía fósil con el uso de etanol en un 5%, 10% y 20% de los vehículos de gasolina regular.

Año	2010		2014		2018		2021	
Emisiones totales proyectadas Gg	13.396		14.981		16.796		18.646	
Variante Tecnológica	Reducción Emisiones totales Gg	Ahorro Energía Fosil TJ	Reducción Emisiones totales Gg	Ahorro Energía Fosil TJ	Reducción Emisiones totales Gg	Ahorro Energía Fosil TJ	Reducción Emisiones totales Gg	Ahorro Energía Fosil TJ
Sustitución del 5% de Vehículos	11	115	13	138	16	165	18	188
Sustitución del 10% de Vehículos	23	231	27	276	32	329	37	376
Sustitución del 20% de Vehículos	45	462	54	551	64	659	73	752

Fuente: Elaborado por Marcos Adamson, CIESA para la SCN-IMN-MINAE

cación en el proceso productivo, aseguran también que hay suficientes áreas disponibles para el cultivo de caña entre otras.

Al igual que en el caso del biodiesel, se recomienda investigar más acerca de las externalidades sobre todo en los sectores del ambiente y de la salud que se puedan generar en el proceso productivo del etanol.

Desde el punto de vista ambiental, el incremento en la producción azucarera incrementa el potencial de mayor impacto ambiental, el cual ya se ha presentado en diferentes ingenios, particularmente en cauces de ríos impactando incluso importantes reservas biológicas.

No se puede aseverar con total certeza que el cultivo de caña adicional para este objetivo podría beneficiar a pequeños agricultores, pues este cultivo ha tendido a concentrarse en fincas de mayor tamaño. Además, en el sector de manufactura de azúcar, los ingenios han tendido también a concentrar producción e incluso ingenios que fueron importantes en términos cooperativos, para pequeños productos, como

Turrialba (Ingenio de Aragón, y el Ingenio de Atirro) han quebrado o están insolventes. Muchos de los pequeños agricultores cañeros han dejado la actividad.

Al igual que en el caso del biodiesel el efecto distributivo de promover biogasolina, dependerá de la forma en que se distribuya la generación de valor agregado de la producción (desde el cultivo hasta la producción del etanol). Si se justifica la política de producir alcohol combustible, con criterios de desarrollo regional, se deberán regular estos márgenes, para lograr transferir ingreso a los agricultores en una proporción que permita estimular los efectos sociales atribuidos al desarrollo esperado por esta actividad.

## 6.5 Evaluación de otras necesidades tecnológicas en estado pre – competitivo

Existen una serie de tecnologías alternativas renovables que no han sido estudiadas en el país debido a que son métodos muy nuevos de generación de energía y algunos se encuentran

aún en investigación y desarrollo experimental (I+D). Dichas tecnologías se muestran con el objeto de brindar una gama de posibilidades de sustitución tecnológica para la mitigación de las emisiones GEI y la disminución de la dependencia de energía fósil actual.

### 6.5.1 Energía Solar

La energía solar es una de las fuentes energéticas más limpias y amigables con la naturaleza, esta es una fuente inagotable, se estima que la energía solar que llega a la Tierra es unas mil veces mayor al uso de energía en el mundo<sup>31</sup>.

Este mecanismo de producción de energía funciona mediante el uso de paneles de silicio que absorben energía lumínica para luego convertirla en electricidad. El proceso de extracción de energía eléctrica a partir de los paneles solares está libre de cualquier tipo de contaminación, de manera que su uso para mitigar emisiones GEI es altamente efectivo.

### 6.5.2 Energía fotovoltaica de uso doméstico

El uso de energía solar en Costa Rica es muy limitado. Se utiliza para brindar energía eléctrica a comunidades de difícil acceso como Reservas Indígenas, Parques Nacionales y puestos fronterizos. Actualmente, se provee energía eléctrica a 100 áreas (Parques Nacionales y Reservas Indígenas). Este servicio no hubiera llegado a dichos sectores con la tecnología tradicional debido al alto costo en el que se incurría. Se tienen planes de expansión para los mismos propósitos, pero no existe ningún plan de mayor escala para producir electricidad.

Estos proyectos han sido desarrollados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) que también ha utilizado esta tecnología para brindar servicios de telecomunicaciones en zonas alejadas. Dentro de los programas de electrifi-

cación mediante energía solar se resalta el de Punta Burica que tiene 135 sistemas instalados y es el más amplio en Costa Rica.

Los sistemas de energía solar utilizados en Costa Rica constan de un panel de silicio encargado de recolectar la energía, una batería y un regulador de voltaje que se conecta con la instalación eléctrica de las casas.

### 6.5.3 Plantas de energía solar térmica

Otro método utilizado en la generación de energía son las plantas de energía solar térmica, las cuales funcionan con varios espejos que reflejan la luz solar hacia una torre en la que se encuentra un “horno” solar. La energía se concentra allí y se llevan a cabo diversos procesos de convección y enfriamiento que terminan en la generación de electricidad. Se calcula que el costo de producción por cada kilovatio hora mediante este sistema es alrededor de la mitad de lo que cuesta producirlo con celdas fotovoltaicas (0.22 /kWh). Existen de estas plantas en algunos países de Europa como Italia, Alemania, Francia y en los Estados Unidos (California).

La energía solar se caracteriza por ser renovable, limpia, silenciosa y generan un gran ahorro energético puesto que es altamente sustitutiva de la energía fósil en los sectores que las condiciones climáticas lo permiten. Además, en el caso de las celdas fotovoltaicas, se necesita de una baja inversión para darles mantenimiento. No obstante, esta tecnología presenta ciertas debilidades, dentro de las que se pueden mencionar el alto precio de las plantas, así como el gran tamaño requerido por los paneles solares, además de las condiciones climatológicas necesarias para la optimización del uso de la planta fotovoltaica.

### 6.5.4 Celdas de Hidrógeno

Este método consiste en la generación de energía eléctrica a partir del hidrógeno. El funciona-

<sup>31</sup> Jeffrey Sachs, [www.project-syndicate.org](http://www.project-syndicate.org)

miento de estas celdas es similar al de una batería común. Se utiliza hidrógeno debido a que es el elemento que más energía entrega por unidad de masa (141 MJ/kg). Las celdas están compuestas por un ánodo, un cátodo y electrolitos. Cuando se oxida el hidrógeno en agua, se obtiene electricidad.

Dentro de la reacción, los átomos son ionizados por una cubierta de platino, y así los protones del hidrógeno pasan por una membrana电解质, en la que son separados de los electrones, estos últimos salen del ánodo en forma de corriente eléctrica, y es a partir de éste que se produce la energía. Este proceso conduce a una reacción exotérmica en la que se genera energía y agua.

En cuanto a la sustentabilidad con respecto a otros tipos de energía, se tiene que las celdas de hidrógeno poseen una eficiencia de alrededor del 80% si se rescata la electricidad y el calor producidos, de manera que es factible que esta tecnología pueda reemplazar eventualmente las energías tradicionales.

#### **6.5.5 Generación de biodiesel a partir de algas**

El combustible a partir de algas disminuye la dependencia del consumo de energía fósil, además es eficiente en la producción de aceite. De estima que una hectárea de algas produce entre 30 y 250 veces más aceite que una de soya.<sup>32</sup> Otra ventaja es que no compite con los alimentos, puesto que las algas pueden crecer en terrenos que no son aptos para alimentos y se adecuan a agua dulce o salada. Razón por la cual se denominan biocombustibles de tercera generación.

Desde el punto de vista de la reducción de emisiones, esta tecnología en teoría reduciría sig-

nificativamente los GEI debido a que no solo sustituye el consumo de los hidrocarburos, sino que dentro de su proceso de fotosíntesis absorbe CO<sub>2</sub>, de manera que también es una opción de mitigación de las emisiones GEI. Por otro lado, cabe resaltar que el biodiesel producido con algas no contiene sulfatos ni sulfuros<sup>33</sup> y ofrecería un biodiesel de tercera generación.

Algunas de las debilidades de esta tecnología son la falta de estudios que hay para lograr una optimización a partir de las distintas clases de algas existentes. Además, si bien es cierto que este método se ha empezado a desarrollar en distintas partes del orbe y se prevé la utilización de combustible a base de algas en un periodo cercano, no se puede obviar que los costos de introducción son elevados. Otra limitación es la falta de estudios que indiquen cuál es el mejor método de cultivo de algas, puesto que el comportamiento natural de dichas plantas respecto a su ambiente es diverso y a veces difícil de registrar. El control de material biológico y su escape al medio puede ser de cuidado en ríos muy contaminados como es el caso en Costa Rica.

En el caso de Costa Rica conviene fomentar la I+D para la producción de biodiesel a partir de algas y revisar el material genético autóctono para incrementar los rendimientos. Esta es una tecnología que ofrece un potencial económico mucho mayor que el biodiesel a partir de aceite de palma y otros oleaginosos (soya, otros).

#### **6.5.6 Energía de las olas**

La extracción de energía se puede realizar mediante distintos métodos dependiendo del recurso que se quiera aprovechar del mar. Las diferentes fuerzas que se pueden utilizar son<sup>34</sup>:

33 Fuente: [http://www.consumer.es/web/es/medio\\_ambiente/energia\\_y\\_ciencia/2007](http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/energia_y_ciencia/2007)

34 [http://www.iea-oceans.org/\\_fich/6/IEA-OES\\_Annual\\_Report\\_2007.pdf](http://www.iea-oceans.org/_fich/6/IEA-OES_Annual_Report_2007.pdf)

**Mareas:** Busca aprovechar la energía mediante la construcción de barreras a través del estuario

**Olas:** El movimiento de las olas se utiliza para mover turbinas o boyas que se encuentran sumergidas en el mar, con este movimiento se puede generar electricidad.

**Corrientes marinas:** al igual que con las olas, se busca aprovechar su movimiento para generar electricidad a través de turbinas y boyas.

**Gradiente de temperatura:** la diferencia entre la temperatura del mar en el fondo marino y en su nivel superior puede ser aprovechada en la generación de energía termal oceánica. Aún se encuentra en estudio.

**Gradiente salino:** la mezcla de los ríos y el mar produce diferencias en el grado de salinidad de las aguas que puede ser aprovechada mediante osmosis para producir energía. Aún se encuentra en estudio.

Se puede inferir que el desarrollo de esta tecnología puede crear empleos en las zonas costeras, además de que permitiría el desarrollo de especies marinas, ya que se prohibiría la pesca en los sectores cercanos a las plantas oceánicas. Algunas de las dificultades que presenta son la falta de datos históricos que detallen su capacidad real de generación, así como su elevado costo de inversión. La mayoría de plantas existentes son demostrativas o pre comerciales, por lo que su nivel de generación es bajo respecto a su potencial.

Además, existe un potencial impacto ambiental negativo que puede darse a través de contaminación visual, y daño a especies marinas, no obstante, los estudios en las distintas plantas no han generado datos que indiquen que se haya dañado la fauna marina. No obstante se recomienda hacer más estudios al respecto.

## CAPÍTULO 7

### Observación sistemática, investigación y desarrollo de capacidades para el cambio climático en Costa Rica

Corresponde a este apartado el análisis de las prácticas y las necesidades de observación sistemática en apoyo a la investigación del cambio climático y se conceptualiza un sistema de sistemas de monitoreo sistemático nacional con una influencia beneficiosa sobre las áreas temáticas de la prevención y mitigación de desastres, la salud, la energía, el clima, su variabilidad y el cambio climático, el recurso hídrico, la biodiversidad y la agricultura, como parte integral del plan nacional de desarrollo y compatible con los diferentes acuerdos multilaterales adoptados por el país y a la vez explorar y fortalecer alianzas interinstitucionales efectivas, en el contexto de los programas globales de observación, evitando la duplicación de esfuerzos en el monitoreo y la investigación sobre el clima, su variabilidad y el cambio climático.

Se opta por hacer una revisión global sobre la problemática de la red hidrometeorológica y climática nacional actual, proponiendo cursos de acción para mejorar coberturas de monitoreo de los diferentes parámetros hidrometeorológicos y climáticos, enfocando aquellos aspectos institucionales que deben cambiarse para que el país cuente con datos e información hidrometeorológica y del clima que apoyen su competitividad nacional e internacional, reconociendo que los datos que han sido utilizados en esta materia, si bien gozan de toda confiabilidad, no necesariamente han sido medidos con instrumental especializado para tales fines o en los lugares en donde hubiese sido factible ponerlos en práctica.

Se enmarcan las debilidades y fortalezas que hoy día tiene la red hidrometeorológica y climática nacional, se revisan aspectos históricos que

muestran datos tan relevantes como el hecho que Costa Rica fue el primer país de América Latina que se incorporó a la Red Internacional de Observaciones Meteorológicas, establecida en el Primer Congreso Meteorológico Internacional en Viena en el año de 1873.

En el establecimiento de la red para fines de cambio climático así como para la revisión de la red hidrometeorológica, se utilizó el juicio experto principalmente dado que porque Costa Rica cuenta con excelentes profesionales que conocen la problemática de la red y las vías de solución; manejan la temática del cambio climático, del ozono, de la contaminación atmosférica, de la contaminación del agua y del manejo de datos en todos sus extremos, lo cual es muy importante al momento de rediseñar o establecer nuevas estaciones de monitoreo. También se revisaron criterios teóricos expuestos en trabajos recientes.

#### **7.1 Investigación sobre el clima y el cambio climático en el país**

##### **7.1.1 Resumen sobre la evolución histórica de la red hidrometeorológica y climática nacional**

Costa Rica fue el primer país de América Latina que se incorporó a la Red Internacional de Observaciones Meteorológicas establecida en el Primer Congreso Meteorológico Internacional en Viena el año 1873. Con esta Red se buscaba impulsar la uniformidad de las observaciones meteorológicas a nivel mundial para una mayor comprensión de la dinámica de los fenómenos atmosféricos y la predicción de su comportamiento.

En 1883, la entonces Oficina de Estadística de Costa Rica fue reestructurada como Dirección General de Estadística y continuó con la labor de recopilar la información meteorológica producida en el país. Publicaba diariamente datos de temperatura, viento, nubosidad y presión atmosférica.

En 1887 se dotó a San José con un Observatorio Meteorológico ubicado bajo la Secretaría de Instrucción Pública. Desde ese entonces el Observatorio facilitó datos para ser analizados en la Oficina del Tiempo de los Estados Unidos e institutos meteorológicos y observatorios en Europa. El Observatorio, al igual que la Dirección, publicaban los datos de la estación de San José en La Gaceta.

En abril de 1888 se fundó el Instituto Meteorológico Nacional, con sede en el Liceo de Costa Rica y vinculado institucionalmente a la Secretaría de Instrucción Pública. Este Instituto lo conformaba el Observatorio Meteorológico y las estaciones meteorológicas que se fueron estableciendo en el Valle Central en el bienio 1888-1889.

En el periodo 1884-1897 se fundaron varias estaciones meteorológicas. Destaca el hecho que ya se incluían entre éstas localidades sitios de observación relativamente alejados del Valle Central tales como Limón, Turrialba, Boca del Río Banano, Siquirres y otras. No obstante, la ubicación de muchas de las estaciones ha respondido a necesidades momentáneas y no al producto de una planificación nacional para atender necesidades del país en términos de monitoreo.

Como dato interesante resulta que desde el año 1898, una expedición hecha a la Isla del Coco, propuso establecer un observatorio meteorológico en dicha Isla para beneficiar los estudios climatológicos del país y del Océano Pacífico Oriental.

En el periodo 1898 y 1906, la red pluviométrica contaba ya con más de treinta estaciones. Llama la atención la asimetría espacial en la ubicación de las estaciones; de más de treinta estaciones, solo dos estaban en el Pacífico, una en Puntarenas y otra en Cañas. Para esa época se remitían ya mensualmente por telégrafo las observaciones meteorológicas a la Oficina del Tiempo en Washington, que fungía como centro de acojo de la información del continente americano para la red meteorológica mundial. Este hecho es altamente significativo porque marca los inicios de la inserción del país en el intercambio mundial de datos, lo que hoy se hace rutinariamente a través de la Vigilancia Meteorológica Mundial de la OMM y el Sistema Mundial de Observación del Clima.

Entre 1910 y 1924 el Observatorio Meteorológico se incorporó al Museo Nacional. En esa época, 1913, se realizan por primera vez en forma sistemática observaciones meteorológicas por encima de los 2000 metros sobre el nivel del mar en Tierra Blanca de Cartago.

La puesta en práctica de observaciones meteorológicas en fincas bananeras es otro ejemplo de ese surgimiento “espontáneo” de la red atendiendo a una finalidad específica. En este caso las estaciones se aglutinaron en los sitios de interés de la United Fruit Company, sobre todo en el Pacífico Sur y la región del Caribe. El ferrocarril generó una “red de monitoreo meteorológico lineal”, y la actividad bananera generó una red “apuñada” en fincas, para la medición de la lluvia y temperatura específicamente, para que se comprenda por qué hay zonas del país que en algún momento muestran grandes cantidades de datos y otras áreas totalmente despobladas de éstos.

“El periodo 1910-1949, se caracterizó por los constantes vaivenes institucionales del Observatorio Meteorológico de San José, debido a la incidencia de las crisis económicas y los conflictos políticos a nivel nacional e

internacional. Estas situaciones repercutieron en el traslado del Observatorio a cinco instituciones a lo largo de cuatro décadas..." (Díaz, 2003). Esta información es muy relevante porque ilustra los cuidados que se deben tener al interpretar los datos, sobre todo si se trata de encontrar signos en el cambio del clima. Si las reubicaciones de las estaciones no se documentan adecuadamente (meta datos), a la hora de analizar los datos podría llegar a conclusiones erróneas, producto de los saltos en las series al cambiar la estación de lugar.

Con la apertura en 1956 de la estación meteorológica del Aeropuerto del Coco, hoy Juan Santamaría, da inicio formal el surgimiento de red para fines de meteorología aeronáutica, aún cuando la generación de datos e información meteorológica para fines aeronáuticos había surgido dos o tres décadas antes, con los inicios de la actividad aeronáutica en el país.

Con la creación del ICE en 1948, inicia la red hidrológica, básicamente la medición de caudales de río. La red ha estado altamente influenciada por una tendencia a la medición de caudales de ríos en zonas donde existe potencial eléctrico, preferiblemente zonas montañosas. Ello hace que hasta el día de hoy, la red sea parcial ya que ninguna otra institución ha establecido desde entonces redes para este propósito que midan los caudales en las zonas bajas o las más planas del país. Uno de los aspectos que más ha perjudicado al no contarse con información de caudales de ríos en zonas bajas, es el otorgamiento de concesiones para los diferentes usos del agua.

