



PRIMERA COMUNICACION NACIONAL

**Ante la Convención Marco de las Naciones Unidas
sobre Cambio Climático**

**GOBIERNO DE COSTA RICA
MINISTERIO DEL AMBIENTE Y ENERGIA**

**PRIMERA COMUNICACION NACIONAL ANTE LA CONVENCION
MARCO DE CAMBIO CLIMATICO**

PRODUCCION Y EDICION

INSTITUTO METEOROLOGICO NACIONAL

COLABORACION

La primera Comunicación Nacional de Costa Rica presentada a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático ha sido llevada a cabo gracias a la colaboración financiera del Fondo Mundial del Ambiente (FMAM) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo dentro del proyecto Mejoramiento de la Capacidad Nacional para la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Costa Rica (COS/95/G31). Los estudios de vulnerabilidad al Cambio Climático fueron financiados por el Gobierno de Holanda, a través del Institute for Environmental Studies y el Coastal Zone Management Centre.

La Comunicación Nacional fue realizada bajo la coordinación del Instituto Meteorológico Nacional en colaboración con organizaciones, instituciones y empresas que proporcionaron datos, infraestructura y equipo técnico. Colaboraron en la elaboración de la misma el Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC), la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC), la Dirección Sectorial de Energía (DSE), el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), Ministerio de Salud, Ministerio de Obras Públicas y Transportes, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Escuela Centroamericana de Ganadería, el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, empresa privada, organizaciones no gubernamentales y consultores privados.



Noviembre, 2000

REPUBLICA DE COSTA RICA
Ministerio del Ambiente y Energía
Despacho de la Ministra

Señor
Michael Zammit Cutajar
Secretario Ejecutivo
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Estimado señor Secretario:

El Gobierno de Costa Rica y específicamente el Ministerio del Ambiente y Energía como encargado de velar por los recursos naturales y el desarrollo de Costa Rica en armonía con la naturaleza, fomenta toda acción que contribuya a alcanzar tales objetivos.

En concordancia con las políticas ambientales del Gobierno de Costa Rica, apoyamos toda gestión que pretenda dar soluciones sostenibles y factibles tanto técnica como socioeconómica y culturalmente a la población.

Acorde con esta responsabilidad, el 13 de junio de 1994, Costa Rica ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y como parte de sus compromisos ante la CMCC, está desarrollando un Programa Nacional de Cambio Climático. En este marco, se desarrolló una serie de investigaciones y acciones, el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, los estudios de vulnerabilidad y mitigación al cambio climático, entre otros, que contribuyan con el objetivo último de la Convención "la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático".

Es un honor para mí como representante del Gobierno de Costa Rica presentar a usted la Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, documento en el cual se despliega el resumen de todas las actividades llevadas a cabo por el país en este campo, a partir de 1994 en que firmamos la Convención.

Deseo agradecer el apoyo financiero del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) y agencias bilaterales por medio de las cuáles fue posible la obtención de este documento.

Respetuosamente;

Elizabeth Odio Benito
Ministra
Ministerio del Ambiente y Energía



INDICE

Primera Comunicación Nacional de Costa Rica

Resumen Ejecutivo.....	i
Executive summary.....	i
Anexo: Glosario.....	113

1

Capítulo

Circunstancias Nacionales

1.1	Generalidades	2
1.2	Información económica.....	4
1.3	Uso de la Tierra	6
1.4	Población urbana y rural	8
1.5	Expectativas de vida	8
1.6	Alfabetización	8
1.7	Servicios	9

2

Capítulo

Legislación

2.1	Antecedentes	12
2.2	Marco jurídico	12
2.3	Marco institucional	15
2.4	Convenios regionales	15
2.5	Acuerdos Bilaterales	16

3

Capítulo

Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

3.1	Energía.....	21
3.2	Procesos Industriales.....	25
3.3	Agricultura	27
3.4	Cambio de uso de la Tierra y Silvicultura	29
3.5	Manejo de Desechos	33
3.6	Potenciales de calentamiento	34

4

Capítulo

Vulnerabilidad ante el Cambio Climático

4.1	Escenarios Climáticos.....	38
4.2	Vulnerabilidad de los Recursos Hídricos.....	41
4.3	Vulnerabilidad de los Recursos Costeros.....	43
4.4	Vulnerabilidad de la Agricultura.....	48
4.5	Vulnerabilidad de los Bosques.....	56

5

Capítulo

Opciones de Mitigación

5.1	Antecedentes.....	67
5.2	Escenarios Económicos y emisión de Gases de Efecto Invernadero.....	69
5.3	Políticas y Medidas de Mitigación.....	74
5.4	Programa Nacional de Actividades de Implementación Conjunta....	81
5.5	Proyectos Potenciales de Mitigación.....	83

6

Capítulo

**Programas relacionados
con desarrollo sostenible,
investigación sistemática,
educación, conciencia
pública y capacitación**

6.1	Desarrollo Sostenible.....	101
6.2	Observaciones, investigaciones y redes.....	101
6.3	Educación y conciencia pública.....	102

7

Capítulo

**Asistencia Financiera y
Transferencia de Tecnología**

7.1	Asistencia financiera.....	107
7.2	Transferencia de tecnología.....	108

RESUMEN EJECUTIVO



RESUMEN EJECUTIVO

Costa Rica ha estado involucrada en actividades referentes al Cambio Climático desde hace más de una década. El 13 de junio de 1994 se ratificó la Convención Marco de Cambio Climático y en cumplimiento de los compromisos adquiridos se han realizado diferentes esfuerzos.

El documento de la Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático resume las actividades realizadas en el país como parte de estos compromisos.

1 Circunstancias Nacionales

Costa Rica se ubica en América Central, tiene una extensión de 51.100 km² y limita al norte con Nicaragua, al sur con Panamá, al oeste con el mar Caribe y al este con el Océano Pacífico.

A pesar de que Costa Rica solo cubre el 0,034% de la superficie de la Tierra es hábitat de aproximadamente el 5% de la biodiversidad del planeta. La riqueza natural del país no solo se encuentra en sus bosques, sino en la diversidad de su flora y fauna. Además, se caracteriza por una gran diversidad de climas, resultado de la interacción de la circulación atmosférica con la cordillera volcánica que atraviesa el país de noroeste a sureste, con elevaciones de hasta 3.820 metros sobre el nivel del mar.

Su régimen pluviométrico se caracteriza por mostrar una estación seca y una estación lluviosa bien definidas, y también, por los grandes contrastes climáticos entre las partes altas y las bajas.

El país contaba en 1997 con 3.432.665 habitantes pasando la tasa de crecimiento de la población de 2,38 a 1,84% durante el periodo 1990-1997, lo que refleja una disminución importante.

Se estima que la esperanza de vida al nacer se ubica en 79,2 años para las mujeres y 74,5 para los hombres. Otra cifra que refleja una mejora en las condiciones de vida del costarricense es la tasa de mortalidad infantil que en el periodo 1990-1997 pasó de 14,8 a 14,2 por cada mil, y que en 1996 reflejó la tasa más baja de la década con 11,8 por cada mil.

La enseñanza general básica es obligatoria, mientras que la educación preescolar y la diversificada son gratuitas y costeadas por el Estado. El índice de alfabetismo se calcula en 95,2%.

En 1997 la producción aumentó en términos reales en un 3,2% con relación al año anterior que contribuyó a crear puestos de trabajo y por consiguiente que la

tasa de desempleo bajara de 6,2% a 5,7%. La fuerte inversión extranjera sin duda ha influido en este repunte. Además, así como las exportaciones crecieron, lo hicieron las importaciones, debido a la dependencia que el sistema productivo costarricense tiene en materias primas e insumos importados. En 1997, el PIB per cápita aumentó en un 1,0% situándose en US\$ 2.722.

En 1997 el sector primario de la economía representado por la agricultura¹, aporta el 18% del PIB, el sector secundario, conformado por la industria² y la construcción representan el 25% y el terciario el 57% (servicios, transporte y comercio, entre otros).

El sector turismo se convirtió en 1993 en la principal fuente de divisas del país. Sin embargo, una de las preocupaciones actuales es evitar los efectos negativos de la actividad turística en el medio ambiente. En este sentido, el ecoturismo es una prioridad en la agenda nacional y se orienta como fuente de riqueza para el bienestar social y la protección ambiental.

Costa Rica es un país con vocación forestal, a pesar que actualmente se estima que solo 37,1% de su territorio está cubierto por bosques de diferentes tipos. El desarrollo agropecuario del país, propició el cambio de uso de tierras forestales. El área de tierra cultivada se ha mantenido cerca de un 10% del territorio, que corresponde a 585.000 hectáreas aproximadamente mientras el área dedicada a la actividad ganadera corresponde a 1.000.000 de hectáreas con una población ganadera de aproximadamente 1.700.000 cabezas en 1996.

Si bien existe disponibilidad de agua, las necesidades de la población no se han satisfecho por el carácter estacional de la precipitación (periodos secos) y por la falta de políticas integrales de manejo de los recursos hídricos. En 1996 el 95% de la población tenía acceso al agua para consumo intradomiciliario.

El consumo energético de Costa Rica se basa en el uso de tres fuentes de energía: los derivados de petróleo, electricidad y biomasa. En 1997 el consumo por sector fue de 87.200 terajulios, de los cuales el 46,4% corresponde al sector transporte, el 26,4% al sector residencial, comercial y público, el 26,1% al sector industrial y agropecuario y el 1,1% a otras actividades.

En 1997 el 93,2% de la población estaba cubierta por el servicio eléctrico, siendo las fuentes de energía utilizadas para la generación de electricidad: hidráulica (81%), térmica (7,7%), geotérmica (10,1%) y eólica (1,1%).

La demanda de electricidad ha presentado un crecimiento sostenido acorde con el desarrollo del país y la progresiva cobertura de servicio en las áreas rurales. El consumo fue de 1.893 GWh en 1980, llegó a 5.112 GWh en 1998 y se estima que pasará a 11.116 GWh en el 2010. Se considera que en la siguiente década

¹ Incluye agricultura, silvicultura, caza y pesca.

² Incluye industrias manufactureras y explotación de minas y canteras.

se requiere instalar 1.100 MW de capacidad de generación, de la cual, 80-90% con recursos renovables y 20-10% restante en plantas térmicas complementarias.

2 Legislación concerniente a emisiones de gases de efecto invernadero

El tema ambiental es ampliamente considerado por el ordenamiento jurídico costarricense.

En 1994 Costa Rica ratifica la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático como Ley Superior de la República y sigue con la línea de los compromisos internacionales, sobre todo las Convenciones de Naciones Unidas y su Agenda 21; pero también, esa línea adquiere una perspectiva más clara en el ámbito nacional con la aprobación de un impresionante número de leyes, decretos, acuerdos y actos administrativos, que han generado una verdadera revolución jurídica y reverdecido el ordenamiento costarricense.

La promulgación de la Ley Orgánica del Ambiente, la Ley de Uso Racional de la Energía y su Reglamento, una nueva Ley Forestal así como otras leyes, dan sustento a estos esfuerzos. Además, en 1998 se crea la Comisión Consultiva de Cambio Climático, cuyo objetivo es concertar y mantener un diálogo permanente entre todos los sectores de la sociedad, sobre las políticas y medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.

3 Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero

Como parte de los compromisos adquiridos con la ratificación de la Convención Marco de Cambio Climático, Costa Rica elaboró el primer inventario de gases de efecto invernadero para el año 1990. No obstante, dada la importancia del inventario en el diagnóstico para los estudios posteriores de mitigación y vulnerabilidad, se realizó la actualización del mismo al año 1996.

La evaluación del inventario estuvo a cargo del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, que coordinó un grupo integrado por expertos de diferentes instituciones en las áreas de energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso de la tierra y manejo de desechos.

Se incluyeron en él seis gases: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC).

Los resultados obtenidos para el inventario de 1990 fueron los siguientes:

Cuadro 3.1
Emisiones totales de gases de efecto invernadero, 1990

Sección	Emisiones totales (Gg)						
	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NM VOC	TOTAL
Energía	2.381,4	215,40	5,32	0,12	30,05	33,33	2.665,6
Procesos industriales	367,9	--	--	--	--	--	367,9
Agricultura	--	14,26	124,52	0,48	0,55	--	139,8
Cambio de uso de la tierra	1.094,2	101,75	11,63	0,08	2,89	--	1.210,6
Manejo de desechos	--	--	20,50	--	--	--	20,5
Total	3.843,5	331,41	161,97	0,68	33,49	33,33	4.404,4
Total CO₂ equivalente (20 años)	3.843,5	--	10.204,10	183,60	--	--	14.231,2
Total CO₂ equivalente (100 años)	3.843,5	--	3.401,40	197,20	--	--	7.442,1

Fuente: IMN, 1995

Posteriormente, se actualizó el inventario de emisiones, utilizando la metodología revisada del IPCC-OECD y tomando como referencia para la evaluación, el año 1996.

Se incluyeron en él los mismos seis gases evaluados en el inventario anterior y en algunos casos, se evaluó la emisión de dióxido de azufre (SO₂) y hidrofluorocarbonos (HFC), manteniéndose los mismos sectores analizados.

Las emisiones totales de gases de efecto invernadero en el año 1996 tuvieron un valor neto equivalente a 4.047,7 Gg (4.047.700 toneladas). De este total, el sector energía aportó 4.287,5 Gg (4.287.500 t), procesos industriales 431,0 Gg (431.000 t), agricultura 152,4 Gg (152.400 t), cambio de uso de la tierra tiene una fijación neta de -864,6 Gg (-864.600 t) y desechos 41,4 Gg (41.400 t). Valores detallados por sector y gas se pueden observar en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2
Emisiones totales de gases de efecto invernadero, 1996

Sección	Emisiones totales (Gg)								
	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NMVOC	SO _x	Halo-carburos	Total
Energía	4.137,6	101,30	0,50	0,100	24,70	21,60	1,80	0	4.287,5
Procesos industriales	417,1	0	0	0,498	0,05	12,32	0,27	0,724	431,0
Agricultura	0	11,96	133,20	6,730	0,48	0	0	0	152,4
Cambio de uso de la tierra	-971,2	93,20	10,65	0,074	2,65	0	0	0	-864,6
Manejo de desechos	0	0,00	41,44	0	0	0	0	0	41,4
Total	3.583,5	206,40	185,79	7,402	27,87	33,92	2,07	0,724	4.047,7
Total CO₂ equivalente (20 años)	3.583,5	--	10.404,80	2.072	--	--	--	540,1	16.600,4
Total CO₂ equivalente (100 años)	3.583,5	--	3.901,80	2.294	--	--	--	212,1	9.991,4

Fuente: IMN, 2000.

4 Vulnerabilidad ante el cambio climático

Para determinar los impactos probables y establecer las posibles medidas de adaptación, se realizaron estudios en cuatro sectores específicos: recursos hídricos, zonas costeras, agricultura y ecosistemas forestales. Debido a que los conocimientos actuales no permiten determinar predicciones de las condiciones climáticas futuras, para el análisis de impactos se utilizaron escenarios dimáticos a futuro.

4.1 Escenarios climáticos

El estudio sobre escenarios climáticos para Costa Rica, describe los posibles cambios futuros en los parámetros climatológicos más importantes: la temperatura del aire, la precipitación y la nubosidad, como respuesta al fenómeno del calentamiento global.

Se establecieron estaciones meteorológicas de referencia, representativas del clima de Costa Rica y se realizó una comparación entre los resultados de varios modelos de circulación general disponibles para este tipo de estudios. Los mejores resultados fueron los obtenidos con los modelos del Centro Hadley. Una vez calibrado el modelo, se incorporaron los resultados a los modelos MAGICC y SCENGEN.

Finalmente, para determinar los escenarios climáticos de Costa Rica para los horizontes de tiempo: 2010, 2030, 2070 y 2100 se utilizaron los tres escenarios globales de incremento de la concentración de gases de efecto invernadero del IPCC: IS-92a, IS-92c, e IS-92d.

Los resultados dividen al país en cuatro regiones (ver figura 4.1.1). Para el año 2100, en la región I, bajo el escenario pesimista, los mayores incrementos de temperatura se presentarán en los meses de mayo y junio (hasta 3,8°C). La precipitación disminuirá en la región durante diciembre hasta abril, presentándose un máximo en marzo (-63%). Todo parece indicar que esta zona sería la más afectada.

En la región II, los mayores incrementos de temperatura se darán en los meses de mayo hasta junio y desde diciembre a enero, alcanzando los 3,2°C. Mientras tanto, la precipitación disminuirá en la época más seca del año (abril), hasta en un -49%.

En la región IV, los mayores incrementos de temperatura se observarán en el mes de mayo, alcanzando valores de hasta 3,5°C. La precipitación bajará en los primeros meses del año, hasta en un -46% en marzo.



Figura 4.1.1. Regiones de estudio para Costa Rica de acuerdo con el modelo SCENGEN

De acuerdo a los resultados de los modelos se puede inferir que a pesar de las medidas que se plantean en los diferentes escenarios del IPCC en cuanto al

control y reducción de emisiones de GEI, el cambio climático afectará las actividades humanas y los recursos a escala local.

4.2 Vulnerabilidad de los recursos hídricos

El estudio de vulnerabilidad de los recursos hídricos se enfocó en simular la respuesta de tres cuencas hidrográficas críticas para el desarrollo económico y social de Costa Rica, ante cambios en la temperatura (1 y 2 °C) y precipitación (+/- 15%) como escenarios probables del calentamiento global. Se seleccionaron las cuencas de los tres más importantes ríos del país: río Reventazón, río Grande de Térraba y río Grande de Tárcoles.

Para calibrar y validar el modelo hidrológico CLIRUN3 se utilizaron los registros de diferentes variables hidrometeorológicas. Los resultados muestran variaciones importantes de la escorrentía superficial en las tres cuencas. Se observan aumentos de escorrentía entre un 23,8 y un 75,5% cuando se consideran aumentos de 10 y 15% de precipitación y reducciones en la escorrentía entre el 5 y el 29% con reducciones de precipitación del 10 y 15% de precipitación respectivamente. El modelo muestra mayor sensibilidad durante la época lluviosa, estimándose la mayoría de los cambios durante los meses de mayor precipitación.

De acuerdo con los resultados las alteraciones en el balance hídrico podrían modificar el régimen de escorrentía en la cuenca, al igual que el grado de erosión y sedimentación, acentuando los problemas por inundaciones y de aprovechamiento del recurso hídrico para la generación hidroeléctrica, sistemas de riego, acueductos y alcantarillados.

4.3 Vulnerabilidad de los recursos costeros

Costa Rica tiene más de 1.100 km de línea de costa en el Océano Pacífico y más de 200 km en el mar Caribe. Estas costas son de reciente emergencia y están próximas a una alta cadena montañosa paralela, lo cual con la presencia de múltiples coladas de lava y plegamientos perpendiculares a la línea de costa, y una alta precipitación, ha causado una gran variabilidad morfológica y ambiental, en donde escasean las líneas de acantilados y predominan las líneas de costa modeladas sobre llanuras aluviales, lo que ha dado origen a playas de gran riqueza paisajística. En el interior de los golfos o en los estuarios principales, la costa ha sido ampliada por la vegetación (los manglares), en donde se desarrollan los ricos ecosistemas característicos, refugio de los estados juveniles de especies de gran valor.

En Costa Rica, el cambio en el nivel del mar provocará, a lo largo de gran parte de sus 1.300 km de línea costera, *transgresiones* de la línea costera actual y ampliación de las áreas sujetas a *inundación mareal*. Los tipos de costa predominantes en el país, playas en el frente de llanuras aluviales y marismas estuarinos, son los más vulnerables ante un ascenso del nivel del mar. En los primeros el ascenso implica un retroceso de la línea costera (transgresión), a

posiciones en donde encuentre un nuevo perfil de equilibrio. En las segundas, las áreas sujetas a inundación mareal se ampliarían sensiblemente.

En Puntarenas, (figura 4.3.1), en la eventualidad de un ascenso de nivel de pleamares de 0,3 m (escenario optimista), el agua penetraría unos 150 m. Esto significa que, en pleamar, la inundación mareal afectaría, unas 105 ha, lo que constituye un 60% del sector residencial actual de este suburbio puntarenense. Si el ascenso es de 1,0 m (escenario pesimista), el agua penetraría en promedio 500 m desde las orillas e inundaría unas 300 ha que actualmente están secas, lo que constituye un 90% del sector residencial actual.



Figura 4.3.1 Puntarenas, línea de pleamar con un incremento de 30 y 100 cm

4.4 Vulnerabilidad de la agricultura

En Costa Rica se han llevado a cabo estudios de vulnerabilidad en cuatro tipos de cultivos en diferentes zonas del país: arroz, frijol, papa y café. El objetivo de estos estudios ha sido simular con modelos agrícolas la sensibilidad de éstos ante diferentes escenarios climáticos que representen características del calentamiento global. Para estos estudios se utilizó un Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia o Adopción de Agrotecnología (DSSAT en sus siglas en Inglés), el cual requiere información sobre el tipo de suelo, el clima, la variedad y manejo del cultivo.

Para el análisis climático, se utilizaron registros diarios de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y brillo solar (30 años). En cada región se identificó y analizó el tipo de suelo más representativo. Cada modelo fue calibrado y validado con información de rendimientos.

Cultivo de arroz

Los resultados del modelo demuestran que se producen reducciones en el rendimiento del arroz de secano conforme disminuye la precipitación. También disminuye en mayor proporción bajo condiciones de temperaturas altas. En el caso de temperaturas altas, el ciclo de cultivo se acorta, las plantas tienen un uso menos eficiente de la humedad disponible y se da un aumento en la energía necesaria para el proceso de transpiración, por lo tanto, los rendimientos son menores. Esto podría implicar que sería necesario modificar las fechas de siembra y posiblemente la zonificación del cultivo se vería afectada.

Cultivo de frijol y papa

El cultivo de frijol es una actividad agrícola tradicional de gran importancia socioeconómica, puesto que esta leguminosa es la de mayor consumo en el país. En cambio, la producción de papa, concentrada en la región central del país, es el tercer producto de importancia por consumo.

Para estudiar los efectos de las variaciones del clima sobre la fisiología productiva de estos cultivos se utilizaron dos modelos de simulación de crecimiento: el CROPGRO-Dry bean y el SUBSTORE-Potato, contenidos dentro del sistema DSSAT.

Los resultados indican que tanto para el cultivo de papa como para frijol, los incrementos en la temperatura, combinados con variaciones (máximas y moderadas) de la precipitación, producen una disminución importante de los rendimientos, siendo la temperatura el elemento de mayor peso. Las disminuciones más importantes se obtienen con los tratamientos que usan +2°C.

En cuanto al efecto de un incremento en la concentración de CO₂ ambiental, se observó que los rendimientos tienden a aumentar. Esto se debe al efecto fertilizante natural, al reaccionar positivamente ante la fijación de nitrógeno atmosférico y liberación de fosfatos en el suelo. Además, aumenta la tasa fotosintética y la producción de biomasa en las plantas C₃, por lo que se mejora la utilización del recurso hídrico. A pesar de este efecto, cuando se combinó con tratamientos incrementales de la temperatura, solo en el cultivo de papa se logró obtener rendimientos mayores al testigo.

Cultivo de café

El cultivo de café es la actividad de mayor importancia socioeconómica del país, aportando el 20% del PIB y contribuyendo a la creación de empleo. La región central del país concentra la mayor producción.

Para la evaluación del café se utilizó el modelo COFFEA desarrollado en Costa Rica. Este modelo consta de tres módulos (crecimiento, fenología y

balance hídrico) y permite estimar la biomasa en granos y por lo tanto el rendimiento.

En el cultivo de café, el efecto de incrementar la temperatura, tiende a elevar los rendimientos, principalmente cuando el aumento es de +2°C sobre la temperatura máxima. Con relación a la precipitación, se observó que aumentos en los niveles pluviométricos se traducen en elevaciones de los rendimientos. En resumen, los mejores resultados se alcanzan con altas temperaturas diurnas y un buen suministro hídrico que permita causar un estímulo en la partición a floración.

Los resultados del modelo indican que el efecto de las variables meteorológicas sobre los rendimientos es diferencial, y depende de la condición hídrica durante el ciclo de cultivo. Los modelos asumen que la temperatura afecta la proporción de desarrollo del cultivo en todas las fases fenológicas, mientras que una mayor o menor disponibilidad de agua tiene un efecto diferente por fase, durante el ciclo del cultivo. También se concluye que un déficit de humedad tiene un doble efecto, provoca una disminución en la eficiencia del uso del agua y reduce la producción de biomasa. Por otra parte, los rendimientos también se reducen debido a la pérdida de nutrientes que dejan de ser absorbidos al disminuir la transpiración de mantenimiento.

El parámetro meteorológico que causó mayor reducción de los rendimientos fue la temperatura, siendo la temperatura máxima la de mayor influencia en la reducción de la formación de biomasa. Es claro que la ésta es producto de una mayor demanda evaporativa, con lo que se reduce la eficiencia en el uso del agua, afectando de esta manera la expansión foliar, que por su parte limita la interceptación de radiación y la transpiración, razón por la cual, se puede concluir que tanto la reducción de la expansión foliar como la transpiración están relacionadas con la humedad disponible, la cual dependerá de la demanda evaporativa existente en un momento dado. Es así como el análisis de los escenarios incrementales de precipitación muestran una tendencia en la producción de biomasa.

Los escenarios con CO₂ muestran un efecto positivo sobre los cultivos, siendo que los rendimientos aumentan notoriamente en todos los casos. Esto debido a que el CO₂ incrementa directamente la tasa de fotosíntesis y la producción de biomasa de la planta, razón por lo cual, la eficiencia en el uso del agua aumenta. Sin embargo, no hay que olvidar que el entorno biológico también se verá afectado, y puede esperarse que también se dé un aumento en la producción de biomasa de plantas competitivas (mala hierba), que pueden reducir el crecimiento y los rendimientos de los cultivos aquí analizados.

4.5 Vulnerabilidad de los bosques

Costa Rica presenta un territorio muy diverso, con doce zonas de vida, una alta biodiversidad y un alto potencial hidrológico estrechamente ligado a la existencia de bosques. En la evaluación de vulnerabilidad de los bosques a un

eventual cambio en el clima, se utilizaron los escenarios climáticos para Costa Rica y escenarios forestales, determinados con base en las tendencias en cuanto a la tenencia de las tierras, el conflicto de uso y el valor del bosque y la tierra.

Se definieron mapas de bosques futuros y mediante la comparación de mapas (presente y futuro) fue posible conocer el grado de vulnerabilidad de los bosques ante los potenciales impactos del cambio climático.

Bajo los tres escenarios climáticos, (ver sección 4.1), se observó una disminución en las zonas de vida del piso tropical y montano y un aumento en las zonas de vida del piso premontano. Las zonas de vida de bosques pluviales en los cuatro pisos también disminuyen. Concretamente, se observa una disminución de los bosques secos, húmedos y muy húmedos tropicales. En cambio, los bosques húmedos y muy húmedos premontanos, así como el bosque muy húmedo montano bajo se incrementan.

Entre los cambios más evidentes que se observan está la aparición de una transición del bosque seco premontano (a húmedo) bajo los tres escenarios climáticos. El bosque seco tropical se reduce en un 20 a 30% en los tres escenarios pero se incrementan en la transición a premontano. El bosque muy húmedo tropical disminuye drásticamente bajo los tres escenarios, mientras que el transicional a premontano se incrementa. Los bosques pluviales tropical y transicional a muy húmedo desaparecen y aumenta el bosque pluvial premontano transicional a tropical. El bosque húmedo premontano y muy húmedo premontano se incrementa considerablemente. Los bosques pluviales premontano, montano bajo y montano disminuyen considerablemente.

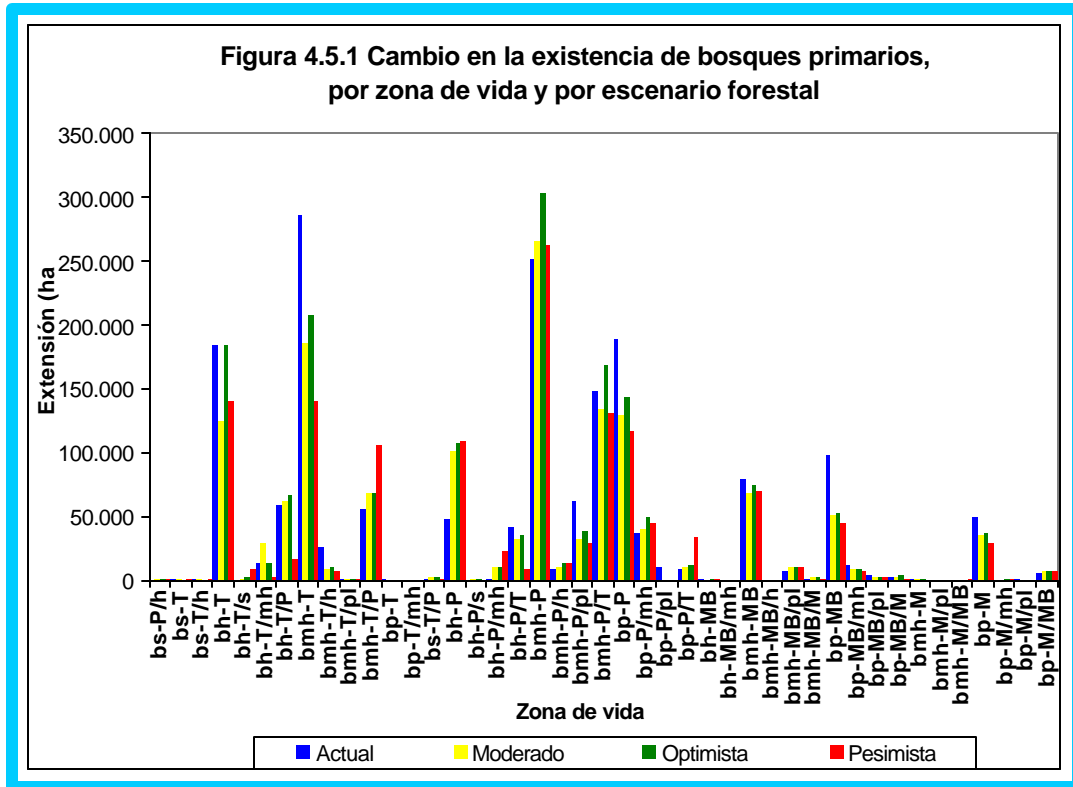
Desde el punto de vista de la biodiversidad y vida silvestre, las zonas de vida muy húmedo tropical y seco tropical se verán seriamente afectadas aún bajo un escenario optimista. Si relacionamos la alta diversidad biológica, en el caso del bosque muy húmedo Tropical, estaríamos induciendo que muchas de sus especies se verán obligadas a una adaptación o desplazamiento, para lo cual será necesario contar con remanentes de bosques en las zonas de vida circundantes a éstas y que mantengan esta condición.

El presente análisis es preliminar y sólo considera la vulnerabilidad de especies en función de la existencia de hábitats (bosques). En este sentido, no todas las especies se ven afectadas por la pérdida directa de bosques. Algunas, sobreviven en lagunas, bosques secundarios incipientes, en potreros, entre otros. Sin embargo, las especies de flora y fauna cuyo ámbito se concentra en el piso basal o Tropical serán más vulnerables ante el cambio climático, lo cual las obligará a adaptarse o desplazarse a los bosques cercanos.

Es necesario identificar los bosques primarios muy húmedos tropicales que se verían afectados por el cambio climático, para adoptar medidas de protección. Además, se deben identificar los bosques primarios ubicados en la zona de vida

húmedo premontano, para tomar medidas de protección, dado que tendrán mayor amenaza por deforestación.

En la figura 4.5.1 se observa la variación del bosque por zona de vida y por escenario forestal.



5 Opciones de mitigación

Como parte de sus compromisos ante la CMCC, Costa Rica está desarrollando un Programa Nacional de Cambio Climático (figura 5.1). En este marco se desarrolló el proyecto “Mejoramiento de la Capacidad Nacional para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en Costa Rica” (UNDP/GEF, COS/95/G31), entre cuyos objetivos está el identificar y analizar opciones viables de mitigación en diferentes sectores de la economía, que sean congruentes con las prioridades y circunstancias nacionales, y que apoyen la identificación y fortalecimiento de políticas nacionales que contribuyan con el objetivo último de la Convención.

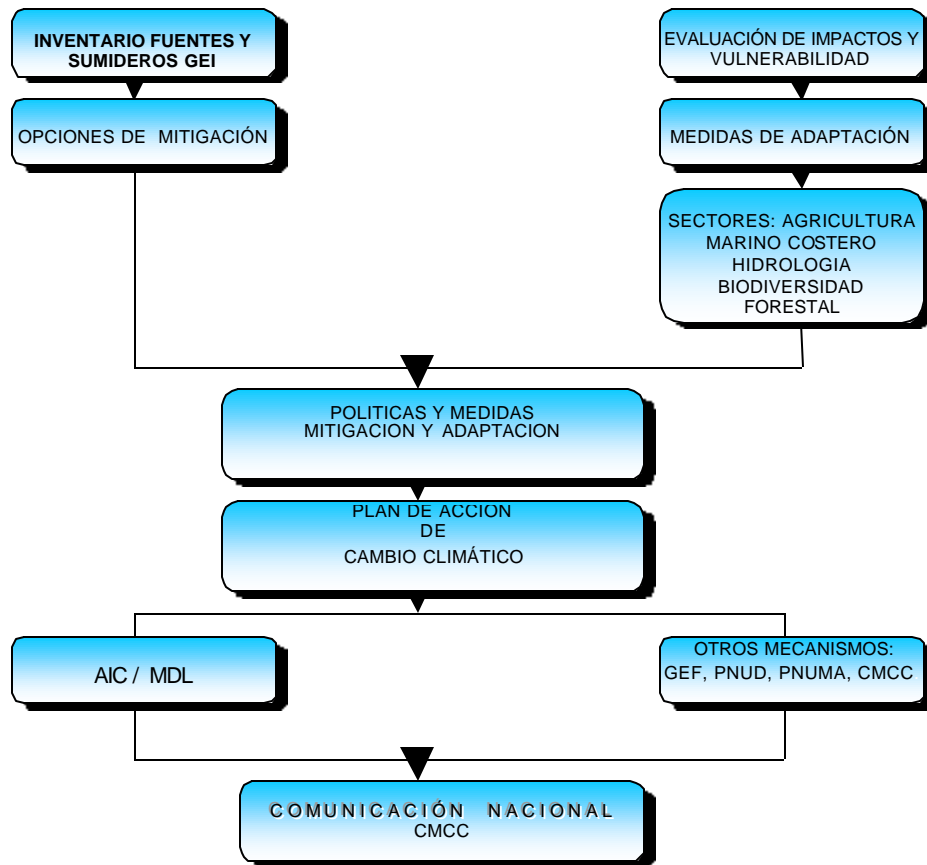


Figura 5.1 Programa Nacional de Cambio Climático

5.1 Escenarios económicos y proyección de emisiones nacionales

Se determinaron escenarios económicos para estimar la tendencia temporal de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero expresadas en unidad de CO₂ equivalente para un horizonte de 20 años (figura 5.2). Se consideró un escenario base de ingreso (Producto Interno Bruto, PIB) con una tasa de crecimiento anual del 4,5% (promedio 1957-1996) y dos escenarios alternativos (3,5 y 5,5%). Bajo el escenario base, se proyecta que para el año 2015 las emisiones nacionales serán aproximadamente 26.800 Gg en unidades de CO₂ equivalente.

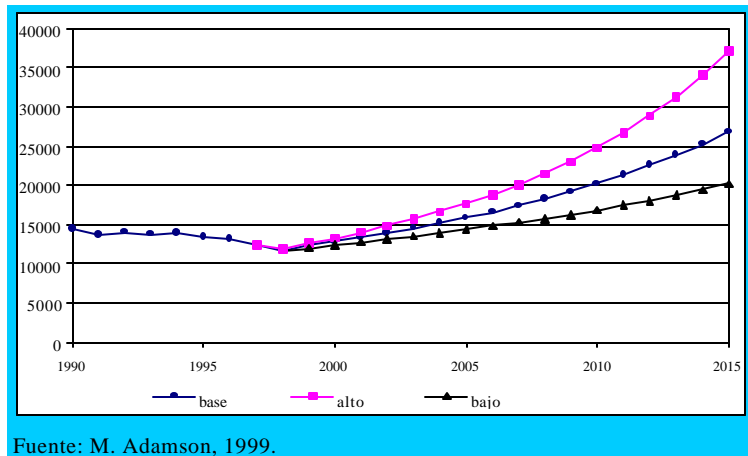


Figura 5.1.1. Emisiones totales de GEI por escenario de ingreso (gigagramos de CO₂ equivalente, Gg)

Emisiones per cápita por escenario de producción

Entre 1990 y 1996 el ingreso per cápita aumentó y las emisiones per cápita disminuyeron. Esto es el resultado de una estabilización en la tasa de deforestación del bosque, así como de la absorción en bosque secundario y las plantaciones forestales, que compensaron el crecimiento de las emisiones en los demás sectores. Las proyecciones de las emisiones per cápita para el año 2015 están comprendidas, según los escenarios alternativos, entre 1,8 y 3,4 tm por habitante en CO₂ equivalente (horizonte 20 años).

Proyección de las emisiones nacionales por sectores económicos (según IPCC)

En cuanto a la contribución relativa de las actividades económicas en la evolución de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero (en unidad de CO₂ equivalente), proyectadas al año 2015 (figura 5.1.2), el sector agrícola, que incluye las emisiones de metano, producto de la fermentación entérica del hato ganadero, representará hasta el año 2007, la principal fuente de emisión. Sin embargo, durante el horizonte de la proyección, no se espera un cambio sustancial con respecto a las emisiones de 1996. Esto se debe a que el hato ganadero crecerá a una tasa del 0,7% anual.

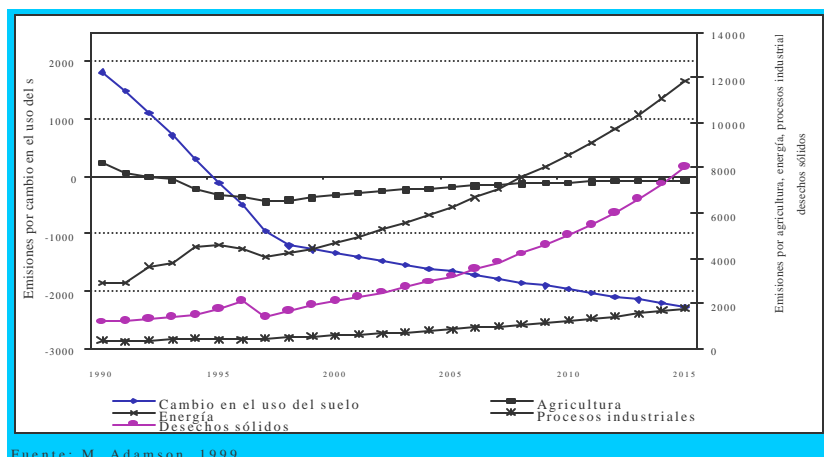


Figura 5.1.2 Evolución y escenario base de las emisiones por sectores (según IPCC) 1990-2015 (Gg CO₂ equivalente para un horizonte de 20 años).