En el tema de nuestros océanos, las mediciones mareográficas de nivel del mar datan de los años 1940, cuando el Instituto Geográfico Nacional instaló la primera estación en Quepos. Posteriormente y sobre todo a partir de la década de los años 80, se instalaron otras estaciones en Limón, Moín, Caldera, y Puntarenas por parte del Instituto Meteorológico Nacional en colaboración con la Universidad Nacional.

La medición de contaminación atmosférica local (la contaminación generada en el país) aparece hacia los años de 1980, cuando el dióxido y monóxido de carbono y otros contaminantes se hacen sentir en la salud de los josefinos, sobre todo. Las mediciones se llevan a cabo durante campañas cortas, en realidad no se cuenta con una red de monitoreo para ese propósito. El Instituto Meteorológico instaló a mediados de los años de 90 una estación de este tipo en Belén de Heredia con asistencia técnica de Japón, sin embargo, después de unos pocos años de funcionamiento se cerró porque no fue posible adquirir los repuestos en ese país, debido a que el monto por las compras era poco atractivo.

La red para la medición de las variables atmosféricas de la atmósfera superior (red de radiosondeo) inició su operación en el año 1971 y se mantiene hasta hoy. Consiste en una estación ubicada en el aeropuerto Juan Santamaría. El equipo de medición que se envía a la atmósfera y los equipos receptores en tierra han venido sufriendo variaciones tecnológicas; igualmente los métodos de proceso de la información.

Recapitulando a partir de esta brevísimamente reseña histórica sobre la forma en que se fue estructurando la red hidrometeorológica y climática nacional, saltan a la vista algunos puntos importantes: 1) la red fue surgiendo en diferentes épocas a la luz de las necesidades, no por un esquema de planificación debidamente formulado; 2) los constantes cambios de ubicación de algunas estaciones aunados a los cambios tecnológicos en los equipos, presuponen "saltos" en los datos de las series históricas que si bien no invalidan las series para fines de la climatología general, si imponen limitaciones para identificar señales de cambio climático.

Finalmente, se aborda la red climática. Ésta utiliza toda la información generada en todos los tiempos. Se logra así hacer una caracterización y descripción del clima del país razonablemente aceptable. Sin embargo, la utilización de esta

red con fines de cambio climático debe tomarse con cuidado y reserva debido a todas las vicisitudes que se han presentado con los cambios de ubicación de las estaciones, las posibles omisiones en los meta datos y los cambios tecnológicos en el instrumental de monitoreo.

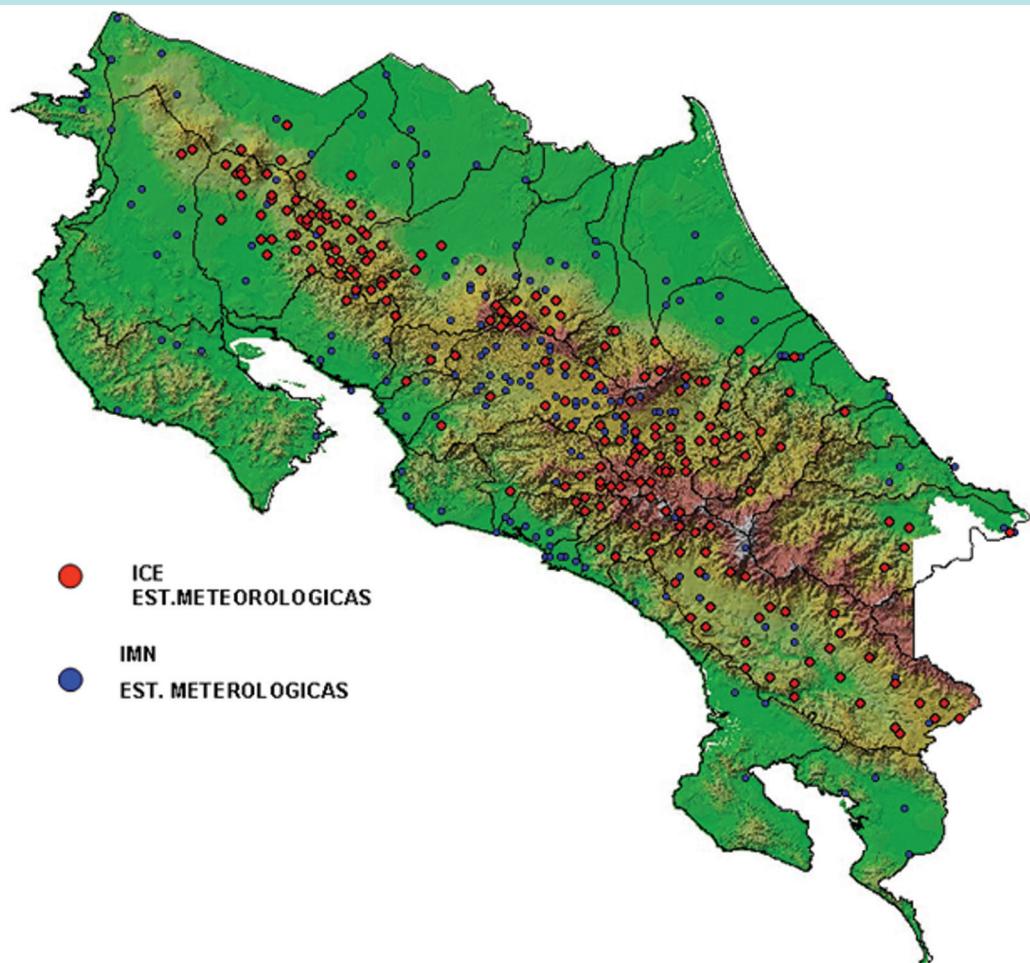
### 7.1.2 Red hidrometeorológica y climática nacional actual

La red nacional de Costa Rica ocupa posiblemente uno de los primeros lugares en Centroamérica en cuanto a antigüedad en longitud de series de datos, en cantidad y tipos de es-

taciones y en la sostenibilidad que ha tenido a través de los tiempos. (E. Zárate y C. DeVries, 1994) jugando un papel importante en la vida nacional, tal como el apoyo a la agricultura, a la construcción, a la aviación, a la detección de fenómenos atmosféricos peligrosos y otros.

Los puntos en donde se hacen mediciones meteorológicas por parte de las diferentes instituciones que operan estaciones se muestran en la Figura 7.1, donde los puntos rojos muestran los lugares altos (zonas montañosas) en los cuales el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) lleva a cabo mediciones hidrológicas, básicamente caudales de ríos.

Figura 7.1: Estaciones meteorológicas activas del IMN y del ICE



Fuente: IMN, 2008

Las observaciones hidrometeorológicas pueden ser fácilmente utilizadas para describir el clima, sin embargo, es fundamental contar con estaciones de alta calidad que se mantengan en el mismo sitio de observación por períodos largos de años, para utilizarlas como estaciones climáticas de referencia o estaciones pivotales.

La red hidrometeorológica y climática nacional está integrada por redes que atienden objetivos o temas específicos y el análisis sobre la situación de cada una de estas evidencia que la actividad del monitoreo va más allá de llenar espacios geográficos con estaciones, sino que estas deben estar localizadas en lugares estratégicos según la actividad que apoyen y objetivo que se persiga.

Actualmente existen en el país las siguientes redes:

- a) **Red de meteorología sinóptica:** pertenece en su totalidad al Instituto Meteorológico Nacional. La red es la columna vertebral para la información que se brinda a organismos como la Comisión Nacional de Emergencias, la Cruz Roja y otros, para fines de protección civil ante eventos hidrometeorológicos severos.
- b) **Red de meteorología aeronáutica:** Esta red operada por el Instituto Meteorológico Nacional cuenta con estaciones ubicadas en los aeropuertos internacionales del país. Tienen por objetivo brindar información sobre el tiempo atmosférico para la seguridad de las operaciones aeronáuticas, básicamente las aproximaciones, aterrizajes y despegues de los aviones.
- c) **Red de meteorología agrícola:** Varias de estas estaciones se encontraban en estaciones experimentales de instituciones de enseñanza e investigación. Hoy día las pocas que hay pertenecen mayoritariamente a la empresa privada. En algunos casos la in-

formación que generan estas estaciones es transferida al IMN mediante acuerdos de trabajo. La agricultura costarricense se ha visto altamente beneficiada por el apoyo de información hidrometeorológica dado que lo toman muy en cuenta para programar las inversiones en este sector.

**Red hidrológica:** El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) es la institución que ha operado esta red en su totalidad a través de los años para la hidrogeneración y en el estudio del comportamiento de la escorrentía en años con sequías o muy lluviosos. Esta red ha sido determinante en el conocimiento del potencial hídrico nacional para la generación hidroeléctrica, factor de mayor importancia en el desarrollo del país.

- e) **Red de contaminación atmosférica:** Tiene dos grandes componentes: primero, la medición de la contaminación local sobre todo la urbana y otra, la medición de la contaminación transfronteriza (la que nos viene de afuera del país). En el primer caso, se han hecho mediciones esporádicas en años anteriores por parte del Ministerio de Salud y el MINAE primordialmente. El IMN en un acuerdo con la UNA, el Ministerio de Salud y la Municipalidad de Belén, Heredia, colocó una estación en Belén de Heredia pero se cerró por falta de repuestos.

En cuanto a la contaminación transfronteriza, el IMN instaló una estación en el Volcán Irazú hace unos años, la cual no está trabajando actualmente por falta de repuestos y materiales fungibles.

- f) **Red de la atmósfera superior:** En cuanto a esta red se refiere, solamente una estación ha sido instalada en Costa Rica y fue en el año 1972 en el aeropuerto Internacional Juan Santamaría y la cual es operada por el Instituto Meteorológico Nacional. También se le denomina como red de altura o de

radiosondeo y mide variables atmosféricas como viento, presión, humedad y gesopotencial desde el suelo hasta unos 35 km. de altura. Actualmente, en Centroamérica hay únicamente otras dos estaciones de este tipo en operación, una instalada en Belice y otra en la Zona del Canal de Panamá.

En los últimos tres años se han llevado a cabo campañas científicas por parte de la NASA con base en Costa Rica sobre todo en el verano del Hemisferio Norte, en colaboración con el IMN, la UNA, la UCR, el CENAT y otras instituciones nacionales e internacionales, y se han obtenido datos hasta 4 veces al día (un sondeo cada 6 horas). Estas campañas han incluido ozono, sondeos en la estratosfera inferior y el monitoreo de otros tipos de gases y particulados.

Los sondeos atmosféricos son importantes porque permiten comprender el comportamiento atmosférico al menos en los primeros 30 a 35 km. de altura a partir del suelo, zona en donde se concentra la mayor parte del aire del planeta. Con ese conocimiento se puede dar seguimiento a la gran mayoría de los disturbios atmosféricos que nos afectan diariamente. Además, esta es la capa atmosférica donde cotidianamente se desarrollan las operaciones aeronáuticas a las cuales se requiere brindarles protección para su seguridad. Por lo demás, resulta muy limitante emprender el entendimiento del cambio climático únicamente con referencias a nivel del suelo, por lo que los datos de la atmósfera superior son indispensables en esta tarea.

**g) Red mareográfica y de meteorología marina:** En Costa Rica hay registros de variables marinas desde los años cuarenta, no son registros totalmente continuos, pero aún así han sido valiosos para determinar que en los últimos años el nivel del mar haya venido aumentando de 2 a 3 milímetros por

año (Aubrey, D.G. et al, 1988; Maul, G, 1993; Díaz J. y Gutiérrez A, 1998). El Instituto Geográfico Nacional tuvo a cargo los registros durante el período de 1940 hasta 1970. Las estaciones se descontinuaron por diferentes motivos y se reactivaron algunas a partir de mediados de la década del 90, cuando con un gran esfuerzo se dio continuidad a la única estación que se mantenía operando- Puerto Quepos- y se dio inicio al registro en viejos sitios desmantelados y en nuevos emplazamientos como Puntarenas, Limón, Golfito, Caldera, Cuajiniquil, Nacascolo y Rincón, algunos de ellos de vigencia temporal, principalmente por motivo falta de fondos para su mantenimiento. Este resurgimiento de la red mareográfica se debe a los esfuerzos mancomunados de la Universidad Nacional y el Instituto Meteorológico.

- h) Red de descargas eléctricas:** Establecida y operada por el ICE desde hace alrededor de 5 años, mide las descargas eléctricas que se producen en todo el país incluyendo los océanos adyacentes. La red tiene instalados cuatro sensores en diferentes partes del país y ello es suficiente para medir casi el 100% de las descargas eléctricas que se producen en el territorio nacional. El objetivo original de la red fue la protección de las líneas de transmisión eléctrica las cuales se ven afectadas por la tormenta. Sin embargo, los datos que produce la red son muy valiosos para fines de meteorología sinóptica, meteorología aeronáutica, prevención de desastres y fines climáticos.
- i) Red pluviométrica urbana:** La red surgió a principios de la década de 1980, a raíz de la presencia de desbordamientos de ríos y quebradas, producto del urbanismo generalizado y del cambio en el uso del suelo. La opera el IMN y su propósito es apoyar a la Comisión Nacional de Prevención y Atención de Emergencias (CNE) en la atención de situaciones hidrometeorológicas urbanas

que van siendo más frecuentes a medida que pasan los años. Se trata de una red no convencional en el sentido que no cumple necesariamente las especificaciones internacionales de instalación del instrumental. La particularidad que tiene es que los instrumentos medidores de lluvia están instalados en el área urbana, aproximadamente entre Tres Ríos y Alajuela en sentido este-oeste y Heredia y Alajuelita, en sentido norte-sur. Los pluviómetros se instalan en ocasiones sobre techos y azoteas, ya que la finalidad es conocer la intensidad de la lluvia para tomar decisiones en el momento.

- j) **Red del estado de los ríos:** La CNE tiene una red en donde se indican tres veces al día (7a.m., 12 medio día, 6 p.m.) en forma visual lo siguiente: los niveles de los ríos utilizando criterios como normal, algo crecido, crecido y desbordado, y sobre aspectos atmosféricos, criterios como lluvia débil, moderada o fuerte. En casos de emergencias hidrometeorológicas se hacen reportes cada 3 horas. Para fines de atención de emergencias hidrometeorológicas tales como desbordamientos repentinos e inundaciones de varios días, esta información es muy relevante aún cuando obedecen a estándares internacionales.
- k) **Red climatológica:** El objetivo de la red climatológica ha sido caracterizar y describir el clima del país, utilizando prácticamente toda la información de las redes antes descritas. Las instituciones que más estaciones han manejado históricamente han sido el IMN y el ICE.
- l) **Red para la recepción de imágenes satelitales:** El IMN recibe imágenes satelitales meteorológicas desde inicios de la década de 1970. A partir de allí otras instituciones han instalado receptores de estas imágenes que aplican en sus actividades propias; la Universidad Nacional las emplea con fines

oceanográficos, el ICE para sus pronósticos hidrológicos. El IMN es la institución que usa de manera más extensa estas imágenes porque las utiliza cotidianamente en el pronóstico meteorológico, en el marino, en el climático y en general en el apoyo a todas las actividades del país. Recibe imágenes cada media hora en los canales del visible, del infrarrojo y del vapor de agua.

Por diferentes razones, aún el país no ha podido establecer algunas redes importantes como lo son las siguientes:

- a) **Red especializada para cambio climático** con el objetivo fundamental de medir e individualizar el cambio climático en forma precisa.
- b) **Red de radares meteorológicos** que mejorarían enormemente los pronósticos de lluvia y el pronóstico de caudales de ríos sobre todo en lo atinente al apoyo a la gestión contra inundaciones repentinas y las generalizadas.
- c) **Red para incendios forestales:** que permita la prevención a partir de la medición en forma rutinaria la humedad del suelo y la temperatura y, humedad en el material combustible y que debería ser instalada y operada conjuntamente entre el IMN y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC).
- d) **Red de la calidad de las aguas:** No cabe duda que una de las grandes omisiones en la red hidrometeorológica y climática nacional ha sido la falta de mediciones sistemáticas de la calidad del agua en los cuerpos de agua, tales como ríos, lagos, lagunas y acuíferos subterráneos.

Una característica importante de las redes antes descritas, es que los datos que generan sus estaciones son multiuso, lo que significa que los

datos medidos en una estación sinóptica son útiles para los propósitos aeronáuticos o para fines del estudio de la contaminación atmosférica, e igualmente para estudios climatológicos. Esa es la importancia de tener una visión de red nacional, en lugar de una visión atomizada de red por red, y aún más, comprender que la red nacional es la suma de los trabajos de todas las instituciones que practican algún tipo de monitoreo hidrometeorológico o climático, dado que los datos deben estar al alcance del usuario en forma ágil y oportuna. Este concepto empaña, en lo nacional, con el recientemente creado Sistema Mundial de Sistemas de Observación de la Tierra (GEOSS por sus siglas en inglés), el cual pretende acabar con la atomización de todo tipo de redes de monitoreo ambiental, y formar redes de redes que produzcan datos e información coordinadamente.

### ***7.1.3 Establecimiento de la red para el monitoreo del cambio climático***

Los temas de la observación sistemática de variables climáticas, el establecimiento de archivos de datos y el intercambio pleno, abierto y oportuno de estos datos, están contenidos en la Convención en los numerales "g", "h", de su Artículo 4 -COMPROMISOS- y en su Artículo 5 -INVESTIGACIÓN SISTEMÁTICA- donde se hace mención explícita a las redes de observación en los países en desarrollo (Sistema de las UN, 1992).

Por lo anterior, en el contexto mundial, se hacen esfuerzos por organizar de la mejor forma posible los aspectos de monitoreo de variables relativas al clima en el planeta, para obtener respuestas más rápidas al acelerado deterioro que se vive en todos los órdenes. Con este fin se estableció el Sistema Mundial de Observación de la Tierra (GEOSS por sus siglas en inglés) que consiste en proveer herramientas que conducen a observaciones del aire, del agua y la tierra, las cuales se realizan ya sea en tierra o sobre los

océanos, o desde el aire por aeronaves y otras formas o desde el espacio a través de satélites (The Global Observing System, enero 2008). El GEOSS es un concepto con aplicaciones potenciales de amplio alcance, tales como la salud, el estado y calidad del ambiente, preparación ante desastres y otros.

Muchos países, organizaciones internacionales y regionales se han organizado alrededor de programas mundiales que se enlazan entre sí a través del GEOSS. Entre estos programas se pueden mencionar el Sistema Mundial de Observación del Clima (GCOS por sus siglas en inglés), el Sistema Mundial de Observación del Océano (GOOS) y el Sistema Mundial de Observación Terrestre (GTOS). Estos Sistemas se coordinan a través de reuniones internacionales y comités intergubernamentales.

En el ámbito de la región centroamericana, Costa Rica participa en la componente del GCOS para Centroamérica y el Caribe (OMM7COI/PNUMA, mayo 2005); este Plan especifica tres redes básicas que representan el mínimo requerido para caracterizar el clima regional:

- a) La red de Observaciones de Superficie (ROS): a nivel mundial se seleccionaron 989 estaciones de las cuales 23 pertenecen a la región de Centroamérica y el Caribe. La estación de Limón y la de Liberia están incluidas por parte de Costa Rica.
- b) La red de Observaciones de Altura (ROA): cuenta con 150 estaciones seleccionadas a nivel mundial, 8 pertenecen a nuestra región, siendo una de ellas la estación instalada en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría.
- c) La red de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG); monitorea la composición química de la atmósfera, incluyendo gases de efecto invernadero, aerosoles, radiación solar y ultravioleta y ozono superficial y estratosférico: a nivel mundial se seleccionaron 22 estaciones VAG; la región de Centroamérica

y el Caribe no posee ninguna estación de este tipo<sup>35</sup>.

Es de suma importancia que las estaciones de carácter regional operen de manera continua, cumplan con los estándares del GCOS, produzcan observaciones de alta calidad y suministren de manera oportuna los datos y meta datos asociados a los centros de procesamiento y archivo regionales o mundiales designados.

En lo nacional, Costa Rica cuenta con la red hidrometeorológica y climática pero no dispone de una componente específicamente dedicada a la medición del cambio climático con los estándares que el tema requiere. Lo que se ha hecho es utilizar los datos obtenidos con fines hidrometeorológicos y adaptarlos a la necesidad del cambio climático, cuestión que es factible pero que se puede mejorar mucho mediante el establecimiento de una red específicamente para los fines del monitoreo del cambio climático.

En la temática del cambio climático hay dos aspectos medulares a alcanzar: la detección del cambio y su atribución (IPCC, 2007). Detección es el proceso de demostrar que el clima ha cambiado en algún sentido estadístico definido, mientras que la atribución es el proceso de señalar con algún grado de confiabilidad, las causas más probables del cambio detectado.

La justificación para establecer una red sobre cambio climático se centra por lo tanto en el primero de estos dos conceptos: la detección oportuna y con altos estándares de confiabilidad del cambio en el clima. La atribución, por su parte, pertenece a otro ámbito científico y solo cobra sentido cuando el cambio se mide siguiendo normas internacionalmente estandarizadas y validadas, lo que impone rigurosos criterios de diseño de las redes climáticas to-

35 Hacia finales de la década de los 90 se instaló una estación VAG donada por Japón, en el Volcán Irazú. La dificultad de conseguir repuestos hizo que decayera y dejara de operar.

madas en cuenta para señalar que es prioritario el establecimiento de la red para monitoreo del cambio climático.

El establecimiento de esta red requiere la instalación de estaciones climatológicas pivote o patrón que: a) dispongan de instrumentos de la mayor precisión que los actualmente existentes; b) que sean contrastados periódicamente contra instrumentos patrón para asegurar la calidad del dato a través de los años; c) ubicarlas en sitios con buena exposición donde los datos no se vean afectados por situaciones locales ajenas al clima y en sitios donde perduren por períodos largos; d) que se disponga de repuestos para darles mantenimiento preventivo constantemente; e) que se puedan insertar en redes regionales planificadas internacionalmente para que los datos sean comparables con los de otros países.

Para medir los cambios en el clima con aceptable certeza, lo recomendable es que primero se establezcan estaciones totalmente nuevas en terrenos que sean propiedad del Estado y con garantía de enclave para períodos largos. Segundo, se establecerían en sitios en donde el clima esté lo menos perturbado posible por la acción humana, como en áreas protegidas, con la debida garantía de que se pueda mantener su entorno en forma apropiada para garantizar la calidad de los datos. Tercero, se aprovecharía para instalarlas en lugares donde hay poca cobertura de datos. En cuarto lugar, algunas de las estaciones podrían formar parte de las redes regionales y mundiales para el seguimiento y estudios del cambio climático aspecto que posicionaría a Costa Rica como un actor importante en la detección del cambio climático.

De acuerdo a los organismos internacionales involucrados en los aspectos climáticos, las variables climáticas esenciales que deberían monitorearse para apoyar los requerimientos del Convenio Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas y del IPCC (WMO, IOC/UNESCO..., 2008) se muestran a continuación.

Cuadro 7.1: Variables climáticas esenciales según dominio que deben monitorearse para fines de cambio climático.

Dominio	Variables Climáticas Esenciales
<b>Atmósfera</b> (sobre tierra, mar y hielo)	<b>Superficie:</b> temperatura del aire, lluvia, presión de aire, balance de radiación en superficie, velocidad y dirección del viento, vapor de agua. <b>Atmósfera superior:</b> balance de radiación de la tierra, temperaturas, en altura, velocidad y dirección del viento, vapor de agua, propiedades de las nubes. <b>Composición:</b> dióxido de carbono, metano, Ozono, otros gases de efecto invernadero de larga vida, propiedades de aerosoles.
<b>Oceánico</b>	<b>Superficie:</b> Temperatura de la superficie del mar, salinidad de la superficie del mar, nivel del mar, estado del mar, hielos marinos, calor en las corrientes oceánicas, (para actividad biológica), presión parcial del dióxido de carbono. <b>Sub-superficial:</b> Temperatura, salinidad, corrientes, nutrientes, carbón, fitoplanton.
<b>Terrestre</b>	Caudales, usos del agua, aguas subterráneas, nivel de lagos, cobertura de nieve, glaciares y casquetes de hielo, engelamiento permanente y estacional del suelo, albedo, cobertura del suelo (incluyendo tipo de vegetación), fracción de la radiación fotosintética activamente absorbida, índice de tamaños de hojas, biomasa, incendios forestales, humedad del suelo, disturbios.

Fuente: WMO, IOC/UNESCO, UNEP, ICSU. En: <http://www.wmo.int/essentialvariables>, 2008

Evidentemente, muchas de las observaciones solo pueden ser llevadas a cabo por los países del primer mundo que disponen de tecnologías avanzadas. La participación de Costa Rica se circunscribe a la instalación de estaciones de superficie que registren algunos de los parámetros atmosféricos más usuales, a estaciones mareográficas ubicadas en las costas del país e islas y a las observaciones de la atmósfera superior a través de su estación de radiosondeo.

#### **7.1.4 Propuesta de una red para la detección del cambio climático**

En la propuesta para el establecimiento de esta red se toman en consideración los parámetros a monitorear contenidos en el Cuadro 7.1. Además, se tiene cuidado en no cometer algunos errores del pasado, por lo que se analizan los requerimientos que estas estaciones necesitan para su buen desempeño a largo plazo y, las opciones que se tienen para cumplir tales solicitudes. Esta red de cambio climático debe ser operada por el Instituto Meteorológico Nacional que es la entidad nacional encargada de esa temática. La red propuesta comprende el establecimiento de estaciones de tipo meteorológico, hidrológico (medición de caudales y calidad de agua), marino y de contaminación atmosférica. Se señala también la necesidad de contar con materiales fungibles los 365 días del año para realizar al menos un sondeo diario en la estación de monitoreo de la atmósfera superior ubicada en el aeropuerto internacional Juan Santamaría.

##### **7.1.4.1 Requerimientos fundamentales y opciones para asegurar el éxito de la red**

###### **a) Terrenos propios del Estado**

Las estaciones deben ubicarse el mayor número de años posibles en un mismo lugar para capturar el cambio del clima en la forma menos perturbada posible. En este sentido, entre las mejo-

res opciones de ubicación están las Áreas Protegidas del Estado. Sin embargo, ello requiere de una directriz o decreto que permita al IMN tener acceso continuo e irrestricto al predio de la estación para estar dando mantenimiento y limpieza periódica que se requiere, para que la vegetación como árboles, arbustos u otros no alteren las mediciones con proyecciones de sombras u otros. En el pasado la instalación de estaciones en áreas protegidas fracasó en algunos casos, porque no fue posible realizar las tareas de mantenimiento antes mencionadas por el temor de los encargados de esas áreas de ser denunciados por intervenciones ilegales en el ambiente.

Otra alternativa es la compra de terrenos para la instalación de las estaciones de cambio climático. Lo que debe quedar como principio invariable es que, independientemente de la solución que se dé a este aspecto, el IMN no puede estar dependiendo de los permisos de otras instituciones para tener acceso al predio donde se ubican las estaciones.

###### **b) Estándares técnicos de los equipos**

La detección del cambio climático debe llevarse a cabo con equipos de medición diseñados con estándares técnicos superiores a los normales. Este tipo de equipo es más caro que el normalmente utilizado.

###### **c) Seguridad de las estaciones**

Contratar guardas que garanticen el cuidado de las estaciones ante el vandalismo de que son objeto frecuentemente, sobre todo el robo de los paneles solares y los data loggers.

###### **d) Base de datos diferenciada para cambio climático**

Para que los datos de cambio climático no queden inmersos en la totalidad de los datos de todos los tipos de redes existentes, debe crearse

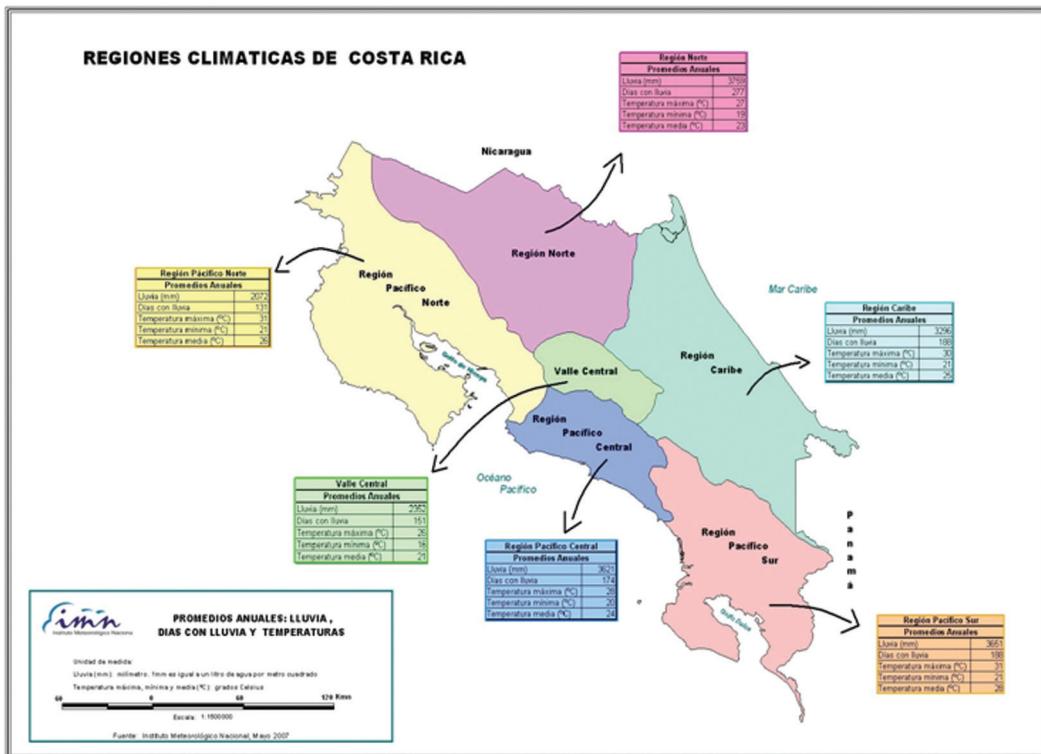
una base de datos específica y diferenciada para fines de cambio climático pero con capacidad técnica de ser insertada en cualquier momento en la base hidrometeorológica general.

### 7.1.5 Cantidad y ubicación de las nuevas estaciones para la detección del cambio climático

#### 7.1.5.1 Estaciones meteorológicas de superficie

Si no considerar los aspectos de microclimas, el país exhibe seis regiones climáticas bien diferenciadas: el Pacífico Norte, el Pacífico Central, el Pacífico Sur, la Zona Norte, la Región Caribe y la Región Central (Valle Central Occidental y Oriental), tal como se muestra en la Figura 7.2

Figura 7.2 : Regiones climáticas de Costa Rica



Fuente:IMN, 2008

En la red de cambio climático propuesta, cada una de estas zonas cuenta al menos con una estación meteorológica completa de superficie, denominadas “estaciones pivote”. La palabra pivote denota estaciones con sensores de muy alta precisión que se utilizan para referenciar otras cuyos sensores tienen menor precisión, y que se denominan secundarias. La red de estaciones pivote debe ser instalada en su totalidad en el año 1, considerando lo apremiante que resulta contar con datos de alta calidad sobre cambio climático. Las estaciones miden: lluvia, temperatura, viento (dirección y velocidad), humedad, radiación solar, humedad del suelo, humedad y temperatura del material combustible (grado de ignición).

En el Pacífico Norte se propone una estación en el Parque Nacional Palo Verde, mientras que en el Pacífico Central lo es en Carara. En el Pacífico Sur se ubica en la Reserva Forestal de Golfo Dulce, previéndose en este caso un sitio alternativo en el Parque Nacional Piedras Blancas, en caso de que el sitio anterior no resultase el más adecuado por alguna razón. En la Zona Norte, la estación se ubica en el Refugio de Vida Silvestre de Caño Negro. En el caso del Caribe, se plantea instalar dos estaciones debido a las diferencias climáticas que se presentan entre sus partes norte y sur. Una estación se ubica en el Parque Nacional de la Barra del Colorado, dejando la Zona Protectora de la Selva como sitio alternativo por cualquier eventualidad; la otra estación se ubica hacia el sur de la región en la Reserva Biológica Hitoy-Cerere. En lo que concierne al Valle Central Oriental, se ubica una estación hacia el Valle del Guarco en dominios del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central. En la región occidental la estación se ubica en la Zona Protectora Río Grande, en Atenas. Además, considerando la importancia estratégica en el clima continental de altura, se propone instalar una estación en el Parque Nacional Chirripó y por la importancia estratégica del clima marítimo del océano Pacífico y la Isla misma, se propone instalar una

estación completa en la Isla del Coco tal que mida las variables marinas, las atmosféricas y el caudal de algún río principal.

Sumadas a estas diez estaciones pivote con sensores de mayor resolución, se instalan otras entre los años 1 y 5 con sensores de menor resolución que forman parte de la red de cambio climático en zonas donde se posee poca o nula información. Estas estaciones las denominamos como estaciones secundarias para cambio climático.

#### 7.1.5.2 Estaciones océano-costeras y boyas marinas fijas

La componente oceánica es fundamental en los estudios de cambio climático en lo concerniente a los océanos que rodean al país. La red de estaciones marinas debe contar con al menos cuatro estaciones, ubicadas dos en la costa del Pacífico, una en la Isla del Coco y otra en la costa del Caribe. Las estaciones registran el nivel del mar, la temperatura superficial del agua y la salinidad. Hasta donde sea posible se recomienda que midan también viento (dirección y velocidad), temperatura del aire, radiación y humedad.

En la propuesta de red para cambio climático se incluyen dos boyas oceánicas a ser instaladas en el año 5 en mar abierto frente a las costas de Costa Rica, una en el Caribe y otra en el Pacífico y que registren las siguientes características: viento, temperatura de la superficie del mar, salinidad y nivel del mar. Se recomienda la tecnología que permite hacer “perfiles o sondeos” de temperatura, salinidad y otros parámetros en los primeros cientos de metros desde la superficie del mar hacia abajo y que tengan sistemas de interrogación satelital. Esta tecnología sería un apoyo también en la detección de tsunamis adicionando los sensores adecuados.

### 7.1.5.3 Estación de la atmósfera superior

En los aspectos de la medición de variables de la atmósfera superior para fines de cambio climático, la red debería asegurar que la estación de radiosondeo que opera en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría desde el año 1972, cuente con los materiales fungibles necesarios para que no se falle un solo radiosondeo al año. Los parámetros que mide dicha estación son: viento, humedad, temperatura, presión y geopotencial desde la superficie del terreno hasta unos 35 kilómetros de altura.

### 7.1.5.4 Estaciones de contaminación atmosférica

En lo concerniente a contaminación atmosférica, la red para cambio climático debe registrar automatizadamente y dependiendo del lugar donde se instalen las estaciones, todas o algunas de las siguientes variables: monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), Ozono superficial (O<sub>3</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>). Históricamente, en el país no se han llevado registros de contaminación atmosférica en forma sistemática y continua por períodos largos. Se dispone de algunos datos recopilados en campañas cortas de monitoreos hechos por instituciones del Estado.

En el Valle Central Occidental se propone instalar tres estaciones, una hacia la localidad de San Isidro de Coronado, región de entrada de los vientos alisios a través del Paso de la Palma, lugar apropiado para monitorear dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno, ozono de bajo nivel, metano y particulado PM10.

En San José centro se ubica otra estación para medir la contaminación capitalina, monitoreando los mismos parámetros que en Cartago centro.

Una tercera estación, midiendo lo mismo que se mide en San Isidro de Coronado, se ubica en Atenas coincidiendo con la estación Pivote de cambio climático de Potrero Grande. Esta estación mediría la contaminación de tres diferentes tipos de masas de aire, dos de escala sinóptica y una de mesoescala. En la escala sinóptica se mide la salida hacia el Pacífico de los vientos alisios después de haber barrido de este a oeste el Valle Central y por otra parte la calidad del aire de los vientos monzónicos que entran del Pacífico hacia el Valle Central sobre todo en época lluviosa. En la mesoescala, se mide la calidad del aire de las brisa marina del Pacífico que alcanzan esa localidad durante bastantes días al año.

### 7.1.5.5 Estaciones hidrológicas medidoras de caudal

En lo concerniente a la medición de caudales en ríos, la red debe atender los requerimientos del cambio climático y los requerimientos del manejo integrado del agua (OMM, Guía de Prácticas Hidrológicas, 1994). La instalación de las estaciones coinciden mayoritariamente con zonas bajas del país en donde por décadas no se han hecho mediciones de este tipo. Al momento de escoger los sitios de instalación en zonas cercanas a la costa, debe tenerse cuidado que las mareas no alcancen hasta dichos sitios. El ICE tiene una importante red medidora de caudales instalada sobre todo para propósitos de hidrogeneración por lo que cubre preferiblemente zonas altas del país.