Las emisiones del sector energía incluyen las resultantes del uso de hidrocarburos en el transporte y la generación de electricidad con plantas térmicas. En 1996 se generaron por consumo de hidrocarburos, cerca de 4.400 Gg de CO₂ equivalente. Las proyecciones indican que para el 2015 este sector emitirá 11.800 Gg de CO₂ equivalente, de los cuales el 90% provendrá del consumo de diesel y gasolina. A partir del año 2008 el sector energético será la principal fuente de emisiones.

En el sector de cambio de uso del suelo y forestal la emisión o absorción representa la variación neta de las emisiones por deforestación del bosque (fuente) y la absorción en bosque secundario y plantaciones forestales (sumideros). La evolución proyectada de la emisión neta del sector muestra una marcada tendencia decreciente y se hace negativa a partir de 1995. Esto se debe a que la absorción por sumideros supera la emisión por fuentes.

En el sector de desechos sólidos, las emisiones de metano, en unidad equivalente de CO₂, producto de la descomposición de la biomasa aumentó a una tasa del 10% en el periodo 1990-1996. De mantenerse esta tendencia, el sector podría convertirse, a partir del 2015, en la segunda principal fuente de emisiones.

Las emisiones por procesos industriales son las que se producen en la fabricación del cemento. Estas emisiones aumentaron a una tasa del 16% entre 1990-1996 y se espera que continúe creciendo a una tasa anual del orden de 8.1%. Sin embargo, seguirá siendo una fuente secundaria de emisiones.

5.2 Políticas y medidas de mitigación

A partir de los resultados del análisis de los escenarios base para el periodo 2000-2015, se identificaron los sectores prioritarios hacia los cuales deben orientarse las políticas y medidas de mitigación, no solo por su contribución al desarrollo y crecimiento económico del país, sino también por sus niveles de

emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Estos lineamientos de políticas y medidas identificadas son compatibles con las circunstancias y prioridades de la agenda ambiental nacional.

Transporte

Es el sector meta para aplicar medidas de mitigación. La planificación y control inadecuados del transporte público, población y parque automotor en crecimiento, importación masiva de vehículos usados, aumento y aglomeración de la población en centros urbanos, red vial deficitaria y en mal estado, congestionamientos del tránsito y la eliminación del transporte por ferrocarril, son las principales causas de las emisiones en el sector.

Política:

Reducir emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación del aire en los centros urbanos, a niveles acorde con las normas internacionales sobre protección de la salud humana, a través de la planificación y regulación del transporte.

Energía renovable

Costa Rica es uno de los países con mayor potencial hidráulico por unidad de área. Según inventarios preliminares, con esta ventaja se podría satisfacer la demanda en las próximas 5 décadas. Además, existen otras fuentes renovables comercialmente desarrolladas con posibilidad de expansión, la geotérmica (986 MW) y la eólica (600 MW), que permitirían que se combinen distintas fuentes renovables para lograr una oferta nacional más eficiente en lo técnico, económico y ambiental.

Con la regionalización de los mercados eléctricos de Centroamérica, se plantean oportunidades y amenazas. Por un lado, representa la oportunidad para comercializar electricidad en la región y colocar energía renovable y/o potencial en cualquier país del istmo. Sin embargo, bajo un mercado competitivo y precios favorables de los hidrocarburos, existe la amenaza de fuerte competencia de los generadores térmicos regionales, que podrían insertarse en el mercado nacional por condiciones de precios.

Por lo anterior, la obtención de recursos económicos adicionales, a través de los mecanismos de la Convención (Actividades de Implementación Conjunta) y su Protocolo (Mecanismo de Desarrollo Limpio); por ejemplo, ingresos incrementales por la venta de unidades de reducción de emisiones, contribuiría favorablemente a la competitividad y penetración de la energía renovable de Costa Rica en la región, donde más de la mitad de la población no tiene acceso a la electricidad y más de la mitad de la electricidad se produce con hidrocarburos.

Política:

Promover la eficiencia energética y la generación de electricidad con fuentes renovables, garantizando que la energía de Costa Rica no pierda competitividad ante la regionalización y privatización del mercado eléctrico de Centroamérica.

Cambio de uso del suelo y forestal

El sector de cambio de uso del suelo y forestal podría consolidarse como fijador neto, como resultado de la política de incentivos forestales y de Pagos de Servicios Ambientales (PSA). Sin embargo, la principal fuente de emisiones del sector sigue siendo la deforestación con fines económicos.

A pesar de que el país ha tenido la capacidad de desarrollar el Sistema Nacional de Áreas de Conservación y a la vez que ha instaurado el PSA, no se ha logrado garantizar su sostenibilidad en el largo plazo. El gobierno sigue experimentando dificultades para hacer frente a estos compromisos, en particular la compra de tierras en áreas declaradas de protección absoluta y el PSA.

Política:

Garantizar la sostenibilidad de la actividad forestal privada y consolidar el Sistema Nacional de Áreas de Conservación en el marco de los Mecanismos de la Convención y su Protocolo de Kyoto, a través de los esfuerzos que hace el país en materia de manejo y conservación de sus bosques privados y públicos.

Industrial

El sector industrial, al utilizar el medio ambiente como receptor de sus descargas contaminantes sin tratamiento previo (desechos sólidos, vertidos y la escorrentía agrícola) constituye una de las principales fuentes de emisiones y contribuye al deterioro del ambiente. El alto costo de las soluciones tecnológicas para prevenir y disminuir la contaminación atmosférica e hídrica atribuibles a los procesos productivos, es la principal barrera para aplicar medidas en este sector.

Política:

Incentivar el manejo de los desechos sólidos y aguas residuales de las fuentes industriales y apoyar el Programa de Producción más limpia³.

Agropecuario

La ganadería contribuye con más del 80% de las emisiones domésticas de metano. Sin embargo, una mejor gestión en términos de calidad de la dieta del

³ El PNUMA define producción más limpia como la aplicación conjunta de una estrategia ambiental preventiva e integrada a los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los seres humanos y al medio ambiente.

ganado, así como el manejo adecuado del pastoreo, son opciones viables de mitigación.

En el país el consumo de agroquímicos por hectárea cultivada es de los más altos entre los países en desarrollo y la agricultura, constituye la principal fuente de emisión de óxido nitroso. Una mejor gestión de tierras (optimización de la labranza y drenajes, programación de los regadíos, etc.) y una mejor gestión de fertilizantes (mejores tecnologías para la aplicación de nitrógeno y equilibrio entre el suministro y la demanda de los cultivos, etc.), permitiría incrementar la producción agrícola con efectos positivos para el medio ambiente.

Política:

Incentivar la adopción de prácticas y tecnologías agropecuarias que reduzcan el uso de agroquímicos y la emisión de metano y otros gases de efecto invernadero.

5.3 Programa Nacional de Actividades de Implementación Conjunta

La Decisión 5 de la I Conferencia de las Partes de la CMCC, dejó abierta la posibilidad de que, bajo una fase piloto, las Partes lleven a cabo Actividades de Implementación Conjunta (AIC) que contribuyan al objetivo último de la Convención.

Costa Rica tiene 9 proyectos de AIC reportados a la Secretaria de la CMCC, 4 proyectos de energía renovable (1 hidroeléctricos y 3 eólicos), 4 forestales y uno de tratamiento de aguas servidas en beneficios de café⁴. Todos los proyectos de energía están en operación y producen aproximadamente el 8% de la energía que se consume en el país y dos proyectos forestales ya obtuvieron financiamiento, lo que significa que por medio de la AIC, a la fecha se ha logrado una inversión en el país del orden de los 140 millones de dólares.

Entre los proyectos en gestión, el proyecto Ecomercados, desarrollado por el Ministerio del Ambiente y Energía, con el apoyo financiero del Banco Mundial (BM), del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y del Fondo Prototipo de Carbono (PCF) del BM, tiene como objetivo apoyar el desarrollo de mercados locales y globales de servicios ambientales derivados de los ecosistemas forestales. Además, permitirá mejorar la competitividad financiera de los proyectos hidroeléctricos con respecto a proyectos de generación térmica, y a consolidar la alianza estratégica entre conservación de los ecosistemas forestales y la producción de hidroelectricidad.

⁴ El costo incremental del proyecto se financió con la venta de unidades de reducción de emisiones de metano al gobierno de Holanda, por un monto de aproximadamente \$400 mil.

Cuadro 5.1
Proyectos de Aplicación Conjunta

Proyecto	Tipo	Costo Total US\$ millones	Reducción de emisiones (tm C)
Plantas Eólicas	Eólico	30,4	506.720
Tierras Morenas	Eólico	27	562.020
Aeroenergía	Eólico	8,85	146.000
Doña Julia	Hidroeléctrico	27	562.020
ECOLAND	Conservación	1	345.548
KLINKI	Reforestación	3,8	1.968.000
CNFL	Conservación Regeneración Reforestación	3,3	313.646
P.A.P.	Conservación	150	18.000.000
EARTH	Reforestación	0,334	4.493
ICAFE/BTG	Tratamiento de aguas	0,973	34.645
TOTAL		252,66	22.443.092

5.4 Portafolio de proyectos de mitigación

Se ha identificado una cartera de proyectos potenciales de mitigación que pudiera ser financiada por medio de fondos propios y/o con inversión extranjera directa, ya sea por el aporte de capital al proyecto o por los Mecanismos de la Convención y su Protocolo.

Sistema de tránsito integrado en el Area Metropolitana

El “Sistema de Tránsito Integrado en el Área Metropolitana” tiene por objetivo regular el transporte público colectivo en modalidad autobús, que actualmente agrupa 184 rutas y aproximadamente 1500 unidades que ingresan diariamente al casco central de San José.

El objetivo es consolidar una red integrada de transporte que constituya una alternativa competitiva y permita optimizar la operación de las rutas a través del uso eficiente de la flota, la verificación de los recorridos, la coordinación de horarios y transbordos, y el mejoramiento tecnológico y de infraestructura, entre otros aspectos.

Reapertura de la línea ferroviaria

Restablecer el servicio público de transporte de carga y de pasajeros por ferrocarril es una de las principales opciones para mitigar la emisión de gases en este sector. Su paralización desde ambas costas agravó el problema.

La red ferroviaria nacional es interoceánica y tiene una extensión de 450 kilómetros (km). Tiene dos sectores, el del Caribe, con una extensión de 300 km que une San José con el puerto de Moín, y del Pacífico, con una extensión de 150 km, que comunica la capital con los puertos de Caldera y Puntarenas. El sector del Pacífico está electrificado y utilizaría únicamente energía renovable. Ambos sectores están comunicados entre sí por una línea interurbana de 44 km.

El uso y explotación de la infraestructura ferroviaria, a través del mecanismo de concesión de obras públicas, permitirá ofrecer costos de transporte más competitivos, ya que se utiliza la mitad del combustible que requiere el transporte de carga por carretera. Se estima que se podrían reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera por 25.948 toneladas de CO₂ equivalente (horizonte: 20 años) por año.

Fuentes renovables

Acorde con el Plan Nacional de Expansión de Generación Eléctrica del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE)⁵ para el periodo 2000-2010, se requiere instalar alrededor de 1000 MW de capacidad de generación, de la cual, se considera que entre 80-90 % debiera proceder de fuentes renovables y el 10 - 20 % restante consistiría en la instalación de plantas térmicas complementarias. La puesta en operación de plantas que utilicen fuentes renovables podría evitar en lo agregado la emisión de 214.445 toneladas de CO₂ para el año 2009.

La valoración económica y la consolidación de un mercado internacional de unidades de reducción de emisiones de gases con efecto invernadero, constituye un elemento vital para mejorar la competitividad de las fuentes renovables ante la energía térmica y así, convertir la energía renovable en un instrumento para el desarrollo.

Conservación de energía

En cuanto a la administración de la demanda, iniciativas orientadas a promover el uso racional de la energía, son medidas de mitigación que se han utilizado en el pasado. El objetivo es atenuar los efectos del crecimiento de la demanda y balancear la curva de carga durante los periodos de máximo consumo. Está orientada al sector residencial, donde la energía se utiliza en iluminación y cocción de alimentos.

En eficiencia energética, el proyecto de lámparas fluorescentes compactas (LFC) es una iniciativa orientada al ahorro y está dirigida al sector residencial, que

⁵ Los planes de expansión comparan la demanda proyectada con la oferta de electricidad. Cuando hay insuficiencia de reserva o potencia, se revisa el inventario de proyectos disponibles de diferentes fuentes y se hacen análisis de costo efectividad para minimizar la inversión y los costos a largo plazo.

consumen aproximadamente la mitad de la energía eléctrica despachada a través del sistema interconectado nacional. El 20% de este consumo corresponde a iluminación. Un proyecto de lámparas fluorescentes compactas podría evitar la emisión de 8.752 toneladas de CO₂ por año.

Cambio de uso del suelo y forestal

Conscientes de la importancia de la conservación de los bosques y el reforzamiento de los sumideros en los ecosistemas forestales como una opción de mitigación del cambio climático, se diseñaron dos proyectos de cobertura nacional, el “Proyecto de Áreas Protegidas (PAP) y el Proyecto Forestal Privado (PFP). Ambos con un gran potencial de fijación y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

No obstante, no se ha logrado garantizar la sostenibilidad financiera de ambos programas a largo plazo. Por lo anterior, la venta de unidades de reducción de emisiones certificadas a través de los Mecanismos de la Convención y su Protocolo, es una opción viable para garantizar la sostenibilidad del programa de PSA para la actividad forestal privada (PFP) y la consolidación territorial y financiera del Sistema Nacional de Areas de Conservación, ambos, prioritarios en la agenda ambiental del país.

Tratamiento de aguas en beneficios de café

En control de vertidos, la iniciativa se ha orientado al beneficiado del café, donde el proceso tradicional de tratamiento de aguas servidas en lagunas de oxidación (proceso aeróbico) se logró sustituir por un proceso anaeróbico de biodigestión en reactores, que captura el metano y lo utiliza para producir electricidad y/o generar calor para la torrefacción del café, y de esta forma, se reducen los costos del proceso.

Actualmente existen 10 reactores anaeróbicos, con 30 módulos de 250 m³ cada uno, con los cuales se trata una tercera parte de las aguas servidas del beneficiado de café en Costa Rica, produciéndose una reducción de emisiones de 29.036 ton CO₂ equivalente (horiz. 20 años) por año. Estudios de mercado indican la viabilidad de instalar otros 10 reactores con los que se evitaría la emisión de 32.784 ton CO₂ equivalente por año.

Extracción de metano en relleno sanitario

En manejo de desechos sólidos, una opción de mitigación es la generación de electricidad mediante el uso del gas natural del relleno sanitario de Río Azul⁶, donde se acumulan los desechos del Area Metropolitana de San José. Se ha determinado que el biogás del vertedero podría proveer un aprovechamiento energético de aproximadamente 5 MW y una generación de 37 GWh/año.

⁶ El relleno cubre un área de 64 ha, tiene una capacidad de campo de 2,5 millones de m³, una tasa media de producción de biogás de 100 m³/tm de basura y un potencial de 1.100 m³ de biogás/día, con una eficiencia de extracción del 65%.

El potencial de reducción de emisiones de metano a la atmósfera, atribuible a las actividades del proyecto es de 3.670 tm CH₄/año con una eficiencia de extracción del 65%, que corresponde a 205.574 tm CO₂ equivalente (horizonte 20 años)/año, durante la vida útil del proyecto. Su viabilidad financiera es contingente a la venta de unidades de reducción de emisiones de metano en el marco de los Mecanismos de la Convención y su Protocolo.

Reducción de emisión de metano en ganadería

La emisión de metano del hato ganadero varía en función de la especie forrajera utilizada y la frecuencia del pastoreo. Además, cambiando la dieta del ganado es posible reducir sus emisiones de metano. Esta opción está sustentada en los resultados de una simulación en el cambio de la ingesta y manejo en hatos de pastoreo de ganado bovino productor de carne (machos de 350 a 450 kg de peso) y de leche (solo hembras adultas).

Se consideró el pastoreo con dos especies de forrajes y dos frecuencias diferentes. Se modificaron los ciclos de pastoreo, siendo para la estrella africana cada 21 días y para el kikuyo cada 25. En ambos casos, se asumió el suplemento con banano verde (8 kg/animal/día) y concentrado (2,5 kg/animal/día). Se utilizó una población estable de 100.000 animales en ambos hatos.

Se determinó que la reducción en la emisión de metano es muy significativa, 1,09 Gg de metano/año para el ganado lechero y 1,92 Gg de metano/año para el ganado de carne. Además, se estableció que la calidad del forraje tiene influencia directa sobre la emisión de metano, mejorándose la eficiencia de conversión (CH₄ emitido: producto obtenido) conforme se mejora la calidad de la dieta.

Industria de cemento

Las emisiones de CO₂ en la industria cementera dependen del clínker y del consumo de energía durante el proceso de producción. Hasta recientemente, la energía utilizada se obtenía de combustibles fósiles. Sin embargo, se considera realista la posibilidad de sustituir este método hasta en un 60% por combustibles alternativos con base a los desechos.

La empresa INCSA inició un proyecto de recolección de llantas usadas para su incineración y la empresa CEMPASA un programa de recolección de aceite usado para incorporarlo en la combustión del búnker. Además, se están realizando estudios para utilizar botellas y otros recipientes desechables (PET). INCSA y CEMPASA comparten la producción nacional de cemento.

La sustitución de clínker por aditivos minerales es uno de los métodos más efectivos en la reducción de emisiones, tanto por la descarbonación de la caliza,

como por la disminución en el uso de combustibles. Se ha sustituido un porcentaje significativo de clínker con materiales alternativos, tales como caliza y puzolana, reduciéndose así la producción de CO₂. Actualmente la fracción de clínker, por sustitución de otros materiales, es del orden del 70%.

6 Programas relacionados con desarrollo sostenible, investigación y observación sistemática, educación, conciencia pública y capacitación

Costa Rica ha impulsado el desarrollo sostenible desde inicios de la década del 90. La Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible (ECODES) se publicó en 1990 y en 1994 se creó el Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible, con el fin de articular acciones y estrategias para la promoción del desarrollo en armonía con la naturaleza.

Un aspecto fundamental de la institucionalidad que se ha generado para fomentar el desarrollo sostenible es la mayor promoción de espacios y mecanismos de participación y estructuración de la sociedad civil y otros sectores como el empresarial y académico. Muestra de esto, es la formación de la Comisión de Organizaciones No Gubernamentales y Organizaciones Sociales para el Desarrollo Sostenible que incluye a más de 600 entidades. En el ámbito empresarial, se creó una comisión y una unidad técnica de desarrollo sostenible en la Unión de Cámaras y Asociaciones de la Empresa Privada.

El Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica es el encargado de la observación y vigilancia del clima. Dicha institución cuenta con 170 estaciones meteorológicas mediante las cuales se realizan observaciones permanentes de parámetros climáticos a lo largo de todo el país. Además, se cuenta con una estación medidora de las concentraciones de ozono, óxido nitroso, dióxidos de azufre en la atmósfera y se han realizado mediciones de concentración de gases en varios puntos del Área Metropolitana, donde se concentra la mayor población y masa vehicular.

Se encuentran instaladas cinco estaciones mareográficas donde se mide el nivel del mar y otras variables oceánicas y atmosféricas.

Las instituciones de enseñanza universitaria cuentan con laboratorios de química de la atmósfera y contaminación ambiental, en los cuáles se lleva a cabo investigaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera, así como análisis de concentración de éstos en el ambiente. Un sistema de monitoreo de la calidad del aire fue establecido en 1993.

Costa Rica ha venido incursionando en el tema del cambio climático desde los años 80 con la participación activa del Ministerio del Ambiente y Energía en las sesiones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático y las Conferencias de

las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Costa Rica cuenta con un Programa Nacional de Cambio Climático dentro del cual se llevan a cabo investigaciones referentes a inventarios, estudios de vulnerabilidad, capa de ozono y la Comunicación Nacional, financiados principalmente por entidades externas.

El cambio climático todavía no es un tema integral de los programas educativos en Costa Rica, no obstante, la conservación de los recursos naturales, desarrollo sostenible, conservación de energía y manejo de desechos son temas desarrollados tanto por el Ministerio del Ambiente y Energía como por el Ministerio de Educación Pública. Se ha publicado una serie de documentos dirigidos a informar al público sobre aspectos relevantes de emisión o reducción de gases de efecto invernadero en diversos sectores.

En lo referente a investigación, se han venido desarrollando las gestiones necesarias para el acondicionamiento de las instalaciones físicas, el equipamiento y la capacitación del personal de un laboratorio de eficiencia energética. Además, en 1998 se crea la Asociación Promotora de Vehículos Eléctricos, mediante la cual se pretende establecer un laboratorio de prueba para el transporte de este tipo y la creación de un centro de información virtual y de desarrollo.

En el área de manejo de desechos, se lleva a cabo un proyecto conjunto entre gobierno local y la universidad estatal que incluye la educación de niños mediante la capacitación de maestros en materia ambiental. Por otra parte, se ha llevado a cabo una serie de charlas a los residentes del área del proyecto.

Es importante mencionar que se trabaja en un proyecto de reforzamiento institucional para capacitar al sector industrial sobre el uso de clorofluorocarbonos y un proyecto de alternativas al uso del bromuro de metilo en melones y en flores, dada la influencia de estos compuestos en la capa de ozono y por ser de efecto invernadero.

7 Asistencia financiera y transferencia de tecnología

7.1 Asistencia financiera

Costa Rica ha desarrollado un programa de cambio climático, iniciado desde 1991 cuyos objetivos son la investigación y evaluación de aspectos referentes a este tema, no obstante, el aporte financiero de organismos internacionales ha sido vital para el cumplimiento de estos objetivos y de los compromisos establecidos en la Convención Marco de Cambio Climático, mediante diversos proyectos elaborados tanto en el ámbito nacional como regional.

Un proyecto centroamericano enfocado en la vulnerabilidad de la región en cuanto a cambio climático fue auspiciado por el Programa de Estudios por País de los Estados Unidos. El Fondo para el Medio Ambiente Mundial suministró ayuda a Costa Rica para realizar el inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de 1990 y una serie de estudios que culminan con la presentación de la Primera Comunicación Nacional de Costa Rica a la Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático

Además, el Instituto para Estudios Ambientales de la Universidad de Vrije, Holanda financió el proyecto Estudios de Cambio Climático en Costa Rica, el cual contempla el análisis de vulnerabilidad en tres áreas altamente débiles al cambio climático: ordenamiento costero, sector forestal y sector agrícola.

Costa Rica, dentro de la fase piloto de Implementación Conjunta ha recibido cooperación de diversos países, tal es el caso de Noruega, Suiza, Finlandia, Holanda y Estados Unidos. Con estos aportes se ha logrado el pago de servicios ambientales a los propietarios de terrenos ubicados en áreas protegidas y promovido la generación de electricidad con fuentes renovables.

Actualmente, se espera contar con el aporte del GEF y el Banco Mundial para desarrollar el proyecto Ecomercados.

7.2 Transferencia de tecnología

Costa Rica, al igual que todos los países en vías de desarrollo, se encuentra en una posición difícil con respecto a la transferencia tecnológica, debido a muchas barreras que enfrenta la puesta en marcha de nuevas tecnologías más amigables con el ambiente.

El país cuenta con el potencial humano y características adecuadas para incentivar tecnologías limpias. Se han desarrollado proyectos novedosos, la mayoría de ellos como procesos demostrativos, en los cuales se analiza su viabilidad. Sin embargo, el éxito de un programa de transferencia de tecnología requiere, indiscutiblemente, el apoyo económico y logístico de los países industrializados, pues en la mayoría de los casos, sus costos de implementación trascienden los recursos.

Se cuenta con acceso a redes de información en varias áreas como la energética, pero es necesario contar con redes más específicas en aspectos de tecnologías amigables con el ambiente.

Actualmente se está ejecutando un proyecto de creación de capacidad nacional, en el cual se ha formado un grupo técnico que abarca varias áreas de investigación (energía, agricultura, uso de la tierra, manejo de desechos, entre otros).

Entre las actividades de transferencia de tecnología planificadas y en proceso, se encuentran las siguientes:

Se está ejecutando un proyecto piloto en transporte eléctrico, cuyos resultados serán de utilidad para implementar un programa de mayor cobertura. El objetivo es implantar un carrusel de diez buses eléctricos en el centro de la capital de Costa Rica y cinco en otras ciudades, 50 motos y 50 vehículos eléctricos, a fin de que se constituyan en laboratorios y receptores de la fase piloto.

En transporte también se está evaluando la sustitución por gas licuado de petróleo, para lo cual se han implantado las condiciones de infraestructura necesarias, así como la concienciación del público sobre las ventajas y desventajas de este tipo de tecnología.

El mejoramiento de combustibles es un proyecto continuo de la Refinadora Costarricense de Petróleo, la cual ha introducido en los últimos años, combustibles menos contaminantes.

Hasta el momento se ha trabajado en electrificación rural mediante paneles solares fotovoltaicos en diversas zonas alejadas, con el fin de satisfacer las necesidades básicas de electricidad (iluminación y operación de radio y televisión) a familias dispersas.

La mayoría de actividades son programas demostrativos a pequeña escala financiados externamente; que solo pueden ser ampliados a nivel nacional con el apoyo financiero de entidades internacionales y gobiernos amigos.

EXECUTIVE SUMMARY



Executive Summary

Costa Rica has taken part in climate change activities for over a decade. It ratified the United Nations Framework Convention on Climate Change on October 13, 1994, and accordingly, it has conducted different initiatives.

The First National Communication on Climate Change summarizes most of the activities carried out in the country in conformity with this commitment.

1 National Circumstances

Costa Rica is located in Central America and has an area of 51,100 square kilometers. It lies between the Caribbean Sea and the Pacific Ocean. Nicaragua is on the north border while Panama is on the south.

Even though Costa Rica constitutes 0.034% of the total Earth surface, its habitat constitutes around 5% of the planet biodiversity. The natural richness of this country is not only reflected in its forest, but also in its diverse flora and fauna. Besides, it is characterized by its diverse climate, resulting from the interaction of the atmospheric circulation with the volcanic mountain range that crosses the country northeast to southeast, and its highest peak reaches 3,820 above sea level.

The rainfall regime of this country exhibits well-defined dry and wet seasons. There are also important differences in weather conditions between the lowlands and highlands.

The population of Costa Rica reached 3,432,665 inhabitants in 1997. The population growth rate went from 2.38% to 1.84% during 1990-1997, which evidences an significant reduction.

Life expectancy at birth is estimated in 79.2 year for women and 74.5 years for men. The infant mortality rate has also improved since it went from 14.8 to 14.2 per thousand during 1990-1997. Indeed, the lowest rate of the decade was registered in 1996 with 11.8 per thousand. These parameters show an important betterment in the quality of life of the Costa Rican population.

Primary education is obligatory while both preschool and secondary education are financed by the State. The literacy rate is approximately 95.2%.

In 1997, production increased 3.2% as compared to 1996; this helped generate employment opportunities and decreased unemployment from 6.2% to 5.7%. Foreign investment has definitely contributed to this recovery. Furthermore, exportation increased, but so did importation, given the reliance of

the Costa Rican production system on imported raw material and products. In 1997, GDP per capita augmented 1%, reaching US\$2,722.

In 1997, the share of agriculture¹ (primary sector) to the GDP was 18%, the secondary sector, conformed by industry² and construction, stood at 25% while the tertiary sector (services, transportation and commerce, among others) represented 57%.

It is important to stand out the growth of tourism during 1990-1994. In 1993, this sector constituted the main source of foreign currency. However, one of the main concerns of the government is to control the negative effects that tourism has on the environment. In that sense, the national agenda is oriented to fostering eco-tourism as a source of social welfare and environmental protection.

Costa Rica is a country with forest vocation though only 37.1% of the territory is currently covered with different forest types. Agricultural development provoked land use change in forest areas. The cultivated area has remained around 10% of the Costa Rican territory; this corresponds to 585,000 ha approximately. On the other hand, the area dedicated to livestock activities reaches 1,000,000 ha with a population of nearly 1,700,000 heads in 1996.

Even though water availability is good, the population needs have not been fully satisfied given the seasonal rainfall patterns (occurring dry spells) and because of the lack of integral water management policies. In 1996, 95% of the residential sector had access to fresh water.

Energy consumption in Costa Rica employs three energy sources: oil products, electricity and biomass. In 1997, consumption per sector reached 87,200 terajoules, out of which 46.4% corresponds to transportation, 26.4% relates to the residential, commercial and public sectors, 26.1% concerns the industrial and agricultural sectors and 1.1% refers to other activities.

In 1997, 93.2% of the population had access to electricity. The principal energy resources to generate electricity were hydropower (81%), thermal (7.7%), geothermal (10.10%) and wind (1.1) energy.

Electricity demand has increased in accordance to the country development and the expanding coverage in rural areas. In 1980, consumption reached 1,893 GWh, and in 1998 it reached 5,112 GWh; it is believed that this value will augment to 11,116 GWh by 2010. It is supposed that in the coming decade 1,100 MW will be required to generate electricity; it will use 80-90% renewable resources and the remaining 20-10% will be taken from complementary thermal plants.

¹ Includes agriculture, forestry, hunting and fishing.

² Includes manufacturing industries as well as quarry and mining development

2 Legislation affecting greenhouse gas emissions

Environment-related topics are broadly considered in the Costa Rican legal system.

In 1994, Costa Rica ratified the United Nations Framework Convention on Climate Change and correspondingly promulgated it as a Superior Law of the Republic. In this connection, the country continued engaging in international compromises especially the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Agenda 21. Furthermore, an important number of laws, decrees, agreements and administrative acts broaden the understanding of this position nationwide. This has caused an important legal revolution and has constituted an environment-friendly Costa Rican legal system.

These efforts were reinforced with the enactment of the Environmental Organic Law, the Law and regulations on the Rational Energy Use and a new Forestry Law, and others. Also, in 1998, the Consultative Climate Change Committee is created through an executive decree in order arrange and maintain an open dialogue among all sectors, regarding policies, mitigation and adaptation options to climate change.

3 Greenhouse-gas emissions inventory

In compliance with the compromises established with the ratification of the United Nations Framework Convention on Climate Change, Costa Rica completed the first inventory on greenhouse emissions, and the reference year was 1990. Given the contribution of this inventory for subsequent mitigation and vulnerability studies, it has been updated to 1996.

The inventory evaluation was charged to the National Meteorological Institute, which coordinated it with an experts team from different institutions related to the areas of energy, industrial processes, agriculture, land use and waste management.

The inventory included six gases: carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), carbon monoxide (CO), nitrous oxide (N₂O), nitrogen oxides (NO_x) and nonmethane volatile organic compounds (NMVOCs).

The results obtained in the 1990 inventory are displayed in the next table.

Table 3.1
Total greenhouse gas emissions, 1990

Sector	Total emissions (Gg)						
	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NMVOC	TOTAL
Energy	2,381.4	215.4	5.32	0.12	30.05	33.33	2,665.6
Industrial Processes	367.9	---	---	---	---	---	367.9
Agriculture	---	14.26	124.52	0.48	0.55	---	139.81
Land use change	1,094.2	101.75	11.63	0.08	2.89	---	1,210.6
Waste management	---	---	20.5	---	---	---	20.5
Total	3,843.5	331.41	161.97	0.68	33.49	33.33	4,404.4
Total CO₂ equivalent (20 years)	3,843.5	---	10,204.1	183.6	---	---	14,231.2
Total CO₂ equivalent (100 years)	3,843.5	---	3,401.4	197.2	---	---	7,442.1

Source: National Meteorological Institute, 1995

The update of this inventory was based on the IPCC-OECD guidelines and the reference year was 1996.

The same six gases were included in the analysis, but in some cases, sulfur dioxide (SO₂), particles and hydrofluorocarbons (HFCs) were also evaluated.

Total greenhouse emissions for 1996 reached a net value of 4,047.5 Gg (4,047,700 tons). This can be broken down as follows: Energy 4,287.5 Gg (4,287,500 t); industrial processes 431.0 Gg (431,000 t), agriculture 152.4 Gg (152,400 t), land use change has a net fixation of -864.6 Gg (-864,600 t); and waste 41.4 Gg (41,400 t). These values are detailed per sector and gas in table 3.2

Table 3.2
Total greenhouse gas emissions, 1996

Sector	Total emissions (Gg)								TOTAL
	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NM VOC	SO _x	Halo-carbons	
Energy	4,137.6	101.3	0.5	0.1	24.7	21.6	1.8	0	4,287.5
Industrial Processes	417.1	0	0	0.498	0.05	12.32	0.27	0.724	431.0
Agriculture	0	11.96	133.2	6.73	0.476	0	0	0	152.4
Land use change	-971.2	93.2	10.65	0.074	2.648	0	0	0	-864.6
Waste management	0	0	41.44	0	0	0	0	0	41.4
Total	3,583.5	206.4	185.8	7.4	27.9	33.9	2.1	0.724	4,047.7
Total CO ₂ equivalent (20 years)	3,583.5	---	10,404.8	2,072.0	---	---	---	540.1	16,600.4
Total CO ₂ equivalent (100 years)	3,583.5	---	3,901.8	2,294	---	---	---	212.1	9,991.4

Source: National Meteorological Institute, 1995

4 Vulnerability to climate change

In order to determine the potential impacts and establish the best mitigation and adaptation options, Costa Rica has carried out studies on four specific sectors: water resources, coastal areas, agriculture and forest ecosystems. Since it is still not possible to carry out reliable predictions about future climate conditions, this study was based on potential climate scenarios.

4.1 Climate scenarios

This study on climate scenarios in Costa Rica describes the potential changes that may occur in the most important climate parameters: air temperature, precipitation and cloudiness, as a response to global warming.

Climate measurement data from selected meteorological stations representing Costa Rican climate regions were compared with the results from the available general circulation models. The Hadley Centre Models displayed the best results. Once the Hadley Models calibration was done, the results were entered into the MAGICC and SCENGEN models.

To determine the potential climate conditions of Costa Rica for years 2010, 2030, 2070 and 2100, three scenarios displaying the increase of greenhouse gases were used. The scenarios are known as IS-92a, IS-92c and IS-92d.

Results divide the country into four regions (see figure 4.1.1). By 2100, region I shows the largest temperature increments during May and June (up to +3.8°C). Precipitation decreases in this region from December through April, showing a maximum in March (-63%). It seems that this will be the most affected region.

In region II, the biggest temperature increments are registered from May to June and from December to January, reaching +3.2°C. Meanwhile, precipitation diminishes in the driest part of the year (April) up to -49%.

In region IV, the biggest temperature increments were registered in May, reaching +3.5°C. Precipitation drops in the first part of the year, up to -46% in March.

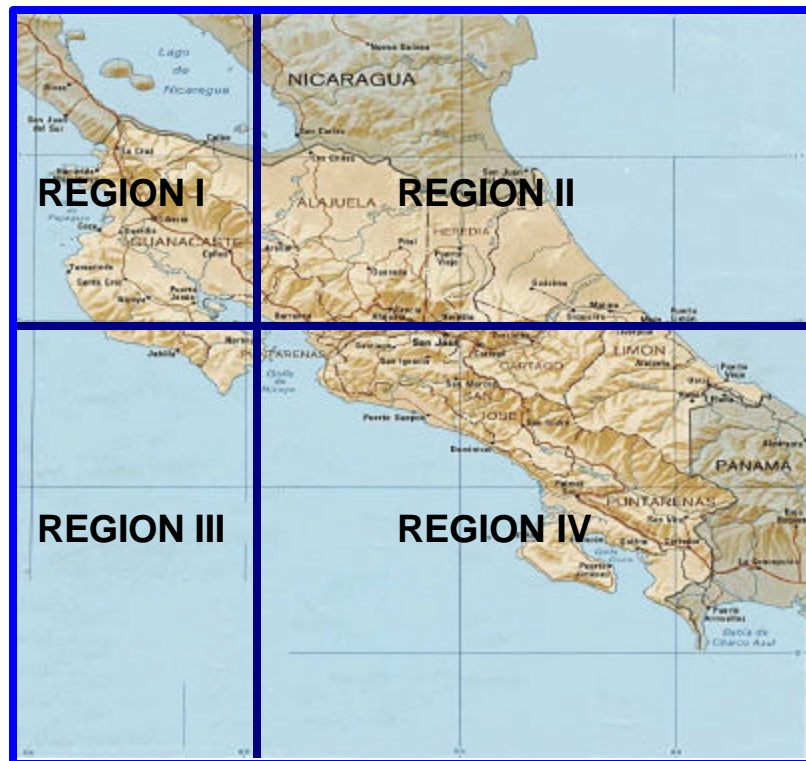


Figure 4.1.1 Study regions in Costa Rica according to the SCENGEN model

Based on the models run, it can be concluded that despite the measures given by the IPCC scenarios to control and reduce GHG, climate change will unavoidably affect human activities and resources locally.

4.2 Vulnerability of water resources

The study on the vulnerability of water resources was focused on the simulated response of three river basins that are critical to the economic and social development of Costa Rica, considering the following potential climate change scenarios: variations in temperature (1 and 2 °C) and precipitation (+/- 15%). The basins of the three most important rivers of Costa Rica were selected: Reventazón, Térraba and Grande de Tárcoles river basins.

The records from different hydro-meteorological variables were used in order to calibrate the CLIRUN3 hydrological model. Results show important runoff variations in all basins. Water runoff increased between 23.8 and 75.5%, given a precipitation increment of 10% to 15%. On the other hand water runoff decreases between 5 and 29% when precipitation diminishes between 10 and 15%, respectively. The model appears more sensitive during the rainy season, showing most changes during the rainiest months.

According to this study, alterations in the water cycle could affect water runoff, erosion and sediment carrying, thus causing severe flood-related problems. Impacts would also be reflected in the exploitation of water resources to generate hydroelectricity, irrigation systems, aqueducts and sewer systems.

4.3 Vulnerability of coastal resources

The Costa Rican coastal line is constituted of over 1,100 km coastal line in the Pacific Ocean and 200 km coastal line in the Caribbean Sea. The recent emergence of these coasts, their proximity to a mountain range, the multiple lava filtering and perpendicular folds to the coastline, as well as high precipitation have caused morphological and environmental variability. Alluvial plains prevail and there are basically no cliffs. This makes the coast very attractive. Inside the gulf and the main estuaries, the coast has been enlarged by vegetation (mangrove swamps) where characteristic ecosystems develop and nurture juvenile species.

In Costa Rica, this change in sea level will provoke transgressions in the current coastal line and widen the areas subject to tidal floods in almost all the 1,300 km of coastal line. The predominant coast types of the country: beaches in front of alluvial plains and salt marshes (mangrove swamps), will be vulnerable to an accelerated rise in the sea level. The increase will provoke a transgression (setback) of the coastal line to reach equilibrium again in those beaches located

in front of alluvial plains, while it will provoke an extension of the areas prone to tidal floods in salt marshes.

In Puntarenas (figure 4.3.1), given a rise in the high waters full and change of 0.3m, high waters would penetrate 150 meters. This means that the entire tidal flood will affect around 105 ha, which constitutes 60% of the current residential area of this suburb.

If sea level rise reaches 1.0 m (pessimistic scenario), high waters would penetrate 500 m in average from the border and would provoke floods in 300 ha that are currently dry. This constitutes 90% of the current residential area.