### 7.1.5.6 Estaciones de calidad del agua

El monitoreo de la calidad del agua es de tipo automatizado. Los parámetros a monitorear en apoyo a los estudios de cambio climático y manejo del agua son: temperatura del agua, conductividad, turbidez, oxígeno disuelto y pH, según se recomienda internacionalmente (WMO, 2005, WHYCOS Guidelines... / WMO-UNESCO, June 1997).

Se reconoce la importancia de hacer análisis microbiológicos como el recuento de bacterias mesofílicas e igualmente la detección de coliformes fecales. Sin embargo, este tipo de análisis requiere mucha mano de obra técnica y especializada de gabinete y campo, aspecto que históricamente ha sido una limitante para las instituciones que manejan redes hidrometeorológicas. Por otra parte, el tema está siendo abordado por las universidades públicas y algunas instituciones estatales con la coordinación del MINAET, las cuales trabajan en una propuesta para establecer una red de monitoreo y análisis de la calidad en los cuerpos de agua superficiales.

#### **7.1.5.7 Apoyo en la detección temprana de incendios forestales**

En las estaciones pivotales instaladas en áreas protegidas, se incluyen dos tipos de sensoramiento en apoyo a la detección temprana de condiciones para incendios forestales. Estos son la humedad del suelo y la humedad del material combustible y su temperatura. Actualmente, el país no cuenta con este tipo de sensoramiento. La propuesta establece diez puntos distribuidos en el territorio nacional lo cual puede tomarse por ahora como un proyecto piloto a ser extendido en el futuro si los resultados son positivos.

#### **7.1.5.8 Prototipo de estaciones recomendadas**

El eslabón más débil en las redes de monitoreo hidrometeorológico y climático ha sido históricamente la disponibilidad del elemento humano.

Considerando lo anterior y gracias a los avances en la electrónica y las comunicaciones, las estaciones a instalar deben ser automatizadas, sean éstas para cambio climático o para el reforzamiento de la red hidrometeorológica. Son muchas las ventajas de la automatización: no se requiere de observadores meteorológicos,

hidrológicos u otros, la información se tiene en centros de acopio en tiempo real, a partir del dato básico se pueden generar rápidamente diversos productos en apoyo a diferentes sectores; el mantenimiento de las estaciones es más rápido; las obras de ingeniería para la ubicación de las estaciones son generalmente sencillas porque las estaciones son livianas y pequeñas; el registro de datos se efectúa con sensores electrónicos y son transmitidos automáticamente desde cada estación a una central o base utilizando frecuencias de radio UHF o bandas celulares GPRS, de tal forma que la señal de radio es de baja potencia (0.5 W) por lo que no se requieren frecuencias asignadas por el Ministerio de Seguridad Pública y tampoco hay interferencia con otros aparatos. Las estaciones solo requieren instalarse en lugares seguros contra el vandalismo, en lugares donde se disminuya la inversión utilizando hasta donde sea posible torres del ICE, la CNE u otros organismos para instalar repetidoras que relevan el envío de la información hasta los centros de acopio; se pueden instalar alarmas que avisan a teléfonos celulares con vos o texto, o a beepers, cuando se alcanzan ciertos umbrales críticos de determinada variable observada; no hay que recurrir a la transmisión satelital de datos lo que reduce la dependencia tecnológica y se opera en tiempos más reducidos.

La única condición importante a tener en cuenta es que, para los fines de monitoreo del cambio climático, los sensores deben tener niveles de sensibilidad superiores a los comúnmente utilizados, para asegurar que las mediciones son más precisas que aquellas que se están obteniendo con los equipos actualmente en uso.

## 7.2 Reforzamiento de la red hidrometeorológica nacional y la gestión de los datos e información

### 7.2.1 Gestión del dato e información

La gestión de los datos e información hidrometeorológica va mucho más allá de un buen **monitoreo** de campo. El concepto de gestión alude también al menos a otros tres aspectos: al de **comunicaciones**, requerido para transmitir en forma rápida y segura los datos de campo a centros de acopio; al de **proceso**, transforma en forma rápida el dato “bruto” en dato utilizable; y el de **almacenaje e intercambio**, garantiza al usuario una fuente segura de datos y su acceso. El reforzamiento de la actual red hidrometeorológica se enfoca en este continuo, desde el campo hasta el usuario o cliente.

### 7.2.2 Reforzamiento de la red hidrometeorológica

La red hidrometeorológica nacional debe ser reforzada en el aspecto directo del monitoreo y revisada en los aspectos conexos de las comunicaciones, proceso de datos y el almacenamiento e intercambio de los mismos.

#### 7.2.2.1 Monitoreo

En aspectos de monitoreo, las zonas bajas y planas del país así como las zonas montañosas de Talamanca, son las que muestran la mayor deficiencia de observaciones meteorológicas e hidrológicas y en general de cualquier otro tipo. Las estaciones meteorológicas del ICE se concentran preferiblemente en algunas cuencas de interés para la hidrogeneración eléctrica; las del IMN cubren algo del sector montañoso y algunas zonas planas del país, pero no en forma suficiente para manejar el recurso agua en todos sus extremos. Por ejemplo, la cobertura de monitoreo no es suficiente para la genera-

ción de balances hídricos mensuales de oferta-demanda a la escala requerida en el manejo de los aprovechamientos de agua.

En el caso de los caudales, son contadas las partes bajas y planas del país que están provistas de mediciones. En Guanacaste esto resulta grave debido a la fuerte presión actual y futura sobre los recursos hídricos.

En aspectos de monitoreo de calidad del agua, no existe una oferta de datos a nivel del país que este a disposición del interesado, en lo que se refiere a tipo de información.

En apoyo a la prevención de los desastres, se propone la instalación de dos radares meteorológicos, cuyas ubicaciones se observan en la Figura 1.

Un requerimiento de mayor importancia lo constituye la adquisición de estaciones tipo ASOS-Aeronautic Surface Observation System para ser instaladas en los aeropuertos internacionales del país y dejar de utilizar estaciones que no están diseñadas para esos propósitos como ocurre hoy día: una estación ASOS más en el Aeropuerto Juan Santamaría, dos en el Aeropuerto Internacional Daniel Oduber en Liberia, una en el Aeropuerto Internacional Tobías Bolaños en Pavas y una en el Aeropuerto Internacional de Limón.

La red automatizada instalada actualmente adolece por falta de repuestos, básicamente sensores y data loggers, por lo cual hay que meter una inyección rápida de fondos para recuperarlas. Esta red actual consta de 55 estaciones automáticas; calculando la reposición de 4 sensores por estación, 30 data loggers y la adquisición de radios para conectar en tiempo real varias de esas estaciones, que por ahora se les extrae la información en el campo cada cierto tiempo (alrededor de un mes).

La estación terrena del IMN para recibir las imágenes meteorológicas de los satélites geoespcionarios requiere reparaciones. Además, el IMN requiere instalar la estación terrena para la recepción de las imágenes de los satélites de órbita polar. Se propone adquirirlo para ofrecer un pronto apoyo al pronóstico y tratamiento de eventos hidrometeorológicos severos que afectan a la ciudadanía.

#### 7.2.2.2 Comunicaciones

El acopio rápido y seguro de los datos que genera la red de monitoreo se logra a través de un buen sistema de comunicaciones. El ICE, por la naturaleza de institución que es, cuenta en general con un buen sistema de comunicaciones para la recolección de la información de su red. Las estaciones del ICE son automatizadas casi en un 100% y transmiten a centros de acopio utilizando medios como radio, telefonía, Internet y otros, aprovechando su infraestructura nacional de telecomunicaciones.

El IMN tiene estaciones automáticas, electromecánicas y con observador (una persona que toma los datos). Alrededor de una decena de estaciones se ponen en la WEB en forma directa ([http://www.imn.ac.cr/estaciones\\_auto/index.html](http://www.imn.ac.cr/estaciones_auto/index.html)). Los datos se recopilan de varias formas, vía satelital o Internet, por teléfono e inclusive por correo. El sistema de comunicaciones del IMN requiere ser mejorado para hacer más eficiente la labor de la institución en el seguimiento del tiempo atmosférico y con ello el apoyo a los diferentes sectores productivos.

#### 7.2.2.3 Proceso, almacenamiento e intercambio de datos

Tanto en el proceso como en el almacenamiento e intercambio de datos provenientes de la red de monitoreo, el IMN y el ICE tienen sistema de aceptables a buenos. Los procesos son estandarizados según las normas de la Organización Meteorológica Mundial y, ambas instituciones

cuentan con software y hardware que las capacitan para tener bancos de datos funcionales.

Con el crecimiento de la red hidrometeorológica nacional y la creación de la red para fines de cambio climático, el IMN tendrá que poner atención a los aspectos de proceso y almacenamiento e intercambio de datos e información. Ello requerirá que las capacidades en proceso y almacenamiento de datos e información en dicha institución crezcan proporcionalmente al crecimiento de la red, de otra manera la extensión de la red no tendría mayor sentido si los datos no se pueden procesar y transformar rápidamente en productos para la toma de decisiones. Este aspecto no es grave en estos momentos pero podría complicarse en el futuro si no se toman las previsiones del caso dado el aumento en el volumen de la red de monitoreo.

### 7.3 Presupuesto y consideraciones institucionales

La elaboración del análisis sobre observación sistemática, investigación y fortalecimiento de capacidades ha permitido el desarrollo de una propuesta integral con visión a largo plazo, la cual contiene el presupuesto por componentes y permite decidir de acuerdo a las disponibilidades presupuestarias y, un presupuesto consolidado a cinco años que atienda las prioridades.

Asimismo, basados en las lecciones aprendidas y la experiencia nacional se hacen una serie de consideraciones institucionales que armonicen la dispersión de esfuerzos, recursos económicos y de personal que actualmente existen en Costa Rica para el monitoreo hidrometeorológico, climático, oceánico y conexo a estas disciplinas que genera inconvenientes y desventajas para el Estado y los usuarios.

Para potenciar la observación sistemática en apoyo a la investigación del cambio climático, la conceptualización de un sistema de sistemas

de observación nacional con una influencia beneficiosa sobre las áreas temáticas de la prevención y mitigación de desastres, la salud, la energía, el clima, el recurso hídrico, la biodiversidad, la agricultura, el turismo, entre otros y; la exploración y fortalecimiento de alianzas interinstitucionales efectivas en el contexto de los programas regionales y mundiales de observación, se indican varias acciones habilitadoras que con respaldo político del más alto nivel, corrijan y eviten la duplicación de esfuerzos. Entre estas, las siguientes:

- a) Esquema de armonía y buen diálogo entre las instituciones que operan los datos hidrometeorológicos y climáticos en el país (IMN, ICE)
- b) Esquema de obligatoriedad a través de instrumentos legales pertinentes, el intercambio abierto, inmediato y sin restricciones, de datos hidrometeorológicos y climáticos procesados entre las instituciones del Estado.
- c) Distribución de responsabilidades entre instituciones considerando difícil que una sola institución pueda asumir la responsabilidad de hacerse cargo de toda la red de monitoreo adicional a la ya existente que requiere el país.

## CAPÍTULO 8

### Otra información relevante para el logro de los objetivos de la Convención

#### **8.1 Autoevaluación de capacidades nacionales para la implementación de las Convenciones Globales Ambientales (Proyecto ACN)**

Con esta iniciativa, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, como principal mecanismo para el financiamiento de programas y proyectos de apoyo a la agenda internacional ambiental y de desarrollo sostenible, facilitó a los países la oportunidad para revisar sus necesidades y prioridades para atender efectivamente su desempeño en la implementación de los principales instrumentos internacionales, con énfasis en las áreas de prioridad del Fondo, incluyendo la biodiversidad, el cambio climático y la lucha contra la desertificación, la sequía y la degradación de tierras.<sup>36</sup>

La ejecución del Proyecto durante el 2006 y 2007 permitió determinar las prioridades nacionales para el desarrollo de capacidades a fin de tratar de mejor manera los temas del medio ambiente mundial. En este sentido, con una amplia participación de sectores se identificaron las fortalezas, restricciones y necesidades que dieron como producto una propuesta de acciones para el desarrollo de capacidades para aplicar las tres “Convenciones de Río”— Biodiversidad (CDB), Degradación de Suelos (CDD), y Cambio Climático (CC) visibilizando la promoción de sinergias entre estas.

El Proyecto ACN representó además un ejercicio de sensibilización, evaluación y planificación a lo interno de las instituciones gubernamentales responsables directa e indirectamente en el cumplimiento de los objetivos de las Convenciones de Río. Se espera entonces que la incorporación de los compromisos internacionales en los planes de trabajo institucionales se ejecute de manera más práctica y eficiente asignando los recursos humanos, técnicos y financieros para su cumplimiento.

Se identificaron aquellos elementos comunes a las tres Convenciones, como resultado se obtuvo el siguiente resumen:

- Desde la perspectiva jurídica, la percepción más generalizada respecto de la necesidad de emitir normativa adicional para mejorar o facilitar la implementación de las convenciones ambientales no es sentida como tal por quienes tienen bajo su responsabilidad su seguimiento. Al contrario, se considera que en general el marco jurídico disponible es suficiente y más bien son las interpretaciones sobre los alcances de la normativa vigente, en particular los relacionados con el reconocimiento del rango superior de las convenciones internacionales y la normativa vinculada con el concepto de dirección política, los elementos que se convierten en las principales barreras jurídicas para la plena aplicación.
- Las principales dificultades para la implementación de las convenciones globales ambientales desde la perspectiva de la política, se relacionan primordialmente con la falta de criterios claros de inserción de las responsabilidades derivadas de las convenciones en los procesos nacionales de planificación en sus diferentes niveles, deriván-

<sup>36</sup> FMAM-UNITAR. Septiembre 2001. “Guía para la autoevaluación de las necesidades de los países en materia de capacidad para ordenación del medio ambiente mundial”. Washington, USA.

dose de lo anterior una serie barreras más puntuales principalmente relacionadas con la ausencia de mecanismos apropiados de coordinación intersectorial que permitan impulsar una visión integral.

- c) En lo que se refiere a las barreras institucionales, surge también la dificultad derivada de la ausencia de mecanismos de coordinación apropiados entre los diferentes sectores e instituciones relacionados con la implementación de las convenciones ambientales globales; esto se refleja en falta de claridad de las responsabilidades y competencias institucionales asignadas a las dependencias públicas específicas y consecuentemente en la dispersión de esfuerzos y la pérdida de eficacia en las acciones desarrolladas.
- d) Las barreras operativas están claramente vinculadas con la falta de sistemas adecuados que permitan un seguimiento de los impactos de las políticas así como de la eficiencia en la gestión orientada al cumplimiento de las Convenciones.
- e) Las barreras financieras a la implementación de las Convenciones son el resultado de la presencia de un esquema que no ha logrado incorporar plenamente las acciones, planes y programas en el sistema formal de planificación pública y que conlleva entonces a una desvinculación entre planes y presupuestos que impide la medición de los costos correspondientes.

A partir de la validación del diagnóstico, se generó una propuesta que incluye:

- Formulación de una estrategia de gestión integrada de las Convenciones Globales Ambientales (CGA), con sus correspondientes indicadores, metas, iniciativas y plan de acción.
- Definición de los arreglos interinstitucionales para su ejecución.

- Desarrollo de la capacidad del grupo participante para realizar una gestión estratégica con un enfoque integrado y de trabajo en equipo.

Paralelo a la formulación de los contenidos, se desarrolló una capacitación bajo el enfoque de “aprender haciendo” con los miembros del equipo, aportando herramientas y experiencias que puedan fortalecer las competencias y habilidades correspondientes para una gestión integrada.

Asimismo, en el marco del Proyecto ACN se presentó una propuesta para atender las necesidades de información y capacitación para una mejor gestión en la implementación de las Convenciones<sup>37</sup>.

## 8.2 Recursos financieros

Para el período 1997 – 2008 el país ha desarrollado una variedad de proyectos con recursos de cooperación que coadyuvan en el cumplimiento de los objetivos de la Convención.

De acuerdo con el informe “Desarrollo con menos carbono: respuestas latinoamericanas al desafío de cambio climático”<sup>38</sup>, presentado en Costa Rica en febrero del 2009 por el Banco Mundial, una fuente de ingresos que resulta prometedora para Costa Rica es la disponibilidad de nuevos recursos financieros que pueden ser gestionados como pago por servicios ambientales. Entre ellos destacan el Mecanismo de Desarrollo Limpio para la forestación y reforestación, y los nuevos programas de Reducción de Emisiones Originadas por la Deforestación y la Degradoación Forestal en los Países en Desarrollo (REDD, por sus siglas en inglés).

<sup>37</sup> La publicación del Informe Final del Proyecto ACN está disponible en la Oficina de Prensa del MINAET.

<sup>38</sup> Banco Mundial. 2008. “Panorama General. Desarrollo con menos carbono. Respuestas latinoamericanas al desafío del cambio climático”. Por: Augusto de la Torre, Pablo Fajnzylber y John Nash.

Destacan los esfuerzos realizados por el PNUD Costa Rica que ha desarrollado un portafolio amplio de proyectos en temas de ambiente y energía cubriendo una variedad de temas. La mayoría apunta a consolidar la contribución de Costa Rica a los bienes públicos ambientales globales, i.e. la capa de ozono, la variabilidad climática, la conservación de la diversidad biológica, gobernabilidad del agua y, transporte y energía. En este sentido, ha articulado recursos financieros internacionales para que el país haga un aporte a los bienes públicos globales, participar activamente en el monitoreo del cumplimiento de los compromisos globales ambientales, fortalecer sus capacidades para asumir estos compromisos de forma sostenible.

Otras iniciativas de financiamiento que han sido importantes para fortalecer las capacidades nacionales en materia de cambio climático son las siguientes:

- a) FUNDECOOPERACION apoyando iniciativas locales que promueven el manejo ambiental y la utilización de tecnologías limpias,
- b) Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (PPD-FMAM)
- c) Fundación CRUSA
- d) Oficina Regional para Mesoamérica de la Unión Mundial para la Naturaleza
- e) Instituto Costarricense de Electricidad
- f) Fondo de Financiamiento Forestal
- g) TNC
- h) Programa Araucaria de la AECI

El esfuerzo nacional por disponer de una Estrategia Nacional de Cambio Climático facilitará la búsqueda de recursos financieros para atender de manera efectiva las prioridades del país.

### 8.3 Programas de investigación, proyectos y estudios

Costa Rica ha generado variada información específica relacionada con cambio climático aproximadamente desde los años 90, producida por investigadores e instituciones nacionales e internacionales.

Existen estudios importantes actuales y otros desarrollados desde los años 90 (la formación de la OCIC, inventarios de emisiones, el mecanismo de pago por servicios ambientales y de venta de certificados de carbono, etc.) que generan información y un marco de acción para el tema en el país. En este sentido el papel y aporte en el tema del Instituto Meteorológico ha sido fundamental (inventarios de emisiones, comunicaciones nacionales, estudios de vulnerabilidad y otros proyectos), todo disponible en la página WEB del Instituto (<http://www.imn.ac.cr/>)<sup>39</sup>.

En los cuadros 8.1 y 8.2 se presentan diferentes instituciones académicas, gubernamentales y privadas en el tema.

En cuanto a la investigación se refiere la recopilación suma 44 estudios de muy diversas fuentes, entre ellas principalmente ONG y universidad públicas. El 45% de los estudios se han realizado en bosques, le sigue agricultura (18%) y el resto es variado entre estudios en pastos, reforestación, animales (anfibios, reptiles, murciélagos, aves e insectos-mariquitas) costas y arrecifes.<sup>40</sup>

Existen alrededor de 61 estudios realizados en el país por investigadores internacionales en el tema. De éstos el 62% se refiere a bosques como área de investigación y el 23% estudia anfibios y cambio climático.

39 Idem

40 Información detallada disponible en el Informe Final sobre Biodiversidad y Cambio Climático preparado por el INBio.

Cuadro 8.1: Programas de investigación en el país en materia de cambio climático

Institución	Nombre del programa	Área de trabajo
CATIE	Programa de cambio global	Servicios ambientales Vulnerabilidad del bosque ante el cambio climático Bosques y adaptación
Instituto Meteorológico Nacional	Departamento de Desarrollo	Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Estudios de Vulnerabilidad en áreas como Bosques, Agricultura, Recurso hídrico y Zonas costeras.
MINAET	A que sembrás un árbol	Reforestación
Universidad de Costa Rica	Programa institucional de fuentes alternativas de energía	Biomateriales energéticos

**Cuadro 8.2: Proyectos y estudios desarrollados en materia de cambio climático**

Institución	Proyecto/estudio	Área de investigación
	Belowground carbon allocation in forests estimated for litterfall and IRGA-based soil respiration Measurements	Bosque
CATIE	Comportamiento de las variables meteorológicas (velocidad del viento y temperatura del aire) en el sistema <i>Coffea arabica – Erythrina poeppigiana</i>	Agricultura
Centro Científico Tropical	Potential impact of climatic change on the productive capacity of Costa Rican forests: a case study	Bosque
Centro Científico Tropical	Increasing day-to-day precipitation variability and its biological impacts at Monteverde	Bosque
Centro Científico Tropical	Climate change and the hummingbirds of the Monteverde Cloud Forest, Costa Rica.	
Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica	Adaptación de diferentes variedades industriales de papa bajo condiciones agroclimáticas de Costa Rica	Agricultura
Centro Internacional de Política Económica, Universidad Nacional	Estrategias de adaptación y reducción de riesgos ante impactos económicos climáticos: lecciones de la crisis del café en mesoamérica, el caso de Costa Rica	Agricultura

Institución	Proyecto/estudio	Área de investigación
CIFOR, CATIE	Almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad por medio de actividades forestales en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica	Bosque
CIMAR, UCR	Coral bleaching and mortality associated with the 1997-98 El Niño in an upwelling environment in the Eastern Pacific (Gulf of Papagayo, Costa Rica)	Arrecifes
Comité Regional de Recursos Hídricos y Universidad de Costa Rica	Impacts and adaptation to climate change and extreme events in Central America	Agricultura
Departamento de Recursos Naturales y Ambiente, CATIE	El Bosque Tropical y su adaptación al cambio climático	Bosque
	An ultrasonically silent night: the tropical dry forest without bats / Biodiversity conservation in Costa Rica: learning the lessons in a seasonal dry forest	Murciélagos
	Impact of global warming and locally changing climate on tropical cloud forest bats /Journal of Mammalogy	Murciélagos
Escuela Centroamérica de Geología, Universidad de Costa Rica	Diagnóstico de los efectos del cambio climático en la zona costera del Pacífico Central de Costa Rica	Costas

Institución	Proyecto/estudio	Área de investigación
Estación Experimental Los Diamantes, Programa de Investigación para la Agricultura Sostenible (REPOSA)	Estimation of methane ( $\text{CH}_4$ ) emission in the livestock from Costa Rica, 1990 and 1996	Bosque
Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO)	Fijación de carbono en plantaciones de melina ( <i>Gmelina arborea</i> Roxb.) teca ( <i>Tectona grandis</i> L.f.) y pochote ( <i>Bombacopsis quinata</i> Jacq.) en los cantones de Hojancha y Nicoya	Reforestación
Harvard University. Harvard Institute for International Development	What role for tropical forests in climate change mitigation? The case of Costa Rica	Bosque
Instituto Nacional de Biodiversidad	Medición de la diversidad biológica de las mariposas diurnas frugívoras en bosques nublados de Costa Rica (PN Tapantí, San Ramón y Osa)	Insectos
Instituto Meteorológico Nacional	Posibles efectos de un calentamiento global en el cultivo de arroz de secano en el Pacífico Norte de Costa Rica	Agricultura
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Emisión de gases con efecto invernadero y fijación de carbono en el sistema de producción de café ( <i>Coffea arabica</i> ) en Costa Rica	Agricultura

Institución	Proyecto/estudio	Área de investigación
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Emisión de gases con efecto invernadero y fijación de carbono en el sistema de producción de café ( <i>Coffea arabica</i> ) en Costa Rica	Agricultura
Ministerio de Agricultura y Ganadería	Balance of emissions with greenhouse effect in silvopastoral systems in three life zones of Costa Rica	Pastos
Ministerio del Ambiente y Energía	Valuing the environmental service of permanent forest stands to the global climate: The case of Costa Rica	Bosque
Monteverde Cloud Forest Reserve	Responses of natural communities to climate change in a highland tropical forest	Bosque
Monteverde Cloud Forest Reserve	Global warming and amphibian losses	Anfibios
Monteverde Cloud Forest Reserve	Golden toads, null models, and climate change	Aves – Anfibios
Organización para Estudios Tropicales	Climate-induced annual variation in canopy tree growth in a Costa Rican tropical rain forest	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Are tropical forests an important carbon sink? Reanalysis of the long-term plot data	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Annual variation in tree growth in a tropical wet forest: impact of climate variability	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Sources or sinks? The responses of tropical forests to current and future climate and atmospheric composition	Bosque

Institución	Proyecto/estudio	Área de investigación
Organización para Estudios Tropicales	Responses of tropical forests to global warming and increased drought: the evidence to date and critical research needs	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Tropical forests and global warming: slowing it down or speeding it up?	Bosque
Organización para Estudios Tropicales	Detecting tropical forests' responses to global climatic and atmospheric change: current challenges and a way forward	Bosque
Smithsonian Tropical Research Institute	Changes in reef community structure after fifteen years of natural disturbances in the Eastern Pacific (Costa Rica)	Arrecifes
Texas Tech University	Implicaciones económicas del secuestro del CO <sub>2</sub> en bosques naturales	Bosque
Texas Tech University	Estimación y valoración económica del almacenamiento de carbono	Bosque
Texas Tech University	Economic value of the carbon sink services of Costa Rica's forestry plantations	Reforestación
UICN	El cambio climático y los humedales en Centroamérica: implicaciones de la variación climática para los ecosistemas acuáticos y su manejo en la región	Humedales
Universidad de Costa Rica	Fijación de carbono y diversidad biológica en el agroecosistema cafetero	Agricultura
Universidad Nacional	Efecto del clima en la proporción de sexos del caimán ( <i>Caiman crocodilus</i> , Reptilia: Alligatoridae)	Reptiles
University of Alberta	Deforestation, carbon dynamics, and sustainable mitigation measures in Costa Rica –The Puerto Viejo de Sarapiquí case study	Bosque
University of Massachusetts	Impact of global changes on the reproductive biology of trees in tropical dry forests	Bosque
University of Virginia	Variation in leaf litter nutrients of a Costa Rican rain forest is related to precipitation	Bosque

En la página web <http://cglobal.imn.ac.cr/> se encuentran estudios sobre el tema de cambio climático. Estudios, escenarios, inventarios de emisiones, informes, la Estrategia Nacional de Cambio Climático, comunicaciones nacionales.

#### **8.4 Educación, formación y sensibilización de la población**

La educación, la formación y la sensibilización de la población costarricense son consideradas herramientas imprescindibles en procura de concientizar sobre el fenómeno del calentamiento global y sus repercusiones y a la vez pueda apropiarse de las diferentes estrategias de adaptación y mitigación en aras de asumir responsabilidades individuales y colectivas que transformen hábitos en sus estilos de vida en beneficio del desarrollo nacional.

La Convención reconoce este rol y, mediante su Artículo 6 motiva a las Partes a elaborar y aplicar programas de educación y sensibilización sobre el cambio climático y sus efectos, el acceso a la información y la participación del público, la formación de personal y la preparación e intercambio de material educativo.

En razón de lo anterior, el IMN formuló en el 2007 el proyecto denominado “Integración del tema de Cambio Climático en la Comunidad Nacional” orientado a diagnosticar la situación de los programas y las actividades de educación y sensibilización de la comunidad nacional sobre el cambio climático, con el fin de enfocar de manera certera acciones futuras hacia áreas y públicos meta.

Como producto del diagnóstico se cuenta con información sistematizada sobre los materiales y referencias bibliográficas producidos hasta la fecha por diversos sectores en el país; un inventario de estudios y programas de investigación relacionados con el tema del cambio climático y, una propuesta que partiendo de las necesidades identificadas durante un proceso participa-

tivo, facilitará el establecimiento de una estrategia de sensibilización y educación para incidir en los cambios que la sociedad costarricense requiere para concientizarse y actuar responsablemente sobre este tema<sup>41</sup>.

El acceso a herramientas tecnológicas para la comunicación, han fortalecido los espacios gubernamentales y no gubernamentales para ampliar la difusión de información y estrategias educativas sobre el tema del cambio climático hacia diferentes sectores de la población (niñez, juventud, empresarios, productores, investigadores, educadores, medios de información, entre otros).

A nivel gubernamental se distinguen tres entidades claramente enfocadas en el tema sobre cambio climático y que cuentan con personal y recursos para desarrollar acciones en esta materia. Estas son: la Presidencia de la República mediante su programa Paz con la Naturaleza que tiene un componente sobre el Cambio Climático, el Ministerio de Ambiente y Energía que desarrolla la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) y, el Instituto Meteorológico Nacional que es el punto focal de la Convención Marco de Cambio Climático y su protocolo para Costa Rica.

Durante los últimos cinco años estas instituciones han fortalecido sus portales virtuales facilitando la difusión de material educativo e información general sobre el quehacer nacional para el cumplimiento de sus compromisos internacionales en materia de cambio climático. Algunos de estos portales son los siguientes:

- IMN - MINAET: Tiene una página dedicada al cambio climático siendo uno de sus apartados el de educación y sensibilización en cambio climático donde se presentan diferentes materiales didácticos como folletos, afiches, hojas divulgativas, entre otros.

<sup>41</sup> El Informe Final sobre este estudio puede ser consultado en el Programa Nacional de Cambio Climático del IMN.

- ENCC – MINAET: Contiene un componente de sensibilización y educación que tiene como objetivo involucrar a toda la sociedad en el proceso de toma y ejecución de decisiones relacionadas con el cambio climático.

La Iniciativa Paz con la Naturaleza (IPN) en conjunto con el Ministerio de Educación Pública (MEP), el Instituto Meteorológico (IMN) y otras instituciones y organizaciones colaboradoras, llevan a cabo desde el año 2008 una serie de capacitaciones a educadores, con el objetivo de convertirlos en facilitadores y promotores en materia ambiental, siendo uno de los temas el cambio climático.

El Instituto Meteorológico Nacional en cumplimiento a lo estipulado en el artículo 6 de la Convención, ha realizado en los últimos cinco

años capacitaciones en el tema de cambio climático dirigidas a distintos sectores productivos de la población costarricense, tal es el caso de productores de arroz, frijoles y leche. También se ha impartido capacitación en el tema a profesionales y técnicos de las ciencias médicas. Además, se han elaborado diversos materiales didácticos y divulgativos sobre distintos aspectos del cambio climático, tal es el caso de: panfletos, láminas didácticas, lapiceros, calcomanías, portalápices, metálicos, separadores de libros, los cuales han distribuidos en charlas y capacitaciones a educadores y estudiantes, así como al público interesado en el tema. Todas estas acciones tienen como fin, lograr un cambio de actitud y comportamiento en la población que lleve a la aplicación de medidas de mitigación y adaptación ante los efectos del cambio climático.

# CAPÍTULO 9

## Bibliografía

Asociación Costarricense de Ciencias del Suelo, Ministerio de Agricultura y Ganadería. En: <http://www.mag.go.cr> 03 de agosto del 2009.

Décimo Tercer Informe del Estado de la Nación para el Desarrollo Humano Sostenible, 2007. Indicadores Demográficos para Costa Rica del 2001 al 2006. San José, Costa Rica.

Dirección Sectorial de Energía –DSE-, 2006. Fuentes utilizadas para la generación de electricidad en Costa Rica durante el 2006. San José, Costa Rica.

Fondo Nacional de Financiamiento Forestal; EOSL-Universidad de Alberta, 2007. Estudio de Monitoreo de Cobertura Forestal de Costa Rica 2005. San José de Costa Rica.

INEC. 2007. Población ocupada por años según condición de empleo. Encuesta a Hogares de Propósitos Múltiples, San José Costa Rica.

IMN, 2007 Promedios anuales de las regiones climáticas de Costa Rica, San José, Costa Rica.

La Nación. "Plan para rescatar la cuenca del río Tárcoles" por la redactora Angela Avalos. Publicado el 24 de enero del 2004. San José, Costa Rica.

Pratt, Lawrence. 2002 "Logros y Retos del Turismo Costarricense". CLACDS, INCAE, Alajuela, Costa Rica.

Programa CYMA. 2008. Plan de Acción para el Manejo de los Residuos Sólidos para Costa Rica. GTZ, MINAET, MIDEPLAN, IFAM. San José, Costa Rica.

En : <http://www.programacyma.com> 03 de agosto del 2009.

Programa de Monitoreo Conjunto [OMS/UNICEF](#) (2006). Datos sobre agua y saneamiento basados en el "Global Water Supply and Sanitation Assessment" (2002) de la Encuesta sobre el Sector Agua y Saneamiento (1999)

SEPSA, 2007. "Areas cultivadas durante el período 2000 –2006". Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.

Sistema Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (SNPRAE)/ Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). En: <http://www.eird.org>

### Capítulo 2

Instituto Meteorológico Nacional.2009. MINAET. Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases de Efecto Invernadero en Costa Rica. Años 2000 y 2005. San José, Costa Rica. Documento sin publicar.

### Capítulo 3

Adamson, Marcos. 2008. CIESA "Propuesta de políticas para el sector de energía para la Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático". San José, Costa Rica.

Gobierno de Costa Rica. 2009. "Iniciativa Paz con la Naturaleza". En: <http://www.pazconlanaturaleza.org> 03 de agosto del 2009.

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE); Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF por sus siglas en inglés), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2007. "Informe Final Proyecto Autoevaluación de las Capacidades Nacionales para la Implementación de las Convenciones Globales Ambientales (ACN). San José, Costa Rica.

Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET). 2009. Estrategia Nacional de Cambio Climático. En: <http://www.encc.go.cr/> 03 de agosto del 2009.

SICA-COMISCA-CCAD-CAC. Mayo 2008. "La Estrategia Regional Agroambiental y de Salud (ERAS) 2009 – 2024 Centroamérica.

## Capítulo 4

Adamson Marcos. 2007. "Políticas, medidas adoptadas y propuestas para la mitigación de gases de efecto invernadero" Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. CIESA, San José, Costa Rica.

Instituto Meteorológico Nacional. 2000. "Primera Comunicación Nacional". San José, Costa Rica.

## Capítulo 5

Azofeifa, F. 2006. Evaluación relacionada al fortalecimiento real de capacidades en el marco del proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. PNUD-MINAE-IMN. Informe Final de Consultoría. San José, Costa Rica. 84p.

Campos, M. 2004. "Evaluación de impactos. Proyecto Adaptación del Sistema Hídrico al Cambio Climático". Instituto Meteorológico Nacional. Gestión de Desarrollo. 21p. Correspondencia personal.

CIID (International Development Research Centre). 1988. Agua dulce, imperativo humano. Búsqueda. Ottawa, Ontario. Canadá. 44p.

Comisión Asesora sobre Degradación de Tierras (CADETI). 2004. "Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Degradación de Tierras". Ministerio de Energía y Ambiente (MINAE), Mi-

nisterio de Agricultura y Ganadería (MAG), Mecanismo Mundial. San José, Costa Rica. 111p.

Conesa, V.; Garro, V.; Conesa, L. 1993. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos de Levante. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 128p.

Cruz, J. 1994. El Niño tendría que ver con un aumento del factor térmico. Esta Semana, La Ciencia. San José, CR. Jun 8-14:10.

Davis, M.; Shaw, R. 2001. Range shift and adaptive responses to quaternary climate change. Science 292: 673-679.

Díaz, B. 2000. Biodiversity is critical to future health of California's ecology and economy. California Agriculture. 54(2):26-34.

Enquist, C.A.F. 2002. Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. J. Biogeography. 29(4): 519-534

EIRD/UN (Secretaría Inter-agencias de Naciones Unidas de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres). 2004. Gestión de riesgo de peligros relacionados con el agua. En: OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2004. Boletín Tiempo-Clima-Agua. 53(1):23-28.

Fernández, M. 1991. Clima. Panorama, San José, CR. Set 23:35.

Fernández, W.; Ramírez, P. 1991. El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: Una revisión. Tecnología en Marcha. Vol 11(1):3-10.

Fournier, M. 1997. Estudio de impacto ambiental de la ampliación de la Planta Hidroeléctrica Brasil de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz. Biosfera Consultores S.A. (Correspondencia personal). 110 p.