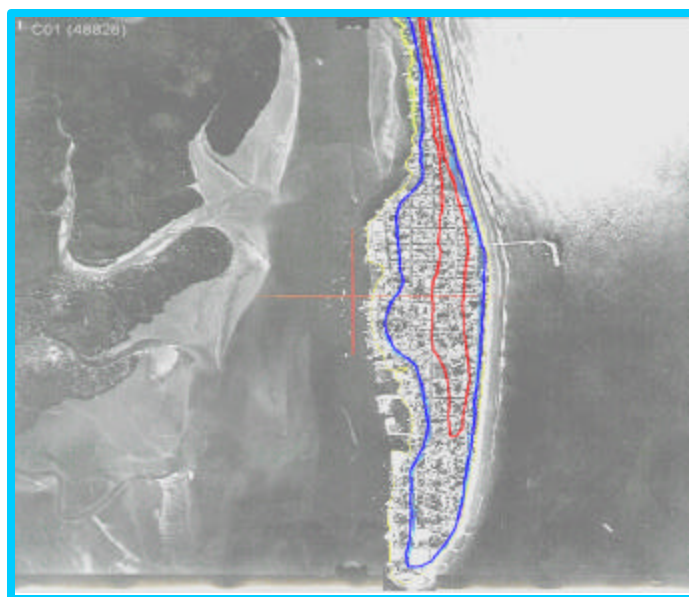


Figure 4.3.1 Puntarenas, high waters with an increment from 30 to 100 cm

4.4 Vulnerability of agriculture

Costa Rica has carried out vulnerability studies in four crops and in different parts of the country: rice, beans, potatoes and coffee. The purpose of such studies was to simulate with agricultural models the response of those crops to different climate scenarios that represent the characteristics of global warming. These studies used the Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) which requires information on soil type, climate, crop variety and management.

For the climate analysis, daily data on precipitation, maximum temperature, minimum temperature and sunshine were used (30 years). Each region identified and analyzed the most representative soil type. Each model was calibrated and validated with the yield information.

Rice cultivation

Results show that there are yield reductions in dry-land rice as precipitation decreases. High temperatures also provoke considerable yield drops. The crop cycle shortens with high temperatures; plants do not use the available moisture efficiently and the energy needed in the transpiration process increases. All this results in low yields. It may be necessary to adapt sowing dates and possibly the crop zoning

Bean and potato cultivation

Bean cultivation is a traditional agricultural activity of great socioeconomic importance because it is the most consumed leguminous plant. On the other hand, potato production is located in the central region and it is the third most important product because of its consumption.

In order to study the effects of climate variations on the productive physiology of these crops, two computer growth simulation models were used: the CROPGRO-Dry bean and the SUBSTORE-Potato; these models are included in the DDSAT.

Results indicate that both potatoes and beans show an important decrease in yields with increasing temperature and precipitation variations; but temperature appears to be the most important element causing this effect. The most important reductions are obtained with the modifications of +2°C.

Furthermore, it was observed that the higher the concentration of CO₂, the higher the yields. This occurs because CO₂ has a natural fertilizing effect, which reacts positively to atmospheric nitrogen fixation and soil phosphate release. Furthermore, the photosynthesis rate and the production of biomass in the C₃ plants increase; this enhances water use efficiency. Despite this effect, when increasing temperature was incorporated in the tests, only potatoes displayed yields higher than the reference.

Coffee cultivation

Coffee cultivation is the most important socioeconomic activity of the country. It constitutes 20% of GDP and generates employment opportunities. The Central region is the most important coffee producer.

The COFFEA model, which was developed in Costa Rica, was used to carry out the coffee evaluation. This model has three modules (growth, phenology and water balance) and allows the estimation of biomass in grains; accordingly, it is possible to estimate yields too.

The increase of environmental temperature tends to augment coffee yields especially when it surpasses maximum temperature in $+2^{\circ}\text{C}$. In regard to precipitation, it was observed that an increase in precipitation is translated into higher yields. In summary, the best results are achieved with elevated day temperatures and an adequate availability of water to stimulate flowering.

Analyses indicate that the effect of meteorological parameters on yields is differential and depends on water availability during the crop cycle. The models assume that temperature affects the development of the crop in all the phenological phases while the quantity of water has different effects depending on the crop cycle phase. Moisture deficit may also diminish water use efficiency and reduce biomass production. On the other hand, yields also decrease because of the loss of nutrients that are not absorbed due to the low maintenance transpiration.

The meteorological parameter that caused the main yield increase was temperature. Maximum temperature had the most important impact on the biomass formation. It is clear that maximum temperature results from a high evaporation demand, thus reducing water use efficiency and affecting foliage expansion, which in turn limits the interception of radiation and transpiration. For this reason, it can be concluded that the reduction of foliage expansion and transpiration are related with water availability, which depends on the evaporation demand in a given moment. In this manner, scenarios with increasing precipitation show more biomass production.

CO_2 scenarios show a positive effect on crops. Indeed, yields increase in all cases. This occurs because CO_2 augments the photosynthesis rate and the production of biomass in the plant. For this reason, water use efficiency increases. It is important to keep in mind that the biological environment will also be affected; accordingly, it is possible that the production of biomass in competitive plants (weeds) increase. These may reduce growth and the analyzed crop yields.

4.5 Forest vulnerability

The Costa Rican territory is characterized for its diversity. It has twelve life zones, wide biodiversity and an important hydrological potential, linked to the existing forests. In the evaluation of forest vulnerability to climate change, the Costa Rican climate scenarios and forest scenarios were used; they were determined according to land ownership, the conflict of use and the value of the forest and land.

Maps of future forests were designed and they were compared with the existing ones. With this information, it was possible to identify which forests would be most affected.

The three climate scenarios (see section 4.1) show that the tropical and montane life zones seem to diminish while they tend to increase in the premontane. Rain forest life zones diminish in all levels. Dry, moist and wet tropical forests diminish significantly. But premontane moist and wet forests as well as lower montane moist forests augment.

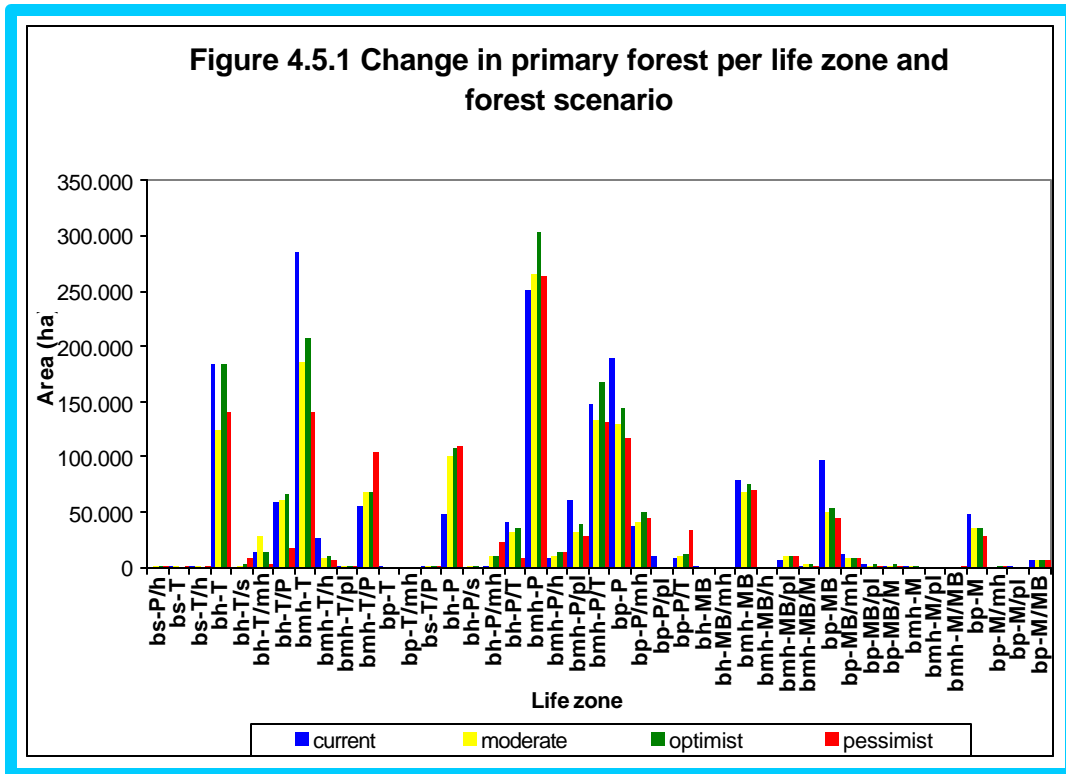
Some of the most evident changes are the appearance of the premontane dry forest transition to premontane moist forest in the three scenarios. The tropical dry forest reduces from 20% to 30% in the three scenarios, but it increases in the transition to premontane. The tropical wet forest decreases significantly under the three scenarios while the transition to premontane increases. Tropical rain forest and transition to wet forest disappear while premontane wet forest transition to tropical forest augments. The premontane moist and wet forests increase considerably. Premontane, lower montane and montane wet forests diminish enormously.

Taking into consideration biodiversity and wild life, tropical wet life zones and tropical dry life zones will be severely affected even under the optimistic scenario. Given the variety of biodiversity, several species from the tropical wet forest will need to adapt or move to the remaining forests that keep the former conditions around those life zones.

The present analysis is preliminary and only considers the vulnerability of species in regard to the existence of habitats (forests). In this sense, not all the species are affected by the direct loss of forests. Some will survive in lagoons, incipient secondary forests, pastures or others. However, flora and fauna species whose range of action is located in the basal or tropical levels will be more vulnerable to climate change. This will force them to adapt or move to nearby forests.

It is necessary to identify the primary tropical wet forests that would be affected by climate change and to adopt protection measures. It is also indispensable to identify primary premontane moist forests and adopt protection measures since these areas are specially threatened by deforestation.

Figure 4.5.1 displays forest variation per life zone and forest scenario.



5 Mitigation options

In accordance to the compromises established in the UNFCCC, Costa Rica has developed a National Program on Climate Change (Fig. 5.1). In this connection, it carried out the project: Costa Rica Building National Technical Capacity for Developing Options for Greenhouse Gas Emissions Reductions and Sinks (UNDP/GEF, COS/95/G31). This project was aimed at identifying and analyzing feasible mitigation options in different sectors of the economy; these options had to be consistent with national circumstances and priorities and must support the identification and strengthening of national policies that pursue the ultimate Convention goal.

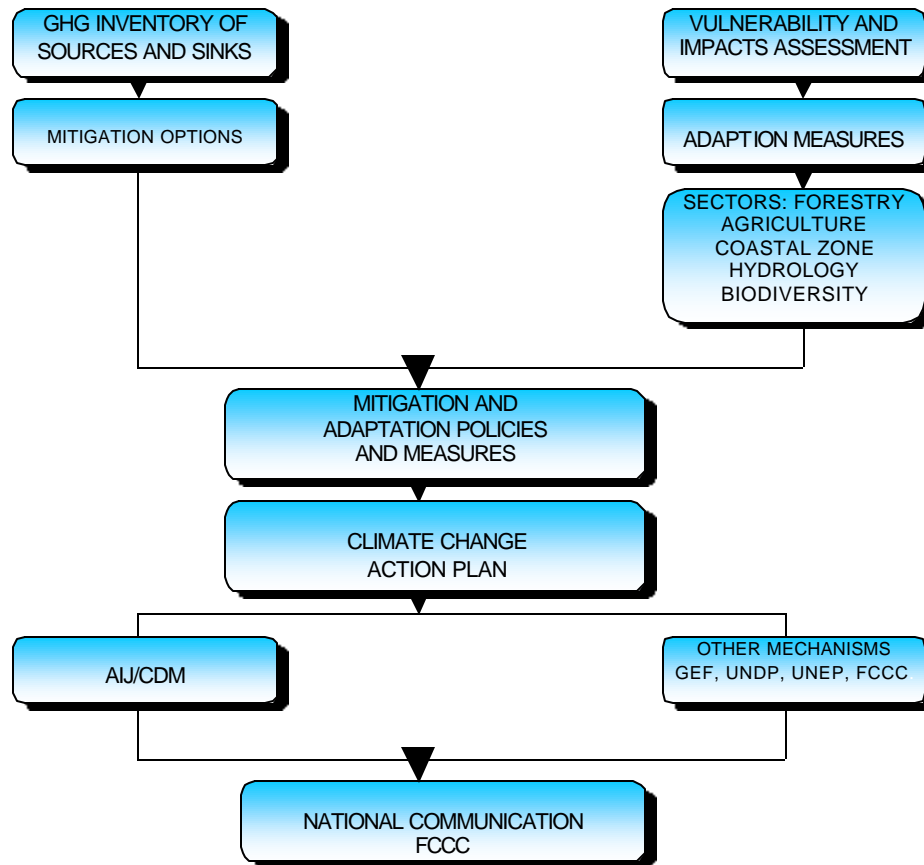


Figure 5.1 National Program on Climate Change

5.1 Economic scenarios and projected national emissions

Economic scenarios were determined in order to estimate the temporary tendency of greenhouse gas emissions, expressed in CO₂ equivalent for a horizon of 20 years (figure 5.2). A base income scenario was considered (Gross Domestic Product, GDP) at an annual growth rate of 4.5% (average 1957-1996) and two alternative scenarios (3.5% and 5.5%). Under the base scenario, it is estimated that by 2015, national emissions would be 26.8 thousand Gg in CO₂ equivalent.

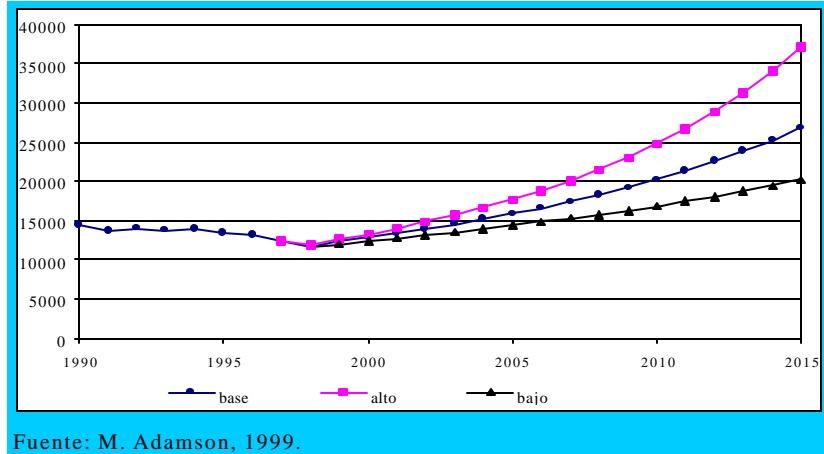


Figure 5.1.1 Total GHG emissions per income scenario (Gigagrams of CO₂ equivalent, Gg)

Per capita emissions by production scenario

Between 1990 and 1996, per capita income increased and per capita emissions decreased. This is the result of the stabilization of the deforestation rate in natural forests, as well as the uptake in secondary forests and forest plantations, which compensated for the emissions increase in the remaining sectors. Per capita emissions projections by 2015 lie within 1.8 and 3.4 t per inhabitant in CO₂ equivalent (20-year horizon).

Projections of national emissions per economic sectors (according to IPCC)

In regard to the relative contribution of economic activities to the evolution of domestic greenhouse gas emissions (in CO₂ equivalent) projected for year 2015 (figure 5.1.2), agriculture, which includes methane emissions from enteric fermentation in livestock would constitute the main emission source by 2007. Nonetheless, during the horizon projection, it is not likely to have a considerable change in regard to 1996 emissions. This occurs because the annual growth rate of livestock will be 0.7%.

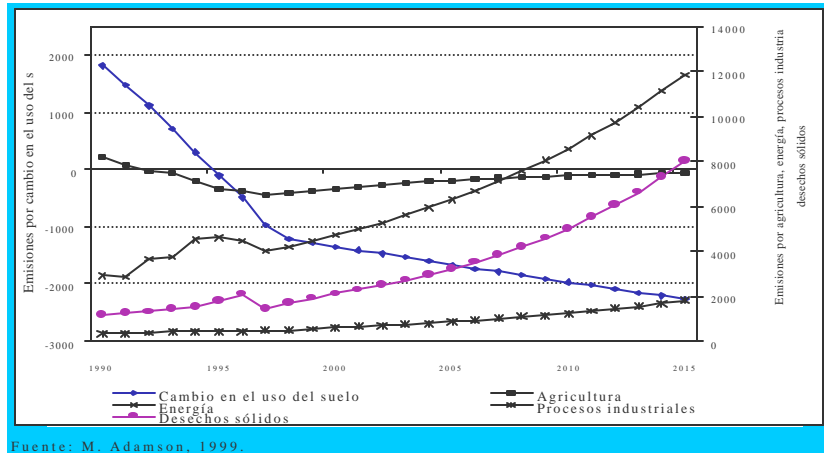


Figure 5.1.2 Evolution and base scenario per sector (according to IPCC), 1990-2015 (Gg of CO₂ equivalent in a 20-year horizon).

Emissions from the energy sector include those resulting from the use of hydrocarbons in transportation and electricity generation with thermal plants. In 1996, a total of 4,400 Gg of CO₂ equivalent were emitted from hydrocarbon consumption. Projections indicate that by 2015 this sector will emit 11,800 Gg of CO₂ equivalent, out of which 90% will result from diesel and gasoline consumption. From year 2008, the energy sector will become the main source of emissions.

Concerning the land use change and forestry sector, emissions or uptake represents the net variation of emissions from forest deforestation (source) and the uptake in secondary forests and forest plantations (sinks). The projected evolution of the sector's net emission shows a decreasing tendency and becomes negative since 1995. This occurs because uptake from sinks surmounts the emissions by sources.

In regard to solid waste, methane emissions in CO₂ equivalent, resulting from biomass decomposition augmented at a 10% rate between 1990 and 1996. If this trend continues, this sector may become the second source of emissions by 2015.

Emissions from industrial processes result from cement production. These emissions increased at a 16% rate between 1990 and 1996, and it is expected that they continue growing at an annual rate of 8.1%. However, it will still be a secondary source of emissions.

5.2 Mitigation policies and measurements

According to the results of the baseline scenario analysis for the period 2000-2015, the most important sectors subject to mitigation policies and measures were identified. These sectors were identified because of their contribution to the economic development and growth of the country and because of their greenhouse gas emission levels. The principles ruling the identified policies and measures are coherent with the circumstances and priorities in the national environmental agenda.

Transportation

This is the target sector to apply mitigation measures. Inadequate planning and control over public transportation, population and the increasing number of motor vehicles, the massive importation of used vehicles, the growth and concentration of population in urban areas, the poor state of roads, traffic jams and the elimination of train transportation originate most of the sector's emissions.

Policy:

Reduce greenhouse gas emissions and air pollution in urban areas according to the international regulations on human health protection and through transportation planning and control.

Renewable energy

Costa Rica is one of the countries that has the best hydraulic potential per area. According to preliminary inventories, this potential could cover demand for the following five decades. Furthermore, there are other renewable sources that have been commercially exploited and which may expand; that is the case of geothermal (986 MW) and wind (660 MW) energy. They allow the combination of different renewable sources to improve the national capacity in technical, economical and environmental aspects.

The regionalization of electricity markets in Central America brings on opportunities and threats. It provides the opportunity to commercialize electricity in the region and places renewable energy and/or power in any part of the isthmus. However, in a competitive market and with favorable prices in hydrocarbons, regional thermal generators threaten the national market.

Therefore, additional financial support from the Convention Mechanisms (Activities Implemented Jointly) and its Protocol (Clean Development Mechanism), such as the increasing income from "certified emission reductions" would favor competitiveness and the introduction of renewable energy from

Costa Rica to the region. This is especially important considering that more than 50% of the region's population does not have access to electricity and that it is mostly produced with hydrocarbons.

Policy:

Promote energy efficiency and electricity generation with renewable sources, ensuring that Costa Rican renewable energy will be able to compete given the regionalization and privatization of the Central American electricity market.

Land use change and forestry

The land use change and forestry sector may permanently become a net carbon sink as a result from the introduction of forest incentives and the payment for environmental services (PES). Nonetheless, the main source of emissions in this sector is still deforestation for profitable purposes.

Even though the country has created the National System of Conservation Areas and has implemented the payment for environmental services, it has not been possible to ensure sustainability in the long term. The Government is still facing difficulties to meet those compromises, particularly the purchase of areas declared under absolute protection and PES.

Policy:

Guarantee the sustainability of private forestry activities and consolidate the National System of Conservation Areas in compliance with the Convention Mechanisms and its Kyoto Protocol through the efforts carried out in the management and conservation of public and private forests.

Industrial

Since the industrial sector uses the environment to discharge untreated pollutants (solid wastes, dumping and agricultural runoff), it constitutes one of the main sources of emissions and highly contributes to environmental degradation. The high cost of technological solutions to prevent and diminish air and water pollution related to production processes is the main obstacle to apply policies in this sector.

Policy:

Encourage solid waste and wastewater management from industrial sources and support the Program for Cleaner Production³

Agriculture

Livestock constitutes over 80% of domestic methane emissions. However, an improved handling in aspects such as diet quality and an adequate grazing management constitute feasible mitigation options.

In this country, the intake of agrochemicals per cultivated hectare is one of the highest among developing countries, and agriculture constitutes the main source of nitrogen oxides emissions. An improved land management (tilling and drainage optimization, watering scheduling, etc) and a better use of fertilizers (superior technologies for the application of nitrogen and equilibrium between crop demand and supply, etc) would enhance agricultural production with positive environmental effects.

Policy:

Encourage the adoption of agricultural practices and technologies that reduce the use of agrochemicals, methane as well as other greenhouse gases emissions.

5.3 National program of Activities Implemented Jointly

Decision 5 of the First Conference of the Parties of the UNFCCC, opened the possibility of having the Parties carry out Activities Implemented Jointly (AIJ) to comply with the ultimate objective of the Convention.

Costa Rica has nine AIJ projects reported to the UNFCCC Secretariat. Four of those projects are related to renewable energy (1 of hydroelectricity and 3 of wind energy); there are also four forestry projects and one on wastewater handling in coffee processing plants⁴. All energy projects have already been implemented and contribute with 8% of the total energy consumed by the country. There are two more forestry projects that have already received funding; this means that AIJ has made possible an investment of 140 million dollars in Costa Rica.

³ UNEP defines cleaner production as the joint application of an integral and preventive environmental strategy in production processes, products and services to reduce important hazards to the population and environment.

⁴ The additional project costs were obtained with methane certified emission reduction units, sold to the Netherlands Government in approximately \$400 thousand.

Among the executing projects, the project Ecomercados, developed by the Ministry of Environment and Energy, financed by the World Bank, the Global Environmental Facility (GEF) and the Carbon Prototype Fun of the World Bank, is aimed at developing local and global markets for environmental services derived from forest ecosystems. Furthermore, it will improve the financial competitiveness of hydroelectric projects as compared to thermal generation projects; it will also consolidate the strategic alliance between the conservation of forest ecosystems and the production of hydroelectricity.

Table 5.1
AIJ Projects

Project	Type	Total cost US\$ Millions	Emissions reduction (t C)
Plantas Eólicas	Wind power	30.40	506,720
Tierras Morenas	Wind power	27	562,020
Aeroenergía	Wind power	8.85	146,000
Doña Julia	Hydroelectric power	27	562,020
ECOLAND	Conservation	1	345,548
KLINKI	Reforestation	3.8	1,968,000
CNFL	Conservation Regeneration Reforestation	3.3	313,646
P.A.P.	Conservation	150	18,000,000
EARTH	Reforestation	0.334	4,493
ICAFE/BTG	Wastewater handling	0.973	34,645
Total		252.66	22,443,092

5.4 Mitigation options portfolio

There have been identified a number of potential mitigation projects that may be financed with local financing and/or direct foreign investment, either by putting capital in the project or through the Convention and Protocol Mechanisms.

An integrated traffic system in the Metropolitan Area

The *integrated traffic system in the Metropolitan Area* is oriented to controlling public transportation by bus, which currently has 184 routes and approximately 1,500 units that enter the Metropolitan Area of San Jose everyday.

The objective of this system is to consolidate an integrated transportation network that will be able to compete with other public transportation means and which optimizes routes by using buses efficiently, verifying routes, coordinating schedules and bus change, improving technology and infrastructure and other aspects.

Railroad re-opening

A major option to reduce emissions from transportation is to re-establish railroad freight services and passengers transportation by train. The cessation of the railroad service from the coasts to the capital aggravated road transportation problems.

The national railway system is inter-oceanic and has an extension of 450 kilometers. The Caribbean section has an extension of 300 km; it communicates San Jose and Moin port. The Pacific section has an extension of 150 km and communicates San Jose with Caldera and Puntarenas ports. The Pacific section is electrified and would only use renewable sources. Both sections are linked through an intercity railway of 44 km.

Railroads use and exploitation through public works concession would offer competitive transportation costs because it requires half of the fuel needed with freight transportation by road. It is estimated that greenhouse gas emissions may be reduced in 25,948 tons of CO₂ equivalent per year (20-year horizon).

Renewable sources

In accordance with the National Plan for the Expansion of Electricity Generation of the National Electricity Institute (ICE)⁵ for 2000-2010, it is necessary to install a generation capacity of approximately 1,000 MW, out of which 80-90% should originate from renewable sources while the remaining 10-20% would be provided by complementary thermal plants. The operation of renewable electricity plants could avoid the emission of 214,445 tons of CO₂ by year 2009.

The economic valuation and consolidation of an international market of greenhouse gas emission reduction units constitutes a critical element to improve the competitiveness of renewable sources as regards to thermal energy and so turn renewable energy into a mechanism for development.

⁵ Expansion plans compare projected demand and electricity supply. When there is not enough reserve or power, available projects are considered and a cost-effectiveness assessment is carried out to minimize investment and long-term costs.

Energy conservation

Concerning demand, those initiatives that pursue rational use and energy saving constitute mitigation options that have been already used. The objective is to diminish the effects of the increasing demand and balance supply sources during maximum demand periods. It is oriented to the residential sector, where energy is mostly used in lighting and cooking.

With regards to energy efficiency, the project of compact fluorescent lamps (CFL) is an initiative oriented to energy saving and is directed to the residential sector, which consumes approximately half of the total electricity supplied through the inter-connected national system. 20% of this consumption is used for lighting. The compact fluorescent lamps project could help avoid the emission of 8,752 tons of CO₂ per year.

Land use change and forestry

Aware of the importance of forest conservation and the need to support forest ecosystems sinks as a way to mitigate climate change, two national forest projects were designed: “Protected Areas Project” (PAP) and “Private Forestry Project” (PFP). Both of them could result in carbon fixation and greenhouse gas emissions reduction.

Nonetheless, it has not been possible to ensure the financial sustainability of both programs in the long term. Therefore, the marketing of certified emission reduction units through the Convention Mechanisms and its Protocol is a feasible option to ensure the sustainability of PES for private forestry activities (PFP) and will help the territorial and financial consolidation of the National System of Conservation Areas. Needless to say, both are essential in the environmental agenda of this country.

Wastewater handling in coffee processing plants

Regarding the control of wastewater discharge, initiatives are oriented to coffee processing plants, where the traditional treatment of wastewater discharged in oxidation lagoons (aerobic process) has been changed to an anaerobic process with biodigestors. These new processes capture methane and use it to generate electricity and/or heat for coffee roasting, and consequently, diminish processing costs.

There are currently ten anaerobic reactors with 30 modules of 250 m³ each. They serve for the treatment of one third of the discharge from coffee processing plants in Costa Rica; therefore, emissions diminish in 29,036 tons of CO₂ equivalent per year (20-year horizon). Market studies show that it is viable to install 10 more reactors, which will be translated in an emission reduction of 32,784 tons of CO₂ equivalent.

Methane extraction from landfills

A mitigation option in solid waste management is the generation of electricity with natural gas from Río Azul landfill⁶. Solid waste from the Metropolitan Area of San Jose goes to this landfill. It has been estimated that the landfill biogas may contribute with 5 MW and generate 37 GWh/year.

The emission reduction potential of methane attributable to this project is 3,670 t of CH₄/year with an extraction efficiency of 65%, which corresponds to 205,574 tons of CO₂ equivalent/year (20-year horizon), during the project execution. Financial availability depends on the marketing of methane emission reduction units within the Mechanisms of the Convention and its Protocol.

Methane emissions reduction in livestock

Methane emissions reduction in livestock varies according to the fodder species and grazing frequency. Besides, changes in the cattle diet would eventually reduce methane emissions. This option is based on the results obtained from the simulation that considered diet changes and grazing management in non-dairy cattle (males weighing 350-450 kg) and dairy cattle (only adult females).

Grazing considered two fodder species and two different frequencies. Grazing cycles were modified; grazing was scheduled every 21 days in the African Bermudagrass (*Cynodon nlemfuensis*) and every 25 days in Kikuyugrass (*Pennisetum clandestinum*). In both cases, the diet included green banana (8 kg/animal/day) and concentrate (2.5 kg/animal/day). A stable population of 100,000 animals was used in both herds.

It was determined that methane emission reduction is very significant; it resulted in 1.09 Gg methane/year for dairy cattle and 1.92 Gg methane/year in non-dairy cattle. It was determined that fodder quality has a direct influence on methane emissions; conversion efficiency (emitted CH₄: obtained product) improves as the diet does.

Cement Industry

CO₂ emissions in the cement industry depend on clinker production and energy consumption during production. The energy employed formerly came from fossil fuels. However, it is still possible to substitute fossil fuels up to 60% for other alternative fuels based on waste.

⁶ This landfill has an area of 64 ha and a field capacity of 2,5 million m³. Its biogas mean production rate is 100 m³/t of garbage; it has a potential of 1,100 m³ of biogas/day with an extraction efficiency of 65%.

INCSA, a cement production industry, initiated a project to collect used tires and burn them while CEMPASA, another cement industry, launched a program to collect burned oil and introduce it in bunker combustion. Furthermore, they are carrying out studies to use bottles and other disposable recipients (PET). INCSA and CEMPASA are in charge of cement production in Costa Rica.

Clinker substitution for other mineral additives is one of the most effective methods to reduce emissions because of limestone decarbonization and the reduction in fuel consumption. An important percentage of clinker has been substituted with alternative materials such as limestone and mineral additives; this resulted in a reduction of CO₂ production. Presently, the clinker fraction is 70% due to the material substitution.

6 Programs related to sustainable development, research and systematic observation, public awareness education and training

Costa Rica has fostered sustainable development since the beginning of the 90's. The Conservation Strategy for Sustainable Development (ECODES) was published in 1990, and in 1994 the National System for Sustainable Development was created in order to integrate actions and strategies to promote development in harmony with nature.

A fundamental aspect of the institutions created to encourage sustainable development is to increase the scope and participation mechanisms as well as the structuring of civil society and other academic and business sectors. Accordingly, the Commission of Non-Governmental and Social Organizations for Sustainable Development, which comprise over 600 entities, was conformed. The business sector created a commission and technical unit of sustainable development in the Unión de Cámaras y Asociaciones de la Empresa Privada (Chamber Union and Private Enterprises Association).

The National Meteorological Institute of Costa Rica is responsible for climate observation and monitoring. It has 170 meteorological stations that are needed for the permanent observation of climate parameters throughout the country. Furthermore, there is a station that measures the concentration of ozone, nitrogen oxide and sulfur dioxides in the atmosphere; it has been used to measure the concentration of gases in different parts of the metropolitan area, where population and vehicles are condensed.

There are five tide gauge stations that measure sea level and other oceanic and atmospheric variables.

Some universities have laboratories of atmospheric chemistry and environmental pollution, where people research on greenhouse gas emissions

and analyze the concentration of greenhouse gas emissions in the atmosphere. A monitoring system for air quality was established in 1993.

Costa Rica has been working in climate change since the 80's with the active participation of the National Meteorological Institute and other national groups in the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) sessions, and the Conference of the Parties of the Framework Convention of Climate Change.

Different research on inventories, vulnerability studies, ozone layer and the National Communication have been financed by foreign institutions and are executed within the Costa Rican National Climate Change Program

Climate change has not been included in the academic curricula in this country; nonetheless, the conservation of natural resources, sustainable development, energy conservation and waste management are some of the topics developed by the Ministry of Environment and Energy and the Ministry of Public Education. Some documents aimed at informing people about greenhouse gas emissions and reduction in different sectors have been published.

In regard to research, efforts are oriented to equip installations, provide equipment and train personnel in an energy efficiency laboratory. Moreover, in 1998 the Association for Electric Vehicles was created. It pursues the establishment of a testing laboratory for this kind of transportation and the creation of a development and virtual information center.

Concerning waste management, a joint project between the local government and State universities is being carried out. It includes the education of children through the adequate training of teachers in environmental topics. A series of conferences have also been given the residents within the project area.

It is important to stand out that we are working on a project to strengthen institutions and therefore, train the industrial sector on the use of chlorofluorocarbons. Other efforts are being carried out to generate a project on alternatives to the use of methyl bromide in melons and flowers since these compounds have a devastating impact on the ozone layer and constitute greenhouse gases.

7 Financial assistance and transfer of technology

7.1 Financial assistance

Costa Rica has developed a climate change program since 1991. Its objectives are to generate research and assess the related aspects of this topic. Nonetheless, foreign financial support from international organizations has been fundamental to achieve the established goals and compromises with the United

Nations Framework Convention on Climate Change. This is carried out with different national and regional projects.

The Country Studies Program of the United States financed a Central American project focused on the region's vulnerability in regard to climate change. The Global Environmental Facility provided support to develop the national inventory of sources and sinks of greenhouse gases in Costa Rica, in 1990 and other documents that resulted in the First National Communication of Costa Rica to the Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change.

Furthermore, the Institute for Environmental Studies of the University of Vrije in The Netherlands financed the project Climate Change Studies in Costa Rica which consisted of a vulnerability analysis in three areas vulnerable to climate change: coastal zone management, forestry and agriculture.

Costa Rica, within the pilot phase of Joint Implementation has received cooperation from different countries like Norway, Switzerland, Finland, The Netherlands and the United States. This support has helped in the payment for environmental services to landowners located in protected areas and has promoted electricity generation with renewable sources.

Additional support from GEF and the World Bank is currently expected to develop the project Ecomercados.

7.2 Transfer of technology

Costa Rica, like all developing countries, is in a difficult position regarding technology transfer because it has to confront several obstacles to install new and environment-friendly technologies.

The country has the human potential and the adequate characteristics to incentive clean technologies. Novel projects have been designed, especially as demonstrative processes and to analyze their feasibility. However, a successful program of technology transfer needs the financial and logistics support from industrialized countries because implementation costs usually surmount the available resources.

Some sectors, such as energy, have already access to information networks, but it is still necessary to have specific networks in topics related to environment-friendly technology.

Costa Rica is executing a project to generate national capacity; it is training a technical team in different research areas (energy, agriculture, land use, waste management and others).

Following are some of the activities on transfer of technology that are being carried out:

A pilot project has been implemented in electric transportation; its results would be useful to execute a bigger program. The objective of this project is to install ten electric buses in the capital of Costa Rica and five more in other cities, 50 motorcycles and 50 electric vehicles, so that they could work as laboratories and recipients of this technology during the pilot phase.

Transportation is also working on the possible switch to liquefied petroleum gas (LPG); for this purpose, the adequate infrastructure was implanted and people are working on public awareness on the advantages and disadvantages of this kind of technology.

Fuel improvement is an ongoing project of the Costa Rican Oil Refinery, and it has introduced less polluting fuels in recent years.

People are now working in providing electricity for basic needs (lighting, TV, radio) with photovoltaic panels to disperse families located in the rural areas.

The majority of activities are demonstrative programs at a small scale financed with foreign resources. These programs would need the financial support from international organizations and friendly countries to be applied in a nation-wide basis.

CAPITULO 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES



CAPITULO 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

1.1 Generalidades

Nombre oficial	República de Costa Rica
Tipo de gobierno	República Democrática
Idioma oficial	Español
Religión oficial	Católica
Area	51.100 km ²
Capital	San José
Ciudades principales	Alajuela, Cartago, Heredia.
Ciudades costeras	Limón, Puntarenas, Quepos y Golfito
Población	3.432.665 habitantes
Población femenina	1.699.525 mujeres
Población indígena	19.050 indígenas
Densidad de población	67,79 hab/km ²
Tasa crecimiento población	1,84%
Indice de alfabetización	95,2%
Esperanza de vida	79,2 años mujeres, 74,5 hombres
Hogares con agua potable	95%
Fuerza laboral	1.301.625 habitantes

Costa Rica se ubica en América Central (ver figura 1), tiene una extensión de 51.100 km² y limita al norte con Nicaragua, al sur con Panamá, al oeste con el Mar Caribe y al este con el Océano Pacífico.

El tipo de gobierno de la sociedad costarricense se caracteriza por ser República Democrática libre y soberana. Su estructura política se basa en tres poderes: Ejecutivo, Legislativo y Judicial. La materia electoral la rige el Tribunal Supremo de Elecciones, con independencia de los tres poderes, lo cual garantiza la pureza del sistema. El Presidente de la República es elegido por voto directo y democrático cada cuatro años.

A pesar de que Costa Rica solo cubre el 0,034% de la superficie de la Tierra, es hábitat de aproximadamente el 5% de la biodiversidad del planeta. La riqueza natural del país se encuentra en sus bosques y en la diversidad de su flora y fauna. Se estima que hay unas 9.000 especies de plantas que dan flores, incluyendo más de 1.300 especies de orquídeas, se han identificado unas 850

especies de aves, 209 especies de mamíferos, 383 tipos de reptiles y anfibios y cerca de 2.000 especies de mariposas.

Además, se caracteriza por una gran diversidad de climas, resultado de la interacción atmosférica en la cordillera volcánica que atraviesa el país de noroeste a sureste, con elevaciones de hasta 3.820 metros sobre el nivel del mar.