- Fournier, M.L. 2003. Uso de plaguicidas y calidad del agua en el área de estudio del proyecto Adaptación del Sector hídrico al Cambio Climático. Instituto Regional del Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), Heredia. 10p.
- Fuentes, J. 1994. Inquietud por sequía en el país. *La República*. San José, CR. Oct 11:3A
- Galindo, I.; Chapela, R.; Selman, M. 1988. Asma bronquial y factores ambientales. Estudios preliminares. *La Meteorología y sus aplicaciones al desarrollo Regional*. Memoria del III Congreso interamericano de Meteorología. 14-18 de Noviembre. México DF. México. 237-240pp.
- Girot, P.; Jiménez, A. 2003. Marco regional de adaptación al cambio climático para los recursos hídricos en Centroamérica. UICN-CRRH-SICA-Dialogue on water and climate- Global Water Partnership. San José, Costa Rica. 48p.
- Gómez, L. 1986. Vegetación de Costa Rica: apuntes para una biogeografía costarricense. En Gómez, L.D. (ed.) *Vegetación y clima en Costa Rica*. EUNED, San José. 327 p.
- GWP (Global Water Partnership). 2001. Situación de los Recursos Hídricos en los Países del Istmo Centroamericano. San José, Costa Rica. Sp.
- Hartshorn, G. 1992. Possible effects of global warming on the biological diversity in tropical forests. In: Peters, R.L. & T.E. Lovejoy (eds.) *Global warming and biological diversity*. Yale University Press. New Haven. p. 137-146.
- Holdridge, L. 1979. Ecología basada en las zonas de vida. IICA, San José. 216 p.
- Holzenthal, R. 1988. Catálogo sistemático de los trichópteros de Costa Rica (Insecta: Trichoptera). *Brenesia* 29: 51-82.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado (ICAA). 2003. Estudio de la tecnología de tratamiento de las aguas residuales de tipo ordinario en Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Jiménez, A. 2001. IMN preveé fuertes lluvias. *La Nación, El País*. San José, CR. Abr 20:4A
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Comité Regional de Recursos Hídricos (CRRH). 2008. Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica. MINAET – IMN. San José, Costa Rica. 75 p.
- IPCC. (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. Impacts, adaptation and vulnerability. A contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, U.S.A. 1032p.
- Kalff, J. 2002. Limnology: inland water ecosystems. Prentice-Hall Inc., New Jersey. 592 p.
- La Nación. 1986. Daños parciales causó la sequía dice el MAG. *La Nación*, San José, Costa Rica. 19 de Octubre.
- La Nación. 1987. Prevén peor sequía en últimos 10 años. *La Nación*, San José, Costa Rica. Nov 8:6A.
- Lavell, A. 2002. Conceptos y definiciones de relevancia en la gestión del riesgo. Basado en Cardona, O. 2000. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. PNUD. [www.snet.go.sv/documentos/conceptos](http://www.snet.go.sv/documentos/conceptos).
- Loaiza, V. 2000. Habrá racionamiento de agua. *La Nación*. San José, CR. Nov 12:4A
- Losilla, M.; Rodríguez, H.; Schosinsky, G.; Stimson, J.; Bethune, D. 2001. Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central. Editorial Universidad de Costa Rica. Montes de Oca

MARENA (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales). 2003. Estado del ambiente en Nicaragua. Segundo informe GEO. SINIA-MARENA. Información en formato digital.

MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía). 2000. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de Cambio Climático. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.

Miranda, M.; Otoya, M.; Gutiérrez, M. 2005. Revisión de las políticas y medidas de adaptación actuales ante la vulnerabilidad del sistema hídrico al clima actual en el área del proyecto. Proyecto Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. ACCII-PNUD-IMN. Centro Internacional de Política Económica de la Universidad Nacional (CINPE-UNA). San José, Costa Rica. 84p.

Mora, W. 1986. El poder de la lluvia. La Nación, Enfoque. San José, CR. Nov 30:5-6C.

OCDE (Organización para la cooperación y el desarrollo económicos). 2001. Indicadores medioambientales para la agricultura. Métodos y resultados. Volumen 3. 19p. Traducción de extractos de Environmental Indicators for Agriculture Methods and Results. Vol 3. 2001. París, France.

OMM (Organización Meteorológica Mundial). sf. El Clima La Urbanización y el hombre. Ginebra, Suiza. 16p.

OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2003. Nuestro clima futuro. OMM-952. Ginebra, Suiza. 36p.

OMM (Organización Meteorológica Mundial). 2004. Trabajando juntos para reducir el riesgo de desastres hidrometeorológicos. Boletín Tiempo-Clima-Agua. 53(1):15-18.

OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1998. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Guías para el análisis de vulnerabilidad. OPS-OMS. Washington, D.C. Estados Unidos de América. 102p.

Oxley, M. 2003. Respuesta a los desastres. Paso a paso. 56(nov):1-2.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2003. Guía del usuario para el marco de políticas de adaptación. CATHALAC-Gobierno de Suiza y la colaboración de los gobiernos de Holanda y Canadá. Versión preliminar. 31p.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). 2004. La reducción de riesgos de desastres. Un desafío para el desarrollo. PNUD-Dirección de Prevención de Crisis y de Recuperación. New York. Estados Unidos de América. 146p.

Pounds, A. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. Nature. Vol. 398. April: 611-614.

Pounds, A. 2001. Climate and amphibian declines. Nature. Vol 410. April: 639-640.

Pounds, A.; Puschendorf, R. 2004. Clouded futures. Nature. Vol 427. January: 107-108.

Primack, R.B. 2002. Essentials of conservation biology (3<sup>rd</sup> ed.) Sinauer Associates, Sunderland. 698 p.

Programa Estado de la Nación. 2000. Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible 1999. Proyecto Estado de la Nación, San José, Costa Rica.

Protti, R. 1989. Estudios hidrogeológicos en el área de la GAM. Para Geotécnica/ICAA. San José, Costa Rica.

PRODUS (Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible). 2004. Diagnóstico Socioeconómico del área del proyecto. Proyecto Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. PNUD-IMN. Informe Final. Mayo. 114 págs.

Pujol, R.; Zamora, L.; Salas, J.; Umaña. G.; Rodríguez, H.; Salazar, L.; Jiménez, C. 2004. Diagnóstico biofísico del área de proyecto. Proyecto Adaptación del Sector Hídrico al Cambio Climático. Proyecto Regional Fomento de las Capacidades para la Etapa II Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. PNUD-IMN. Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS), Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica (UCR). San José, Costa Rica. Informe final. 61p.

Pulido, G. 2000. Contaminación y remediación de acuíferos. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Colombia.

Ramírez, L. 1990. Alerta por estragos de El Niño. La Nación, San José, CR. Jul 8:3A

Ramírez, P. 1990. El fenómeno de El Niño Oscilación del Sur. Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas – Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. Boletín Meteorológico. Año XIV-1990. Abril. p3-5.

Retana, J. 2004. Aspectos meteorológicos relacionados con el bajo rendimiento de diferentes cultivos en la zona de Alvarado de Cartago durante el 2001 y el 2002. Gestión de Desarrollo. Instituto Meteorológico Nacional. Estudio técnico. San José, Costa Rica. (sin publicar). 4p

Retana, J. 2004. Vulnerabilidad y clima en el Valle Central de Costa Rica. Proyecto Adaptación del Sector Hídrico de Costa Rica al Cam-

bio Climático. Nota técnica. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 14p.

Retana, J.; Villalobos, R. 2001. Eventos extremos meteorológicos en Linda Vista, Valle del Guarco, Cartago. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 9(1):49-56.

Retana, J.; Villalobos, R. 2004. Determinación del año más seco en la Región Chorotega de Costa Rica por medio de un análisis de conteo de casos. Instituto Meteorológico Nacional. Gestión de Desarrollo. San José, Costa Rica. 6p. (correspondencia personal).

Reynolds, J.; Fraile, J. 2000. Presente y futuro de las aguas subterráneas en el Valle Central. En Vargas J (ed), 2000 Manejo integrado de aguas subterráneas, un reto para el futuro. Editorial UNED. San José, Costa Rica.

Rodríguez, H. 1992. Impacto del desarrollo urbano sobre la recarga de los acuíferos Colima. Departamento de Estudios Básicos, Acueductos y Alcantillados (AyA). IV Congreso Nacional de Recursos Hídricos. San José, Costa Rica.

Rodríguez, H. 1993. Propuesta de un método para normar el crecimiento habitacional sobre áreas de recarga acuífera, perspectiva de calidad del agua. Caso del Valle Central de Costa Rica. VI Certamen de Ciencia y Tecnología SIPAA. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantillados. San José, Costa Rica.

Rojas, M.; Campos, M.; Alpízar, E.; Bravo, J.; Córdoba, R. 2003. El cambio climático y los humedales en Centroamérica. Implicaciones de la variación climática para los ecosistemas acuáticos y su manejo en la región. Unión Mundial para la Naturaleza (UICN)- Centro Científico Tropical (CCT)- Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH)- Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (EDECA). San José, Costa Rica. 38p.

Salazar, G.; Madrigal, R. 1991 Geomorfología del Gran Área Metropolitana. Editorial Tecnológica. San José, Costa Rica.

SENARA/BGS (Servicio Nacional de Aguas Subterráneas y Avenamiento) 1989. Continuación de la investigación hidrogeológica en la zona norte y este del Valle Central, Costa Rica. Informe final 1984-87. SENARA, Informe Técnico No.165. San José.

SEI (Stockholm Environment Institute). 2004. Desde los indicadores de vulnerabilidad hasta los perfiles y la adaptación. Programa de Riesgo y Vulnerabilidad. Módulo de Capacitación. ACC2 (Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. CATHALAC-PNUD-GEF. México D.F. México. 6p.

Solano, J.; Villalobos, R. 2001. Aspectos fisiográficos aplicados a un bosquejo de regionalización geográfico climática de Costa Rica. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 8(1):26-39.

Solano, J.; Retana, J.; Villalobos, R. 2002. Inundaciones. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 9(2):104-122.

Solera, C. 2000. Impacto de El Niño en el sector agua potable de Costa Rica. Reducción de impactos de la variabilidad climática, el caso de El Niño 1997-1998 en Costa Rica. Coronado, Costa Rica. Sp. (correspondencia personal). Stenseth, N.; Mysterud, A.; Ottersen, G.; Hurrell, J.; Chan, K.; Lima, M. 2002. Ecological effects of climate fluctuations. *Science* 297: 1292-1296.

TAHAL Consulting Engineers. 1990. Plan Maestro de Abastecimiento de Agua Potable de la Gran Área Metropolitana. ICAA, San José, Costa Rica.

Valiente, C.; González, J. 2000. Calidad microbiológica del agua subterránea en el Valle Central de Costa Rica, 1997-2000. En: Vargas J (ed), 2000 Manejo integrado de aguas subterráneas, un reto para el futuro. Editorial UNED. San José.

Valverde, L. 2001. Nuevo ministro alerta sobre sequía. *La República*. San José, Costa Rica. Ago 10:8A

Varela, P.; Ojeda, B. 1988. Relación entre las situaciones sinópticas y parámetros meteorológicos con el síndrome de asma en la ciudad de Bahía Blanca. *La Meteorología y sus aplicaciones al desarrollo Regional. Memoria del III Congreso interamericano de Meteorología. 14-18 de Noviembre. México DF. México.* 241-244pp.

Vega, G.; Stolz, W. 1997. El fenómeno de El Niño su impacto en la economía de Costa Rica. Ministerio del Ambiente y Energía. Instituto Meteorológico Nacional. Oficina de Pronósticos. Nota técnica. San José, Costa Rica. 9p.

Villalobos, R.; Campos, M.; Chacón, A.; Retana, J. 2003. Plan Nacional de Trabajo de Costa Rica: Adaptación del Sistema Hídrico al Cambio Climático. Proyecto RLA/01/G31/1G/99. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 47p.

Villalobos, R.; Retana, J. 2003. Metodología para el análisis mensual del año más seco. En: Villalobos, R.; Zárate, E.; Soto, H.; Pacheco, R.; Sanabria, N.; Retana, J. 2003. Convenio entre SENARA, ICAA, IMN para la elaboración de mapas climatológicos de una región del Valle Central. Informe Final. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 4-6. (correspondencia personal).

Zwiers, F.; Cattle, H.; Peterson, T.; Mokssit, A. 2003. Detección del Cambio Climático. OMM-Boletín. 53(2):252-258.

## BIODIVERSIDAD

- Alpízar, E.; Castro, G.; Elizondo, L.H.; Jiménez, Q.; Rodríguez, E.; Vásquez, A. 2000. Vulnerabilidad de los Bosques. In: Instituto Meteorológico Nacional. Estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático. Informe Final. Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Ambiente y Anergía. Pp. 71-103.
- Alvarado, J.J.; Fernández, C.; Nielsen, V. 2006. Arrecifes y comunidades coralinas. In: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica. Nielsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CLMAR-CI-TNC. 456 pp.
- Araújo, M.B.; Cabeza, M.; Thuiller, W.; Hanna, L.; Williams, P.H. 2004. Would climate change drive species out of reserves? An assessment of existing reserve-selection methods. *Global Change Biology* 10: 1618-1626.
- Araújo, M.B.; Rahbek, C. 2006. How Does Climate Change Affect Biodiversity? *Science* 313: 1396-1397.
- Bates, B.C.; Kundzewicz, Z.W.; Wu, S.; Palutikof, J.P. (eds.). 2008. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva, 210 pp.
- Binckley, C.A.; Spotila, J.R.; Wilson, K.S.; Paladino, F.V. 1998. Sex determination and sex ratios of Pacific leatherback turtles, *Dermochelys coriacea*. *Copeia* (2): 291-300.
- Bussing, W.A. 1976. Geographic distribution of the San Juan ichthyofauna of Central America with remarks on its origin and ecology. Pp.: 167-176. In: T.B. Thorson (ed.). *Investigations of the ichthyofauna of Nicaraguan lakes*. Lincoln: University of Nebraska.
- Choudhury, K.; Dziedzioch, C.; Häusler, A.; Ploetz, C. 2004. Integration of Biodiversity Concerns in Climate Change Mitigation Activities. A Toolkit. Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt). 70p.
- Clark, D.A.; Piper, S.C.; Keeling, C.D.; Clark, D.B. 2003. Tropical rain forest tree growth and atmospheric carbon dynamics linked to interannual temperature variation during 1984-2000. *PNAS* 100(10): 5852-5857.
- Colwell, R.K.; Brehm, G.; Cardelús, C.L., Gilman, A.C.; Longino, J.T. 2008. Global Warming, Elevational Range Shifts, and Lowland Biotic Attrition in the Wet Tropics. *Science* 322, 258 doi: 10.1126/science.1162547
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. El fenómeno de El Niño: ¿Cómo adaptarnos? Costa Rica. (CNE). San José, CR; s.f
- Condit, R. 1998. Ecological implications if changes in drought patterns: shift in forest composition in Panama. *Climatic Change* 39: 413-427.
- Deliso, E. 2007. Climate Change and the Hummingbirds of Monteverde Cloud Forest, Costa Rica. San José, C.R.: Centro Científico Tropical. 42p.
- Dinerstein, E.; Olson, D.M.; Graham, D.J.; Webster, A.L.; Primm, S.A.; Bookbindrr, M.P.; Leedec, G. 1995. Una Evaluación del estado de conservación de las ecoregiones terrestres de América Latina y el Caribe. Fondo Mundial para la Naturaleza y Banco Mundial. 135p.
- Easterling, D.R.; Meehl, J.; Parmesan, C.; Chagnon, S.; Karl, T.R.; Mearns, L.O. 2000. Climate extremes: observations, modeling, and impacts. *Science* 289:2068–2074.
- Enquist, C.A.F. 2002. Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica. *Journal of Biogeography* 29: 519–534.

Escobar, F.; Halffter, G.; Solís, A.; Halffter, V.; Navarrete, D. 2008. Temporal shifts in dung beetle community structure within a protected area of tropical wet forest: a 35-year study and its implications for long-term conservation. *Journal of Applied Ecology*. doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01551.x

Escobedo, G.A. 2005. Efectos del clima en la proporción de sexos del caimán (*Caiman crocodilus*, Reptilia, Alligatoridae). Tesis de Licenciatura en Biología con énfasis en Manejo de Recursos Naturales, Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia; Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica.

Estado de la Nación. 2008. Crisis energética no cambia patrones de consumo insostenibles. Décimocuarto Informe Estado de la Nación. Estado de la Nación, San José, Costa Rica.

Finegan, B. 2007. El Monitoreo de los Impactos del Cambio Climático en la Biodiversidad de Costa Rica: la aplicación del Programa de Monitoreo Ecológico Terrestre de las Áreas Protegidas y Corredores Biológicos (PROMEC-CR). CATIE, 5 de octubre del 2007. Documento en desarrollo.

Fogden, M.; Fogden, P. 2005. Hummingbirds of Costa Rica. Zona Tropical, Miami.

FONAFIFO. 2005. FONAFIFO: Más de una década de acción. 125 pp.

Fonseca, A.C. 2006. Atlas marino costero de Costa Rica. In: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica. Neilsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.

Fuentes González, G.; Azofeifa Mora, A.B.; Aguilar Zumbado, S. (eds.) 2008. Bibliografía sobre Calentamiento Global y Cambio Climático en Costa Rica. Serie Bibliografía OET No. 7. OET – Ciudad de la Investigación. 151p.

Girot; P.; Jiménez, A. 2003. Marco Regional de Adaptación al Cambio Climático para los Recursos Hídricos en Centroamérica. UICN/ORMA. 48 p.

Gómez, E. 2006. Estuarios. In: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica. Neilsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.

Hannah, L.; Midgley, G.F.; Millar, D. 2002. Climate change-integrated conservation strategies. *Global Ecology & Biogeography* 11: 485-495.

Hannah, L.; Lovejoy, T. (eds.) 2003. Climate Change and Biodiversity: Synergetic Impacts. *Advances Biodiversity Science* (4): 1-123.

Harley, C.D.G.G.; Hughes, A.R.; Hultgren, K.M.; Miner, B.G.; Sorte, C.J.B.; Thornber, C.S.; Rodriguez, L.F.; Tomanek, L.; Williams, S.L. 2006. The impacts of climate change in coastal marine systems. *Ecology Letters* 9(2): 228–241.

Harstshorn, G.S. 1992. Possible effects of global warming on the biological diversity in tropical forest. In: Peters, R.L.; Lovejoy, T.E. (eds.) *Global warming and biology diversity*. Yale University Press. New Haven and London. Pp.137-146.

Herrera, A.; Obando, V. 2008. Estado del conocimiento, conservación y uso de la biodiversidad. En preparación.

Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO). 2009. Biodiversidad y Cambio Climático en Costa Rica. San José, Costa Rica. 170 p. Documento sin publicar.

IPCC. 2002. Climate Change and Biodiversity. Technical Paper V. Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO – UNEP. 86 p.

- IPCC, 2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.
- Karl, T.R.; Trenberth, K.E. 2003. Modern global climate change. *Science* 302:1719–23.
- Karmalkar, A.V.; Bradley, R.S.; Diaz, H.F. 2008. Climate change scenario for Costa Rican montane forests. *Geophysical Research Letters* 35, L11702, doi:10.1029/2008GL033940
- Lawton, R.O.; Nair, U.S.; Pielke, R.A.; Welch, R.M. 2001. Climatic Impact of Tropical Lowland Deforestation on Nearby Montane Cloud Forests. *Science* 294(5542): 584-587.
- Li, M.H.; Kräuchi, N.; Gao, S.P. 2006. Global Warming: Can Existing Reserves Really Preserve Current Levels of Biological Diversity? *Journal of Integrative Plant Biology* 48 (3): 255-259.
- Lips, K.R. 1998. Decline of a tropical montane amphibian fauna. *Conservation Biology* 12(1): 106-117.
- Lips, K.R.; P.A. Burrowes; J.R. Mendelson III; Parra-Olea, G. 2005. Amphibian declines in Latin America: A síntesis. *Biotropica* 37: 222-226.
- Lovejoy, T.E.; Hannah, L. (eds.). 2005. Climate Change and Biodiversity. Yale University Press. 440p.
- Magrin, G.; García, C.G.; Cruz Choque, D.; Giménez, J.C.; Moreno, A.R.; Nagy, G.J.; Nobre, C.; Villamizar, A. 2007: Latin America. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 581-615.
- Malcolm, J.R.; Liu, C.; Neilson, R.P.; Hansen, L.; Hannah, L. 2006. Global Warming and Extinctions of Endemic Species from Biodiversity Hotspots. *Conservation Biology* 20(2): 538-548.
- Malvassi, L.; Alfaro, R.M.; Murillo, W.; Herrera, G. 1986. Evaluación del recurso biológico del manglar de Tivives. Fundación de Parque Nacionales, Programa de Patrimonio Natural de Costa Rica. 48 p.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington, DC, 155 pp.
- MINAE. 2000. Estudios de vulnerabilidad ante el cambio climático. Escenarios climáticos para Costa Rica: componente agrícola, componente bosques, componente costero. Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica. 238p.
- Nair, U.S., Lawton, R.O.; Welch, R.M.; Pielke, R.A. 2003. Impact of land use on Costa Rican tropical montane cloud forests: Sensitivity of cumulus cloud field characteristics to lowland deforestation, *J. Geophys. Res.*, 108(D7), 4206, doi:10.1029/2001JD001135.
- Nielsen M., V.; Quesada A., M.A. (eds.) 2006. Informe técnico “Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica”. Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica: CIMAR-CI-TNC. 219 p.
- Obando C., G.; Sandoval, L.; Chaves C., J.; Villareal O., J.; Alfaro C., W. 2007. Lista oficial de las aves de Costa Rica 2006. *Zeledonia* 11: Número especial.
- Obando, V. 2002. Biodiversidad en Costa Rica: Estado del conocimiento y gestión. Editorial INBio. Heredia, Costa Rica. 81 p.

- Obando, V. 2007. Biodiversidad de Costa Rica en cifras. Santo Domingo de Heredia, INBio, Costa Rica. 25 p.
- Olson, D.; Dinerstein, E.; Canevari, P.; Davidson, I.; Castro, G.; Morisset, V., Abell, R.; Toledo, E. (eds.) 1998. Freshwater biodiversity of Latin America and the Caribbean: A conservation assessment. Biodiversity Support Program. Washington, D.C.
- ONS/CONAREFI/IBPGR. 1991. Recursos Fitogenéticos en Costa Rica: Conservación ex situ. 69 p.
- Parmesan C. 2003. Butterflies as bio-indicators of climate change impacts. In: Boggs, C.L.; Watt, W.B.; Ehrlich, P.R. (eds.). *Evolution and Ecology Taking Flight: Butterflies as Model Systems*. Chicago: Univ. Chicago Press. Pp. 541–60.
- Parmesan, C. 2006. Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 37: 637-669.
- Parry, M.L.; Canziani, O.F.; Palutikof, J.P. and Co-authors 2007: Technical Summary. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 23-78.
- Peterson, A.T.; Ortega-Huerta, M.A.; Bartley, J.; Sánchez-Cordero, V.; Soberón, J.; Buddemeier, R.H.; Stockwell, D.R.B.: 2002. Future projections for Mexican faunas under global climate change scenarios. *Nature* 416: 626629.
- Pounds, J.A.; Bustamante, R.M.; Coloma, L.A.; Consuegra, J.A.; Fogden, M.P.L.; Foster, P.N.; La Marca, E.; Masters, K.L.; Merino-Viteri, A.; Puschendorf, R.; Ron, S.R.; Sánchez-Azofeifa, G.A.; Still, C.J.; Young, B.E. 2006. Widespread amphibian extinctions from epidemic disease driven by global warming. *Nature* 439: 165-167.
- Pounds, J.A.; Fogden, , M.P.L.; Masters, K.L. 2005. Responses of natural communities to climate change in a highland tropical forest. In: *Climate change and biodiversity*. Lovejoy, T.E.; Hannah, L. (eds.). New Haven and London: Yale University Press. pp. 70-74.
- Pounds, J.A.; Fogden, M.P.L.; Campbell, J.H. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398: 611-615.
- Pounds, J.A.; Puschendorf, R. 2004. Cloudy future. *Nature* 427: 107-109.
- Powell, G.V.M.; Bjork, R.D.; Rodriguez S., M.; Barborak, J. 1995. Life Zones at risk, GAP analysis in Costa Rica. *Wild Earth* 5(4): 46-51.
- Powell, G.V.N.; Hamilton DeRosier, D. 1999. Results of project: Altitudinal changes in distribution of resident and migrant birds in Monteverde, Costa Rica as a possible indicator of climate change. Centro Científico Tropical. 22 pp.
- PREPAC-OIRSA. 2005. *Inventario Regional de Cuerpos de Agua Continentales del Istmo Centroamericano*. El Salvador.
- Programa Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible (costa Rica). 2007. *Decimotercer Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. Programa Estado de la Nación, San José, Costa Rica.
- Quesada, M.A. 2006a. Playas. In: *Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica*. Neilsen, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CLMAR-CL-TNC. 456 pp.
- Quesada, M.A. 2006b. Conclusiones y recomendaciones finales. In *Informe Técnico: Am-*

bientes Marinos Costeros de Costa Rica. Neilson, V.; Quesada, M.A. (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CI-TNC. 456 pp.

Ray, D.K.; Welch, R.M.; Lawton, R.O.; Nair, U.S. 2006. Dry season clouds and rainfall in northern Central America: Implications for the Mesoamerican Biological Corridor Global and Planetary Change 54: 150-162.

Rojas, M.; Campos, M.; Alpízar, E.; Bravo, J.; Córdoba, R. 2003. El Cambio climático y los humedales en Centroamérica: implicaciones de la variación climática para los ecosistemas acuáticos y su manejo en la región. San José, C.R.: UICN. 40p.

Sader, S.A.; Joyce, A.T. 1988. Deforestation Rates and Trends in Costa Rica, 1940 to 1983. Biotropica 20(1): 11-19.

Sánchez-Azofeifa, G.A.; Harriss, R.C.; Skole, D.L. 2001. Deforestation in Costa Rica: A quantitative analysis using remote sensing imagery. Biotropica 33(3): 378-384.

Savage, J.M. 2002. The amphibians and reptiles of Costa Rica. The University of Chicago Press. Chicago and London. 934 pp.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2003). Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations into the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. Montreal, SCBD. CBD Technical Series no. 10. 154p.

Sigel, B.J.; Sherry, T.W.; Young, B.E. 2006. Avian community response to lowland tropical rain forest isolation: 40 years of change at La Selva Biological Station, Costa Rica. Conservation Biology 20: 111-121.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007a. GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Vol. 1: Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad terrestre. San José, Costa Rica. 90 pp.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007b. GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Vol. 2: Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad de los sistemas de aguas continentales. San José, Costa Rica. 93 pp.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007a. Programa de monitoreo ecológico de las Áreas Protegidas y corredores biológicos de Costa Rica (PROMEC-CR). Etapa I (2007-2011): Manual de objetivos, indicadores y protocolos. San José, Costa Rica. 28 pp.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). 2007b. Programa de monitoreo ecológico de las Áreas Protegidas y corredores biológicos de Costa Rica (PROMEC-CR) Etapa I (2007-2011): Resumen Ejecutivo. San José, Costa Rica. 22 pp.

Skelly, D.K.; Joseph, L.M.; Possingham, H.P.; Freidenburg, L.K.; Farrugia, T.J.; Kininmonth, N.T.; Hendry, A.P. 2007. Evolutionary Responses to Climate Change Conservation Biology 21(5): 1353-1355.

Solórzano, R.; De Camino, R.; Woodward, R.; Tosi, J.; Watson, V.; Vásquez, A.; Villalobos, C.; Jiménez, J.A.; Repetto, R.; Cruz, W. 1991. Accounts Overdue: Natural resource depreciation in Costa Rica. World Resources Institute. Washington D.C. 110 p.

Soto, G. sin fecha. Pago de servicios ambientales a plantaciones es estratégico. Ambientico. Tomado de: <http://www.una.ac.cr/ambi/Am-bien-Tico/123/Soto.htm>

Swaine, M.D. 1996. Rainfall and soil fertility as factors limiting forest species distribution in Ghana. *Journal of Ecology* 84: 419-428.

Ulate Chacón, R.; Villegas Verdú, F. 2007. Proyecto "Autoevaluación de capacidades Nacionales para la Implementación de las Convenciones Globales ambientales" Convención de Cambio Climático, Convención sobre Diversidad Biológica, Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Informe Final. GEF, PNUD. 198p.

Vega G., G.; Stoltz, E. 1997. El fenómeno de "El Niño" su impacto en la economía de Costa Rica. Folleto informativo. Ministerio del Ambiente y Energía, Instituto Meteorológico Nacional. Departamento de pronósticos. Tomado de [http://www.cne.go.cr/CEDO/fenomeno\\_del\\_nino.htm](http://www.cne.go.cr/CEDO/fenomeno_del_nino.htm)

Welch; R.; Depak K. Ray, Udaysankar S. Nair, Tom Sever and Daniel Irwin.2005. Impact of deforestation on the proposed mesoamerican biological corridor in central America. 19th Conf on Hydrology, 85th AMS Annual Meeting, 9-13 Jan, 2005, San Diego, CA., USA

Whitfield, S.M., Bell, K.E., Philippi, T., Sasa, M., Bolaños, F., Chavez, G., Savage, J.M. and Donnelly, M. (2007) Amphibian and reptile declines over 35 years at La Selva, Costa Rica. *Proceedings of National Academy of Sciences of the United States of America* 104: 8352–8356.

Wilson, R.J.; Gutierrez, D.; Gutierrez, J. M-serrat, V. 2007. An elevational shift in butterfly species richness and composition accompanying recent climate change. *Global Change Biology* 13: 1873-1887.

Zamora, P. 2006. Manglares. In: Informe Técnico: Ambientes Marinos Costeros de Costa Rica. V. Neilsen y M.A. Quesada (eds.). Comisión Interdisciplinaria Marino Costera de la Zona Económica Exclusiva de Costa Rica. CIMAR-CL-TNC. 456 pp.

Zeng, J.; Han, Q.; Asefi, S.; Welch, R.M.; Lawton, R.O.; Nair, U.S.; Ray, D.K. 2006. Observations of orographic Cloud Base Heights from satellite and in-situ measurements at the Monteverde Cloud Mist Forest Reserve, Costa Rica. American Meteorological Society Annual Meeting.

## Salud Pública

Arias, L. 2007. Salud busca estrategia para hacer frente a la epidemia del dengue. *La Nación, El País*. San José, Costa Rica. Set. 10:8A.

Arguedas, C. 2007. Salud teme repunte de dengue y diarreas. *La Nación*. San José, Costa Rica. Oct.18:7A.

Avalos, A. 2006. Setecientos mil ticos padecen asma. *La Nación*. San José, Costa Rica. May 02: Aldea.Global. sp.

Avalos, A. 2007. Salud evalúa fumigación a la fuerza en Limón. *La Nación*. San José, Costa Rica.Jul 19: Aldea.Global. 4A.

Avalos, A. 2008. 10500 incapacitados por dengue. *La Nación*. El País. San José, Costa Rica. Ago 20.

Cantero, M. 2007a. Cambio climático empeora salud en el mundo. *La Nación*. San José, Costa Rica.. Ago09:26A.

Cantero, M. 2007b. Vacuna contra diarrea llega a Costa Rica. *La Nación*. Aldea Global. San José, Costa Rica. Oct.22:22A.

- Cantero, M.; Fonseca, P. 2007. Cambio climático golpeará salud de los costarricenses. *La Nación*. San José, Costa Rica. Aldea Global. Ago 16:20A.
- Cantero, M. 2008. Perennes brotes de diarreas golpean a niños de precarios. *La Nación*. El País. San José, Costa Rica. May.19:4A.
- Celedón, J.; Soto, M.; Silverman, E.; Hanson, L.; Weiss, S. 2001. Risk factors for childhood asthma in Costa Rica. *CHEST*, American College of Chest Physicians. 120(3):785-790.
- Conejo, M, Morera, P. 2007. Relación entre Angiostrongilosis abdominal y el clima de Costa Rica. Escuela de Salud Pública. Facultad de Medicina. Universidad de Costa Rica. Sin publicar, información Preliminar. Correspondencia personal. San Pedro de Montes de Oca. Costa Rica. Sp
- Cordero, M. 2008. Fotos satelitales revelan hábitos del mosquito del dengue aquí. *La Nación*, Aldea Global. Costa Rica. Ago. 11:20A.
- Contreras, A. 2008. Bacterias producen lluvias en el mundo. Aldea Global.. *La Nación*. Costa Rica. Mar. 3.
- Chavarría, J. 2001. Asthma admissions and weather conditions in Costa Rica. *Archives of disease in childhood*. Vol 84(6):514-515.
- Deford, D. 2007. Manual: cambio climatic y salud humana. Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. Ministerio del Ambiente y Energía. Nota técnica sin número. Documento borrador. Correspondencia personal. 181p.
- Delgado, E. 1997. Autoridades pesqueras en alerta por El Niño. *La Nación*. San José. Costa Rica. May 27:19A.
- Díaz, S. 1998. El agujero de ozono y la radiación solar. LUMEN. Primera Edición. Buenos Aires, Argentina.46p.
- Ebi, K.; D Lewis, N.; Corbalán, C. 2005. Climate variability and change and their health effects in small islands states : information for adaptation planning in the health sector. UNEP-WHO-WMO. Geneva. Switzerland. 48p.
- Espinosa, A. 2004. Comportamiento de la enfermedad diarreica en Costa Rica, de 1995 al 2001. *Revista Costarricense de Salud Pública*. 13(25):10p.
- Fernández, X. 2006. Aire quiero respirar. Bienestar Grupo Nación. San José, Costa Rica. Vol.5.16-21p.
- Giraldo, G.; Cuevas, H.; Pavón, J.; Padilla, J. 2000. Relación entre dengue y el fenómeno de El Niño en Colombia. *Informe Quinquenal Epidemiológico Nacional (IQUEN)*. Universidad del Bosque, Instituto de Seguro Social, Ministerio de Salud, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Bogotá, Colombia. Sp. ([www.saludcolombia.com/actual/salud45/noticia45.htm](http://www.saludcolombia.com/actual/salud45/noticia45.htm)). 03 de agosto del 2009.
- González, S. 2005. Asma: es la enfermedad crónica más frecuente en los niños. *La Prensa Libre*. San José. Costa Rica. May03:Abanico.1.
- Gutiérrez, T. 2004. Reportan marea roja en Puntarenas. *La Prensa Libre*. Economía y Finanzas. Costa Rica. May 19:9p.
- Hernández, W. 2000. Factores de riesgo de enfermedad cardiovascular en una población obrera de Cartago, Costa Rica. *Revista Costarricense de Salud Pública*. 9(16):sp.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 1988. Agenda Climatológica. IMN-MIRENEM. Costa Rica. Sp.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2008. Efectos del clima, su variabilidad y cambio climático sobre la salud humana en Costa Rica. IMN – MINAET. San José, Costa Rica. 45 p.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. Impacts, adaptation and vulnerability. A contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, U.S.A. 1032p.

La Nación. 2007. Olas de calor elevan riesgos de infartos. LN. Costa Rica. Sep. 07.

La Nación. 2008. 1.8 millones reciben agua de mala calidad. LN. Costa Rica. May.17.6p.

López, A. 2007. Virus provoca mayoría de las infecciones respiratorias en niños. Virus respiratorio sincicial. La Prensa Libre. San José, Costa Rica. Jul 13:5.

Madies, C.; Chiaverti, S.; Chorny, M. 2000. Aseguramiento y cobertura: dos temas críticos en las reformas del sector salud. Revista Panorámica de la Salud Pública. 8(1-2). Washington. Jul-Ago.

Ministerio de Salud (MINSA). 2006. Memoria anual 2005: cuatro años de gestión. Ministerio de Salud. Presidencia de la República. San José, Costa Rica. 152 pp.

Morera, P.; Amador, J. 1998. Relationship between the prevalence of abdominal angiostrangiosis and seasonal distribution of precipitation. Nota técnica. Ministerio de Salud-Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. Correspondencia personal. 14p.

Morris, K. 2004a. Aumentan casos de asma infantil. La Prensa Libre. San José. Costa Rica. May.5.16p.

Morris, K. 2004b. Más de 92 mil personas han tenido dengue. La Prensa Libre. San José. Costa Rica. Jun.4.7p.

Morris, K. 2005a. El 32% de la población infantil padece asma. La Prensa Libre. San José. Costa Rica. May 3. 3p.

Morris, K. 2005b. Malaria se disparó 166% este año. La Prensa Libre. San José. Costa Rica. Nov 10. 7p.