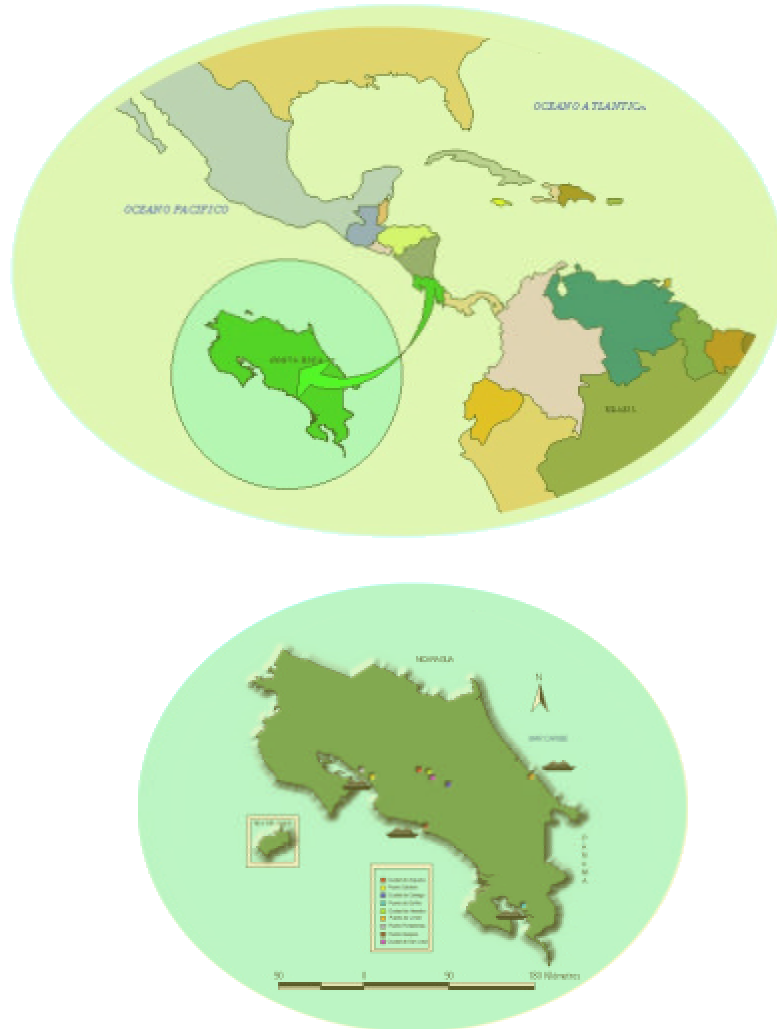


Figura 1. Localización de Costa Rica

Su régimen pluviométrico se caracteriza por mostrar una estación seca y una estación lluviosa bien definidas, y también, por los grandes contrastes climáticos entre las partes altas y bajas. En general, se observan valores promedios de precipitación anual entre los 1.400 y 6.000 milímetros (mm). 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

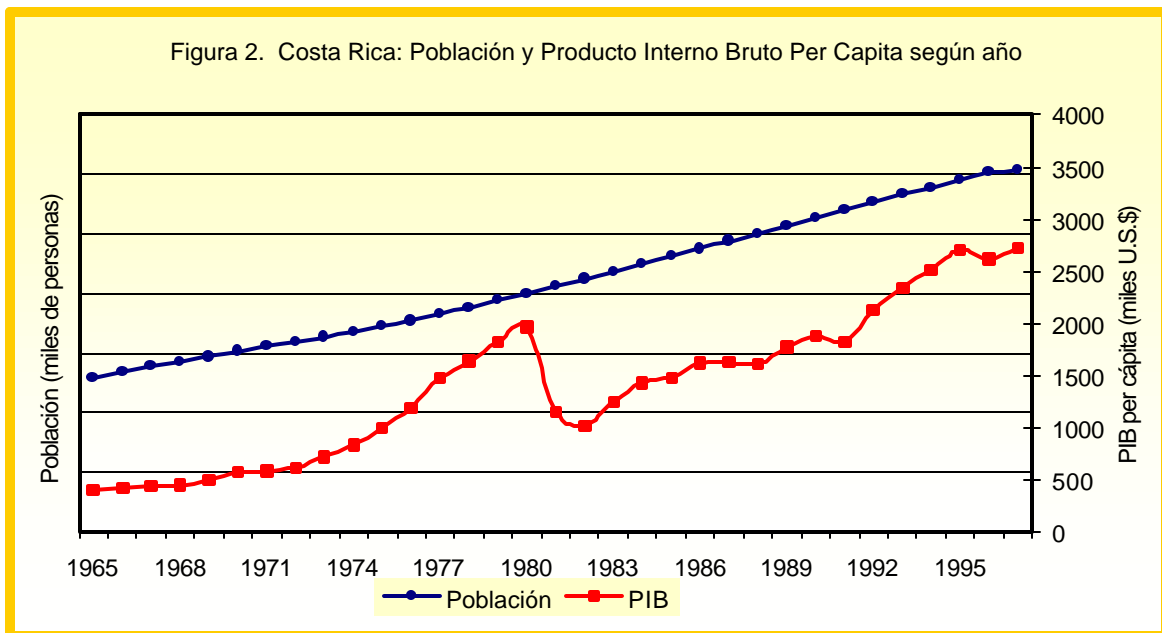
entre los 100 y 200 mm en los meses más secos. La diferencia de temperatura no es acentuada, aunque entre la costa y las partes altas de las cordilleras, se pueden observar temperaturas entre 30 y 10°C respectivamente. La humedad relativa media anual es del 83% en el Valle Intermontano Central y cercano a la saturación en ambos litorales. La dirección predominante de los vientos es del noreste y la velocidad media es de los 10 km/h.

Los desastres naturales por fenómenos hidrometeorológicos en Costa Rica, se vinculan con la actividad ciclogénica 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.

1.2 Información económica

1.2.1 Producto Interno Bruto

Según el Informe de Desarrollo Humano (1997), Costa Rica se designó como uno de los pocos países cuyo índice de crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) fue de al menos 3% durante el periodo 1990-1994. Sin embargo, desde 1994, el PIB mostró una tendencia decreciente.



En 1996 la producción bajó en términos reales en 0,7% respecto a 1995 y el PIB per cápita mostró una caída de 2,7% (PNUD, 1997). Sin embargo, en 1997 se revierte esta tendencia. En este año, la producción aumentó en términos reales en un 3,2% con relación al año anterior. Esta cifra es todavía inferior al promedio anual observado en los últimos diez años (4,0%), pero contribuyó a crear puestos

de trabajo y por consiguiente a que la tasa de desempleo bajara de 6,2 a 5,7%. La fuerte inversión extranjera sin duda ha influido en este repunte. Además, así como las exportaciones crecieron, lo hicieron las importaciones debido a la dependencia que el sistema productivo costarricense tiene en materias primas e insumos importados. En 1997 el PIB per cápita aumentó en un 1,0% (PNUD, 1998), por debajo del promedio de los últimos diez años (1,6%). La figura 2 muestra el comportamiento de la población y el Producto Interno Bruto per cápita para los últimos 32 años (MINAE, 1996; PNUD, 1998).

1.2.2 Sectores económicos y variación del PIB

En 1997 el sector primario de la economía, representado por la agricultura¹, aporta el 18% del PIB; el sector secundario, conformado por la industria² y la construcción, representa el 25% y el terciario que incluye entre otros, los servicios, el transporte y el comercio el 57%.

En el periodo 1990-1996 la agricultura contribuyó en promedio con el 19% del PIB, le dio empleo al 21% de la población económicamente activa y generó el 57% del total de divisas. Sin embargo, durante la época de los años noventa este sector perdió peso con respecto a los demás y actualmente la industria, más específicamente la metalmecánica, los minerales no metálicos, los textiles y el cuero fueron los que aportaron un mayor crecimiento, convirtiéndose este sector en primario.

Esto se debe a cambios en la estructura productiva que se refleja en la diversificación agrícola. Además, los sectores agrícolas tradicionales (café y banano), por condiciones climáticas adversas, precios y cuotas en el mercado internacional, se vieron afectados. En 1967 las exportaciones de café, banano, azúcar y carne representaban el 71% del total; en cambio, en 1997 apenas alcanzaron el 21%. Beneficiado por una política de incentivo fiscal, en la última década la contribución de los productos no tradicionales pasaron de 45 a 69% del total de las exportaciones, con una tasa de crecimiento anual de 11%.

Si bien la industria costarricense crece, todavía es incipiente y depende de la importación de maquinaria y bienes de capital. Este sector que aporta el 21,5% al PIB y genera el 15,7% del empleo total, ha bajado su ritmo de crecimiento en los últimos años (MIDEPLAN, 1997). El 93% de las industrias existentes dedica su producción al mercado interno, lo que las hace muy sensibles a la demanda interna.

Es importante mencionar el auge del sector turismo durante el periodo 1990-1994. En 1993 se convirtió en la principal fuente de divisas del país, pues el número de visitantes extranjeros creció anualmente en un 15,3% como promedio. Sin embargo, una de las preocupaciones actuales es evitar los efectos negativos

¹ Incluye agricultura, silvicultura, caza y pesca. Fuente MIDEPLAN

² Incluye industrias manufactureras y explotación de minas y canteras. Fuente MIDEPLAN

de la actividad turística en el medio ambiente. En este sentido, el ecoturismo es una prioridad en la agenda y se orienta como fuente de riqueza para el bienestar social y la protección ambiental.

1.2.3 Pobreza

De 1987 a 1997 se observa un leve decrecimiento en la pobreza con algunos altibajos. En este último año el 20,7% de los hogares tenía ingresos por debajo de la línea de pobreza, sin capacidad de satisfacer sus necesidades básicas mientras un 5,7% se encontraba en condiciones de pobreza extrema, o sea, no podían satisfacer sus necesidades alimentarias. Como en otros aspectos, la zona rural y la población femenina son las más vulnerables.

1.2.4 Desempleo

En los últimos años se ha observado un deterioro en el sector laboral, reflejado en el aumento del desempleo abierto, el subempleo visible e invisible. Se podría decir que la recesión económica y la transición a una economía más abierta y menos regulada, dejan por fuera sectores importantes de la población, como las zonas rurales y la población femenina. Un índice de desempleo bajo es un elemento esencial para combatir la pobreza.

En 1993 con el crecimiento de la economía, la tasa de desempleo apenas llegó al 4,1%. En 1996 continuó aumentando hasta alcanzar el 6,2%, pero finalmente en 1997 se redujo a 5,7%. Además en este último año el número de personas empleadas se incrementó con respecto al año anterior y el de desocupados se mantuvo en términos generales.

Con estos cambios la tasa de subutilización total (sumatoria de las tasas de desempleo abierto, subempleo visible y desempleo invisible) pasó de 13,9 a 13,1% entre 1996 y 1997, sin embargo, esta cifra es todavía alarmante comparada con el 8,7% que se registró en 1993 (PNUD, 1998).

1.3 Uso de la tierra

Costa Rica es un país con vocación forestal; por lo tanto, una de las principales preocupaciones del gobierno de la República es precisamente velar por la conservación de la biodiversidad, del agua y de los suelos, así como contribuir a mitigar los efectos que generan los cambios climáticos.

En 1950 más de la mitad del territorio nacional estaba cubierto por bosques, en cambio, ahora se estima que solo se conserva el 37,1% (CCT, 1999). El desarrollo agropecuario del país propició el cambio en el uso de las tierras forestales, pasando así la cobertura del 72% en 1950 a su mínima expresión en 1983. Actualmente, el área de tierra cultivada se ha mantenido cerca de un 10%, que corresponde a un área de 585.000 hectáreas aproximadamente, mientras la

dedicada a la actividad ganadera corresponde a 1.000.000 hectáreas con una población ganadera de aproximadamente 1.700.000 cabezas en 1996.

En 1969 se promulgó la primera Ley Forestal (4465) y se hicieron los primeros esfuerzos para constituir un sistema nacional de áreas protegidas que posibilitara la conservación de los ecosistemas a perpetuidad. Durante la siguiente década y hasta los primeros años de los noventas, se creó una gran cantidad de áreas protegidas que hoy conforman el Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC), figura bajo la cual se protege aproximadamente el 25% del territorio nacional bajo siete categorías: Parques Nacionales, Reservas Biológicas, Zonas Protectoras, Reservas Forestales, Refugios de Vida Silvestre y Humedales, además, a partir de 1979 se introducen los primeros incentivos fiscales a la reforestación. Sin embargo, durante este periodo el sector forestal del país experimentó altas tasas de deforestación hasta alcanzar en 1983 su mínima expresión.

En 1991 y en 1995 se introducen otros incentivos al manejo y la conservación del bosque natural, los cuales, junto con los otros beneficios señalados, hicieron posible revertir un proceso acelerado de cambio de uso en tierras forestales y bajar los niveles de deforestación anual a finales de los ochentas a un 4% y en 1992 al 1,7%.

En 1996 bajo la jurisdicción de la actual Ley Forestal se conceptualiza el bosque no solo en función de los bienes que produce sino también de los servicios que brinda a la sociedad, y se establece el programa nacional de Pagos de Servicios Ambientales (PSA). Bajo este esquema, a partir de 1997, muchos bosques secundarios están en recuperación en las zonas abandonadas por la agricultura y la ganadería, y algunas son objeto de plantaciones forestales.

Es notorio el impacto ambiental de la política de PSA. Mientras que en 1994, el total de hectáreas (ha) incentivadas con los sistemas vigentes era de 15.500 ha, en 1997 se pasó a 97.000 ha, en 1998 y 1999 a 60.000 ha anuales. El PSA está financiado a través de un impuesto selectivo de consumo a los hidrocarburos, que es la principal fuente de emisiones de gases a la atmósfera.

Entre 1997 y 1999 el PSA ha beneficiado a más de 8.000 propietarios que sin dicho incentivo hubiesen tenido que optar por usos alternativos. Además, el hecho de que la demanda insatisfecha de PSA es el doble de la disponibilidad de recursos, es un reflejo de la verdadera dimensión e impacto del programa en el sector forestal del país.

Con los esfuerzos gubernamentales en materia de legislación e incentivos, se ha logrado disminuir la tasa de deforestación, promover la regeneración natural y ampliar el área reforestada, convirtiendo el sector forestal en fijador neto de carbono. En 1996, se deforestaron 7.000 ha, comparado con el promedio anual de 18.000 ha durante el periodo 1990-1994. Además, en ese año se reforestaron 21.738 ha.

1.4 Población urbana y rural

Como los demás países latinoamericanos, Costa Rica presenta un contraste acentuado entre la zona rural y urbana. En los últimos quince años se ha observado una disminución en la población que viven en el campo (55,5 a 44,7%) y un aumento en la que vive en la ciudad (44,5 a 55,3%). El Gran Área Metropolitana se convirtió en un centro de atracción para muchos sectores de la población que buscaban mejorar sus condiciones de vida y trabajar en la industria y los servicios.

1.5 Expectativas de vida

La tasa de crecimiento de la población pasó de 2,38 a 1,84% durante el periodo 1990-1997, lo que refleja una disminución importante, aunque aún lejana comparada con la de los países desarrollados. Se estima que la esperanza de vida al nacer se ubica en 79,2 años para las mujeres y 74,5 para los hombres; este es un aumento favorable con respecto a 1990 en que la media era de 78,7 para las mujeres y 74,0 años para los hombres.

Otra cifra que refleja una mejora en las condiciones de vida del costarricense es la tasa de mortalidad infantil que en el periodo 1990-1997 pasó de 14,8 a 14,2 por cada mil, y que en 1996 reflejó la tasa más baja de la década con 11,8 por cada mil.

La tasa general de mortalidad pasó de 3,8 a 4,12 por cada mil habitantes de 1990 a 1997, mientras que la tasa bruta de natalidad pasó de 27,4 a 22,5 en el mismo periodo (DGEC, 1997). Esto ubica a Costa Rica entre los países con una fecundidad moderada y se espera que continúe.

1.6 Alfabetización

La enseñanza general básica es obligatoria, mientras que la educación preescolar y la diversificada son gratuitas y costeadas por el Estado. El índice de alfabetismo se calcula en 95,2%.

Costa Rica muestra cifras muy alentadoras en el sector educativo cuando se toma en consideración su índice de cobertura (porcentaje de la población en edad de primaria y secundaria). De hecho, el país ha realizado esfuerzos por cubrir las zonas rurales y urbano-marginales, aunque las primeras aún presentan problemas de género y educación.

En la zona urbana la población sin educación formal y con primaria incompleta alcanza el 17,2% y en la zona rural, el 34,3%. Las principales dificultades del sistema se evidencian en la secundaria, donde se observan los rendimientos más bajos y tasas de deserción escolar muy altas. Según el Informe

Estado de la Nación del PNUD (1998), en 1997 la deserción interanual en primaria fue de 4,5% y en secundaria de 10,8%, pero en séptimo año alcanzó el 19,9%.

Desde la década de 1980 la tasa de escolaridad ha crecido lentamente; el problema se evidencia en la secundaria, ya que de 1990 a 1997 la tasa neta pasó de 39,8 a 47,6%, lo que indica que más de la mitad de la población juvenil está fuera del sistema educativo. En primaria, por el contrario, pasó de 90,6 a 96,2% en el mismo periodo.

1.7 Servicios

Agua: Si bien la disponibilidad de agua es bastante alta, las necesidades de la población no se han saciado por el carácter estacional de la lluvia (períodos secos) y por la falta de políticas integrales relacionadas al manejo de los recursos hídricos. En 1996 el 95% de la población tenía acceso al agua para consumo intradomiciliario. De este total, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados administró el 60%, las municipalidades el 21% y los Comités Administrativos de Acueductos Rurales (CAARS) el 19%. Sin duda se observa una mejoría en comparación con 1992 cuando el 92% de la población contaba con agua intradomiciliaria. Sin embargo, solo el 71% cuenta con agua potable, pues las municipalidades y los CAARS no tienen la capacidad económica ni técnica para proveer de agua potable a más de la mitad de la población a la que sirven.

Energía: El consumo energético de Costa Rica se basa en el uso de tres fuentes: los derivados de petróleo, electricidad y biomasa. En 1997 el consumo por sector fue de 87.200 terajulios, de los cuales el 46,4% corresponde al sector transporte, el 26,4% al sector residencial, comercial y público, el 26,1% al sector industrial y agropecuario y el 1,1% a otras actividades. El país importa crudo y derivados de petróleo debido a su dependencia de esta fuente de energía no renovable para el desarrollo de actividades económicas, generación eléctrica y transporte automotor. La importación de hidrocarburos se sitúa cerca del 64% del consumo total de energía.

Las instituciones relacionadas con el sector energético nacional han puesto especial cuidado a la generación, distribución, comercialización y consumo de electricidad sobre todo en la planificación y construcción de obras de generación y transmisión con el fin de satisfacer las necesidades de la población.

En 1990 el 90% de la población estaba cubierta por el servicio eléctrico y en 1997 el 93,2% gozaba de este servicio. En 1998 las fuentes de energía utilizadas para la generación de electricidad fueron: hidráulica (81%), térmica (7,7%), geotérmica (10,1%) y eólica (1,1%).

La demanda de electricidad ha mantenido un crecimiento sostenido acorde con el desarrollo del país y la progresiva cobertura en las áreas rurales. El consumo fue de 1.893 GWh en 1980, llegó a 5.112 GWh en 1998 y se estima que

pasará a 11.116 GWh en el 2010. Se considera que en la siguiente década se requerirá instalar 1.100 MW de capacidad de generación, lo cual un 80-90% se obtendrá de recursos renovables y el 10-20% restante de plantas térmicas complementarias.

Costa Rica es uno de los países con mayor potencial hidroeléctrico por unidad de área y según algunos inventarios preliminares se concluye que podría abastecerse de energía por las próximas 4 ó 5 décadas dependiendo del crecimiento de la demanda. Existen otras fuentes renovables que ya han sido comercialmente desarrolladas: la geotérmica (986 MW), la eólica (600 MW) y la biomásica (26 MW) a partir del bagazo de la caña. Este enorme potencial permite que se combinen distintas fuentes de recursos energéticos para lograr una oferta más eficiente en lo técnico, económico y ambiental.

CAPITULO 2: LEGISLACION CONCERNIENTE A EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO



CAPITULO 2. LEGISLACION CONCERNIENTE A EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

2.1 Antecedentes

El tema ambiental es ampliamente considerado por el ordenamiento jurídico costarricense. Este fenómeno ocurre a partir de 1994, cuando se reforma el artículo 50 de la Constitución Política para incorporar el derecho al ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

Anterior a 1994 Costa Rica había suscrito gran cantidad de tratados y acuerdos internacionales destinados a la conservación de la naturaleza y a la protección del medio ambiente. Dicha normativa, señalada incluso de poca efectividad por su carácter programático, constituía la mayor parte de las normas ambientales.

A partir de 1994 el país sigue con la línea de los compromisos internacionales, sobre todo las Convenciones de Naciones Unidas y su Agenda 21; pero también, esa línea adquiere una perspectiva más clara en el ámbito nacional con la aprobación de un impresionante número de leyes, decretos, acuerdos y actos administrativos, que han generado una verdadera revolución jurídica y reverdecido el ordenamiento costarricense.

2.2 Marco jurídico

Conscientes de la importancia de la protección integral del medio ambiente, Costa Rica ratificó en 1994, la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” (CMCC), Ley N° 7414¹ y el “Convenio sobre la Diversidad Biológica”, Ley N° 7416. De esta forma, el país integraba en un todo armónico de leyes especiales, los problemas atmosféricos y los de protección de la biodiversidad.

En 1995, en la “Ley Orgánica del Ambiente”, Ley N° 7554, se sintetizan los modernos principios de la legislación internacional en un todo orgánico que vincula la actuación de las instituciones estatales y particulares. En su artículo 99 se determina que “el aire es un patrimonio común” y que “las emisiones directas o indirectas, visibles o invisibles de contaminantes atmosféricos, particularmente los gases de efecto invernadero y los que afectan la capa de ozono, deben reducirse y controlarse de manera que se asegure la calidad del aire”.

¹ En 1999 se sometió el Protocolo de Kyoto de la CMCC a la Asamblea Legislativa para su ratificación.

Costa Rica ha reconocido, sobre la base de equidad y de conformidad con sus responsabilidades comunes pero diferenciadas, la necesidad de contribuir voluntariamente a la mitigación del cambio climático, en ese sentido el país ha desarrollado las siguientes normativas.

En 1990 se promulgó la Ley N° 7200 para la utilización racional y uso alternativo de fuentes de energía, en la cual se permite a las entidades privadas participar en la generación eléctrica, utilizando únicamente recursos renovables de energía como: el procesamiento de desechos sólidos y orgánicos, la generación hidráulica, geotérmica y eólica. Esta normativa fue reformada en 1995, mediante la Ley N° 7508. Además, se crea vía decreto ejecutivo, la Comisión Nacional de Conservación de la Energía, adscrita al Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE), con el fin de preparar y ejecutar un programa nacional de conservación de la energía.

En 1994 mediante decreto ejecutivo, se aprobó el Reglamento para el control de emisiones de gases y partículas producidas por vehículos automotores, a efecto de regular y controlar los gases contaminantes y de efecto invernadero; asimismo, establece límites para la emisión de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metanos, monóxido de carbono y humo, a los transportes automotores, y hace obligatoria la revisión técnica vehicular.

En 1994 se promulgó la Ley de Uso Racional de la Energía, N° 7447 y en 1995 su Reglamento, donde se establece la obligatoriedad de ejecutar programas donde se acate dicha ley en empresas de alto consumo, así como el control de los equipos y las instalaciones que permitan el ahorro de energía. Además, obliga al MINAE a fijar índices energéticos por actividad económica, calculado a nivel de empresa, como el cociente entre el monto pagado por consumo y el valor anual agregado de la producción, expresado ambos en unidad monetaria.

En 1996 se aprobó una nueva ley forestal (Ley N° 7575), la cual incorpora el concepto de Pago de Servicios Ambientales (PSA) a propietarios privados de bosques y plantaciones forestales, en compensación a sus esfuerzos de conservación y manejo del mismo, o de reforestación. También, define el rol del Estado como promotor de la actividad privada de protección y conservación. El PSA está financiado con un impuesto selectivo de consumo a los hidrocarburos, que son la principal fuente de emisiones de gases a la atmósfera. En su artículo 3 inciso (K), se definen los servicios ambientales que inciden directamente en la protección y mejoramiento del medio ambiente, entre otros, los que contribuyen a la mitigación del cambio climático. Además, faculta al Estado para comercializar los beneficios de fijación de carbono y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero a aquellas actividades que se enmarquen en este programa.

En 1997 se difunde el Reglamento de vertido y reuso de aguas residuales para controlar, a través de una gestión ambiental adecuada, el derrame de agentes contaminantes en los cuerpos de agua.

En 1998 se publica el Reglamento sobre Rellenos Sanitarios como alternativa técnica para prevenir, en beneficio y protección de la salud pública, los problemas sanitarios y de contaminación de los cuerpos de agua, suelos y atmósfera atribuibles a una disposición inadecuada de los desechos sólidos.

En 1998 se crea mediante decreto ejecutivo el Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible (SINADES) y el Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible (CONADES). El primero se instaura como una instancia de acción conjunta entre los sectores público y privado, y el segundo, como un instrumento de gestión gubernamental del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN). Ambos, para promover el desarrollo humano sostenible con la participación de la sociedad civil. Compete al CONADES discutir y concertar una visión de largo plazo sobre dicho tema y al SINADES proponer, coordinar y promover políticas y acciones públicas que integren esfuerzos de órganos, entes y empresas del Estado, destinadas a la consecución de los objetivos.

En 1998 se promulgó la Ley de Biodiversidad, Ley N° 7788, la cual regula el uso, manejo, conocimiento asociado y distribución justa de los beneficios y costos derivados del aprovechamiento de los elementos de la biodiversidad y procura garantizar a todos los ciudadanos, la seguridad ambiental como respaldo de sostenibilidad social, económica y cultural, reconociendo que es de vital importancia anticipar, prevenir y atacar las causas de la pérdida de la biodiversidad o sus amenazas. El uso de los elementos de la biodiversidad deberá garantizar las opciones de desarrollo de las futuras generaciones, la seguridad alimentaria, la conservación de los ecosistemas, la protección de la salud humana y el mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos, para lo cual se crea la Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad, como órgano desconcentrado del MINAE, con el fin de formular las políticas nacionales referentes a la conservación, el uso ecológicamente sostenible y la restauración de la biodiversidad, sujetándose a la normativa de la Convención sobre la Diversidad Biológica, otros convenios y tratados internacionales correspondientes, así como a los intereses nacionales. Esta Ley establece el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), como un órgano para el manejo de las Áreas Silvestres Protegidas.

En 1998 se publicó la Ley N° 7779 sobre Uso, Manejo y Conservación de Suelos, la cual garantiza un adecuado ordenamiento territorial del país y establece medidas eficientes para la recuperación de suelos degradados y darle el uso adecuado, al tiempo que reordena institucionalmente los órganos públicos encargados de planificar el uso del suelo y su recuperación. Esta Ley garantiza que los suelos de vocación forestal puedan recuperarse y destinarse como tal, así como también previene su degradación mediante obligaciones dirigidas al propietario para que haga un adecuado manejo del recurso.

En 1998 se creó una serie de órganos estatales como el Consejo Nacional Ambiental, la Secretaría Técnica Ambiental, la Contraloría Ambiental y el Tribunal Ambiental Administrativo, que son los instrumentos de ejecución y aplicación de este conglomerado orgánico de normas. Todo este conglomerado de instrumentos jurídicos, ha permitido apoyar y fortalecer las medidas nacionales que regulen las emisiones de gases a la atmósfera y nos enlacen con los esfuerzos internacionales de mitigación del cambio climático.

2.3 Marco institucional

En concordancia con los compromisos asumidos en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo (Kyoto, 1997), Costa Rica ha avanzado en la consolidación de un marco institucional para lograr el desarrollo de proyectos en el ámbito de sus mecanismos.

En 1995 se firmó un convenio de cooperación entre los Sectores Gubernamental y Privado, con el fin de crear la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC). Este convenio fue suscrito por el MINAE, como ente rector del sector ambiental, la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE), representando al sector privado especializado en la atracción de inversiones, la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR), organización no gubernamental (ONG) de reconocida trayectoria en el campo forestal, y la Asociación Costarricense de Productores de Electricidad (ACOPE), que representa a los generadores privados de electricidad.

Con el fin de consolidar legalmente esta iniciativa, en 1996 se eleva la OCIC al rango de “órgano de desconcentración máxima técnico administrativo” del MINAE. Al otorgársele este carácter, se garantiza que sus políticas son vinculantes con los órganos gubernamentales y privados a nivel nacional, y se le permite actuar con la suficiente autonomía técnica y administrativa. La OCIC es la entidad oficial designada ante la CMCC, en representación del MINAE y el Instituto Meteorológico Nacional actúa como punto focal en el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPPC).

En 1998 se crea vía decreto ejecutivo y como parte integral del SINADES, la Comisión Consultiva de Cambio Climático, cuyo objetivo es concertar y mantener un diálogo permanente entre todos los sectores de la sociedad, sobre las políticas y medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.

2.4 Convenios regionales

En 1993 como parte de los esfuerzos regionales para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, Costa Rica ratificó como Ley N° 7513,

el Convenio Regional sobre Cambios Climáticos, suscrito por los países centroamericanos en ciudad de Guatemala. Este convenio pretende promover a nivel regional, políticas y medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, que contribuyan al desarrollo sostenible de los países de la región.

En 1994 como parte de los esfuerzos regionales de Centro América, Costa Rica ratificó el Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y Protección de Áreas Silvestres Prioritarias de América Central, mediante la Ley N° 7433. Este convenio regional garantiza el establecimiento de un sistema de áreas silvestres protegidas, así como ratifica el compromiso de conservar los ecosistemas de la región.

En 1996 se ratificó mediante la Ley N° 7572, el Convenio Regional para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el desarrollo de Plantaciones Forestales. Este convenio al igual que el anterior, compromete a los Estados centroamericanos a proteger los sistemas boscosos e incentivar el manejo y desarrollo de la actividad forestal.

2.5 Acuerdos bilaterales

En 1994 se firmó entre el gobierno de Costa Rica y el de Estados Unidos de América, la “Carta de Intenciones para el Desarrollo Sostenible, la Cooperación y la Implementación Conjunta de medidas para evitar y reducir las emisiones de gases que provocan el efecto invernadero”, tendiente al desarrollo de un programa que contribuya, con apoyo financiero por medio de entidades del sector privado norteamericano, a reducir dichas emisiones y sus efectos.

En 1998 se firmó un Memorando de Entendimiento entre los Gobiernos de Costa Rica y Suiza, en el cual, las partes se comprometen a promover proyectos de reducción de emisiones en el ámbito de los mecanismos de la Convención y del Protocolo de Kyoto. Acuerdos similares se firmaron con los Gobiernos de los países no Anexo I, Finlandia y Noruega. Asimismo, entre el MINAE y el Instituto Mexicano de Cooperación Internacional, se firmó un acuerdo para identificar proyectos bilaterales que reduzcan las emisiones comercializables a través de los mecanismos de la convención y su protocolo, con amplia participación de los sectores públicos y privados de cada país.

Estos acuerdos son cartas de intenciones tendientes a desarrollar estrategias para ejecutar proyectos de actividad de implementación conjunta en el ámbito de la Convención Marco de Cambio Climático y a regular los nuevos proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio adoptado en el Protocolo de Kyoto.

CAPITULO 3. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO



CAPITULO 3. INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Como parte de los compromisos adquiridos con la ratificación de la Convención Marco de Cambio Climático, Costa Rica elaboró el primer inventario de gases de efecto invernadero para el año 1990. No obstante, dada la importancia del inventario en el diagnóstico para los estudios posteriores de mitigación y vulnerabilidad, se realizó la actualización del mismo para el año 1996.

La evaluación del primer inventario en Costa Rica se efectuó utilizando las guías para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC-OECD y tomando como referencia el año 1990, con el fin de hacerlo comparable con otros países.

La evaluación del inventario estuvo a cargo del Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, que coordinó un grupo integrado por expertos de diferentes instituciones en las áreas de energía, procesos industriales, agricultura, cambio de uso de la tierra y manejo de desechos.

Se incluyeron en él seis gases: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC).

Los resultados obtenidos para el inventario de 1990 fueron los siguientes:

Cuadro 3.1
Emisiones totales de gases de efecto invernadero, 1990

Sección	Emisiones totales (Gg)						
	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NMVOC	TOTAL
Energía	2.381,4	215,40	5,32	0,12	30,05	33,33	2.665,6
Procesos industriales	367,9	-	-	-	-	-	367,9
Agricultura	--	14,26	124,52	0,48	0,55	-	139,8
Cambio de uso de la tierra	1.094,2	101,75	11,63	0,08	2,89	-	1.210,6
Manejo de desechos	--	-	20,50	-	-	-	20,5
Total	3.843,5	331,41	161,97	0,68	33,49	33,33	4.404,4
Total CO ₂ equivalente (20 años)	3.843,5	--	10.204,10	183,60	--	--	14.231,2
Total CO ₂ equivalente (100 años)	3.843,5	--	3.401,40	197,20	--	--	7.442,1

Posteriormente, el Instituto Meteorológico Nacional llevó a cabo la actualización del inventario de emisiones, utilizando la metodología revisada del IPCC-OECD y tomando como referencia para la evaluación, el año 1996.

Se incluyeron en él los mismos seis gases evaluados en el inventario anterior: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x) y otros hidrocarburos volátiles diferentes del metano (NMVOC). Además en algunos casos, se evaluó la emisión de dióxido de azufre (SO₂) y halocarburos (HFC).

De acuerdo a la metodología del IPCC, el inventario se dividió en cinco áreas: energía, procesos industriales, agricultura, uso de la tierra y silvicultura y manejo de desechos

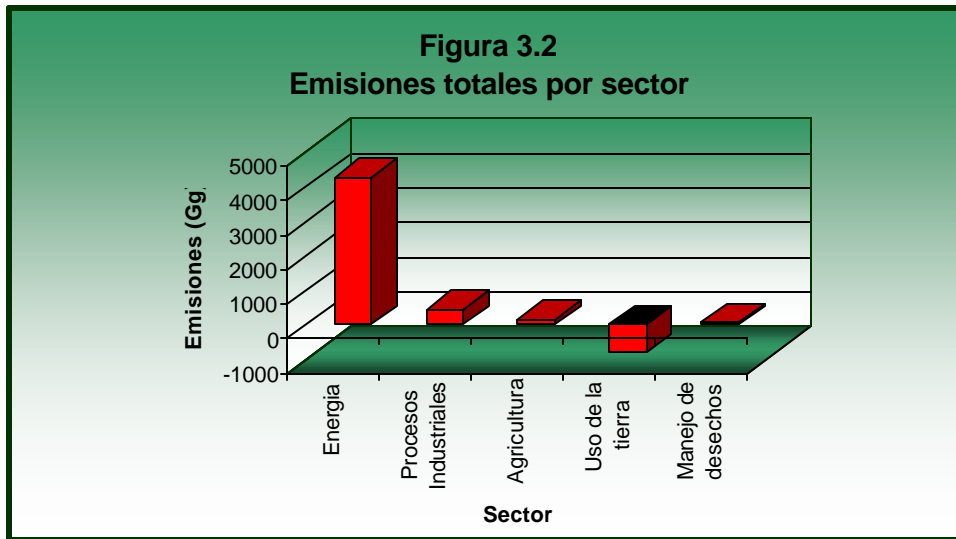
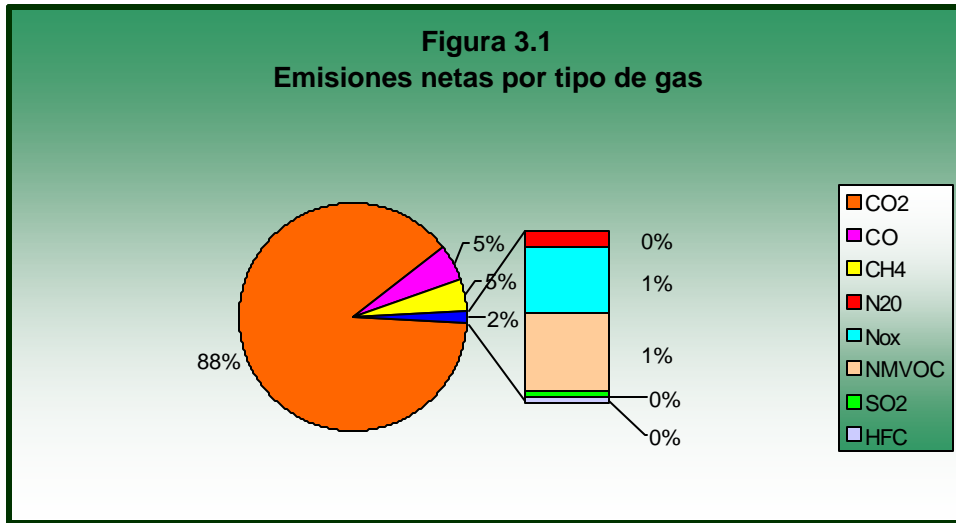
Las emisiones totales de gases de efecto invernadero en el año 1996 tuvieron un valor neto equivalente a 4.047,7 Gg (4.047.700 toneladas). De este total, el sector energía aportó 4.287,5 Gg (4.287.500 t), procesos industriales 431,0 Gg (431.000 t), agricultura 152,4 Gg (152.400 t), cambio de uso de la tierra tiene una fijación neta de –864,6 Gg (-864.600 t) y desechos 41,4Gg (41.400 t). Valores detallados por sector y gas se pueden observar en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2
Emisiones totales de gases de efecto invernadero, 1996

Sección	Emisiones totales (Gg)								
	CO ₂	CO	CH ₄	N ₂ O	NO _x	NMVOC	SO _x	Halocar- buros	Total
Energía	4.137,6	101,30	0,50	0,10	24,70	21,60	1,8	0	4.287,5
Procesos industriales	417,1	0	0	0,50	0,05	12,32	0,3	0,724	431,0
Agricultura	0	11,96	133,20	6,73	0,48	0	0	0	152,4
Cambio de uso de la tierra	-971,2	93,20	10,65	0,07	2,65	0	0	0	-864,6
Manejo de desechos	0	0	41,44	0	0	0	0	0	41,4
Total	3.583,5	206,40	185,79	7,4	27,88	33,92	2,1	0,724	4.047,7

Fuente: IMN, 2000

En la figura 3.1 se presentan las emisiones por tipo de gas y en la figura 3.2 las emisiones por sector.



Las emisiones netas de gases en 1996, presentan una contribución porcentual como se desglosa a continuación:

Cuadro 3.3
Contribución porcentual de cada gas
en las emisiones totales de Costa Rica en 1996

Gas	Contribución porcentual
CO ₂	88,5%
CO	5,1%
CH ₄	4,6%
N ₂ O	0,2%
NO _x	0,7%
NMVOOC	0,8%
SO ₂	0,1%
HFC	0,0%
Total	100%

3.1 Energía

El sector energético consume la mayor cantidad de hidrocarburos en Costa Rica y la combustión de éstos produce emisiones en cantidades importantes de dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido nitroso, metano, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y otros hidrocarburos.

En la sección Energía se realizó la evaluación con dos tipos de metodología: el método de referencia y el método por tecnologías.

3.1.1 Método de referencia

Para la evaluación de CO₂ por el método de referencia, la información necesaria se tomó del Balance Energético Nacional de 1996.

El consumo aparente en 1996 fue 56.950,3 TJ, dentro del cual se consideraron el petróleo crudo, gasolinas, diesel, queroseno, búnker, jet fuel, nafta, asfalto, LPG y otros aceites.

La biomasa sólida corresponde principalmente la leña, cascarilla de café, bagazo y otros residuos agrícolas y su consumo aparente en 1996 fue de 16.022 TJ. Dicha biomasa fue utilizada principalmente para consumo doméstico o industrial y se generaron 1.708,5 Gg de CO₂ (1.708.500 ton), no obstante no se contabilizan pues su emisión neta se considera nula.

Para el cálculo de las emisiones de los gases de efecto invernadero diferentes al CO₂, se realizó una división en los siguientes subsectores: industrias

de energía, industrias de manufactura y construcción, transporte, comercio, residencial, agro y otros.

De acuerdo a las guías del IPCC, el cálculo de las emisiones se realizó sobre la base del consumo de petróleo general, únicamente se presentó el desglose entre la gasolina y diesel por uso en transporte y se tomó en cuenta el consumo de biomasa en los diferentes sectores.

Para estimar el contenido de azufre se determinó el consumo anual de combustible y el contenido de azufre de los combustibles fue obtenido del Manual de Productos de la Refinadora Costarricense de Petróleo.

En la subsección de emisiones fugitivas, se estimó la emisión de metano por manipulación de hidrocarburos.

Por último, se evaluó la emisión de precursores de ozono (CO, NO_x, NMVOC y SO₂) procedentes de la refinación de petróleo.

3.1.2 Método por tecnologías

Para la evaluación mediante el método por tecnologías se subdividió el área energética en los siguientes subsectores: generación térmica, residencial, comercial, transporte, industria, agro y otros.

En el sector de generación térmica se realizó la evaluación de emisiones debidas al combustible consumido en la generación de electricidad, siendo el búnker y el diesel los combustibles más usados y en un menor grado, el bagazo.