Oficina Española de Cambio Climático (IECC). 2005. Principales conclusiones de la evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático. UCLM-Ministerio de Medio Ambiente, Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y del Cambio Climático. Proyecto ECCE. Centro de Publicaciones del Ministerio de Medio Ambiente. 39p.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2003. Nuestro clima futuro. OMM N 952. Ginebra, Suiza. 36p.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2007. Planeta rompe record en eventos climáticos extremos. OMM Boletín Técnico. Ginebra, Suiza. sp.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2007. Salud en las Américas. 2007. OPS, OMS. Publicación Técnica 622. Volumen 2-Países. Washington, DC. EUA. 264p.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2008. Cambio Climático y Salud Humana : riesgos y respuestas. Resumen actualizado. OPS-OMS-OMM-PNUMA. Washington, DC. EUA. 64p.

Oviedo, E. 2007. Dengue incapacita este año a 6000 trabajadores. La Nación. San José. Costa Rica. Jul.3 :6A.

Patz, J.; Epstein, P.; Burke, T.; Balbus, J. 1996. Global climate change and emerging infectious diseases. Journal of American Medical Association. 275 (3): 217-223.

Pereira, M. 2001. Caracterización pluviométrica de la fase fría del fenómeno ENOS en Costa Rica basado en probabilidades de ocurrencia de eventos en cinco escenarios: muy seco, seco, normal, lluvioso y muy lluvioso. Gestión de Análisis y Pronóstico. Instituto Meteorológico Nacional. Nota Técnica. San José, Costa Rica. 17p.

Programa Estado de la Nación. 2005. Duodécimo informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible. Un análisis amplio y objetivo sobre la Costa Rica que tenemos a partir de los indicadores más actuales (2005). Programa Estado de La Nación, Pavas, Costa Rica. 480p.

Recio, M.; Díaz, J.; Figueroa, D.; Hernández, F. 2002. Epidemiología del dengue en el cantón de Esparza, Puntarenas, Costa Rica 1997-2002. Revista costarricense de Ciencias Médicas. 23(3-4):1-6.

Retana, J. 2000. Relación entre algunos aspectos climatológicos y el desarrollo de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* en el Pacífico Norte de Costa Rica durante la fase cálida del fenómeno El Niño-Oscilación Sur. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. Vol 7(2):73-87.

Retana, J.; Villalobos, R. 2000. Caracterización pluviométrica de la fase cálida de ENOS en Costa Rica basado en probabilidades de ocurrencia de eventos en tres escenarios: seco, normal y lluvioso. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 7(2):124-130.

Retana, J.; Solera, M.; Solano, J.; Alvarez, H. 2003. Efecto de la variabilidad climática sobre la fluctuación poblacional de la rata cañera (*Sigmodon hispidus*) Cañas, Guanacaste. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. Vol 10(2):91-98.

Retana, J.; Villalobos, R. 2004. Aspectos meteorológicos relacionados con el bajo rendimiento de diferentes cultivos en la zona de Alvarado de Cartago durante el 2001 y el 2002. Gestión de Desarrollo. Instituto Meteorológico Nacional. Estudio técnico. San José, Costa Rica. (sin publicar). 4p

Retana, J.; Villalobos, R.; Campos, M. 2007. Adaptación del sistema hídrico de la zona noroccidental de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica al cambio climático. Informe final. Proyecto Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Instituto Meteorológico Nacional (IMN). San José, Costa Rica. 49p.

Riojas, H.; Hurtado, M.; Idrovo, J.; Vázquez, H. 2006. Estudio diagnóstico sobre los efectos del cambio climático en la salud humana de la población de México. Instituto Nacional de Ecología, Instituto Nacional de Salud Pública. México DF, México. 38p.

Solís, M. 2006. Asma en Costa Rica: Ticos muy vulnerables. Bienestar .Grupo Nación. San José, Costa Rica. Vol.5.12-15p.

Sosa, I. 2006. Descubren lluvia de polén que agrava el asma. La Reforma. México, DF. Sf.

Soto Martínez, M.; Soto Quirós, M. 2004. Epidemiología del asma en Costa Rica. Revista médica del Hospital Nacional de Niños. Costa Rica. V39(1):15p.

TIME, 1996. El mundo tiene fiebre. SUMMA. Edición 28. sp.

UNFCCC (Climate Change Secretariat). Manual sobre evaluaciones de Vulnerabilidad y Adaptación. Capítulo 8. Salud Humana (15 páginas) Grupo consultor de expertos en comunicaciones nacionales de los países no incluidos en el anexo 1 de la convención (GCE).

UNFCCC (Climate Change Secretariat) . 2004. Informando sobre Cambio Climático. Manual del usuario para las directrices sobre comunicaciones nacionales de las partes no anexo 1 de la CMNUCC. Bonn, Alemania. Sp.

Vega, G.; Stolz, W. 1997. El fenómeno de El Niño y su impacto en la economía de Costa Rica. Oficina de Pronósticos. Instituto Meteorológico Nacional. Ministerio del Ambiente y Energía. Nota Técnica. San José, Costa Rica. 9p.

Villalobos, R. 1999. Impacto del fenómeno ENOS sobre la producción de arroz y frijol en dos regiones agrícolas de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. Gestión de Desarrollo. San José, Costa Rica. 6p

Vargas, G. 1992. Distribución y evolución de la malaria en Costa Rica. Un enfoque geográfico. Departamento de Geografía. Universidad de Costa Rica. San Pedro. Costa Rica. 14p.

Vargas M. 1998. El mosquito. Un enemigo peligroso. Biología, control e importancia en la salud humana. Diptera: Culicidae. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Serie: Publicaciones en Artropodología N 2. sp.

Vargas, M. 2001. Diagnóstico situacional de la malaria y el uso del DDT en Costa Rica. Proyecto: Programa de acción integral para prevenir la reintroducción del DDT para el control de la malaria en México y Centroamérica. División de Salud y Ambiente. Ministerio de Salud Pública. OPS, OMS, UNEP, GEF. San José, Costa Rica. Cuarta Edición. 196p.

Wong, R.; Suárez, M.; Badilla, X. 2007. Estudio de la estacionalidad del dengue en la Costa Pacífica de Costa Rica. 1999-2004. Acta Médica Costarricense. 49(1):3p.

## Capítulo 6

Adamson Badilla, M. "El aceite de palma africana como fuente de alternativas energéticas renovables en Costa Rica", CIESA. Para Consorcio Industrial Palmero en coordinación con Centro Nacional de Producción Más Limpia. Financiado por el MICIT-CONICIT. 2002.

Adamson Badilla, M. Análisis Distributivo del Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica. Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas, UCR. 2004. Presentación Pública de Resultados de Investigación. Documento Borrador. 2004.

Adamson Badilla, "Definición de la metodología de internalización de los costos ambientales en los estados tarifarios", CIESA para la ARESEP, 2003

Chaves M., Producción de Alcohol Carburante (Etanol) en Costa Rica: Consideraciones Sobre su Potencial Real de Uso, (DIECA), XV Congreso de FITACORI celebrado en setiembre del 2003, Guanacaste, Costa Rica. Versión pdf tomada de:

<http://www.infoagro.go.cr/Agricola/tecnologia/ATACORI.pdf> 03 de agosto del 2009.

CIESA. 2008. Opciones de mitigación de gases de efecto invernadero en Costa Rica. San José, Costa Rica. 121 p.

CIESA. 2008. Evaluación de las necesidades tecnológicas en relación con la mitigación al cambio climático en Costa Rica. San José, Costa Rica. 136 p.

Estudios del IMN y FONAFIFO de uso de suelo, Comunicación Personal a través de W. Alpizar, OCIC-IMN.

J. Montenegro, W. Alpízar, Ana Rita Chacón. Diversos datos y parámetros. IMN-MINAE-Pro-

yecto de Cambio Climático. Información provista durante talleres de trabajo y de coordinación. 2008.

SYSTRA, "Proyecto de Tren Ligero Heredia-San José-San Pedro" Para el Consejo Nacional de Concesiones, 2004

Sachs J., "Reinventar la Tecnología" artículo de la Nación tomado de: <http://www.proyect-syn-dicate.org>. 4 de mayo del 2008, p. 27A.

## Capítulo 7

Aubrey, D.G. et al, 1988: Tectonophysics 154: 269-284

Chacón E, 1983. Variabilidad especial y temporal de la precipitación en la región montañosa de la cuenca del Río Reventazón, Tesis de Grado, Universidad de Costa Rica.

Chacón R.E. y Fernández W, 1985. Temporal and special rainfall variability in the mountain region of the Reventazón River, Journal of Climatology, Vol 5, 1985.

Díaz R., 2003. El Proceso de la Institucionalización de la Meteorología en Costa Rica (1887-1949). Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica.

Fernández W., Chacón R.E., Melgarejo J., 1986. Modification of airflow due to the formation of a reservoir. Journal of Climate and Applied Meteorology, Vol 25, No.7, July 1986.

Grandoso H, Zárate E, Vega N, 1982. Análisis en la escala sinóptica y mesoscala de un frente frío sobre América Central; Informe semestral julio-diciembre 1982, Instituto Geográfico Nacional, Costa Rica.

Guía de Prácticas Hidrológicas, OMM-No. 168, Adquisición y Procesos de Datos, Análisis, Predicción y Otras Aplicaciones, Quinta edi-

ción, 1994; [http://www.bom.gov.au/hydro/wr/wmo/guide\\_to\\_hydrological\\_practices/WMOS-PA.pdf](http://www.bom.gov.au/hydro/wr/wmo/guide_to_hydrological_practices/WMOS-PA.pdf) 03 de agosto del 2009.

IMTA, enero 2008. Evaluación de la red hidroclimatológica de Costa Rica y propuesta de modernización; documento para la propuesta del Plan Nacional de Manejo Integrado de los Recursos Hídricos, Costa Rica.

IMTA, enero 2008. Elaboración de balances hídricos por cuencas hidrográficas, la calidad del agua; documento para la propuesta del Plan Nacional de Manejo Integrado de los Recursos Hídricos, Costa Rica.

IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I for 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. Tignor and H.L. Miller (eds.)- Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Mendizabal, M.T., 1973. Distribución de la precipitación con la altura, Tesis de Licenciatura, UCR.

Maul, G., editor, 1993. Climatic Change in the Intra-Americas Sea: Implications of Future Climate on the Ecosystems and Socio-Economic Structure in the Marine and Coastal Regions; John Wiley & Sons, Publisher

OMM/COI/PNUMA/CIUC/PNUD/FMAM, mayo 2005. SMOC un Plan de Acción Regional para América Central y el Caribe. Publicado por el PNUD.

Organización Meteorológica Mundial, 1994. Guía de Prácticas Hidrológicas, OMM-No 168. Quinta Edición.

Sistema de las Naciones Unidas, 1992. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el

Cambio Climático; publicada por la Oficina de Información sobre el Cambio Climático (PNUMA/OMM) (IUCC) en nombre de la Secretaría Interna de la Convención.

Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAC) / MINAE. 2008. "Áreas Silvestres Protegidas" En: <http://www.sinaccr.net/areassilvestres.php> 03 de agosto del 2009

The Global Climate Observing System, 2004. Implementation Plan for the Global Observing System for Climate in Support of the UNFCCC; [http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/Publications/gcos-92\\_GIP\\_ES.pdf](http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/Publications/gcos-92_GIP_ES.pdf) 03 de agosto del 2009

The Global Observing System, enero 2008. [http://en.wikipedia.org/wiki/Global\\_Earth\\_Observing\\_System\\_of\\_Systems\\_\(GEOSS\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Global_Earth_Observing_System_of_Systems_(GEOSS)) 03 de agosto del 2009.

WMO-UNESCO, June 1997. Water resources assessment, Handbook for Review of National Capabilities; <http://www.whycos.org/IMG/pdf/handbookWRA.pdf> 03 de agosto del 2009

WMO, 2005, WHYCOS Guidelines for development, implementation and governance; Hydrological information systems for integrated water resources management , Water for life 2005-2015, [http://www.whycos.org/IMG/pdf/WHYCOSGuidelines\\_E.pdf](http://www.whycos.org/IMG/pdf/WHYCOSGuidelines_E.pdf) 03 de agosto del 2009

WMO, IOC/UNESCO, UNEP, ICSU, Global Climate Observing System, GCOS, 2008. Essential Climate Variables Information; <http://www.wmo.int/pages/prog/gcos/index.php.name=essentialvariables>, 03 de agosto del 2009.

Zárate E, 1980. Sistemas de viento que afectan a Costa Rica, Nota Técnica No2, Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica.

Zárate E, 1981. Regímenes de viento y lluvia en Limón, Costa Rica. Informe semestral enero-junio 1981, Instituto Geográfico Nacional, Costa Rica.

E. Zárate y C. De Vris, 1994. El CRRH y los Recursos Hídricos en Centroamérica; Memoria del Taller Sobre la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos del Istmo Centroamericano, (Guatemala (9-12 de agosto, 1994).

Zárate E., 2005. Comportamiento de los "empujes fríos" que alcanzan Centroamérica y el Caribe. Trabajo elaborado dentro del marco del Proyecto PNUMA-TWAS "Assessment of Impacts and Adaptation Measures for the Water Resources Sector due to Extreme Events under Climate Change Conditions in Central America" conducido por el Comité Regional de Recursos Hídricos del Istmo Centroamericano (CRRH) y la Universidad de Costa Rica

Zárate E, 2005. Base de datos para la comparación entre empujes fríos y magnitud del viento alisio con eventos extremos en el litoral Caribe de Costa RicaTrabajo elaborado dentro del marco del Proyecto PNUMA-TWAS "Assessment of Impacts and Adaptation Measures for the Water Resources Sector due to Extreme Events under Climate Change Conditions in Central America" conducido por el Comité Regional de Recursos Hídricos del Istmo Centroamericano (CRRH) y la Universidad de Costa Rica.

## Capítulo 8

Banco Mundial. 2008. "Panorama General. Desarrollo con menos carbono. Respuesta latinoamericana al desafío del cambio climático". Por: Augusto de la Torre, Pablo Fajnzylber y John Nash.

Comunicación Estratégica para el Mundo, S.A. 2008. Integración del tema sobre cambio climático en la comunidad nacional. Informe final

presentado al Instituto Meteorológico Nacional. San José, Costa Rica.

Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM-UNITAR). Septiembre 2001. "Guía para la autoevaluación de las necesidades de los países en materia de capacidad para ordenación del medio ambiente mundial". Washington, USA.

Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). 2009. Biodiversidad y Cambio Climático en Costa Rica. Informe Final del Proyecto

00033342 – Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (IMN – PNUD – GEF), Costa Rica.

Ulate Chacón, R.; Villegas Verdú, F. 2007. Proyecto: "Autoevaluación de capacidades Nacionales para la Implementación de las Convenciones Globales ambientales" Convención de Cambio Climático, Convención sobre Diversidad Biológica, Convención de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. Informe Final. MINAE-GEF, PNUD. 198p.

# APÉNDICE

## Apéndice A: Lista de siglas y acrónimos

### SIGLAS

A y A: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

ANAM: Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá

ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos

ASADA: Asociación de Acueducto Rural

ASP: Areas Silvestres Protegidas

CATIE: Centro Agronómico Tropical para la Investigación y Enseñanza

CBM: Corredor Biológico Mesoamericano

CCAD: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo

CCSS: Caja Costarricense de Seguro Social

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

CNE: Comisión Nacional para la Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias

CNP: Consejo Nacional de Producción

CONARE: Consejo Nacional de Rectores

CRRH: Comité Regional de Recursos Hídricos

CST: Certificado para la Sostenibilidad Turística

DIGECA: Dirección de Gestión de la Calidad Ambiental

DSE: Dirección Sectorial de Energía

ENCC: Estrategia Nacional de Cambio Climático

ENOS: El Niño Oscilación del Sur

ERAS: Estrategia Regional ...

ESPH: Empresa de Servicios Públicos de Heredia

FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal

GAM: Gran Área Metropolitana

GCOS: Global Climate Observing System

GEI: Gases de efecto invernadero

GEOSS: Global Earth Observing System of Systems

GOOS: Global Ocean Observing System

GTOS: Global Terrestrial Observing System

IAC: Índice de Amenaza Climática

IC: Implementación Conjunta

ICAFE: Instituto del Café

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos	PROCOMER: Promotora de Comercio Exterior
INCOPESCA:	PSA: Pago por Servicios Ambientales
IPCC: siglas en inglés de Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático	RECOPE: Refinadora Costarricense de Petróleo
IRA: Infección Respiratoria Aguda	SICA: Sistema de Integración Centroamericana
IVA: Índice de Vulnerabilidad Actual	SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación
MDL: Mecanismo de Desarrollo Limpio	TREM: Tren eléctrico Metropolitano
MINAET: Ministerio del Ambiente, Energía y Telecomunicaciones	UNIRE: Unión de Rectores de Universidades Privadas
MINSA: Ministerio de Salud	USEPA: siglas en inglés de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
NASA: National Aeronautic and Space Administration	<b>COMPUESTOS QUÍMICOS</b>
OCIC: Oficina Costarricense de Implementación Conjunta	$\text{CH}_4$ : metano.
OMM: Organización Meteorológica Mundial	$\text{CO}$ : Monóxido de carbono.
OMS: Organización Mundial de la Salud	$\text{CO}_2$ : dióxido de carbono
ONG: Organización no gubernamental	HFC: Hidrofluorocarbonos
OPS: Organización Panamericana de la Salud	NMVOC: siglas en inglés de hidrocarburos volátiles diferentes del metano
PACADIRH: Plan de Acción Centroamericano para el Desarrollo Integrado de los Recursos Hídricos	$\text{N}_2\text{O}$ : óxido nitroso.
PAP: Proyecto Áreas Protegidas	$\text{NO}_x$ : óxidos de nitrógeno
PCN: Primera Comunicación Nacional	PFC: Perfluorocarbonos
PIB: Producto Interno Bruto	R-134 <sup>a</sup> :
PND: Plan Nacional de Desarrollo	R-404 <sup>a</sup> :
PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo	$\text{SF}_6$ : Hexafluoruro de azufre.

## UNIDADES Y EQUIVALENCIAS

%: porcentaje

C: grados Celsius

Gg: gigagramos

GWh: gigavatiohora

Ha: hectárea

Hab/km<sup>2</sup>: habitantes por kilómetro cuadrado

Kg: kilogramo

km: kilómetros

km<sup>2</sup>: kilómetros cuadrados

km/h: kilómetros por hora

m<sup>3</sup>: metros cúbicos

mm: milímetros

mn: millas náuticas

Msnm: metros sobre el nivel del mar

MW: megavatios

TJ: terajulios

US \$: dólares americanos



Este libro se imprimió en el mes de **fecha**  
en los talleres de M y RG Diseño y Producción Gráfica  
consta de **#** ejemplares