El consumo de combustibles en el sector residencial obedece a necesidades de cocción principalmente. Los más utilizados son: la leña, el carbón vegetal, el LPG, el queroseno y la gasolina, los cuáles son utilizados principalmente para cocción. Los dos últimos además son utilizados para otros fines como por ejemplo, el queroseno para algunos casos de enfriamiento y la gasolina para producir fuerza motriz.

Cabe aclarar que las emisiones netas de CO₂ a partir de la leña y el carbón vegetal son consideradas nulas debido a que su uso es sostenible pues proviene de las podas del café o cercas vivas, no así la emisión de otros gases que sí son considerados en el total de emisiones.

En el sector comercial se deben satisfacer necesidades energéticas en equipo de oficina, iluminación, cocción, refrigeración, generación de calor y fuerza motriz, siendo la electricidad la fuente de energía que satisface estas necesidades. En la cocción se utiliza además el LPG y la leña y en la generación de fuerza motriz se utiliza la gasolina y el diesel, principalmente en restaurantes, hoteles, sodas, etc.

El sector transporte comprende las emisiones de vehículos utilizados en vías terrestres y marítimas. Los automotores estudiados fueron: automóviles (entiéndase vehículos de uso particular), jeep, microbús familiar, taxi, carga liviana, autobuses, microbús público, carga pesada, motocicletas y equipo especial.

Para la contabilización de las emisiones se utilizaron los factores de emisión proporcionados por el IPCC, tanto para vehículos diesel como para vehículos de gasolina excepto para SO₂ que fueron tomados del Diagnóstico del sector energía. Los factores de emisión se tomaron para vehículos sin un sistema controlador de emisiones, pues de acuerdo a los resultados del estudio sobre el recorrido medio anual y tenencia de catalizadores, en el país, la mayoría de vehículos no tienen instalado el catalizador, o bien, si en un momento dado lo tuvieron, éste se encuentra en mal estado o fue eliminado del vehículo.

En el año 1996 el total de vehículos en circulación en Costa Rica fue 482.985, de los cuáles 371.620 corresponden a vehículos de gasolina. No obstante, por sus características el consumo de diesel y gasolina en transporte fue muy parecido, produciéndose emisiones de CO₂ similares para ambos combustibles. La emisión total de este gas fue de 2.623 Gg, de los cuales el 51,4% fue emitido por el consumo de gasolina y un 48,6% fue emitido por el consumo de diesel siendo un 2,6% emitido en transporte marítimo.

Las emisiones de gases, producto de la combustión en fuentes móviles se resume en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4
Emisiones de fuentes móviles

Combustible	Emisión (Gg)							
	CO ₂	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NMVOC	SO ₂	Total
Gasolina	1.347,8	91,6	0,4	4,0	0,05	18,1	0,23	1.462,2
Diesel	1.206,3	4,9	0,07	9,6	0,05	1,85	0,76	1.223,5
Diesel (Marítimo)	68,5	0,46	0,30	1,5	0,0	0,10	0	70,5
Total	2.622,6	97,0	0,47	15,1	0,1	20,1	0,98	2.756,4

El total de emisiones por combustible gasolina fue de 1.462,2 Gg (53,0%) y por combustible diesel fue de 1.223,5 Gg (44,4%). Es importante enfatizar que el transporte marítimo contemplado en esta sección es en su mayoría diesel, por lo que el 2.6% correspondiente se debe a emisiones por consumo de este combustible.

El consumo de combustibles en el sector industrial se origina para la obtención de vapor, calor, enfriamiento, iluminación y fuerza motriz. En la

generación de vapor y calor se utiliza principalmente el bunker, la leña y los residuos vegetales, mientras que para la iluminación, enfriamiento y en ciertos casos, generación de fuerza motriz, se utiliza la electricidad.

La industria de alimentos es la principal consumidora de energía en este sector utilizando el 61%, seguida por la industria química con 9% y otras industrias con 21%.

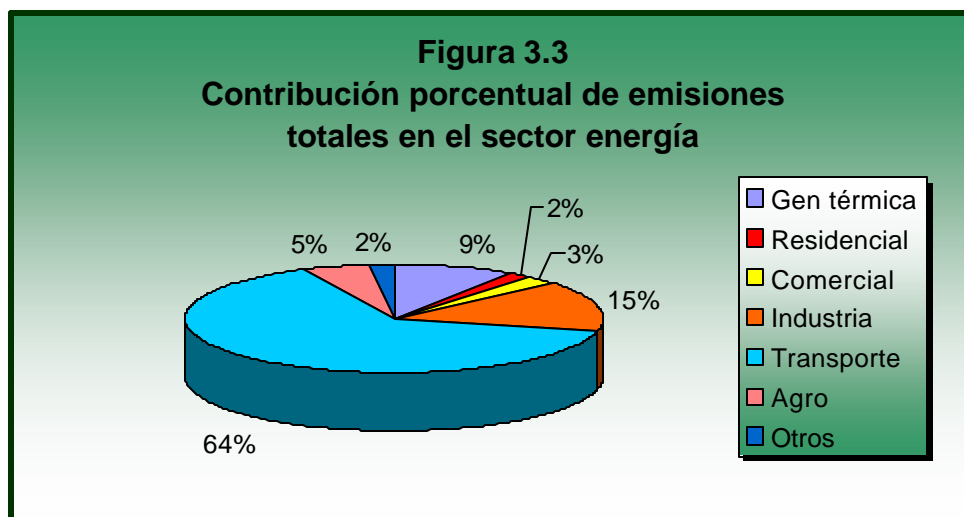
El sector agro abarca las emisiones generadas por el consumo de combustibles en equipo agrícola estacionario. El equipo móvil se contabilizó en el sector transporte. El consumo de combustibles en el agro se produce principalmente para generar fuerza motriz, calor y enfriamiento; en tanto que la iluminación se satisface con electricidad.

El sector otros se refiere casi exclusivamente a las emisiones producidas por el combustible consumido en la refinación de petróleo.

El consumo de combustibles fue tomado de la serie de balances energéticos anuales elaborados por la Dirección Sectorial de Energía (DSE, 1996) y los factores de emisión fueron obtenidos del Rapid Assesment of Sources of Air, Water & Land Pollution (OMS, 1994). Se utilizaron estos factores de emisión pues no se cuenta con datos específicos para los combustibles y equipos utilizados en Costa Rica.

Las emisiones totales del sector transporte correspondieron a 2.756,2 Gg, el sector industria es el segundo en importancia con emisiones de 636,5 Gg y el sector generación térmica con emisiones de 402,4 Gg. Los sectores residencial, comercial, agropecuario y otros producen las emisiones restantes.

La figura 3.3 muestra la distribución porcentual de las emisiones del sector energético.



En lo referente a emisiones de cada gas, el dióxido de carbono aportó un 96% de las emisiones de este sector, seguido por el monóxido de carbono con un 2%, y los demás gases aportaron un 2% de las emisiones.

La comparación entre ambos métodos empleados en el cálculo de las emisiones (método de referencia y el método por tecnologías) conlleva los siguientes resultados. En el total de emisiones la diferencia es nula, mientras que para cada uno de los gases la situación varía. En el caso del dióxido de carbono existe una diferencia de 3,8% entre ambos métodos, sin embargo, para los otros gases existen diferencias más amplias, así para el monóxido de carbono la diferencia es de un 57,5%, en los compuestos nitrogenados la diferencia es de un 20,9%, en hidrocarburos de un 37,8%, y en los óxidos de azufre de un 21,6%.

3.2 Procesos industriales

De los procesos industriales que se han considerado hasta ahora en el desarrollo de metodologías para la evaluación de emisiones de gases de efecto invernadero, se ha identificado a la producción de cemento como una de las fuentes más importantes por sus emisiones de CO₂.

Además, de la evaluación de emisiones de la producción de cemento, se estimaron los gases emitidos por la producción de cal, la utilización de carbonato sódico, la industria del vidrio, producción de ácido nítrico, producción de bebidas alcohólicas y alimentos y utilización de halocarburos.

Para 1996 de acuerdo a la producción y contenido de clínker en el cemento se estimó una emisión de CO₂ de 411,6 Gg (411.600 toneladas) y una emisión de SO₂ de 268.290 kilogramos (268,3 toneladas).

La emisión de CO₂ por producción de cal se estimó con base en la producción y el factor de emisión proporcionado por el IPCC, obteniéndose un total de 1,34 Gg de CO₂.

La utilización de carbonato sódico (Na₂CO₃) produjo emisiones de CO₂ por un valor de 4,16 Gg de CO₂ (4.160 toneladas) mientras que la pavimentación de carreteras generó 7,28 Gg de otros hidrocarburos volátiles producto del uso de 22.743 toneladas de asfalto.

Por su parte la industria de vidrio cuya producción ascendió a 61.684,4 toneladas en 1996 emitió 278 toneladas de hidrocarburos volátiles.

La producción de ácido nítrico asciende a 90.508 toneladas en 1996, generando 498 toneladas de óxido nitroso y 50 toneladas de óxidos de nitrógeno.

La producción de bebidas alcohólicas genera emisiones de hidrocarburos debido a la fermentación de las materias primas en el proceso. La producción de cerveza generó 38 toneladas de hidrocarburos mientras la producción de alcohol produjo 84 toneladas de emisiones de hidrocarburos volátiles.

El tostado de café emitió 9,5 toneladas de hidrocarburos volátiles, el procesamiento del azúcar contribuyó con 3.327 toneladas y la melaza 1.312 toneladas para un total de 4,64 Gg de hidrocarburos volátiles emitidos en el procesamiento de estos tres productos.

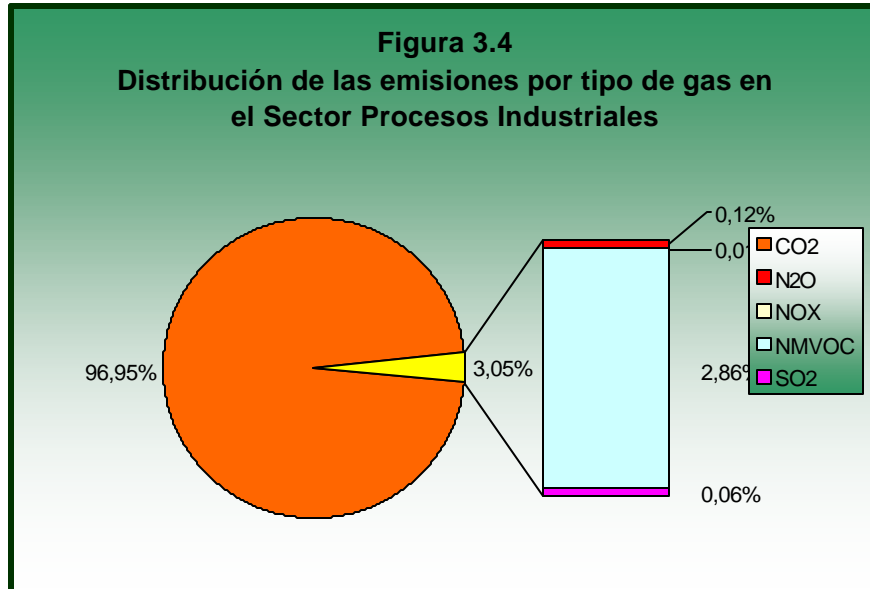
En 1996 Costa Rica importó un total de 724 toneladas de halocarburos, por lo que las emisiones potenciales de estos productos corresponden a esta misma cantidad de producto.

La metodología del IPCC suministra procedimientos y factores de emisión para otros procesos productivos, no obstante, algunos compuestos como el ácido adípico y el carburo de silicio y calcio, metales, amoníaco y otros químicos no son producidos o utilizados en Costa Rica.

La industria de la pulpa y papel en Costa Rica se realiza casi en su totalidad con papel de reciclaje (revistas, periódicos y otros) y una pequeña cantidad de pulpa virgen importada.

En pequeña escala (casi en forma artesanal) se confeccionan diversos tipos de papel provenientes de plantas no tradicionales, así por ejemplo se produce papel de banano (proveniente del raquis) y en algunas ocasiones se puede encontrar en el mercado otros tipos de papel a partir de otras plantas como son el tabaco y el café.

Las emisiones totales en este sector corresponden a 430,2 Gg, de las cuales las emisiones de CO₂ del proceso de producción de cemento totalizaron 411,6 Gg. En la figura 3.4 se puede observar la contribución de cada gas en este sector.



3.3 Agricultura

En el sector agrícola se presentan emisiones de diversas fuentes, producto tanto del manejo como de la combustión.

En el presente inventario se subdividió el sector agrícola en las siguientes secciones:

- ◆ Ganadería y animales domésticos
- ◆ Emisiones del cultivo de arroz inundado
- ◆ Quema prescrita de sabanas
- ◆ Quema en el campo de residuos agrícolas
- ◆ Suelos agrícolas

3.3.1 Ganadería y animales domésticos

En esta sección se incluye la emisión de metano debido a la fermentación entérica y manejo de estiércol.

Los animales rumiantes son los mayores productores de metano, por esta razón, en el caso del ganado bovino se realizó un estudio más detallado con el fin de obtener la cantidad de emisiones por fermentación entérica, con un nivel de incertidumbre menor y más apta a nuestras condiciones. Se calculó para cada estado fisiológico y por sistema de producción, la emisión de metano en función del consumo de alimento, la calidad de la dieta, el peso vivo, la ganancia de peso,

la producción de leche, el estado de crecimiento y la población animal de cada categoría.

Los resultados totales obtenidos para el año 1996, fue 119,74 Gg de metano por fermentación entérica y las emisiones por manejo de estiércol contabilizaron 2,01 Gg de metano lo que representó un total de 121,75 Gg (121.746 toneladas) de metano en esta sección.

3.3.2 Producción de arroz

La emisión de metano en el cultivo de arroz inundado se produce cuando la materia orgánica se descompone por la ausencia de oxígeno. La producción de arroz anegado en Costa Rica ha representado cerca del 20% del área total sembrada en los últimos años, que en 1996 fue de 17.544 hectáreas.

Para realizar una evaluación más aproximada a nuestra zona se llevó a cabo un estudio en el cultivo de arroz con el fin de determinar el factor de emisión de metano, cuyo resultado, bajo las condiciones de la zona, fue de 4,94 kg/ha, obteniéndose una emisión de metano de 10,4 Gg (10.400 toneladas).

3.3.3 Quema de pastizales y sabanas

En Costa Rica se presentan áreas de pastizales en la zona del Pacífico Seco. El crecimiento de los pastizales es controlado por la alternancia de las estaciones climáticas y es en la estación seca donde se despliegan algunos fuegos, tanto natural como provocados por el hombre.

En 1996 de acuerdo a la información de la evaluación de áreas quemadas obtenidas de las imágenes de satélite de 1996 se obtuvo un valor de 6.120 hectáreas quemadas, totalizando 49 toneladas de metano, 1.295 toneladas de CO y 22,6 toneladas de óxidos de nitrógeno.

3.3.4 Quema en el campo de residuos agrícolas

En las labores agrícolas generalmente se produce gran cantidad de desechos, lo que ocasiona la quema en el campo de estos residuos en cultivos como el maíz, el frijol, el sorgo y la caña de azúcar, entre otros.

En ciertos cultivos se utilizan los desechos en la generación de energía como es el caso de la cascarilla de café, bagazo, cascarilla de arroz y otros, mientras el mayor porcentaje se deja en el campo para su descomposición.

La quema en el campo de residuos agrícolas no se considera emisora de CO₂, pues se supone que éste se reabsorbe en el siguiente periodo de cultivo mientras las emisiones de otros gases sí se consideran emisiones netas.

La estimación se hizo para el maíz, arroz, frijol y caña de azúcar. El café y el banano no presentan combustión de desechos en el campo, el primero porque sus residuos son utilizados para generar energía y en el caso del banano, sus residuos no son quemados. Según los registros de la producción de sorgo, en 1996 no hubo cosecha.

Producto de la quema en el campo de residuos agrícolas se emitieron 0,5 Gg de metano, 10,51 Gg de CO, 0,012 Gg de N₂O y 0,445 Gg de NO_x.

3.3.5 Suelos agrícolas

Los suelos agrícolas pueden emitir o absorber gases como N₂O, CO₂ y metano. Las emisiones de N₂O se producen por la aplicación de fertilizantes sintéticos, manejo de estiércol y fijación biológica de nitrógeno del suelo.

Los resultados obtenidos muestran una emisión de 7,62 Gg, que representa un 4% del total de este sector.

3.4 Cambio de uso de la tierra y silvicultura

Los bosques son una de las fuentes principales de absorción de carbono debido a que las plantas, a través de la fotosíntesis, absorben dióxido de carbono y lo fijan en su estructura. No obstante, la acción del hombre hace que este carbono almacenado sea liberado a la atmósfera cuando se le cambia el uso al bosque.

En el sector uso de la tierra, se estimó la emisión o absorción de dióxido de carbono producidos en las siguientes prácticas de manejo del bosque.

- ◆ Cambios de biomasa en bosques y otros tipos de vegetación leñosa
- ◆ Conversión de bosques y praderas
- ◆ Abandono de tierras cultivadas

Además, se calculó la liberación inmediata de otros gases producto de la combustión de biomasa *in situ* de bosques talados.

3.4.1 Cambios de biomasa en bosques y en otros tipos de vegetación leñosa

En este subapartado se consideró la absorción de CO₂ en plantaciones forestales que resultan de la actividad humana.

Para la determinación del dióxido de carbono absorbido se siguió la metodología del IPCC, dentro de la cual se estima la cantidad de carbono fijado mediante el área de plantación y la tasa de crecimiento anual de cada especie.

El área de plantaciones forestales en 1996 se obtuvo de las estadísticas del Sistema Nacional de Áreas de Conservación y confirmada en el mapa de cobertura de la tierra. Las tasas de crecimiento anual para las diferentes especies se tomaron del manual de referencia del IPCC, las cuales de acuerdo a los expertos coinciden con los datos disponibles en el país.

La fracción de carbono de la biomasa seca fue tomada en 0,45, de acuerdo a dos estudios realizados en Costa Rica, específicamente en robledales y en plantaciones de melina, pochote y teca.

La biomasa extraída de las plantaciones en 1996 fue estimada en alrededor de 100.000 m³, lo que representa alrededor de 50.000 toneladas.

Todas las plantaciones sembradas se evaluaron pues las especies tienen un periodo de crecimiento mayor a 20 años permaneciendo en este proceso en el año 1996 o bien el área fue mantenida con nuevas plantaciones.

En el cuadro 3.5 se presentan los datos de área de plantación por especie y la absorción de CO₂ en estas áreas en el año 1996.

La fijación de dióxido de carbono en plantaciones en el año 1996 se estimó en 2.318,1 Gg.

Cuadro 3.5
Absorción de CO₂ en plantaciones forestales

Especie	Área plantada Kha	Absorción de CO₂ Gg
Melina	47,33	1.132,3
Eucalipto	9,70	232,2
Teca	14,62	193,0
Pino	4,27	81,0
Ciprés	4,91	81,0
Laurel	17,04	191,2
Pochote	20,33	228,1
Jaúl	1,66	21,9
Terminalia Ivorensis	2,48	51,2
Otras	16,83	188,8
Subtotal	139,17	2.400,6
Cosecha comercial	----	82,5
Total	----	2318,1

3.4.2 Conversión de bosques y praderas

La conversión de bosques y praderas a tierras de cultivo o pastos permanentes va acompañada de emisiones de gases tanto por la quema (in situ o combustible vegetal) como por la descomposición de la biomasa que queda en el sitio.

En Costa Rica se ha promovido, a partir de la década de los ochenta, una política de conservación y mejoramiento de los bosques. Así, de acuerdo a las estadísticas, las tasas de deforestación han disminuido fuertemente pasando de 50.000 hectáreas en la década de los setenta a 22.000 hectáreas en los ochenta.

Para la evaluación de las emisiones se dividió esta sección en las que se presentan por quema inmediata del bosque talado y las que se presentan por descomposición de la biomasa vegetal en los diez años anteriores al año de referencia.

En 1996, de acuerdo al estudio de cobertura forestal 1986 – 1997, se deforestaron en promedio 16.450 hectáreas anuales.

La biomasa por hectárea se consideró como de 155 t/ha, valor determinado en promedio para los diferentes tipos de bosque en Costa Rica y, considerando que se mantiene el mismo patrón de 1990 en el cual permanecen en pie alrededor de 15 a 20 árboles por hectárea, se estimó que después de la tala en el sitio persistía una cantidad de biomasa de 20 t/ha.

Con estas consideraciones se estimó que para las emisiones inmediatas, con un área deforestada de 16.450 hectáreas, la pérdida anual de biomasa es 2.222,4 kilotoneladas.

De este total, una parte de la biomasa se aprovechó como madera. Se consideró la misma extracción utilizada en el Inventario de 1990, cuyo valor es 30 ton/ha, tomando en consideración la tala autorizada y la ilegal.

La industrialización de la madera en Costa Rica aprovecha el 55% del volumen extraído, esto representa un valor de 271,4 kton mientras que 222 kton son residuos de aserrío que se queman. En la estimación de las emisiones por quema de biomasa se tomó una fracción de 0,45 de acuerdo a dos estudios realizados en determinación de la fracción de carbono.

Deduciendo de la biomasa que queda en el sitio, un 4% que se deja en forma de troncos o ramas para su posterior descomposición se obtuvo un total de 1.644,6 kton como la biomasa que se quema en el lugar de la corta. De esta forma, la cantidad total de biomasa que se quema se estimó en 1.866,6 kton y de acuerdo a este total, las emisiones de CO₂ contabilizaron 2.772,0 Gg.

Con respecto a la madera utilizada se supone que posteriormente se descompone y se produce una emisión de CO₂. Correspondiente al año 1996 se estimó una emisión de 271,4 kton de madera que emiten 447,8 Gg de CO₂.

La biomasa que decae en el sitio, se supuso que era un 4% de la biomasa total talada. Las emisiones por la descomposición de la biomasa se estimaron con base en el valor de 16.450 ha, dato promedio entre 1986 – 1996. El valor obtenido de biomasa que se descompuso en el sitio corresponde así a 88,9 kt ms, con una emisión de 146,7 Gg de CO₂.

Con estas consideraciones se estimó que las emisiones inmediatas en 1996, corresponden a 3.366,5 Gg.

Las emisiones de otros gases son calculadas de acuerdo a la biomasa que se quema en el sitio de la corta, obteniéndose las emisiones siguientes: 93,24 Gg de monóxido de carbono, 10,65 Gg de metano, 0,07 Gg de N₂O y 2,65 Gg de óxidos de nitrógeno.

3.4.3 Crecimiento en tierras abandonadas

El abandono de tierras conlleva a la acumulación de carbono y éstas pueden ser zonas cultivadas o pastizales.

La acumulación de carbono depende del tipo de bosque que empieza a crecer pues la tasa de regeneración disminuye con el tiempo. En el inventario se consideró un periodo de 20 años para evaluar la absorción de carbono.

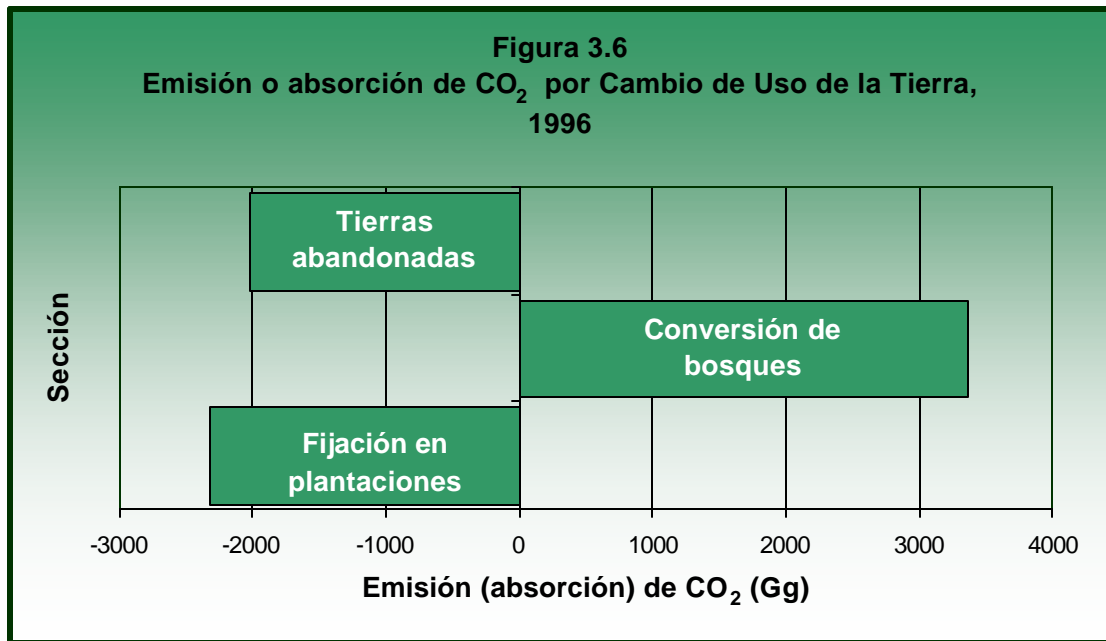
Para estimar la absorción de CO₂ en tierras abandonadas se consideró el promedio anual de éstas obtenido de la evaluación del mapa de cambio de cobertura 1979 –1990-92. La tasa de crecimiento se tomó en promedio de los valores obtenidos en los manuales del IPCC y la fracción de carbono en 0,45 de acuerdo a los estudios elaborados en Costa Rica.

La absorción de CO₂ en bosque secundario correspondió a 2.019,6 Gg.

En la figura 3.6 se puede apreciar la emisión o absorción obtenidas por plantaciones forestales, tala de bosques y regeneración natural.

Los resultados globales presentan una absorción neta de CO₂ en todo el sector correspondiente a 971,2 Gg¹.

¹ Si se presenta como año base 1990 para el inicio de las actividades antropogénicas, los resultados serían aproximadamente los siguientes: plantaciones forestales –1.513,5 Gg, conversión de bosques 3.366,5 Gg y crecimiento en tierras abandonadas -712,8 Gg por lo que el valor neto de CO₂ correspondería a 1.140,0 Gg mientras la emisión de otros gases permanece igual, pues proviene de la quema de bosques en el año del inventario.



3.5 Manejo de desechos

Las emisiones por tratamiento de desechos generados tanto en las actividades industriales como municipales fueron analizadas en dos secciones: rellenos sanitarios y aguas residuales.

3.5.1 Rellenos Sanitarios

Costa Rica cuenta con estadísticas de deposición de desechos sólidos en rellenos sanitarios por lo que este valor fue utilizado en la evaluación de emisiones, estos desechos contienen un 80% de material biodegradable, estimándose las emisiones de acuerdo a su cantidad total.

El metano producido no es recuperado ni se considera la presencia de oxidación de metano en valores apreciables siendo emitido a la atmósfera en su totalidad. El valor de emisión de metano en 1996 fue 37,3 Gg.

3.5.2 Aguas residuales

Para la estimación de las emisiones a partir de las aguas residuales, éstas se dividieron en dos áreas:

- ◆ Aguas residuales domésticas y comerciales
- ◆ Efluentes industriales

El volumen de aguas residuales domésticas se calculó con base en la población de áreas urbanas donde éstas son descargadas en los ríos, en la población rural donde en la mayoría de los casos se utilizan fosas abiertas o sépticas y en el caso especial de la zona de Puntarenas donde existe una planta de tratamiento de aguas negras, por lo que se consideró que en las aguas descargadas a los ríos la emisión de metano es despreciable al igual que en el caso de fosas abiertas.

Los resultados obtenidos fueron de 0,595 Gg de metano.

En lo referente a aguas industriales, las principales empresas en Costa Rica son procesadoras de alimentos.

Se evaluó las emisiones de metano generadas en plantas procesadoras de fertilizantes, cerveza, alcohol, productos cárnicos, procesamiento de pollo, azúcar, melaza, aceites y grasas, café y papel, obteniendo un total de 3,55 Gg de metano.

Las emisiones por manejo de desechos ascendieron a 41,4 Gg de metano que corresponden a 90% por rellenos sanitarios y 10% por manejo de aguas residuales.

3.6 Potenciales de calentamiento

Con el fin de evaluar la emisión relativa de gases, se estimaron los potenciales de calentamiento para horizontes temporales de 20 y 100 años. En los cuadros 3.6 y 3.7 se presentan los resultados de esta estimación.

Como se puede apreciar en el cuadro 3.6, el sector agrícola y el sector de manejo de desechos se vuelven muy importantes cuando se estiman las emisiones en equivalentes de CO₂ debido al alto potencial de calentamiento del metano con respecto a este gas.

Cuadro 3.6
Emisión relativa de gases de efecto invernadero con respecto a su potencial calentamiento global, para un horizonte de 20 años
Año referencia 1996

Gas	Emisión Gg	PCG Horizonte 20 años	Total relativo	Contribución relativa %
CO ₂	3.583,5	1	3.583,5	21,6
CH ₄	185,8	56	10.404,8	62,7
N ₂ O	7,4	280	2.072,0	12,5
HFC	0,724	746	540,1	3,2

Cuadro 3.7
Emisión relativa de gases de efecto invernadero con respecto a su potencial calentamiento global, para un horizonte de 100 años
Año referencia 1996

Gas	Emisión Gg	PCG Horizonte 100 años	Total relativo	Contribución relativa %
CO ₂	3.583,5	1	3.583,5	35,9
CH ₄	185,8	21	3.901,8	39,1
N ₂ O	7,4	310	2.294,0	22,9
HFC	0,724	293	212,1	2,1

CAPITULO 4: VULNERABILIDAD ANTE EL CAMBIO CLIMATICO



CAPITULO 4. VULNERABILIDAD ANTE EL CAMBIO CLIMATICO

La deforestación, la utilización de combustibles fósiles, la refrigeración de ambientes y las mismas prácticas agrícolas han aumentado la concentración de gases de efecto invernadero. Cada vez son más los científicos que sostienen que las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases a la atmósfera como: metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x), componentes orgánicos volátiles diferentes al metano, los clorofluorocarbonos (CFC) están provocando un cambio en el conjunto de condiciones atmosféricas. Estos últimos compuestos (CFC's) no solo atrapan el calor, sino que también destruyen la capa estratosférica de ozono de la Tierra.

En la pasada centuria la temperatura de la Tierra se incrementó entre 0,3 y 0,6°C. Aunque unos cuantos grados de más no parezcan ser motivo de gran preocupación, una ligera alteración del clima planetario puede resultar catastrófica, razón por la cual, si las condiciones de emisiones de gases con efecto invernadero se mantienen, los estudios realizados por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), prevén que el calentamiento global tendrá un impacto negativo en los seres que habitan el planeta, incidiendo en áreas como la salud, la agricultura, la disponibilidad de alimentos, el recurso agua, suelo, los recursos forestales, la biodiversidad, los recursos costeros, la infraestructura, etc.

Existen áreas más vulnerables a un cambio de los patrones ambientales. La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC), firmada en 1992 durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) en Río de Janeiro, estipuló la importancia de realizar proyectos de investigación sobre Vulnerabilidad al Cambio Climático y de Aplicación Conjunta.

Costa Rica se ha comprometido tanto en el ámbito nacional como internacional a establecer programas nacionales y regionales orientados a asegurar la conservación de la calidad del aire y del ambiente, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y al establecimiento de medidas para facilitar la adopción adecuada ante el cambio climático.

Para determinar los impactos probables y establecer las posibles medidas de mitigación y/o adaptación, el Ministerio de Ambiente y Energía, a través del Instituto Meteorológico Nacional, ha realizado estudios en cuatro sectores específicos: recursos hídricos, zonas costeras, agricultura y ecosistemas forestales.

Debido a que los conocimientos actuales no permiten realizar predicciones confiables acerca de las condiciones climáticas futuras, el análisis de estos sectores contempló la elaboración de escenarios climáticos a futuro.

4.1 Escenarios climáticos

Introducción

Este capítulo sobre escenarios climáticos para Costa Rica, describe los posibles cambios futuros que se presentarían en los parámetros climatológicos más importantes, la temperatura del aire, la precipitación y la nubosidad.

El comportamiento que podría tener el sistema climático, se puede estimar a través del análisis de resultados de modelos que simulan el comportamiento del clima actual y futuro. Los resultados así generados pueden ser incorporados a modelos sectoriales (agrícolas, recursos hídricos, sistemas forestales), con la finalidad de valorar los posibles impactos del cambio climático y así determinar la vulnerabilidad de cada sector.

Metodología

Los datos sobre el clima de las estaciones meteorológicas representativas de Costa Rica, se compararon con los resultados de los siguientes siete modelos de circulación general: Canadian Climate Center Model (CCCM), United Kingdom Meteorological Office Model (UKMO), United Kingdom Office Model run 1989 (UK89), Goddard Institute for Space Studies (GISS), Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL), Hadley Centre Models (HADCMGHG y HADCMGHS).

Los modelos del Centro Hadley mostraron la mejor concordancia con los datos de medición de los últimos años. Una vez realizada la calibración de éstos, se incorporaron los resultados a los modelos MAGICC y SCENGEN, los cuales fueron desarrollados en la Universidad de East Anglia del Reino Unido en coordinación con el Centro Hadley.

El modelo MAGICC permite variar algunos de los parámetros como: el forzamiento radiativo que producen los gases de efecto invernadero, producto de cambios en el uso de la tierra y el efecto de la fertilización por CO₂, el forzamiento de los aerosoles, la sensibilidad climática y la tasa de surgencia.

El modelo SCENGEN utiliza como datos de entrada, los resultados de los escenarios de emisiones generados por el modelo MAGICC, y permite explorar los resultados de diferentes experimentos de modelos simples y globales, para construir rangos de futuros escenarios de cambio climático.

Con fundamento en esta metodología se procedió a desarrollar el escenario climático a futuro, para lo cual se utilizaron tres escenarios de incremento de la concentración de gases de efecto invernadero, estos escenarios se conocen como IS-92a, IS-92c, e IS-92d en la nomenclatura del IPCC, los cuales, en forma general, se consideran como optimista, pesimista y moderado, respectivamente.

Con base en estos escenarios, se realizó un análisis climático para Costa Rica en cuatro grandes regiones (Fig.4.1.1), y se estimaron las condiciones climáticas para los horizontes de tiempo: 2010, 2030, 2070 y 2100.

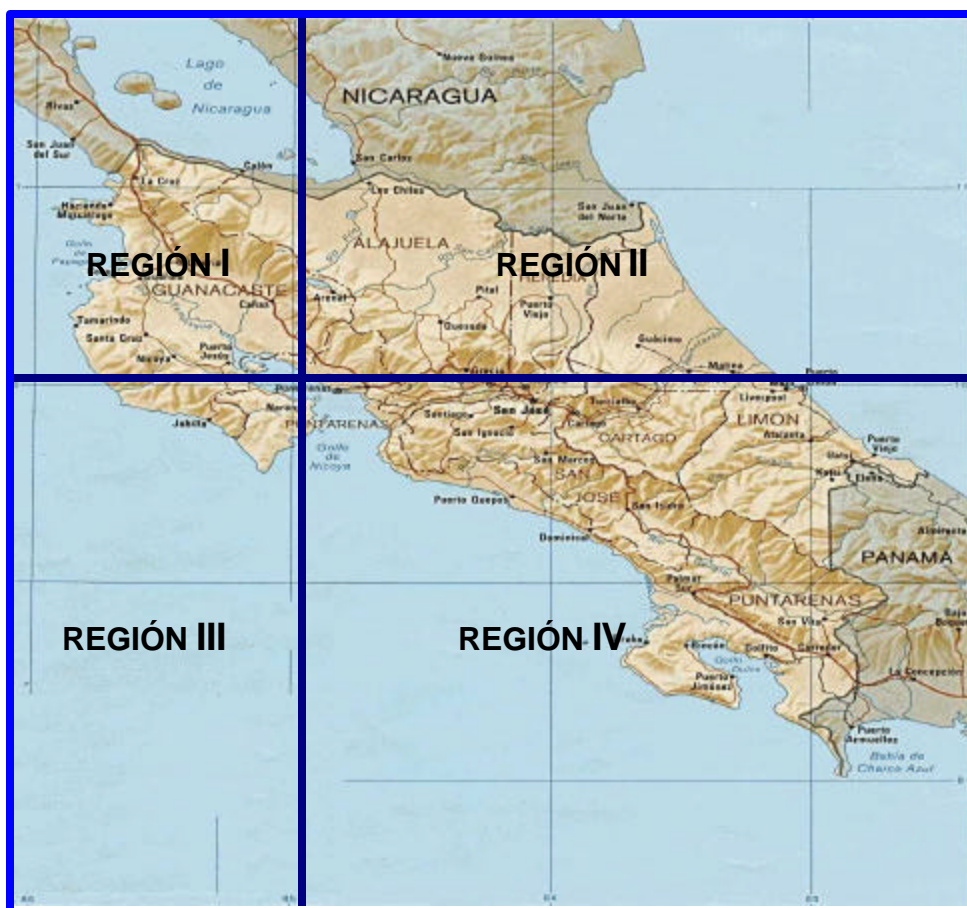


Figura 4.1.1. Regiones de estudio para Costa Rica de acuerdo con el modelo SCENGEN.

Resultados

El análisis se desarrolla para las regiones I, II y IV, ya que para la región III el modelo SCENGEN no presenta resultados, posiblemente por ser demasiado pequeña para la resolución que maneja el paquete.

Los resultados obtenidos para el año 2100 son los siguientes:

En la región I, los mayores incrementos de temperatura con respecto al promedio se presentan en los meses de mayo y junio (hasta +3,8°C). La precipitación disminuye con respecto al promedio en la región durante el periodo de diciembre hasta abril, presentándose un máximo en marzo (-63%). La nubosidad disminuye en los meses de julio y agosto (-20%), así como en el mes de febrero (-23%), aumentando en el mes de marzo (+18%).

En la región II, los mayores incrementos de temperatura se presentan en los meses de mayo hasta junio y desde diciembre a enero, alcanzando los +3,2°C. Mientras tanto, la precipitación disminuye en la época más seca del año (abril), hasta en un -49%. La cobertura nubosa disminuye en los meses de noviembre y diciembre (-26%), así como en julio (-21%), y aumenta en marzo y abril (+14%).

En la región IV, los mayores incrementos de temperatura se presentan en el mes de mayo, alcanzando valores de hasta +3,5°C. La precipitación disminuye en los primeros meses del año, hasta en un -46% en marzo. La cobertura nubosa presenta su mayor disminución en el periodo entre setiembre y diciembre.

De acuerdo con la información que se resume en el cuadro 4.1.1, se puede observar que el ritmo de crecimiento mundial de las emisiones de gases de efecto invernadero, la población y la economía, causarán un impacto directo en el clima mundial. Se puede inferir que a pesar de las medidas que plantean los escenarios en cuanto al control y reducción de emisiones, el cambio climático afectará las actividades humanas y los recursos a escala mundial, regional y local. Los resultados también permiten deducir que el mayor incremento en la temperatura se presentará en los meses de mayo y junio. La precipitación presenta disminuciones mayores durante los primeros meses del año, particularmente en la región I. La nubosidad disminuye en febrero y los meses de la segunda mitad del año. Aumenta en marzo y abril únicamente en las regiones I y II.

Todo parece indicar que la región I sería la más afectada. De acuerdo a los análisis de distribución de la precipitación, la región I presentaría la mayor disminución de la precipitación durante la época seca, lo que significaría un periodo seco aún más crítico. Esto posiblemente debido a que el aporte que las brisas marinas dan a la formación de precipitación durante esta estación, se vería reducido por un aumento en la velocidad del viento alisio, produciendo un aumento del derrame de la nubosidad en marzo y abril.

Cuadro 4.1.1
Rangos de cambio en la temperatura, precipitación y cobertura nubosa promedio mensual de acuerdo a los escenarios climáticos y regiones analizadas, año 2100

Escenarios	Región I			Región II			Región IV		
	T	P	N	T	P	N	T	P	N
IS92a	0,6 a 3,8	-3,3 a -63,4	17,8 a -22,9	0,5 a 3,2	-4,4 a -8,8	14,5 a -23,9	0,6 a 3,5	-0,4 a -46,3	-0,5 a -23,8
IS92b	0,5 a 2,0	-3,0 a -34,1	9,6 a -12,4	0,5 a 1,7	-4,0 a -26,3	7,8 a -11,2	0,5 a 1,9	-0,4 a -25,0	-0,5 a -12,8
IS92d	0,5 a 2,5	-3,0 a -42,2	11,8 a -15,3	0,5 a 2,1	-4,0 a -32,5	9,7 a -17,3	0,5 a 2,3	-0,4 a -30,8	-0,5 a -15,8

T: Temperatura (°C) P: Precipitación (%) N: Nubosidad (%)

Conclusiones

Se puede concluir que este estudio utilizó los principales modelos disponibles para generar escenarios climáticos. El proceso de calibración permitió que los resultados sean consistentes con la climatología desarrollada por el Instituto Meteorológico Nacional. No obstante, se debe poner énfasis en el hecho de que los escenarios climáticos son muy inciertos e imprecisos. Los amplios rangos de las estimaciones no permiten el análisis de las incertidumbres, pero sí reflejan la sensibilidad de los modelos a un grupo de datos.

4.2 Vulnerabilidad de los recursos hídricos

Introducción

Según los estudios científicos, ante un cambio climático, las sequías pueden prolongarse en algunas regiones y las lluvias intensificarse en otras. El grado de vulnerabilidad de los recursos hídricos ante un cambio climático se refleja en las cuencas hidrográficas, razón por la cual, el estudio de vulnerabilidad de los recursos hídricos se enfocó en analizar la respuesta de cuencas hidrográficas críticas para el desarrollo económico y social de Costa Rica ante diferentes escenarios climáticos que representen un calentamiento global.

Metodología

Se seleccionaron las cuencas de tres de los más importantes ríos del país: río Reventazón, río Grande de Térraba y río Grande de Tárcoles y se concluyó que presentan gran potencial de generación hidroeléctrica y a la vez son fuente de abastecimiento de agua potable de diferentes comunidades del país, representando el 44% y el 40% de la energía bruta nacional. Es importante resaltar que la cuenca del río Grande de Térraba tiene un potencial de 2.607 GWh/año y que las de los ríos Reventazón y Grande de Tárcoles cuentan con importantes obras de infraestructura hidroeléctrica como los planteles de Cachí, Río Macho, La Garita y Angostura.

El análisis de vulnerabilidad se desarrolló en tres fases condicionales: manejo de información hidrológica básica, calibración y validación del modelo hidrológico CLIRUN3 y un estudio de vulnerabilidad ante cambios en precipitación y temperatura como resultado de un calentamiento global. El modelo CLIRUN3 es un modelo paramétrico de balance hídrico, el cual puede ser implementado a nivel mensual o anual.

Para calibrarlo se utilizó información básica de escurrimiento superficial, temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial, mientras que la generación de los escenarios climáticos se definió en función de la vertiente en

la cual la cuenca se encuentra localizada y a partir de la combinación de escenarios sinópticos y circulación general. Con base en el estudio de escenarios climáticos, se estimaron cambios promedios en la temperatura entre 1°C y 2°C y cambios en la precipitación de $\pm 15\%$ para la Vertiente del Pacífico y $\pm 10\%$ para la Vertiente del Atlántico.

Resultados

Los resultados generados a partir de los escenarios de cambio climático muestran variaciones importantes de escorrentía para las cuencas de los ríos Reventazón, Grande de Tárcoles y Grande de Térraba, dándose las mayores variaciones durante la época de transición entre verano e invierno. Se observan incrementos en escorrentía entre un 23,8 y un 75,5% cuando se consideran incrementos de 10 y 15% de precipitación. Las reducciones en la escorrentía se cuantifican entre el 5 y el 29%. El modelo muestra mayor sensibilidad durante la época lluviosa, estimándose la mayoría de los cambios durante los meses de mayor precipitación.

De acuerdo a este estudio las alteraciones en el ciclo hidrológico podrían modificar la intensidad, volumen, duración y distribución de la precipitación. Las tormentas e inundaciones pudieran agravarse y los huracanes ser fenómenos más dañinos, esto afectaría el régimen de la escorrentía, erosión y arrastre de sedimentos, acentuando los problemas por inundaciones. Los impactos también se reflejarían en la infraestructura vial, hidroeléctrica, de sistemas de riego, acueductos y alcantarillados, todo esto podría tener severas implicaciones en el entorno urbano.

Por otra parte, la elevación de la temperatura y los cambios en las precipitaciones podrían prolongar las sequías y disminuir los caudales, esto afectaría la generación hidroeléctrica e implicaría un aumento en el uso de la generación térmica, lo cual tendría repercusiones económicas y de salud, debido a un aumento en la importación de combustible fósil y la mayor contaminación del aire. Podría esperarse un incremento en el costo de la vida por utilización de opciones tecnológicas más caras y mayores costos de operación. Los mantos acuíferos tendrían serias implicaciones para el abastecimiento en cantidad y calidad del agua potable, debido a salinización e infiltración de aguas contaminadas en los flujos base.

El calentamiento mundial pudiera asimismo extender el campo de acción de insectos transmisores de enfermedades tropicales como la malaria y el dengue, y debido a los cambios en el régimen de precipitaciones podrían aumentar las enfermedades transmitidas a través del agua, como los parásitos.

Conclusiones

Ante las condiciones de cambio climático, el manejo de las cuencas dentro de un marco de sostenibilidad presenta un aspecto crítico. Dentro de las

políticas de mitigación, es recomendable que exista un marco de control de la deforestación en las cuencas, este control puede lograrse mediante un apoyo directo a aquellas instituciones involucradas en la protección del bosque, un manejo sostenible del uso de la tierra en estas cuencas y el establecimiento de políticas de ordenamiento, todos estos aspectos son claves para confrontar los efectos del cambio climático.

Por otra parte, el gobierno debería educar y concienciar a la población en general, por los diferentes medios de comunicación, sobre las causas y los efectos del cambio climático. Fomentar el uso adecuado del recurso hídrico y establecer una autoridad nacional rectora de éste, que vele por la conservación, asignación y priorización de este recurso.

4.3 Vulnerabilidad de los recursos costeros

Introducción

Costa Rica tiene más de 1.100 km de línea de costa en el Océano Pacífico y más de 200 km en el Mar Caribe. Estas costas, como todas las de América Central, son de reciente emergencia (periodo Cuaternario), es decir, están en una etapa juvenil de desarrollo. Esta circunstancia, así como la proximidad de una alta cadena montañosa paralela, la presencia de múltiples coladas de lava y plegamientos perpendiculares a la línea de costa y una alta precipitación, han causado una gran variabilidad morfológica y ambiental. Los acantilados son escasos, razón por lo cual, predominan las playas de gran riqueza paisajística y recreativa. En el interior de los golfos o en los estuarios principales, la costa ha sido ampliada por la vegetación (los manglares), en donde se desarrollan los ricos ecosistemas característicos, refugio de los estados juveniles de especies de gran valor para la pesca de plataforma.

Un ascenso significativo del nivel del mar, además de hacer inhabitable gran parte de las ciudades de Puntarenas, Quepos y Golfito, en el Pacífico, y de afectar drásticamente la capacidad de las instalaciones portuarias actuales, provocaría grandes conflictos por la tenencia de la tierra en la franja próxima a las playas y ecosistemas costeros, lo que conduciría a un desarrollo no sostenible en el país. Para el adecuado ordenamiento de esta franja costera existe una legislación especial llamada Ley de la Zona Marítimo Terrestre. La zona afectada por esta ley se define tomando como referencia la traza del *Nivel Medio de Pleamares* (estado más alto de la marea).

Hasta el momento, en el ámbito político-administrativo nacional hay poca conciencia sobre la vulnerabilidad de la costa ante el desarrollo de la población y uso de la tierra. Falta conciencia sobre el impacto que tendrá un cambio climático global que implique un levantamiento del nivel del mar en las próximas décadas. Sin embargo, los expertos científicos y técnicos ya están analizando el tema.

El aumento en la temperatura media global, que según todos los indicadores está ocurriendo, provocará una elevación del nivel de los océanos que, de acuerdo a los pronósticos será de 0,30 m (escenario optimista) a 1,0 m (escenario pesimista) en los próximos 100 años. Los tipos de costa predominantes en el país, playas en el frente de llanuras aluviales y marismas, son los más vulnerables ante un ascenso del nivel del mar. En los primeros el ascenso implica una *transgresión* (retroceso) de la línea costera hasta una nueva posición de equilibrio; en las segundas, implica una ampliación de las áreas sujetas a *inundación mareal*.

Las zonas bajas con un fuerte desarrollo podrían experimentar cambios, limitaciones y daños solo solventables a un elevado costo económico y social. Dado que el proceso de cambio aparentemente será lento en comparación con la actividad humana, aún es posible planificar el desarrollo tomando en consideración esos cambios naturales y los cambios pronosticados por el acelerado incremento en el nivel del mar, como un componente importante para así, minimizar los posibles perjuicios sobre la inversión financiera, de infraestructura y sustentabilidad del desarrollo.

Con el objetivo de determinar algunos métodos apropiados para identificar los principales problemas económicos, sociales y ecológicos que generan la ocupación, el desarrollo y la complejidad geográfica de la zona costera, se ha creído conveniente estudiar una región costera piloto que, en un espacio poco extenso, reúna la variabilidad ambiental y cultural necesaria para tipificar los problemas que podrían encontrarse en otras costas del país.

Metodología

La región propuesta se ubica en la costa del Pacífico de Costa Rica, en el interior del Golfo de Nicoya, entre Punta Morales (Lat. 10° 04'N, Long. 84° 58'W) y Punta Mala de Tárcoles (Lat. 9° 45'N, Long. 84° 37'W). Administrativamente, es una subregión de la región Pacífico Central, provincia de Puntarenas, municipios de Puntarenas, Esparza y Garabito.

La región en estudio ha sido dividida en ocho unidades de análisis con base en su homogeneidad morfológica y, en cierta medida, funcionalidad geográfica. Cada una de estas unidades fue estudiada mediante reconocimiento aéreo, terrestre y fotointerpretación. Estos reconocimientos se complementaron con el estudio de los valores de elevación de *los hitos de nivelación (hitos de cota fija o "bench marks")* establecidos por el Instituto Geográfico de Costa Rica y de algunos levantamientos topográficos de la ciudad de Puntarenas realizados por la Dirección General de Obras Portuarias (Anexo D). Todos estos levantamientos son anteriores a 1995. Aunque la mayoría de los *hitos* son "irrecuperables" sobre el terreno, su valor de nivelación y la descripción de su ubicación (todos los hitos de nivelación de primero a tercer orden, colocados por el IGN obligatoriamente, tienen una detallada descripción para su futura recuperación), permiten conocer, con un alto grado de precisión para los efectos de este estudio, el nivel del suelo en el área cercana, referido al datum IGN.

Las estimaciones de la transgresión e inundación han sido graficadas sobre las fotografías aéreas que, por carencia de mapas a una escala apropiada, se utilizaron como base cartográfica. Para ubicar espacialmente cada uno de los fotogramas, su centro ha sido localizado en las correspondientes hojas topográficas del Mapa Básico de Costa Rica en escala 1:50.000. Mediante la distancia entre centros de dos fotogramas sucesivos se ha estimado su escala aproximada.

En cada fotograma (figura 4.3.2), se encuentran trazadas, en tres diferentes colores, los tres límites de inundación o transgresión en estudio: en amarillo está la posición actual estimada de la traza del *nivel de pleamares de sicigias* (HWsL), en azul, la posición si ese nivel subiera 0,3 m y en rojo si subiera 1,0 m. Para estimar la posición de estas trazas se hizo un estudio de los pares estereoscópicos de cada fotograma para visualizar irregularidades medianas y mayores del terreno (diferencias de nivel del orden de los cinco metros con gradientes del orden de 5% en no más de 200 m). En donde existían valores de hitos de nivelación ubicables mediante su descripción, estas trazas se conciliaron con esos valores. Como estos órdenes de precisión son muy bajos para las diferencias de nivel requeridas, el análisis estereoscópico debió ser complementado con el reconocimiento del terreno *in situ* y con vídeo aéreo, tal y como se expuso en la introducción. El procedimiento demanda una comprobación de campo por métodos topográficos tradicionales o por GPS bien controlado, en por lo menos cuatro puntos selectos por unidad, pero la disponibilidad financiera no lo ha permitido. Esta comprobación es necesaria para validar apropiadamente las estimaciones que aparecen en los fotogramas.

El límite hacia el mar ha sido establecido considerando la profundidad en donde las olas típicas de viento entran a aguas someras y las aguas son aún navegables, es decir, la zona en donde los procesos de depósito y remoción de sedimentos son apreciables en una escala anual. El límite hacia tierra se ha definido como el nivel al que, aunque no llegue la influencia directa de las aguas marinas, el uso de la tierra pueda estar estrechamente vinculado a la proximidad de la orilla.

Seleccionada el área, el proyecto se ha propuesto idear y probar en ella indicadores para cuantificar la vulnerabilidad y sustentabilidad de la zona costera sometida a tensiones por uso y por un previsto cambio del nivel del mar, originado en un cambio climático global.

Para identificar los problemas potenciales que podrían ser causados por este eventual cambio del nivel del mar, es fundamental la determinación de las áreas geográficas que, desde un punto de vista meramente físico, serían directamente afectadas por las subsecuentes transgresión e inundación. Con base en esta información es posible entonces elaborar un inventario de los recursos actuales dentro del área de riesgo y evaluar su vulnerabilidad. Para estimar los efectos que tendría sobre las playas de la región en estudio la elevación del nivel del mar en un proceso de largo tiempo (secular), se levantaron los perfiles de cinco de ellas y se les aplicó la llamada *regla de Brunn*.

La *regla de Brunn* es un modelo geométrico simple, aplicado para estimar el retroceso de la línea costera al subir el nivel del mar. Al aplicarlo se supone que, a un largo plazo, el material removido de las playas se deposita en la zona litoral inmediata hacia el mar hasta compensar la elevación del nivel con una igual elevación del fondo, de tal forma que la profundidad original se mantiene (figura 4.3.1). Consecuentemente, la forma del perfil activo no cambia, sino que tan solo se traslada a un nivel superior y tierra adentro una distancia que depende de las características del perfil activo. Esta distancia es la transgresión (R).

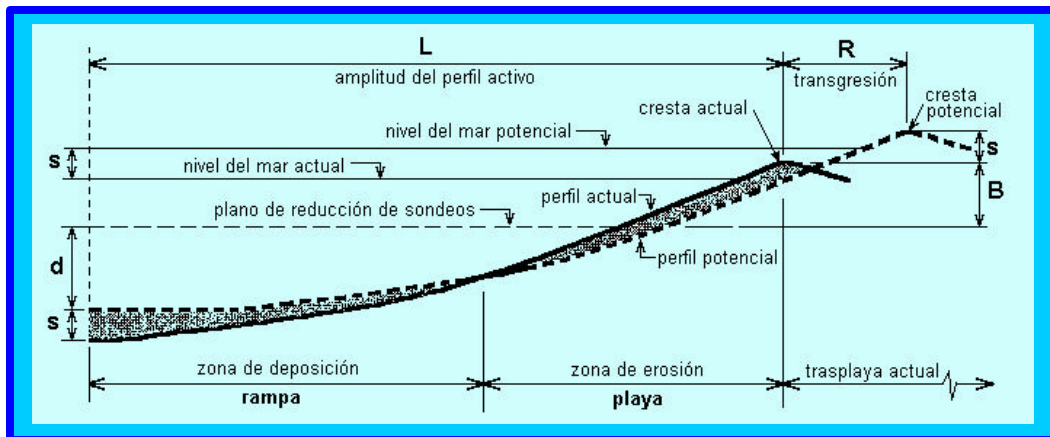


Figura 4.3.1. Perfil activo de una playa en retroceso.

El perfil costero en donde ocurren estos cambios que abarca la trasplaya, anteplaya y *plataforma litoral*, es el que se denomina *perfil activo* (L). El sector afectado por la erosión es llamado *la playa* y el sector de deposición es llamado *la rampa*. La profundidad hasta donde alcanzan, litoral afuera, los sedimentos removidos de la playa es llamada *profundidad de cierre*.

Resultados

En el presente estudio se hace una caracterización de la región seleccionada desde el punto de vista de los procesos litorales y se delimitan las áreas geográficas que serían directamente afectadas por la transgresión o la inundación (Fig. 4.3.2). Esta delimitación se ha hecho mediante técnicas de recolección, procesamiento y archivo de información.

Con base en la información cartográfica, fotográfica, geomorfológica y el análisis de videos aéreos se ha hecho una clasificación del frente costero de acuerdo con su vulnerabilidad ante la acción de las olas o de los cambios del nivel del mar, y se han estimado los límites de la transgresión y de la inundación según las condiciones propuestas.



Figura 4.3.2. Puntarenas, línea de pleamar con un incremento de 30 y 100 cm, un ejemplo del área de estudio.

En el sector de Puntarenas, en la eventualidad de un ascenso del nivel de pleamares de 0,3 m, el agua penetraría unos 150 m hacia el norte, desde el borde del canal de Fertica y, hacia el sur, desde el borde del manglar que se encuentra al norte. En total la inundación mareal afectaría unas 105 ha, lo que constituye un 60% del sector residencial actual de este suburbio puntarenense.

Si el ascenso es de 1,0 m, el agua en pleamar penetraría en promedio 500 m desde las orillas mencionadas anteriormente e inundaría unas 300 ha que actualmente están secas, lo que constituye un 90% del sector residencial actual. En la zona de la desembocadura del río Barranca, que es una planicie muy horizontal, en el primer escenario (incremento del nivel del mar de 0,3 m), el pequeño marjal que se encuentra allí se ampliaría, en promedio, unos 70 m desde sus orillas actuales, abarcando la inundación unas 12 ha adicionales. En el caso del segundo escenario (ascenso de 1,0 m), se ampliaría unos 250 m más y cubriría 41 ha de los terrenos adyacentes al marjal actual.

Conclusiones

El aumento en la temperatura media global ocasionaría una elevación del nivel de los océanos que, de acuerdo con los pronósticos, será de 30 cm (escenario optimista) a 1,0 m (escenario pesimista) en los próximos 100 años.

En Costa Rica, este cambio en el nivel del mar provocará *transgresiones* en la línea costera actual, la cual comprende 1.300 km y la ampliación de las áreas sujetas a *inundación mareal*. Los tipos de costa predominantes en el país son: playas en el frente de llanuras aluviales y marismas estuarinos son las más vulnerables ante un ascenso del nivel del mar. En las primeras, el ascenso

implica un retroceso de la línea costera (transgresión) a posiciones en donde encuentre un nuevo perfil de equilibrio. En las segundas, las áreas sujetas a inundación mareal se ampliarán sensiblemente.

Dentro de las recomendaciones generales están:

- ◆ No construir en el rango de los 200 m de los manglares.
- ◆ Elevar los diques de los estanques según los nuevos niveles mareales.
- ◆ Los desarrollos futuros deben estar más allá de los 600 m de la costa.
- ◆ Reducir ciertas áreas de cultivo y pastoreo y compensar esto con la explotación intensiva de los restantes.
- ◆ Buscar mecanismos para mantener una zona restringida de amortiguamiento entre las áreas explotadas y las de conservación.
- ◆ Evitar desarrollos en las áreas susceptibles de inundación.
- ◆ Estimular los desarrollos a mediano y largo plazos y elaborar un plan regulador que considere la reubicación de las zonas residenciales a áreas de mayor altitud.
- ◆ Mantener un control efectivo de las variaciones del nivel del mar en las áreas de riesgo.
- ◆ Lograr una estrategia efectiva de apropiación en cuanto a la información de este reporte por parte de todos los actores sociales.

4.4 Vulnerabilidad de la agricultura

Introducción

La Secretaría Ejecutiva de Planificación del Sector Agropecuario (SEPSA) determinó que en 1992 un 42% de la población laboral regional (80.580) se dedicaba a actividades agrícolas, por lo que los cambios en el clima de una región aumentarían la posibilidad de que eventualmente se produzcan severas transformaciones en los rendimientos agrícolas, con el consecuente problema socioeconómico para la comunidad en general.

Metodología

El Instituto Meteorológico Nacional ha llevado a cabo estudios de vulnerabilidad en cuatro tipos de cultivos en diferentes zonas del país: arroz en el Pacífico Norte, frijol en la Zona Norte, papa y café en la Región Central.

El arroz es uno de los principales productos alimenticios en el mundo. En Costa Rica la mayor producción de este cultivo se ubica en el Pacífico Norte.

El cultivo de frijol es una actividad agrícola tradicional de gran importancia socioeconómica, puesto que esta leguminosa es la de mayor consumo en el país, siendo la región norte la mayor productora, dadas sus condiciones climáticas, edafológicas y sociales.

La producción de papa se concentra en la zona de Cartago, región central del país y es el tercer producto de importancia por consumo.

El cultivo de café es la actividad de mayor importancia socioeconómica aportando el 20% del PIB y contribuyendo a la creación de empleo. La región central del país concentra la mayor producción de café.

El objetivo de estos estudios ha sido el simular con modelos agrícolas la respuesta de los cultivos ante diferentes escenarios climáticos que representen características del calentamiento global, con el propósito de que el análisis permita revelar y cuantificar la sensibilidad de los cultivos ante diferentes elementos del clima.

Si bien no es posible delimitar la acción independiente de cada uno de los parámetros climatológicos sobre el proceso vital de los cultivos, debido a que las plantas reaccionan a las interacciones de los elementos climáticos con los biológicos, los diferentes comportamientos se pueden analizar cuando actúan sobre el crecimiento (aumento en peso, volumen, largo o área de los órganos de una planta) o sobre el desarrollo (duración de un evento crítico en el ciclo de un cultivo), por lo que el analizar la marcha de los regímenes térmicos y de precipitación de un lugar, puede señalar las necesidades requeridas por un cultivo para finalmente obtener rendimientos económicos.

El uso de modelos agrícolas es muy importante, ya que pueden jugar un rol crítico en el esfuerzo por mantener la sustentabilidad económica de los agricultores, así como proteger nuestros recursos naturales. Estos modelos de cultivos, integran el conocimiento de varias disciplinas que pueden ser aplicadas a una amplia gama de ambientes agrícolas, de tal manera que los modelos de simulación pueden ser usados por agricultores e investigadores como herramienta de investigación y ayuda en la toma de decisiones.

Para estos estudios se utilizó el Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia o Adopción de Agrotecnología (DSSAT en sus siglas en inglés), el cual contiene una serie de modelos agrícolas, pero requiere información sobre el tipo de suelo, el clima, la variedad y manejo de los cultivos, la cual fue suplida por diferentes instituciones gubernamentales y académicas.

Para el análisis climático se utilizaron registros diarios de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y brillo solar, correspondientes a 30 años de datos diarios. En cada región se identificó y analizó el tipo de suelo más representativo. Cada modelo fue calibrado y validado con información de rendimientos tomada del Consejo Nacional de Producción (CNP).

El modelo CERES-Rice se calibró y validó para la región de Guanacaste, con la finalidad de analizar el cultivo de arroz de secano. Para estudiar los efectos de las variaciones del clima sobre la fisiología productiva de los cultivos de frijol y papa se utilizaron dos modelos computacionales de simulación de crecimiento: el CROPGRO-Dry bean y el SUBSTORE-Potato. Ambos modelos se calibraron bajo condiciones regionales, montando ensayos de campo en localidades representativas de las principales zonas productoras del país.

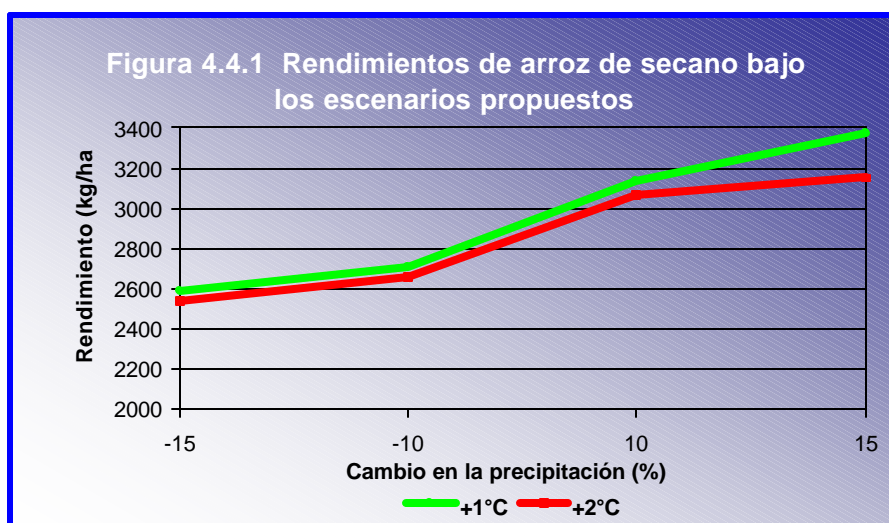
Para la evaluación del café se utilizó el modelo COFFEA desarrollado en Costa Rica. Este modelo consta de tres módulos (crecimiento, fenología y balance hídrico) y permite estimar la producción de biomasa en granos, y por lo tanto, el rendimiento.

De acuerdo al Programa Centroamericano de Cambio Climático (PCCC), y el estudio de escenarios, los rangos de variación máxima de la precipitación diaria para Costa Rica estimados por modelos de circulación general (GCM) son -20 y +20%, mientras que la variación moderada sería entre -10 y +10%. Las variaciones en la temperatura media se establecieron en +1°C y +2°C. El DSSAT permite modificar el archivo de clima para construir escenarios futuros de cambio climático. Con este criterio se propusieron 23 escenarios climáticos donde se consideraron los efectos combinados y aislados de las variaciones máximas y moderadas de la precipitación, junto con incrementos de temperatura máxima y mínima, así como el efecto de duplicación de la concentración de CO₂.

Resultados

Cultivo de arroz

En la figura 4.4.1 puede observarse el comportamiento del rendimiento del arroz con respecto a posibles cambios en temperatura y precipitación. El rendimiento patrón es de 3.685 kg/ha.



Los resultados demuestran que se producen reducciones en el rendimiento de arroz de secano conforme disminuye la precipitación. También disminuye en mayor proporción bajo condiciones de temperaturas altas. La corrida de los modelos permitió identificar las causas: en el caso de temperaturas altas el ciclo de cultivo se acorta, es decir, el cultivo tiene menos tiempo en el campo para acumular recursos, debido a que sus requerimientos térmicos se cumplen muy rápidamente; las plantas tienen un uso menos eficiente de la humedad disponible y se da un aumento en la energía necesaria para el proceso de transpiración de las plantas, por lo tanto, los rendimientos son menores.

Los resultados presentados en el cuadro 4.4.1 permiten inferir que existe una fuerte interacción de la temperatura sobre la duración del ciclo del cultivo, principalmente en el periodo siembra-floración y qué cambios en el clima de la región, debidos al calentamiento global, pueden modificar el patrón general de crecimiento del cultivo, lo que repercute en su rendimiento.

Cuadro 4.4.1
Comparación de rendimientos y duración del ciclo del cultivo de arroz de secano bajo diferentes tratamientos en la temperatura y precipitación diaria

Tratamiento	Descripción	Rendimiento Kg/ha	Variación (%)	Ciclo (Días)
1	Testigo	3.685	---	120
2	+2°C y -15%pp	2.543	-31	113
3	+2°C	3.277	-11	119
4	-15%pp	3.357	-9	119

+2°C: Incremento de 2°C sobre la temperatura máxima y mínima diaria.
 -15%pp: Disminución de 15% de la precipitación diaria.

Cultivo de frijol y papa

Los resultados indican, tanto para el cultivo de la papa (Fig. 4.4.2 y 4.4.3), como para el frijol (Fig. 4.4.4), que se observa una disminución en sus

rendimientos con aumentos en la temperatura y disminuciones en la precipitación. La temperatura es el elemento con mayor peso en este efecto y las disminuciones más importantes se obtienen con los tratamientos que usan +2°C. El rendimiento base para papa es de 24,28 t/ha, y en frijol de 523 kg/ha.

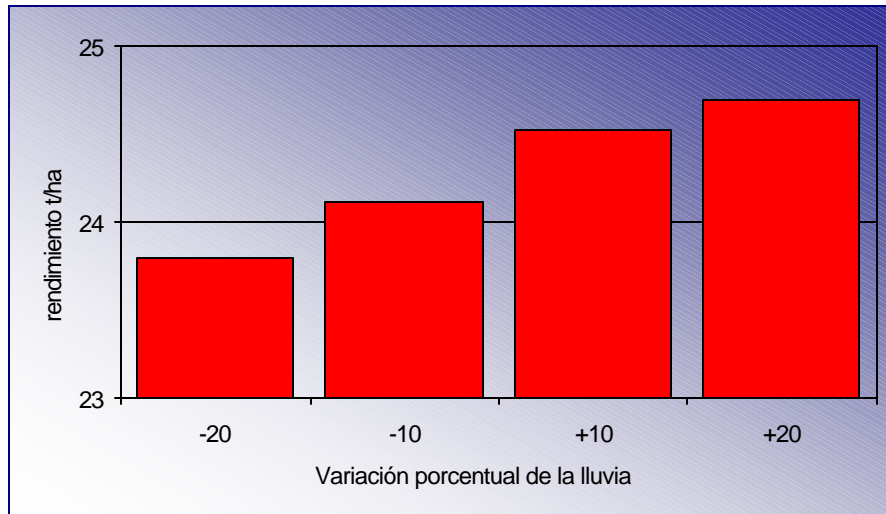


Figura 4.4.2. Efecto de variaciones porcentuales en la precipitación diaria sobre los rendimientos en el cultivo de papa.

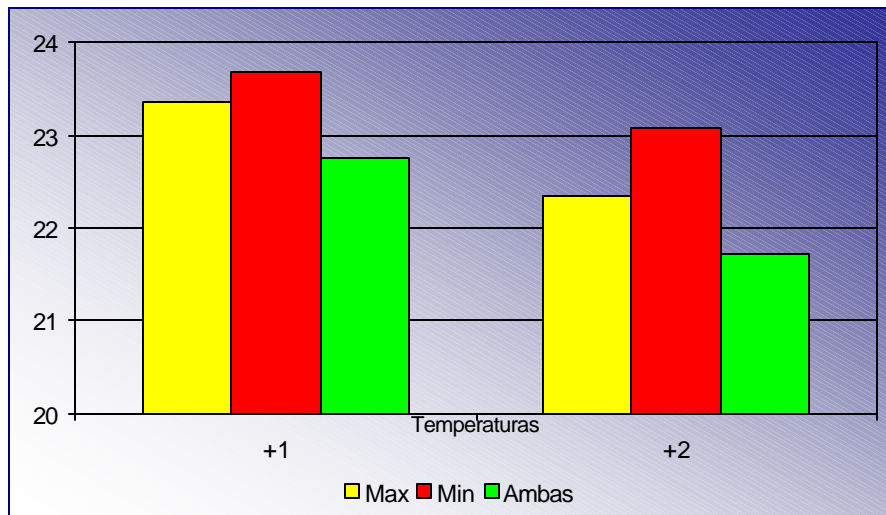


Figura 4.4.3. Efecto de la temperatura sobre el rendimiento del cultivo de papa en Pacayas.

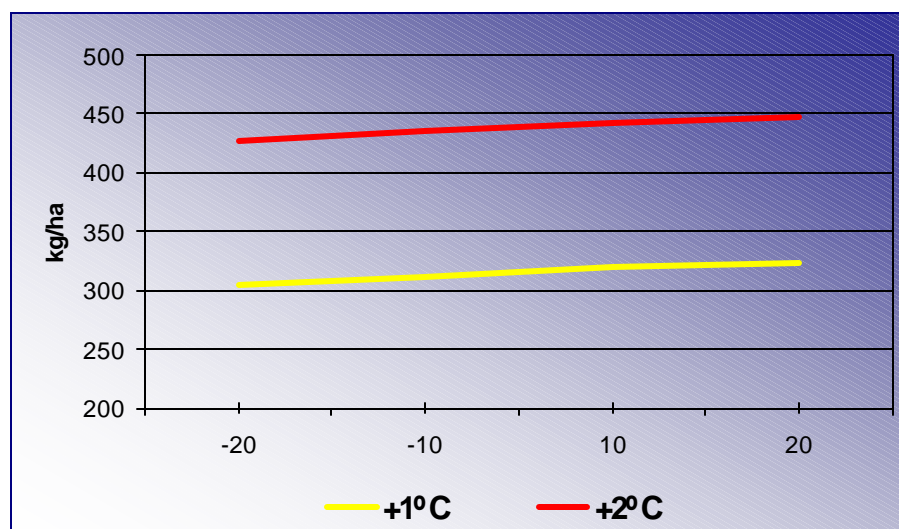


Figura 4.4.4. Efecto de la precipitación y la temperatura sobre el rendimiento de frijol

En cuanto al efecto de un incremento en la concentración de CO₂ ambiental, se observó que los rendimientos tienden a aumentar. Esto se debe a que bajo estas condiciones, se mejora la fijación de nitrógeno atmosférico y la liberación de fosfatos en el suelo. Además, aumenta la tasa fotosintética y la producción de biomasa en las plantas, por lo que se mejora la utilización del recurso hídrico. A pesar de este efecto del CO₂, cuando se combinó con tratamientos incrementales de temperatura, los cultivos tendieron a disminuir sus rendimientos.

Cultivo de café

En el cultivo de café, el efecto de incrementar la temperatura ambiental, tiende a elevar los rendimientos, principalmente cuando el aumento es de +2°C. Con relación a la precipitación, se observó que aumentos en los niveles pluviométricos también se traducen en incrementos de los rendimientos (Cuadro 4.4.2).

El parámetro meteorológico que causó mayor aumento de los rendimientos fue la temperatura, la cual a su vez se analizó separando la máxima de la mínima, siendo la primera la de mayor influencia en la formación de biomasa. Es claro que la temperatura máxima es producto de una mayor demanda evaporativa, con lo que se reduce la eficiencia en el uso del agua, afectando de esta manera la expansión foliar, que por su parte limita la interceptación de radiación y la transpiración, razón por la cual, se puede concluir que la reducción de la expansión foliar y la transpiración están relacionadas con la humedad disponible, la cual dependerá de la demanda evaporativa existente en un momento dado. Es así como el análisis de los escenarios incrementales de precipitación muestran una tendencia a una mayor producción de biomasa.

Cuadro 4.4.2
Rendimiento de café por escenario propuesto

ESCENARIO	Rendimiento (kg/ha)	Variación (%)
1. Testigo (año 1997)	2.924,7	
2. +1°C Tmáx y Tmín. +10% Prec.	3.058,3	+4,6
3. +1°C Tmáx y Tmín. +20% Prec.	2.953,7	+1,0
4. +2°C Tmáx y Tmín. +10% Prec.	3.532,8	+20,8
5. +2°C Tmáx y Tmín. +20% Prec.	3.802,2	+30,0
6. +1°C Tmáx y Tmín. –10% Prec.	2.879,2	-1,6
7. +1°C Tmáx y Tmín. –20% Prec.	2.879,2	-1,6
8. +2°C Tmáx y Tmín. –10% Prec.	3.393,5	+16,0
9. +2°C Tmáx y Tmín. –20% Prec.	3.509,8	+20,0
10. +1°C Tmín.	2.751,2	-5,9
11. +1°C Tmáx.	3.058,3	+4,6
12. +2°C Tmín.	2.908,7	-0,5
13. +2°C Tmáx.	3.532,5	+20,8
14. +1°C Tmáx. y Tmín.	3.058,3	+4,6
15. +2°C Tmáx. y Tmín.	3.532,8	+20,8
16. +10% Prec.	2.751,2	-5,9
17. +20% Prec.	2.924,7	0,0
18. -10% Prec.	2.546,5	-12,9
19. -20% Prec.	2.546,5	-12,9

En resumen, los mejores resultados se alcanzan con altas temperaturas diurnas y un buen suministro hídrico que permita causar un estímulo en la partición a floración.

Conclusiones

La variabilidad climática interanual afecta actividades humanas sensibles, como la agricultura. El número creciente de eventos climatológicos extremos que han ocurrido en los pasados 15 a 20 años, sugiere que tales eventos están siendo más constantes y severos, con el aumento creciente de pérdidas económicas. Por esta razón, existe una preocupación generalizada por buscar soluciones que permitan a la población, que es la más afectada por la inseguridad de la producción agrícola y económica, adaptarse a las variaciones climáticas que repercuten en el proceso productivo.

Costa Rica es vulnerable al impacto de estas anomalías climáticas que afectan la estructura socioeconómica del país. El análisis de un posible cambio en el clima es importante en vista de que incrementos en la temperatura producen modificaciones en otros parámetros meteorológicos, exponiendo a los cultivos a diferentes condiciones ambientales, las cuales también modifican el entorno biológico.

Los avances en la utilización de computadoras han dado a los investigadores y científicos la oportunidad de manejar grandes volúmenes de información, y por lo tanto, la aplicación de modelos de simulación en problemas ambientales y agrícolas, ha ido aumentando en la última década. La ventaja de los modelos es que reducen el tiempo y los recursos humanos requeridos para los análisis complejos, como los que involucran los recursos naturales, el ambiente y la producción de cultivos.

Los modelos de simulación de cultivos pueden ser utilizados por los agricultores para estrategias de manejo; por educadores como herramienta de enseñanza, ayudando a los estudiantes a entender mejor la interacción entre las plantas y el medio ambiente; por los investigadores como herramienta de trabajo que les permita conocer las prioridades de investigación, simular condiciones climáticas futuras, realizar pronósticos agrícolas, proveer de información valiosa a los que toman decisiones, de tal manera que les permita establecer prioridades en las medidas de mitigación y formular las posibilidades de adaptación.

Los modelos de simulación utilizados en este trabajo investigativo, han sido diseñados para proveer a los usuarios del manejo apropiado de información sobre suelos, clima, cultivo y datos experimentales, con la finalidad de simular el crecimiento, desarrollo y rendimiento de varios cultivos de importancia económica. Estos modelos han mostrado ser operacionales y presentan resultados prometedores bajo una variedad de condiciones climáticas características de algunas regiones agrícolas de Costa Rica.

Estos modelos presentaron un buen ajuste entre los valores de rendimiento observado y los estimados, por lo que pueden llegar a constituirse en una herramienta valiosa en el pronóstico de cosechas, con el beneficio de poder ayudar a los que toman las decisiones, a desarrollar planes y políticas para el mercadeo del producto, alternativas de producción y estrategias de manejo bajo diferentes sistemas de producción y ambientes. También permite acelerar la ejecución de acciones de interés agrícola al reducir el tiempo y los recursos humanos necesarios en el análisis de decisiones complejas.

Los resultados de los cuatro casos analizados muestran que los rendimientos de los cultivos agrícolas se ven afectados por la variabilidad climática. Los análisis permiten concluir que el efecto de los parámetros meteorológicos sobre los rendimientos es diferencial, y que dependiendo de la condición hídrica del momento durante el ciclo del cultivo, un parámetro meteorológico puede intensificar o disminuir la influencia de otro, dependiendo del peso relativo de los correspondientes efectos, los cuales son justificados fisiológicamente. Los modelos asumen que la temperatura afecta la proporción de desarrollo del cultivo en todas las fases fenológicas, mientras que una mayor o menor disponibilidad de agua tiene un efecto diferente por fase durante el ciclo del cultivo. También se concluye que un déficit de humedad tiene un doble efecto, provoca una disminución en la eficiencia del uso del agua y reduce la producción de biomasa. Por otra parte, los rendimientos también se reducen

debido a la pérdida de nutrientes que dejan de ser absorbidos al disminuir la transpiración de mantenimiento.

Los escenarios con CO₂ muestran un efecto positivo sobre los cultivos, siendo que los rendimientos aumentan notoriamente en todos los casos. Esto debido a que el CO₂ incrementa directamente la tasa de fotosíntesis y la producción de biomasa de la planta, razón por la cual, la eficiencia en el uso del agua se incrementa. Sin embargo, no hay que olvidar que el entorno biológico también se verá afectado, y de esta forma se dará un aumento en la producción de biomasa de plantas competitivas (mala hierba), que pueden reducir el crecimiento y rendimiento de los cultivos aquí analizados.

De acuerdo con estos resultados es recomendable realizar nuevos estudios de zonificación agrícola, en vista de que las zonas que bajo las condiciones actuales se juzga son las más adecuadas para un cultivo dado o una combinación de cultivos, pueda verse reducida, ampliada o desplazada, y que por lo tanto, la estructura socioeconómica de la comunidad laboral en las regiones analizadas se modifique, dependiendo de la intensidad en que los efectos de la variabilidad climática se manifiesten, dado que los distintos efectos que los cambios climáticos pueden tener sobre los cultivos y sobre los rendimientos, pueden también influir en el suministro alimenticio regional, en los ingresos de las explotaciones agrícolas, en las tasas de actividad económica de las zonas afectadas y en el empleo rural.

Por otra parte, sería interesante realizar un estudio complementario en el que se relacionara esta realidad agrícola nacional debida a la variabilidad climática, con la respuesta del sector socioeconómicamente afectado, con la finalidad de estudiar y evaluar medidas de adaptación pertinentes, en vista de que los investigadores en ciencias sociales coinciden en que las personas que son más susceptibles a ser afectadas por los impactos del cambio climático, son las generaciones de bajos recursos que viven en las regiones vulnerables de los trópicos. Sería deseable que los que toman decisiones del sector gubernamental y del privado, ajustaran sus políticas sobre estrategias de mitigación a la variabilidad climática, con base en herramientas analíticas como las que se presentan en este estudio, pues ellos juegan un rol importante en la atención que se le dé a una sociedad desatendida respecto a variabilidad climática.

4.5 Vulnerabilidad de los bosques

Introducción

Costa Rica presenta un territorio muy diverso, con doce zonas de vida, una alta biodiversidad y un alto potencial hidrológico, que al estar estrechamente ligado a la existencia de bosques se vería afectado por el calentamiento global.

Metodología

En la evaluación de vulnerabilidad de los bosques a un eventual cambio en el clima, se definieron escenarios climáticos con base en modelos de circulación general (optimista, moderado, pesimista), datos para el país y escenarios forestales, con base en las perspectivas en cuanto al estado legal de las tierras, el conflicto de uso y el valor del bosque y la tierra. Se definieron mapas de bosques futuros y mediante la comparación de mapas (presente y futuro) fue posible conocer cuáles bosques se podrían ver afectados.

Resultados

Una vez aplicados los incrementos de temperatura y precipitación para cada escenario se generaron los mapas de tipos de bosques futuros.

Bajo los tres escenarios climáticos se da una disminución en las zonas de vida del piso tropical y montano y un aumento en las zonas de vida del piso premontano. Las zonas de vida de bosques pluviales en los cuatro pisos también disminuyen. Concretamente, se observa una disminución de los bosques secos, húmedos y muy húmedos tropicales. Los bosques húmedos y muy húmedos premontanos, así como el bosque muy húmedo montano bajo se incrementan.

Entre los cambios más evidentes que se observan está la aparición de una transición del bosque seco premontano (a húmedo) en los tres escenarios. El bosque seco tropical se reduce en un 20 a 30% en los tres escenarios, pero se incrementa en la transición a premontano. El bosque muy húmedo tropical disminuye drásticamente bajo los tres escenarios, mientras que el transicional a premontano se incrementa. Los bosques pluviales tropical y transicional a muy húmedo desaparecen y aumenta el bosque pluvial premontano transicional a tropical. El bosque húmedo premontano y muy húmedo premontano se incrementa considerablemente. Los bosques pluviales premontano, montano bajo y montano disminuyen considerablemente.

En términos generales el cambio climático afectará las zonas de vida del piso tropical, así como los de la provincia de humedad súper húmeda (pluviales) en todos los pisos y favorecerá las zonas de vida del piso premontano. Desde el punto de vida de la biodiversidad y vida silvestre, las zonas de vida muy húmedo tropical y seco tropical se verán seriamente afectadas aún bajo un escenario optimista. Si relacionamos la alta diversidad biológica, en el caso del bosque muy húmedo tropical, estaríamos deduciendo que muchas de sus especies se verán obligadas a una adaptación o desplazamiento, para lo cual será necesario contar con remanentes de bosques en las zonas de vida circundantes a éstas y que mantengan esta condición.

Bosques actuales y futuros

En general el modelo forestal desarrollado pretende determinar las existencias futuras de bosque, lo cual es una predicción compleja, por lo tanto puede ser de amplia discusión. Los antecedentes de deforestación no permitían hacer proyecciones a futuro dada la fuerte disminución de la tasa de deforestación en las últimas décadas.

El mapa de cobertura forestal elaborado por el CCT/CIEDES, utilizado como base para el presente estudio, cuenta con limitaciones en su clasificación. En el caso de los bosques secundarios, solamente se identifican los que están en proceso en los últimos 10 años, puesto que son el resultado de comparar los mapas de 1986 y 1996. Los bosques secundarios más viejos no se diferencian del bosque primario. Asimismo, dentro del bosque primario es posible que se incluyan cultivos arbóreos densos. Dentro de la categoría de cultivos permanentes se incluyeron las plantaciones que cuentan con incentivos del Estado y no las que se hicieron con recursos propios, aunque representan poca extensión.

La tasa de deforestación se determinó como un valor promedio por área de conservación, aunque existen diferencias en una misma área. Los índices de las variables son los que ajustan esos valores; así, en las áreas silvestres protegidas, su valor será menor que bajo otra situación legal y de condición de uso de la tierra. Para definir los índices que afectan la tasa de deforestación, las variables fueron ordenadas según su grado de amenaza, de modo que el valor se incrementara o disminuyera progresivamente según el grado de amenaza; ello significó un sesgo al asignar los valores de modo subjetivo, pero compensados con un orden lógico de amenaza.

El estado legal de las tierras puede presentar divisiones o condiciones específicas que pueden afectar la tasa de deforestación; por ejemplo, en los parques nacionales se encuentran tierras en litigio o que son propiedad privada porque aún no han sido pagadas, por lo tanto presentan mayor amenaza de deforestación. En otros casos, las tierras pueden estar en dos categorías, tal como la Reserva Biológica Monteverde, que es privada (categoría 2) dentro de una zona protectora (categoría 3). Estas situaciones no se consideraron debido a la complejidad del análisis y de la disponibilidad de la información.

Los valores de carbono y de volumen comercial de madera por tipo de bosque requerido para definir el valor del bosque, fueron tomados de datos de campo en sitios específicos. Como no se estudiaron todos los tipos de bosques definidos (solo 68 sitios) fue necesario extrapolar los valores tomando como referencia la afinidad de zona de vida, de meses secos y limitación de suelos. El valor de volumen comercial por tipo de bosque es general y, aunque se calculó a partir de especies comerciales, es posible que para un mismo tipo de bosque haya diferencias en las especies. Igualmente, el valor de la tierra se obtuvo de valores promedios por distrito. En realidad el valor de la tierra varía

sustancialmente en un mismo lugar, dependiendo de la proximidad a centros urbanos principalmente. En algunos no hubo datos por lo que fue necesario extrapolar los valores de lugares circunvecinos. El análisis de la existencia futura de bosques primarios y secundarios indica que existe un mayor impacto en las acciones que se tomen hoy (indicados en los escenarios forestales), que por el mismo cambio climático; dado que como se mencionó anteriormente, aún bajo un escenario optimista habrá un cambio en el clima, y las diferencias en el cambio de zonas de vida entre los escenarios no son significativas, aunque sí con respecto a la situación actual.

Los bosques secundarios se incrementarían bajo un escenario optimista (Figura 4.5.1), principalmente en las zonas de vida bosque húmedo, muy húmedo de los pisos tropical y premontano y algunas transiciones de éstas. Esto indica que efectivamente existe un sobreuso de la tierra en estas zonas de vida y que tomando las medidas indicadas en el escenario optimista ayudará a su restauración.

En el escenario moderado (Figura 4.5.2) no se observa un cambio significativo en los bosques secundarios, salvo en la zona de vida bosque húmedo premontano. En casi todos los casos el escenario pesimista (Figura 4.5.3) tiende a desfavorecer la existencia de bosques secundarios.

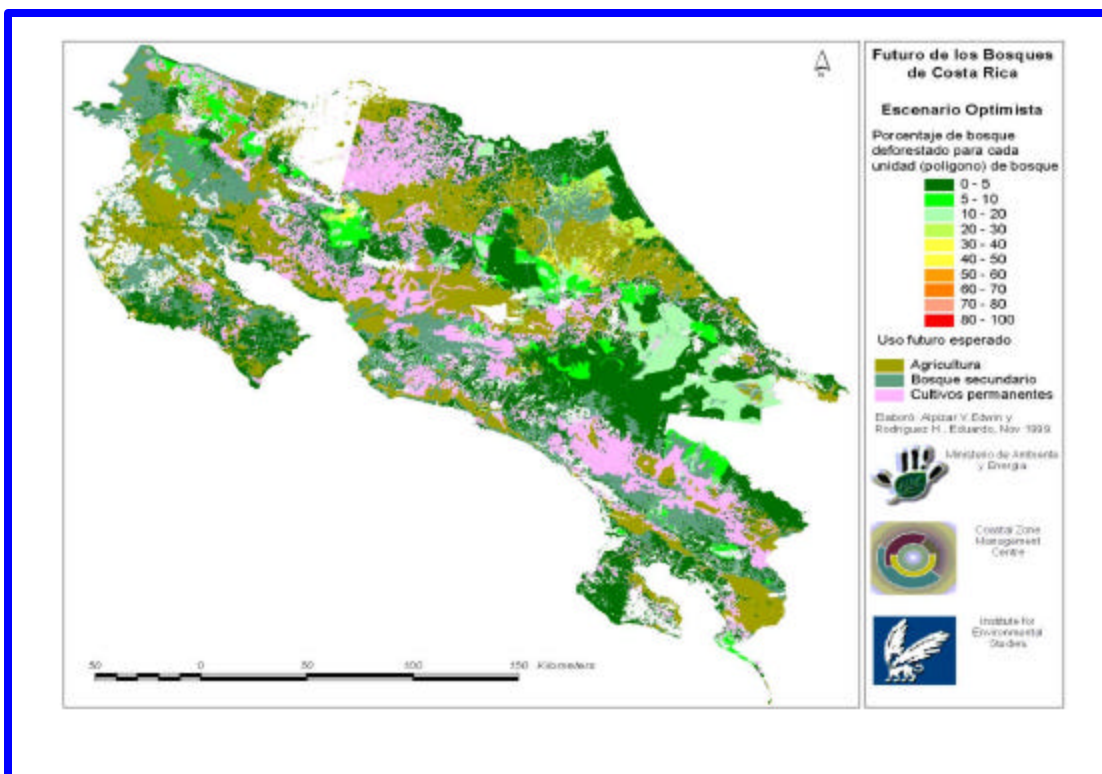


Figura 4.5.1. Futuro de los bosques secundarios en Costa Rica ante un escenario optimista de calentamiento climático.

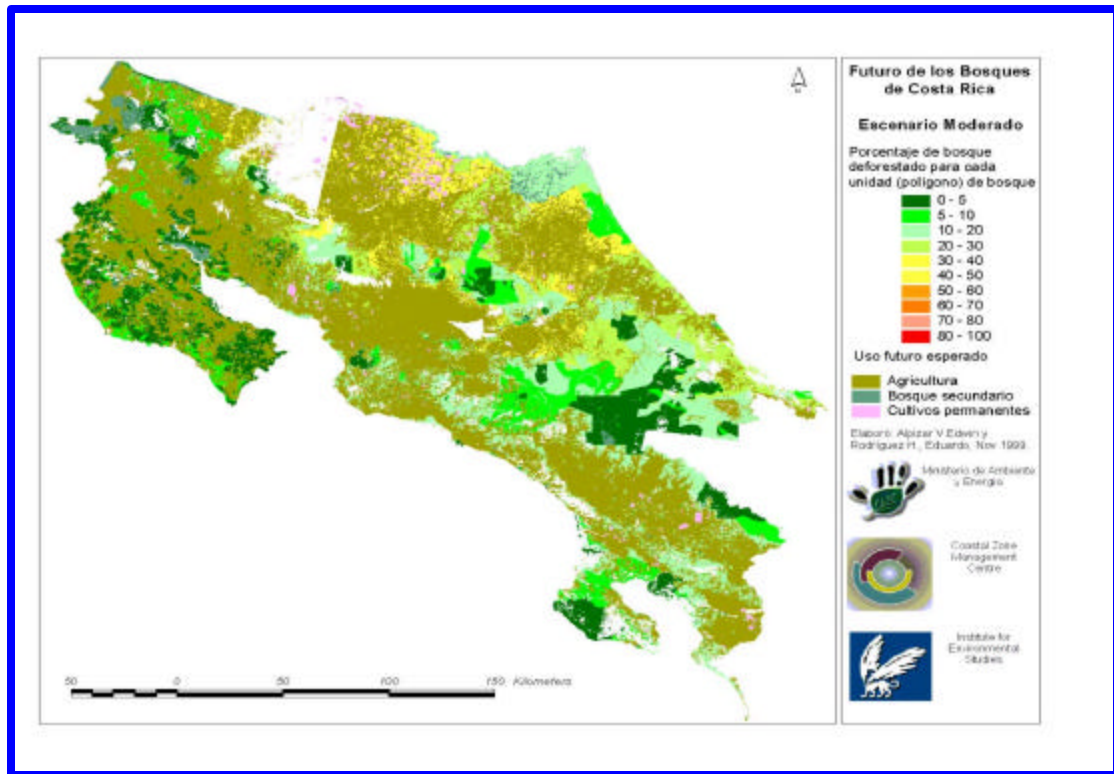


Figura 4.5.2. Futuro de los bosques secundarios en Costa Rica ante un escenario moderado de calentamiento climático.

Con respecto a los bosques primarios se presentan casos de aumento del área de bosques primarios en ciertas zonas de vida, en donde actualmente no lo hay. La razón es que estos bosques anteriormente pertenecían a otras zonas de vida; por ejemplo, el bosque húmedo premontano transición a seco. En el caso del bosque húmedo premontano se da un incremento de las existencias boscosas en cualquiera de los tres escenarios, ratificando el análisis anterior de que estos bosques serán seriamente amenazados al encontrarse en zonas de vida con un bioclima benéfico para los cultivos y los asentamientos humanos.

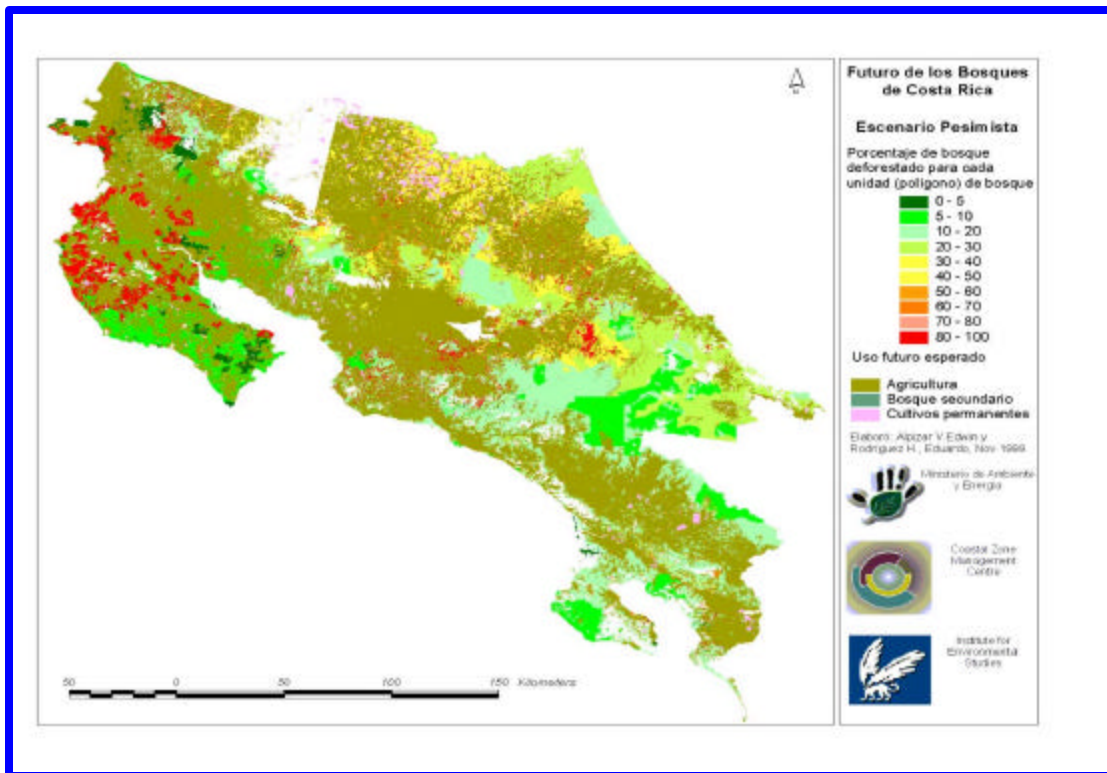
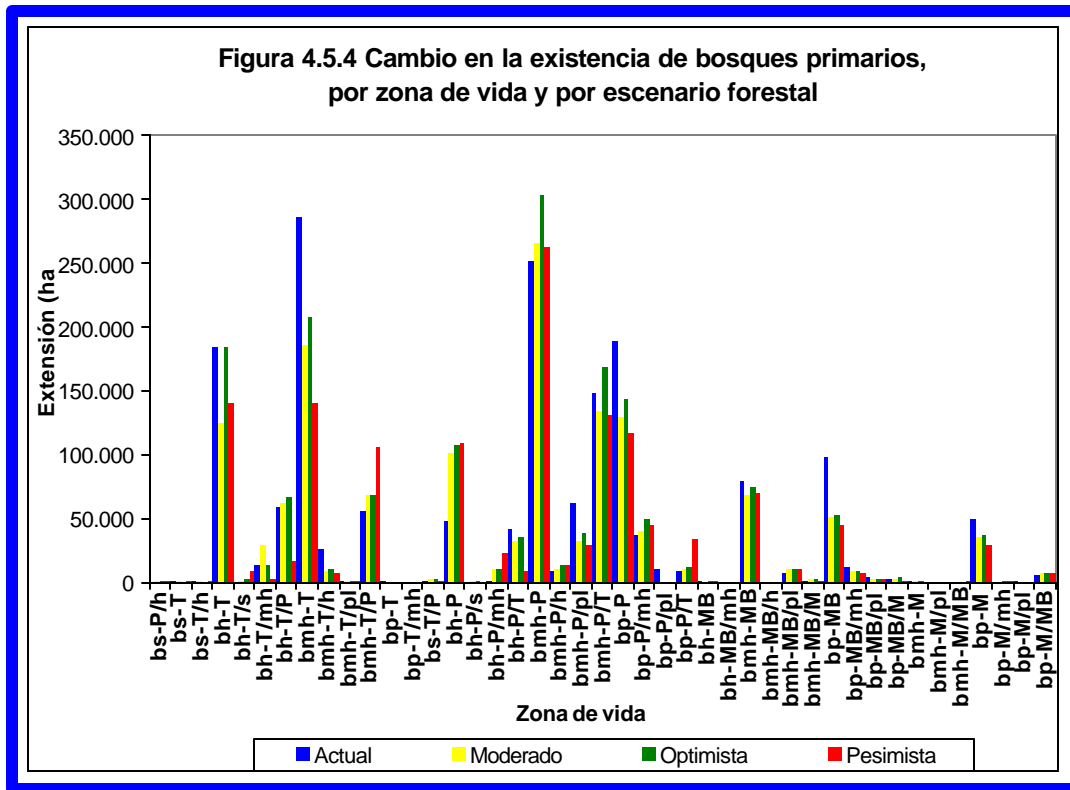


Figura 4.5.3. Futuro de los bosques secundarios en Costa Rica ante un escenario pesimista de calentamiento climático.

También se observa una disminución de los bosques muy húmedos tropicales primarios actuales en más de 100.000 ha. Es importante tomar en cuenta que no necesariamente estos bosques desaparecen, sino que cambian a otra zona de vida. Esto se observa en el caso del bosque muy húmedo tropical transición a premontano en el cual a pesar del escenario pesimista, el área de bosque primario casi se duplica.

En la figura 4.5.4 se observa la variación del bosque por zona de vida y por escenario forestal.



Flora y fauna vulnerable

Algunas especies de flora y fauna pueden ser vulnerables. Los rangos de distribución definidos para las especies no siempre obedecen a su distribución natural. Por lo general dependen de dónde han sido reportados, principalmente en la fauna; por ejemplo, los anfibios tienen rangos altitudinales muy estrechos, de hasta 100 metros, o algunos reptiles están indicados solamente en áreas silvestres protegidas. Esto significa que no necesariamente la especie está supeditada a esos rangos. Lo que sí se puede asegurar, es que en esos rangos sí se encuentran las especies. Dicho de otro modo, las especies se encuentran en los rangos definidos, pero es posible que los rangos sean más amplios en la mayoría de las especies.

Igualmente, la distribución de especies, definidas en la mayoría de los casos por región y altitud, tuvo que ser ajustada con las zonas de vida para poder comparar las existencias futuras de bosque. Esto implicó un sesgo en la mayoría de las especies.

Conclusiones

Analizando la capacidad productiva de las zonas de vida, al incrementarse el tipo de bosque húmedo y muy húmedo premontano (bioclima

dominante hoy en día del Valle Central), podría deducirse que habrá mayor opción para la producción agrícola y por lo tanto mayor presión sobre la conversión de áreas boscosas a cultivos en tierras bajo estas condiciones bioclimáticas.

Igualmente, la disminución de los bosques pluviales, principalmente en los pisos premontano y montano bajo, sugieren una disminución en el potencial hídrico en estas áreas, pudiendo ser un grave problema.

El marcado incremento en la existencia de bosques secundarios bajo un escenario forestal optimista refleja el sobreuso de las tierras, en donde gran parte debería revertirse a bosque. El escenario pesimista tiende a desfavorecer la existencia de éstos.

El incremento de área del bosque primario en algunas zonas de vida obedece al cambio climático, dado que estos pertenecían a otras zonas de vida. El tipo de bosque más afectado por pérdida de cobertura es el bosque muy húmedo tropical.

En resumen, se puede concluir que independientemente del escenario climático, la temperatura media anual aumentará y la precipitación media anual disminuirá para el año 2030.

El presente análisis es preliminar y solo considera la vulnerabilidad de especies en función de su existencia de hábitats (bosques). En este sentido, no todas las especies se ven afectadas por la pérdida directa de bosques. Algunas sobreviven en lagunas, bosques secundarios incipientes, en potreros, entre otros. Es importante recalcar esta situación, principalmente en la fauna.

Existe diferencia entre los mapas de zonas de vida vigente y el generado con el presente estudio, debido a los diferentes métodos de elaboración y fuentes de datos. Se encontraron 204 tipos de bosques o ecosistemas naturales, de los cuales varios pueden ser ficticios producto de la integración de la información utilizada.

No se consideró el cambio en el periodo de meses secos, lo cual afectaría la presencia de bosques deciduos y nubosos.

Bajo los tres escenarios se presenta una significativa disminución de las zonas de vida del piso tropical (seco, húmedo, muy húmedo), húmedo del montano bajo y muy húmedo del montano. Igualmente disminuirá la extensión en las zonas de vida en la provincia de humedad súper húmeda (pluvial) en todos los pisos.

Habrà un incremento significativo en las zonas de vida del bosque húmedo y muy húmedo del piso premontano. El cambio en la extensión de las zonas de vida puede generar los siguientes efectos: amenaza a la biodiversidad

por disminución de área en las zonas de vida seco y muy húmedo tropical, mayor amenaza por deforestación en las nuevas áreas que cambian a bosque húmedo y muy húmedo premontano y disminución de la capacidad hídrica de los bosques que hoy son pluviales y que en el futuro dejarán de serlo.

Los cambios en las existencias de bosques primarios y secundarios dependerán principalmente de las acciones que se tomen, indicadas en los escenarios forestales. El marcado incremento en la existencia de bosques secundarios bajo un escenario forestal optimista refleja el sobreuso de las tierras, en donde gran parte debería revertirse a bosque. El escenario pesimista tiende a desfavorecer la existencia de éstos.

El incremento del área del bosque primario en algunas zonas de vida obedece al cambio climático, dado que estos pertenecían a otras regiones. El tipo más afectado por pérdida es el bosque muy húmedo tropical. El bosque primario en la zona de vida húmedo premontano se incrementará.

Las especies de flora y fauna cuyo ámbito se concentra en el piso basal o tropical serán más vulnerables ante el cambio climático, lo cual las obligará a adaptarse o desplazarse a los bosques cercanos.

De acuerdo con estos resultados, es importante validar los mapas de zonas de vida y de tipos de bosques, de modo que se puedan verificar los tipos existentes en el campo y descartar aquellos que fueron el producto de la integración de información utilizada.

Se debe mejorar el modelo para considerar el efecto del periodo de meses secos en la presencia de bosques decíduos y nubosos, esto respaldado con una comprobación de campo.

Se debería continuar el estudio de modo que se puedan identificar las áreas de bosque que podrían cambiar de zona de vida, de modo que les permita a las especies existentes, un desplazamiento.

Es importante identificar las áreas con alto potencial hídrico para determinar cómo podrían verse afectadas por el cambio climático.

También es recomendable fortalecer los mecanismos de control y conservación de bosques en las áreas que podrían verse mejoradas en su capacidad productiva por efecto del cambio en la zona de vida.

Se debe promover la aplicación de las acciones indicadas en el escenario optimista, con el fin de incrementar las existencias boscosas.

Es necesario identificar los bosques primarios muy húmedos tropicales que se verían afectados por el cambio climático, para adoptar medidas de protección.

Se deben identificar los bosques primarios ubicados en la zona de vida húmedo premontano, para tomar medidas de protección, dado que tendrán mayor amenaza por deforestación.

Es necesario afinar los rangos de distribución de las especies, principalmente en fauna, de modo que se pueda determinar con mejor ajuste el impacto climático y de pérdida de hábitat.

Finalmente, se requiere validar los rangos de distribución de las especies vulnerables con los rangos de las zonas de vida, de modo que el sistema se pueda aplicar para determinar el efecto del cambio climático sobre las especies.

CAPITULO 5. OPCIONES DE MITIGACIÓN



CAPITULO 5. OPCIONES DE MITIGACIÓN

5.1 Antecedentes

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC) constituye el primer instrumento internacional legalmente vinculante que aborda directamente el tema de cambio climático y la relación que debe existir entre desarrollo económico y medio ambiente, recalcando el uso sostenible de los recursos naturales como un elemento esencial de cualquier estrategia de desarrollo que vele por las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

Entre los compromisos de las Partes signatarias de la CMCC definidos en el artículo 4.1, se reconoce que los países en desarrollo, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes pero diferenciadas y el carácter específico de sus prioridades nacionales, de sus objetivos y de sus circunstancias, deberán presentar en su primera comunicación nacional... *“un análisis u otros elementos que permitan clarificar las tendencias temporales de las emisiones nacionales (ver sección 5.2), un portafolio de políticas y medidas que el país ha desarrollado o piensa desarrollar para implementar la Convención, bajo programas nacionales de mitigación (ver sección 5.3, 5.4 y 5.5)...”*.

Para Costa Rica el tema de cambio climático es relevante por la convergencia que existe entre los objetivos y prioridades nacionales de desarrollo humano sostenible, con aquellas medidas que podrían enmarcarse bajo una política congruente y responsable.

Como parte de los compromisos de país ante la CMCC, Costa Rica está desarrollando un activo programa de cambio climático (ver figura 5.1). En 1995 el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) realizó el primer inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero (GEI), con referencia al año 1990 (GEF/UNDP, GF/0103-92-01).

En 1995 se creó la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC) que ha colocado el tema de cambio climático y sus implicaciones para el país al más alto nivel de decisiones políticas. Además, a través de su programa nacional (ver sección 5.4), se ha logrado demostrar que las Actividades de Implementación Conjunta (AIC) y en un futuro próximo, el MDL (Mecanismos de Desarrollo Limpio), pueden ser mecanismos costo-efectivos de gran utilidad para apoyar nuestra agenda de desarrollo humano sostenible y contribuir con el objetivo último de la CMCC¹.

Desde 1996 bajo la coordinación del Instituto Meteorológico Nacional, se lleva a cabo el proyecto Mejoramiento de la Capacidad Nacional para la Reducción de Emisiones de Gases con Efecto Invernadero en Costa Rica” (UNDP/GEF, COS/95/G31). Entre sus objetivos están: desarrollar capacidad endógena, aplicar metodologías para determinar y monitorear emisiones por fuentes y absorción por

¹ “...la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático...”

sumideros de gases de efecto invernadero en el país, e identificar un portafolio de opciones de mitigación, incluyendo una lista de proyectos potenciales (ver sección 5.5).

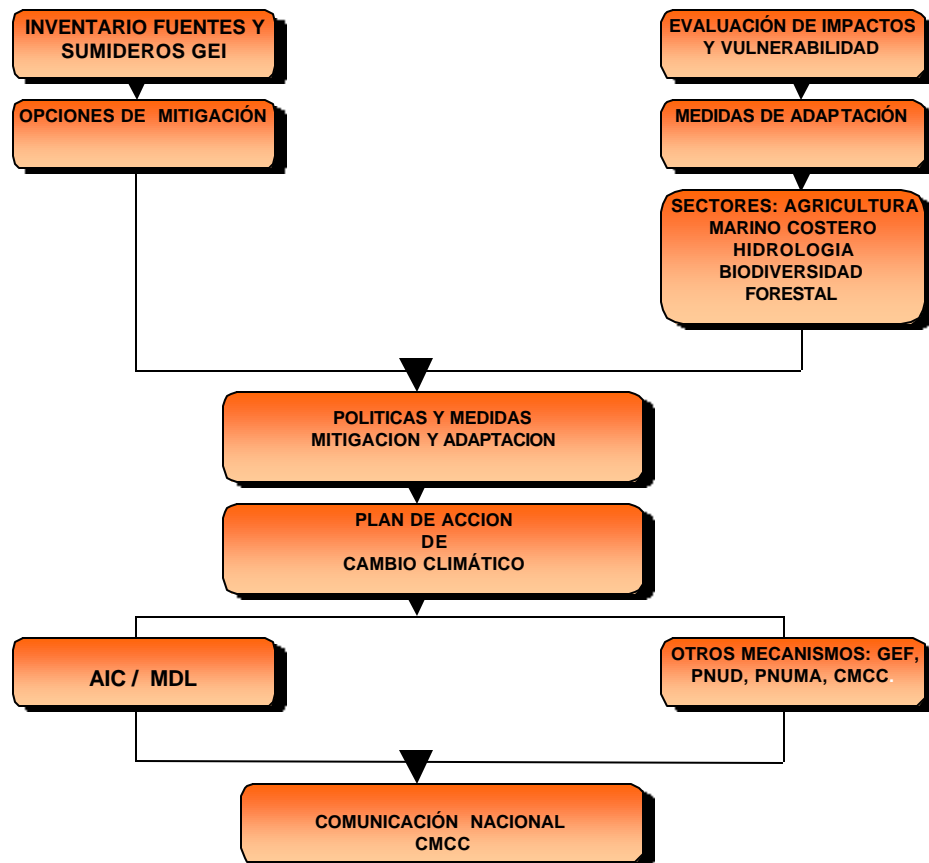


Figura 5.1 Programa Nacional de Cambio Climático

Como parte del programa nacional de cambio climático, el gobierno está en proceso de establecer los lineamientos de una estrategia, que incluya, además de políticas y medidas sectoriales, una cartera de proyectos de mitigación que pudieran ser financiados con recursos propios y a través de inversión extranjera, ya sea con aportes de capital o a cambio de unidades de reducción de emisiones certificadas atribuibles al proyecto, ambos, en el marco del MDL; así como otros proyectos comercialmente no rentables que pudieran ser financiados a través de organizaciones multilaterales (PNUD, PNUMA, GEF, Banco Mundial, etc.) y otras fuentes que se crean bajo el mandato de la CMCC para transferencia de tecnología y desarrollo de capacidades endógenas.

5.2 Escenarios económicos y de emisiones de gases de efecto invernadero

En la evaluación de los escenarios económicos se reconocen las limitaciones propias en el ejercicio de su proyección, lo cual se dificulta por la dinámica que impone un mundo cada vez más globalizado e integrado. Como medida precautoria, únicamente se hicieron proyecciones hasta el año 2015. A pesar de la rigurosidad analítica, éstas deben considerarse mas como la indicación de una tendencia a mediano plazo, que como una proyección aislada para un año en particular.

5.2.1 Escenarios y proyección de emisiones de GEI

Se determinaron tres escenarios sobre el ingreso (Producto Interno Bruto, PIB), un escenario base y dos escenarios alternativos, uno bajo y otro alto. El base asume que el PIB crece a una tasa del 4,5% anual, la cual es el promedio de crecimiento desde 1957 hasta 1996. El escenario alto considera una tasa de crecimiento del PIB del 5,5% anual, y el escenario bajo, contempla una del 3,5%.

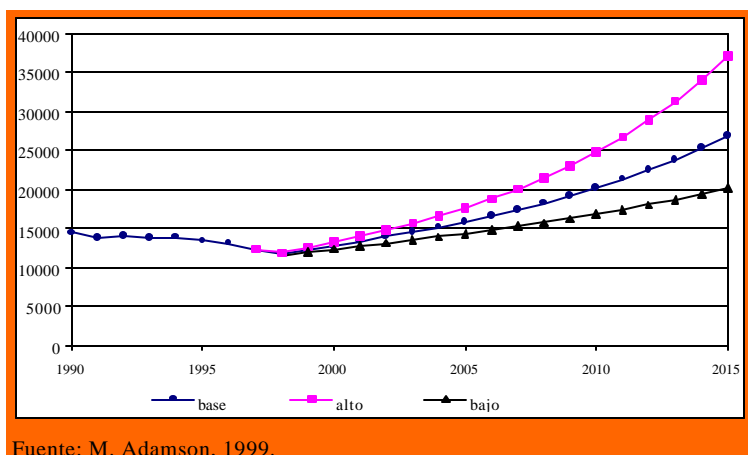


Figura 5.2. Emisiones totales de GEI por escenario de ingreso (gigagramos de CO₂ equivalente, Gg)

Para cualquiera de los tres escenarios ingreso, como se observa en la figura 5.2, se espera que para el año 2000, las emisiones totales de gases de efecto invernadero proyectadas para Costa Rica no sobrepasen los 13.500 Gg de CO₂ equivalente (horizonte: 20 años). Para el año 2005 en el escenario base se proyectan 15.800 Gg, 14.400 Gg en el escenario bajo y 17.600 Gg en el escenario alto. Para el 2015, el escenario base proyecta 26.800 Gg, 20.100 Gg en el bajo y 37.100 Gg de GEI en el alto.

5.2.2 Emisiones per cápita de GEI por escenario de producción

De 1990 y hasta 1995 conforme Costa Rica aumentó su ingreso per cápita, las emisiones per cápita disminuyeron (figura 5.3). Para 1996 se emitió poco más de 1,3 toneladas métricas (tm) por habitante. Ese descenso de las emisiones per cápita de GEI de Costa Rica, principalmente es resultado de una estabilización de la tasa de deforestación del bosque y por lo tanto de las emisiones de CO₂; así como de la fijación de carbono resultante de los programas de regeneración del bosque secundario y de las plantaciones forestales, que en parte compensan el crecimiento en emisiones provenientes de los desechos sólidos y al incremento en el consumo de hidrocarburos.² Las proyecciones de emisiones per cápita para el año 2015 están comprendidas, según sea el escenario, entre 1,8 y 3,4 tm por persona.

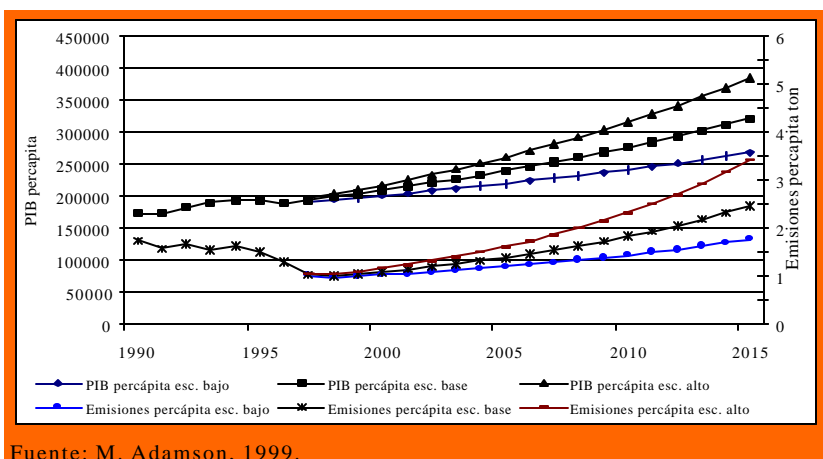


Figura 5.3 Proyecciones del PIB per cápita y emisiones per cápita de gases de efecto invernadero por escenario de ingreso 1990 – 2015 (tm y colones de 1990)

Para el periodo 1990 - 1996 Costa Rica muestra una disminución en la intensidad de emisiones por unidad de producción (Figura 5.4). En 1990 este país emitió cerca de 768 tm de GEI por cada millón de dólares de PIB que producía, cifra que para 1996 se redujo a poco más de 529 tm. En el escenario base se proyecta que ese índice se incremente levemente hasta el 2015, ubicándose en el 2010 y 2015 en 510 y 592 tm/millón de US\$ de PIB, respectivamente. A partir del 2005 bajo los tres escenarios de crecimiento de la economía, ese indicador se incrementa.

² Las proyecciones de emisiones por deforestación de bosque, así como la fijación de carbono proveniente de las plantaciones forestales y de la regeneración de bosque secundario (debido a causas antropogénicas) fueron elaboradas por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y la Oficina Costarricense de Implementación Conjunta (OCIC). En el caso de las plantaciones forestales, estas instituciones justifican una proyección hasta el 2015, la cual aísla el impacto de los programas de pagos por servicios ambientales.

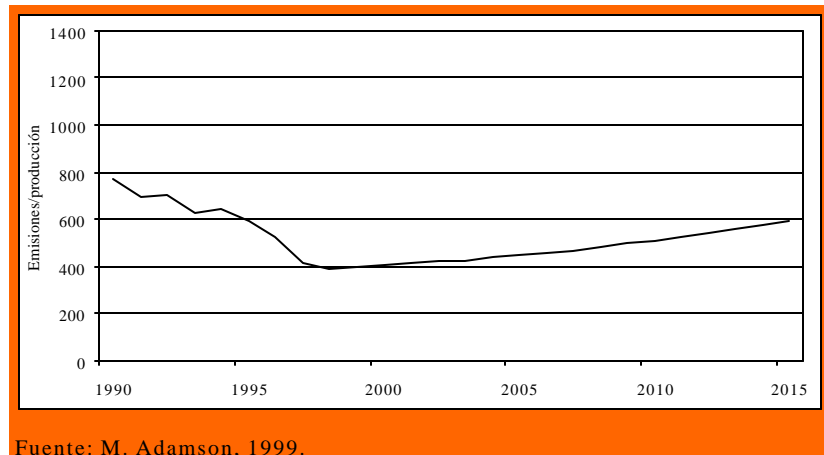


Figura 5.4. Emisiones de gases de efecto invernadero por unidad de producción (PIB) 1990 - 2015 (tm por US\$1.000.000 de PIB, escenario base)

5.2.3 Evolución y proyección de las emisiones de GEI de Costa Rica según clasificación del IPCC para el escenario base

5.2.3.1 Emisiones de cambio de uso de suelo

Este sector contempla emisiones por concepto de deforestación de bosque, netas de la fijación por regeneración del bosque secundario y crecimiento de las plantaciones forestales. Estas emisiones muestran una tendencia descendente, disminuyendo desde 1990 hasta 1995 (Figura 5.5), año en el cual el sector deja de ser emisor y se transforma en fijador neto (de 1.800 Gg a -100 Gg de CO₂). Esto es resultado de que la fijación, producto de los procesos de regeneración de bosque secundario e incremento de la extensión de las plantaciones forestales supera las emisiones resultantes de una baja tasa de deforestación del bosque primario. Para 1996 ya se fijaba en neto poco más de 500 Gg de CO₂. Para el 2000 se proyecta una fijación neta cercana a las 1.300 Gg de CO₂; 2.000 Gg para el 2010; y cerca de 2.300 Gg para el 2015.

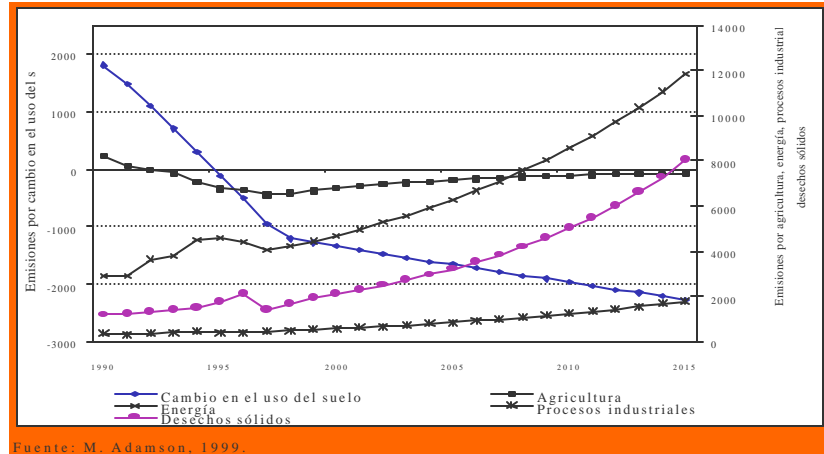


Figura 5.5 Evolución y escenario base de las emisiones por sectores (según IPCC) 1990-2015 (Gg CO₂ equivalente para un horizonte de 20 años)

Específicamente, durante los últimos años, la tasa de deforestación del bosque se ha estabilizado cerca del 0,78%. Complementariamente, el otro factor que explica la fijación de CO₂ proyectada, se fundamenta en la tasa de regeneración de bosque secundario, la cual fue estimada en un 2% durante el periodo 1990-2015.³

5.2.3.2 Emisiones del sector agrícola

Incluye las emisiones de metano (CH₄) del sector agrícola producto de la fermentación entérica del hato ganadero. Como muestra la figura 5.5, para el 2015 no se espera un cambio sustancial de las emisiones de metano respecto a 1990, Esto se debe a que, de acuerdo con la proyección, para el periodo 1996-2015 el hato crecerá a una tasa del 0,7% anual, lo que se traducirá en 6.700 Gg de CH₄ (en CO₂ equivalente) emitidos durante el año 2000; 7.100 Gg en el 2005 y 7.400 Gg en el 2015.

5.2.3.3 Emisiones del sector energía

Las emisiones del sector energía incluyen las resultantes del uso de hidrocarburos. Para 1990 se liberaron cerca de 3.000 Gg de CO₂ equivalente. Sin embargo, para 1996 las emisiones de ese sector se incrementaron en poco más de la mitad respecto a las de 1990; superando los 4.400 Gg de CO₂ equivalente. Esto ubicó la tasa de crecimiento anual de las emisiones en el nivel de 7,3%.

Las proyecciones indican que este sector emitirá cerca de 4.700 Gg. en el 2000; 6.200 Gg. en el 2005 y para el 2015 la cifra llegará a las 11.800 Gg de CO₂ equivalente, de los cuales el 90% provendrá del consumo de diesel y gasolina.

³ Datos provenientes del IMN y la OCIC.

En el escenario base el PIB crece a una tasa del 4,5%, pero las emisiones del sector energía crecen al 5,3% durante el periodo de proyección 1996-2015, resultando que por cada 1% de incremento en la producción, las emisiones en CO₂ equivalente aumentarán en 1,17% (ver figura 5.5). En general, las estimaciones indican que el país presenta una elevada elasticidad- ingreso de largo plazo respecto al consumo de hidrocarburos, en particular de gasolina y diesel para el transporte, así como de gas licuado (LPG).

La mayor parte de los hidrocarburos consumidos en Costa Rica se utilizan en el transporte. Durante el periodo 1990-1996 las emisiones de fuentes móviles crecieron más rápidamente que las de fuentes fijas, y se prevé que esa situación se acentúe para los años de proyección. Como resultado, las emisiones de las fuentes móviles se triplicarían entre 1996 y 2015, representando, en ese último año, un 81% de las emisiones totales provenientes del uso de hidrocarburos.

5.2.3.4 Emisiones por procesos industriales

Las emisiones por procesos industriales son las producidas durante la fabricación del cemento. Estas emisiones aumentaron a una tasa del 16% entre 1990-1996 y llegaron a un nivel de 412 Gg de CO₂ este último año. Las proyecciones indican que para el 2000 las emisiones se habrán incrementado a 585 Gg. Para el 2010 ascenderán a 1.200 Gg y 1.800 Gg en el 2015. Este sector es el que presenta la mayor tasa de crecimiento anual (8,1%) de las emisiones para el periodo 1996-2015.

5.2.3.5 Emisiones del sector de desechos sólidos

Las emisiones de metano en CO₂ equivalente derivadas del proceso de descomposición de la biomasa de desechos sólidos, fue estimada para los principales centros urbanos del país. Las estimaciones indican que Costa Rica presenta una relación positiva entre el PIB per cápita y las emisiones de este sector. Estas emisiones aumentaron a una tasa del 10% en el periodo 1990-1996, alcanzando los 2000 Gg en 1996. Para el año 2000 se proyectan 2.100 Gg y 3.200 Gg para el 2005. Para el 2010 y 2015 se estiman que las emisiones alcanzarán los 5.000 y 8.000 Gg, respectivamente.

5.2.4 Estructura relativa de las emisiones de GEI

Las proyecciones indican que para el año 2000 la estructura de emisiones presentará como fijador neto al sector de cambio de uso de suelo; las emisiones del sector agrícola representarán poco más del 50%; y el de energía incrementará su contribución a un 37%. Para el 2015 se estima que la fijación proveniente del cambio en el uso del suelo sea del 8%. El principal emisor será el energético (44%), seguido del de desechos sólidos (30%) y finalmente aparecerá el sector agrícola (28%).

5.2.5 Estructura de las emisiones de GEI por tipo de gas

En 1990 el metano aportó el 65% de las emisiones totales. Para 1996 éstas se incrementaron en cerca del 68% y provenían fundamentalmente del sector

agrícola (51%) y del de desechos sólidos (16%). La mayoría de las restantes emisiones provenían del sector energético bajo la forma de CO₂ (32%).

Se proyecta que para el año 2000 y 2005 la estructura de emisiones por tipo de gas no varíe sustancialmente respecto a la de 1996, excepto por el incremento a un 10% en la fijación del sector de cambio de uso del suelo. La participación relativa del CO₂ contribuirá durante esos años con cerca del 30% del total de emisiones y la contribución relativa de las emisiones de metano disminuyan levemente del 70% al 66%.

Para el año 2015 las proyecciones señalan que las emisiones de metano mantendrán una contribución relativa cercana al 60%, y que la contribución del CO₂ se incrementará ligeramente pasando de un 34 a un 40%.

5.3 Políticas y medidas de mitigación

El diseño de una estrategia nacional de cambio climático requiere un entramado de políticas y medidas orientadas hacia las áreas prioritarias identificadas en los inventarios nacionales de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero y sus proyecciones; así como integrar en un todo armónico aquellas áreas de políticas importantes de la agenda ambiental nacional, entre otras, la protección, conservación y manejo de los recursos naturales, la contaminación del aire y del agua; manejo de desechos sólidos, uso de agroquímicos, etc.

Estas políticas deberán además ser compatibles con las leyes y sus reglamentos que conciernen sobre el tema (ver capítulo 2), y consistentes con los planes nacionales de desarrollo establecidos para los diferentes sectores de la economía.

En virtud de lo anterior, se hace un análisis sobre las diferentes opciones en cinco sectores prioritarios de nuestra economía: transporte, eléctrico, cambio de uso del suelo y forestal, industrial y agrícola.

5.3.1 Transporte

Es la principal fuente de emisiones y el sector meta para enfocar las políticas y medidas nacionales orientadas a la reducción de las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Planificación y control inadecuados del transporte público, parque automotor en crecimiento, importación masiva de vehículos usados, aumento y aglomeración de la población en centros urbanos, red vial deficitaria y en mal estado, congestionamientos del tránsito, eliminación del transporte por ferrocarril y la marcada preferencia del modo privado al servicio público, son las principales causas de las emisiones en el sector.

A pesar de que las políticas y medidas que se adopten podrían proveer significativos beneficios ambientales y de salud pública⁴, no necesariamente resultan ser las opciones de mitigación más económicas. No obstante, en la medida en que éstas pudieran favorecer una notoria mejoría en la calidad del aire en los centros urbanos, sería mayor el apoyo público a las medidas más costosas.

Política:

Reducir emisiones de gases de efecto invernadero y contaminación del aire en los centros urbanos, a niveles acordes con las normas internacionales sobre protección de la salud humana, a través de la planificación y regulación del transporte.

ÁREAS	MEDIDAS
Emisión vehicular	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Reglamentar, regular emisiones y eficiencia vehicular. ◊ Reglamentar la importación de vehículos.
Calidad de los combustibles	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Reducir el contenido de azufre (diesel). ◊ Certificar la calidad de los combustibles.
Transporte público	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Promover el transporte colectivo. ◊ Apoyar el transporte eléctrico. ◊ Reactivar el transporte por ferrocarril.
Otros	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Reordenar el transporte urbano. ◊ Rediseño de rutas y señalización ◊ Mejorar la infraestructura vial

5.3.2 Sector eléctrico

La utilización de fuentes renovables para la generación de electricidad siempre ha sido parte integral de la política nacional de desarrollo. La energía que se produce en el país proviene en un 92,3% de fuentes renovables, destacándose la energía hidráulica como la principal fuente, seguida por la geotérmica y la eólica. Sin embargo, la matriz energética nacional requiere una contribución de energía térmica⁵ como complemento para satisfacer los periodos de máxima demanda.

Costa Rica es uno de los países de mayor potencial hidráulico por unidad de área; según inventarios preliminares, en el país se han identificado proyectos con un potencial que podría satisfacer la demanda en las próximas 4 ó 5 décadas, según la tendencia actual de crecimiento de la demanda. Existen otras fuentes renovables comercialmente desarrolladas que tienen un gran potencial de producción: geotérmica (986 MW) y eólica (600 MW). Este enorme potencial

⁴ La emisión de gases de efecto invernadero en transporte va aunado a la emisión de otros gases nocivos para la salud.

⁵ La contribución térmica es mayor durante la estación seca y en los años de baja pluviosidad, bajo la influencia del fenómeno El Niño.

permite que se combinen distintas fuentes renovables para lograr una oferta nacional más eficiente en lo técnico, económico y ambiental.

Con el sistema de Interconexión Eléctrica Centroamericana (SIEPAC) y la regionalización de los mercados del istmo⁶ se plantean escenarios de oportunidades y amenazas al sector nacional. Por un lado, se podría comercializar la energía eléctrica y colocar energía renovable y/o potencial en cualquier país de Centro América, dado que la infraestructura y la estructura del mercado así lo permitirá.

Sin embargo, se observaría el riesgo de fuerte competencia por parte de los generadores térmicos regionales, en especial los de gas natural, que podrían obtener incluso mercados nacionales con base a precios favorables. Por lo anterior la obtención de incentivos económicos daría una mayor competitividad y penetración de la energía renovable de Costa Rica en la región.

Política:

Promover la eficiencia energética y la generación de electricidad con fuentes renovables garantizando así que Costa Rica no pierda competitividad ante la regionalización y privatización del mercado eléctrico de Centroamérica.

AREAS	MEDIDAS
Administración de la demanda	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Campaña de ahorro energético y reforma tarifaria
Eficiencia energética	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Marco legal “Uso racional energía” ◊ Auditorías energéticas ◊ Equipos eficientes (línea de crédito)
Energía renovable	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Promoción de fuentes renovables y garantizar su competitividad a través de la comercialización de certificados de reducción de emisiones.

⁶ La mitad de la población centroamericana estimada en 15 millones de habitantes no tiene acceso a la electricidad y más de la mitad de esta energía en Centroamérica proviene de plantas térmicas que utilizan hidrocarburos.

5.3.3 Cambio de uso del suelo y silvicultura

Costa Rica es un país con vocación forestal y su cobertura constituye una de las principales preocupaciones del gobierno en su esfuerzo por conservar la biodiversidad, el agua y los suelos, así como contribuir con la mitigación del cambio climático.

En 1950 más de la mitad del territorio nacional estaba cubierto por bosques. En cambio, actualmente se estima que solo el 37,1% está cubierto por bosques de diferentes tipos (CCT, 1999). El desarrollo agropecuario del país, propició el cambio de uso en tierras forestales, pasando así la cobertura del 72% en 1950 a su mínima expresión en 1983.

En 1969 con la primera Ley Forestal, se hicieron los primeros esfuerzos para constituir el Sistema Nacional de Areas de Conservación (SINAC) que actualmente protege el 25% del territorio nacional bajo siete categorías de protección: parques nacionales (11%), reservas biológicas (0,4%), zonas protectoras (3%), reservas forestales (5,4%), refugios de vida silvestre (3,4%) y humedales (1,7%).

A partir de 1979 se introducen los primeros incentivos fiscales a la reforestación; sin embargo, durante los 70-80's el sector forestal experimentó altas tasas de deforestación.

En 1991 y en 1995 se introducen otros incentivos al manejo y la conservación del bosque natural respectivamente, que contribuyeron a revertir un proceso acelerado de cambio de uso en tierras de vocación forestal y a bajar los niveles de deforestación a finales de los ochenta a un 4% y en 1992 al 1,7%.

En 1996 bajo la jurisdicción de la actual Ley Forestal, se establece el programa nacional de Pagos de Servicios Ambientales (PSA). Bajo este esquema, a partir de 1997, muchos bosques secundarios están en recuperación en las zonas abandonadas por la agricultura y la ganadería, y algunas son objeto de plantaciones forestales.

A pesar de que el país ha tenido la capacidad de desarrollar el SINAC y a la vez que ha instaurado un marco legal y una capacidad institucional para el pago de servicios ambientales, no se ha logrado garantizar la sostenibilidad de estos esquemas en el largo plazo. El país está experimentando dificultades para hacer frente a estos compromisos, en particular la compra de tierras en áreas declaradas de protección absoluta y el pago de servicios ambientales.

En virtud de lo anterior, la venta de unidades de reducción de emisiones certificadas a través de MDL, es una opción viable para consolidar el SINAC y garantizar la sostenibilidad de la actividad forestal privada.

Política:

Garantizar la sostenibilidad de la actividad forestal privada y consolidar el Sistema Nacional de Areas de Conservación en el marco de los Mecanismos de la CMCC, a través de los esfuerzos que hace el país en materia de manejo y conservación de sus bosques privados y públicos.

AREAS	MEDIDAS
Ordenamiento territorial	◊ Plan de ordenamiento territorial (uso potencial versus uso actual)
Consolidación territorial del SINAC	◊ Compra de tierras con la venta de unidades de reducción de emisiones (Proyecto de Áreas Protegidas, PAP).
Actividad forestal privada	◊ Sostenibilidad financiera del programa de PSA con la venta de unidades de reducción de emisiones (Proyecto Forestal Privado, PFP)

5.3.4 Industrial

El desarrollo industrial del país es consecuente con el marcado deterioro ambiental. Las causas son, entre otras, la utilización del medio ambiente como receptor de sus descargas contaminantes (sólidos, gases y vertidos), control inadecuado y el alto costo de las soluciones tecnológicas para prevenir y disminuir la contaminación atmosférica e hídrica consecuente con los procesos industriales.

El control de los vertidos de la actividad del beneficiado del café⁷ y de otras actividades industriales, es la opción más importante para enfrentar el problema de la contaminación hídrica de fuentes puntuales⁸, dado que más de un 85% del total de las descargas orgánicas son originadas en dichos sectores.

En cuanto a la gestión de los desechos sólidos, la emisión de metano producto de la descomposición orgánica de los desechos podría eliminarse si se introducen prácticas y tecnologías apropiadas. El reciclado, cuyas prácticas difieren en complejidad técnica, el uso del compostaje para tratar desechos orgánicos húmedos y producir fertilizantes orgánicos, así como tecnologías para la incineración, constituyen opciones viables de mitigación en este sector. Además, el metano puede recuperarse en los vertederos existentes y futuros (los materiales orgánicos emiten gases durante 10 a 30 años) y más de la mitad del metano que se produce podría utilizarse para la generación de electricidad.

⁷ El beneficiado del café es responsable del 70% de la descarga orgánica desde fuentes puntuales.

⁸ Son aquellas fuentes que descargan residuos directamente en los cursos de agua; las no puntuales son las que descargan indirectamente por conductos donde convergen varias fuentes.

Política:

Manejar los desechos sólidos y aguas residuales de las fuentes urbanas, industriales y agrícolas.

ÁREAS	MEDIDAS
Manejo de desechos sólidos en áreas urbanas	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Promover el manejo privado de los vertederos mediante concesión de obra pública. ◊ Preparar un plan nacional de manejo de desechos con amplia consulta y participación ciudadana.
Control de vertidos industriales y agrícolas	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Readecuar los estándares de efluentes. ◊ Regular y monitorear el vertido de las fuentes industriales y agrícolas. ◊ Promover los planes voluntarios de manejo de aguas residuales.
Legislación	Adecuar la legislación en la materia en un todo orgánico.
Producción Limpia ⁹	<ul style="list-style-type: none"> ◊ Promover en el ámbito nacional el concepto de Producción Limpia y apoyar el “Programa Nacional de Producción más Limpia” ◊ Apoyar certificación ambiental en la actividad bananera.

5.3.5 Agrícola

La ganadería¹⁰ contribuye con más del 80% de la emisión total de metano y la agricultura es la principal fuente de emisiones de óxido nitroso en el país, ambos gases con alto potencial de calentamiento global. Estas emisiones se producen debido a la fermentación entérica en la ganadería y la crianza de animales, en las prácticas de quemas de pastizales y residuos agrícolas, así como las emisiones de óxido nitroso del uso de fertilizantes nitrogenados en la labranza.

⁹ “PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) define producción más limpia como la aplicación conjunta de una estrategia ambiental preventiva e integrada en los procesos productivos, los productos y los servicios, para reducir los riesgos relevantes a los seres humanos y al medio ambiente. En el caso de los procesos productivos, se orienta hacia el uso eficiente de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones contaminantes y los desechos. En el entendido de que las nuevas tecnologías serán más limpias, este concepto se perfila como un proceso dinámico y sistemático de mejoramiento continuo de la gestión ambiental.

¹⁰ El ganado bovino emite metano como un subproducto de su proceso digestivo y representa energía alimenticia que se pierde en vez de ser transformada en leche o carne.

La mejor gestión de la ganadería en términos de un mejor equilibrio entre la calidad de la dieta y nutriente¹¹ y el mejoramiento en el manejo del pastoreo¹², son opciones viables para la reducción de emisiones de metano del sector ganadero.

Costa Rica posee el consumo de agroquímicos por hectárea cultivada más alto de Centroamérica y uno de los más altos entre los países en desarrollo. De este uso intensivo y de su manejo inadecuado se derivan importantes efectos sobre la salud y el medio ambiente. Por ser un problema que también contribuye a la contaminación de las aguas, las medidas de mitigación pueden tener un doble beneficio.

Una mejor gestión de tierras (mayor uso de labranza mínima o nula, optimización de la labranza y drenaje, programación de los regadíos, etc.) y una mejor gestión de fertilizantes (mejores tecnologías para la aplicación de nitrógeno y equilibrio entre el suministro y la demanda de los cultivos, etc.), permite incrementar la producción agrícola con efectos positivos para el medio ambiente.

Política:

Incentivar la adopción de prácticas y tecnologías agropecuarias que reduzcan el uso de agroquímicos y la emisión de metano y otros gases de efecto invernadero.

ÁREAS	MEDIDAS
Marco regulatorio y tecnologías en uso de agroquímicos y fertilizantes nitrogenados	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Fortalecer marco legal para regular el licenciamiento y controlar el uso de agroquímicos tóxicos. ◆ Promover políticas que reduzcan el uso de plaguicidas. ◆ Promover gestión mejorada del uso de fertilizantes nitrogenados. ◆ Incentivar la investigación y el uso de agroquímicos orgánicos en café, banano y plantas ornamentales. ◆ Promover un programa nacional de agricultura orgánica
Producción pecuaria	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Apoyar la investigación y programas de extensión sobre el manejo de aspectos ambientales.

¹¹ La corrección de deficiencias nutricionales aumenta el crecimiento del rumen y reduce las pérdidas de energía digestible por producción de metano.

¹² Prácticas de manejo del pastoreo aumenta la producción de materia orgánica o forraje por unidad de área.

5.4 Programa Nacional de Actividades de Implementación Conjunta

En el ámbito de la Decisión 5 de la 1ª Conferencia de las Partes, se dejó abierta la posibilidad de que, bajo una fase piloto, las Partes lleven a cabo Actividades de Implementación Conjunta (AIC) que ayuden a contribuir al objetivo último de la Convención.

Costa Rica ha logrado demostrar que AIC es un mecanismo de gran utilidad para financiar algunas de las prioridades nacionales de desarrollo humano sostenible, entre otras, la generación de energía con fuentes renovables, la consolidación territorial de las áreas de conservación y la compensación por los servicios ambientales que brindan a la sociedad las actividades forestales privadas de conservación de bosques y plantaciones forestales.

Actualmente, Costa Rica tiene 9 proyectos AIC (ver cuadros 5.1 y 5.2) reportados a la Secretaría de la CMCC, 4 proyectos de generación de energía renovable (1 hidroeléctrico y 3 eólicos), 4 proyectos forestales y un proyecto de tratamiento de aguas servidas en beneficios de café¹³ (cuadro 5.3). El monto total de las inversiones se estima en \$230 millones.

Los proyectos de energía están en operación y producen aproximadamente el 8% de la energía que se consume en el país. Dos proyectos forestales ya obtuvieron financiamiento, lo que significa que por medio de la AIC, a la fecha se ha logrado una inversión en el país de \$140 millones.

Entre los proyectos en gestión, el proyecto Ecomercados, desarrollado por el MINAE, con el apoyo financiero del Banco Mundial, del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF) y el Fondo Prototipo de Carbono (PCF) del Banco Mundial tiene como objetivo apoyar el desarrollo de mercados locales y globales de servicios ambientales derivados de los ecosistemas forestales; y así, lograr que estas políticas tanto en este sector como en el de producción de energía renovable, contribuyan al desarrollo humano sostenible.

En esta iniciativa, el GEF financiará el pago de servicios ambientales de conservación de la biodiversidad en el segmento nacional del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM), con un aporte de \$10 millones y el PCF apoyará la generación de electricidad con fuentes renovables, con un aporte de \$10 millones a cambio de las unidades de reducción de emisiones de 3 a 6 proyectos MDL en energía renovable. Además, permitirá mejorar la competitividad financiera de los proyectos hidroeléctricos con respecto a proyectos de generación térmica, y a consolidar la alianza estratégica entre conservación de los ecosistemas forestales y la producción de hidroelectricidad.

¹³ El costo incremental del proyecto se financió con la venta de CTOs al gobierno de Holanda, por un monto de aproximadamente \$400 mil.

Cuadro 5.1
Sector Energía

Proyecto	Tipo	Capacidad Instalada (MW)	Generación Anual (GWh/año)	% Producción Total	Costo Total US\$ millones	Reducción de Emisiones (tm C)
Plantas Eólicas	Eólico	20	98	2.1	30,40	506.720
Tierras Morenas	Eólico	20	90	1.9	27	562.020
Aeroenergía	Eólico	6,4	30	0,63	8,85	146.000
Doña Julia	Hidroeléctrico	16	85	1.8	27	562.020
TOTAL		64,4	303	6,43	93,25	1.776.760

Cuadro 5.2
Sector Cambio de uso de la tierra y forestal

Nombre del Proyecto	Tipo de Proyecto	Area (ha)	Costo Total (US\$ millones)	Duración (años)	Reducción de Emisiones/Secuestro (tm C) (tm CO ₂)	
ECOLAND	Conservación	2.340	1	15	345.548	1.267.124
KLINKI	Reforestación	6.000	3,8	40	1.968.000	7.216.656
CNFL	Conservación Regeneración Reforestación	4.000	3,3	25	313.646	1.150.139
P.A.P.	Conservación	530.000	150	25	18.000.000	66.000.000
EARTH	Reforestación	121	0,334	20	4.493	16.474
TOTAL		542.461	158,43	125	20.631.687	75.650.393

Cuadro 5.3
Sector Agrícola

Nombre del Proyecto	Tipo de Proyecto	Costo Total (US\$ millones)	Duración (años)	Reducción de Emisiones (tm C) (tm CO ₂)	
ICAFE/BTG	Tratamiento de aguas	0,973	10	34.645	127.031

- ◇ CNFL fue aprobado como un proyecto AIC por el gobierno Noruego, ICAFE/BTG por el gobierno de Holanda, EARTH por el municipio de Rotterdam (Holanda) y los demás por el gobierno norteamericano, a través de la Oficina Norteamericana de Implementación Conjunta (USJI).
- ◇ Todos los proyectos de energía están financiados y el proyecto Plantas Eólicas está en operación. El proyecto forestal ECOLAND está implementado.

- ◆ Para los proyectos de energía, el año de referencia es 1994: capacidad instalada 1.156 MW y generación total 4.670 GWh/año.

5.5 Proyectos potenciales de mitigación

En el marco del programa nacional de cambio climático, se ha identificado una cartera de proyectos potenciales de mitigación que pudieran ser financiados a través de fondos propios o con inversión extranjera directa, ya sea por el aporte de capital o por los Mecanismos de la Convención Climática y su Protocolo.

En esta sección, se presentan diferentes opciones de mitigación y proyectos potenciales en aquellos sectores representativos de nuestra economía, tales como energía (transporte, energía renovable y conservación de ésta), cambio de uso del suelo y forestal, manejo de desechos sólidos y tratamiento de vertidos, y ganadería, con el propósito de evaluar preliminarmente el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero atribuibles a las diferentes actividades de los proyectos identificados, pero cuya implementación de muchos de ellos, será contingente a la reglamentación adecuada y entrada en vigor de los Mecanismos de la Convención y su Protocolo.

5.5.1 Transporte

5.5.1.1 Sistema de tránsito integrado en el área metropolitana

El 60% de la población está concentrada en la Gran Área Metropolitana (GAM), que cubre solo el 4% del territorio nacional y demanda alrededor de un millón de traslados de pasajeros por día, de los cuales el 75% usa transporte público.

El “Sistema de Tránsito Integrado en el Área Metropolitana” tiene por objetivo regular el transporte público colectivo en modalidad autobús, que actualmente agrupa 184 rutas y aproximadamente 1500 rutas que ingresan diariamente al casco central, desde zonas aledañas que la afectan directa o indirectamente.

El objetivo es consolidar una red integrada de transporte que constituya una alternativa competitiva ante otros modos de transporte público y permita optimizar la operación de las rutas a través del uso eficiente de la flota, la verificación de los recorridos, la coordinación de horarios y transbordos, y el mejoramiento tecnológico y de infraestructura, entre otros aspectos.

Esta iniciativa estratégica del MOPT se va a implementar en dos etapas: una etapa de transición y otra de consolidación.

Durante la etapa de transición (2001-2002), las empresas concesionarias coordinarán la operación de las rutas de acuerdo con los subsectores¹⁴ y esquemas operativos predeterminados.

En la etapa de consolidación (2003-2007), se pasará de 20 subsectores a 9 sectores, cada uno administrado por un consorcio o empresa única. Asociado a la reorganización de las rutas de transporte público, se impulsará además, la renovación de la flota con unidades estandarizadas.

Dentro de este proceso de modernización se analizarán alternativas tecnológicas complementarias, tales como trenes eléctricos, tranvías, trolebuses o autobuses limpios de baja emisión, priorizando el uso del transporte eléctrico.

5.5.1.2 Reapertura de la línea ferroviaria

Restablecer el servicio público de carga y de pasajeros por ferrocarril es una de las principales opciones de mitigación de emisiones en este sector. La paralización del ferrocarril, desde ambas costas a la capital, agravó el problema de transporte por carreteras cuyas capacidades están agotadas.

El uso y explotación de la infraestructura ferroviaria, a través del mecanismo de concesión de obras públicas, permitirá ofrecer costos más competitivos, ya que se utiliza la mitad del combustible que requiere el transporte de carga por carretera.

La red ferroviaria nacional es interoceánica y tiene una extensión de 450 kilómetros (km). Tiene dos sectores, el del Caribe, con una extensión de 300 km que une San José con el puerto de Moín, y el sector Pacífico, con una extensión de 150 km, que comunica la capital con los puertos de Caldera y Puntarenas. El del Pacífico está electrificado y utilizaría únicamente fuentes renovables. Ambas zonas están comunicadas entre sí por una línea interurbana de 44 km.

Para estimar la potencialidad de la demanda del transporte ferroviario de carga se consideraron cuatro escenarios según el grado de intervención en la red.

- 1^{er} escenario: Infraestructura e instalaciones actuales para servicio ferroviario inmediato.
- 2^o escenario: Acondicionamiento de la infraestructura, instalaciones y adquisición de nuevo material.
- 3^{er} escenario: Rehabilitación de la infraestructura y material en desuso, e inversiones parciales en bodegas y silos, instalaciones de carga y descarga, espuelas de corta longitud, etc.

¹⁴ Un sector es un área geográfica definida que incluye uno o más núcleos urbanos de determinado rango de densidad poblacional, servida por rutas de transporte público que se integran entre sí, que sirven zonas del territorio comunes y/o adyacentes y que tributan a una misma vía principal o radial. Un subsector representa un área geográfica contenida dentro de un sector que tributa a una misma vía secundaria. Las rutas de los subsectores comparten algunas de las vías radiales principales de su respectivo sector.

4º escenario: Adquisiciones de material, instalaciones de manipulación de la carga y construcción de espuelas y ramales.

En los cuadros 5.4 a 5.7 se detallan la reducción en consumo de combustible y reducción de emisiones por escenario en ambas redes ferroviarias.

Cuadro 5.4 Red al Pacífico Transporte terrestre equivalente y emisiones							
Escenario	Carga	# Viajes	Distancia	Consumo	Consumo	Consumo	Emisiones
	t/año	20 Ton c/u	km	litros/km	por viaje	Total (l)	CO ₂ tm/año
1	190.935	9.547	110	0,4545	49,995	477.290	1.310,49
2	421.935	21.097				1.054.732	2.895,97
3	1.245.135	62.257				3.112.526	8.546,03
4	2.514.455	125.723				6.285.509	17.258,05

Fuente: INCOFER

Cuadro 5.5 Emisiones por tipo de gas (tm/año)						
Escenario	CO ₂	CH ₄		N ₂ O		TOTAL
		CH ₄	CO ₂ equiv.	NO ₂	CO ₂ equiv.	
1	1.296,1	0,07	4,12	0,04	10,30	1.310,49
2	2.864,1	0,16	9,10	0,08	22,75	2.895,97
3	8.452,0	0,48	26,86	0,24	67,14	8.546,03
4	17.068,2	0,97	54,23	0,48	135,59	17.258,05

Cuadro 5.6 Red al Caribe Transporte terrestre equivalente y nivel de emisiones							
Escenario	Carga	# Viajes	Distancia	Consumo	Consumo	Consumo	Emisiones
	Ton/año	20 Ton c/u	Km	L/Km	por viaje	Total (L)	CO ₂ TM/año
1	218.000	10.900	168	0,4545	76,356	832.280	2.285,18
2	372.000	18.600				1.420.222	3.899,49
3	829.000	41.450				3.164.956	8.689,98
4	829.000	41.450				3.164.956	8.689,98

Fuente: INCOFER

Cuadro 5.7 Emisiones por tipo de gas (tm/año)						
Escenario	CO ₂	CH ₄		N ₂ O		
	CO ₂	CH ₄	CO ₂ equiv.	N ₂ O	CO ₂ equiv	TOTAL
1	2.260,05	0,13	7,18	0,06	17,95	2.285,18
2	3.856,60	0,22	12,25	0,11	30,64	3.899,49
3	8.594,40	0,49	27,31	0,24	68,27	8.689,98
4	8.594,40	0,49	27,31	0,24	68,27	8.689,98

5.5.1.4 Fuentes renovables

Acorde con el desarrollo del país y la progresiva cobertura de las áreas rurales, la demanda de electricidad en Costa Rica ha mantenido un fuerte crecimiento en las últimas décadas, con un promedio sostenido de 5,7% anual,

Según las proyecciones, el mercado nacional al nivel de potencia y generación pasará de 991 MW y 5.112 GWh en 1998 a 1.960 MW y 11.116 GWh en 2010 respectivamente, con un incremento anual de 5,8% en ambos casos.

A pesar de que las fuentes renovables son más intensivas en capital, la política energética nacional está enfocada a promover una oferta que evite las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes a la atmósfera, aprovechando el potencial que tiene el país con sus recursos naturales.

Con el sistema de interconexión eléctrica centroamericana y la regionalización de los mercados eléctricos del istmo¹⁵, existe oportunidades y amenazas al sector eléctrico nacional. Por un lado, significan oportunidades para comercializarla en la región y colocar energía renovable y/o potencia en cualquier país del istmo. Sin embargo, bajo un mercado competitivo y precios favorables de los hidrocarburos, se corre el riesgo de una fuerte competencia de los generadores térmicos regionales que podrían obtener incluso mercados nacionales con base en los precios.

Según el Plan de Expansión de Generación Eléctrica del ICE¹⁶ para el periodo 2000-2010 (ver cuadro 5.8), en la próxima década se requiere instalar alrededor de 1.000 MW de capacidad de generación, de la cual, se considera que entre 80-90 % debiera proceder de recursos renovables y el 10-20% restante

¹⁵ La mitad de la población centroamericana estimada en 15 millones de habitantes no tiene acceso a la electricidad y más de la mitad de la electricidad en Centroamérica proviene de plantas térmicas que utilizan hidrocarburos.

¹⁶ Los planes de expansión comparan la demanda proyectada con la oferta de electricidad. Cuando hay insuficiencia de reserva o potencia, se revisa el inventario de proyectos disponibles de diferentes fuentes y se hacen análisis de costo-efectividad para minimizar la inversión y los costos a largo plazo.

consistiría en la instalación de plantas térmicas complementarias para satisfacer la demanda en punta.

Cuadro 5.8				
Plan de expansión (2000 – 2010)				
Reducción de Emisiones Potencial¹⁷ (CO₂)				
Nombre	Año	TIPO	Potencia (MW)	CO₂ evitado(TM/año)
Miravalles III	2000	G	27	7.095,60
Angostura		H	177	46.515,60
TOTAL			204	53.611,20
Peñas Bl.	2001	H	35	9.198,00
Tejona		E	20	5.256,00
TOTAL			55	14.454,00
Miravalles V	2003	G	20	5.256,00
TOTAL			20	5.256,00
Bots	2004	H	120	31.536,00
TOTAL			120	31.536,00
Pirris	2005	H	128	33.638,40
TOTAL			128	33.638,40
Tenorio	2008	G	55	14.454,00
TOTAL			55	14.454,00
Guayabo	2009	H	234	61.495,20
TOTAL			234	61.495,20

G -Geotérmico, H- Hidroeléctrico, E- Eólico

El despacho diario de energía a través del sistema interconectado se basa en reglas económicas que dictan la conveniencia de que las plantas hidroeléctricas de filo de agua y la energía intermitente de los proyectos eólicos se colocan en la base de la curva de carga, de tal manera que se pueda producir al máximo. Las fuentes de producción fija, tales como la geotérmica y las plantas de embalse, se despachan en áreas intermedias de la curva. Eso significa que las plantas térmicas solamente son operadas de forma marginal en la parte alta de la curva de carga, en especial durante las horas de demanda máxima. En la época seca, al bajar la

¹⁷ A nivel de proyecto, las unidades de reducción de emisiones potencialmente comercializables en el marco de los mecanismos de la Convención y su Protocolo, deben ser contingentes a la prueba de adicionalidad ambiental y financiera, y determinadas, para cada proyecto en particular, según la línea de base sectorial vigente.

producción de las hidroeléctricas de filo de agua y de embalse, las plantas térmicas aumentan su producción, bajando su posición dentro de la curva de carga.

Según lo anterior, las plantas térmicas trabajan a factores de planta marginales, pues solo se usan cuando no se dispone de otros recursos. Esto significa que una porción de la hidroelectricidad sustituye la producción térmica que se tiene disponible, pero que no se usa en su plena capacidad. La diferencia entre la producción máxima posible de las plantas térmicas y la producción real con el sistema balanceado es una medida de sustitución en cuanto a generación térmica por fuentes renovables.

Debido a la marcada fluctuación en los precios internacionales de los hidrocarburos, la valoración económica y la consolidación de un mercado internacional de unidades para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, constituye un elemento vital para convertir la energía renovable en un instrumento para el desarrollo humano sostenible.

5.5.1.5 Conservación de energía

Bajo el Programa Nacional de Conservación de la Energía (PRONACE), se crea en 1996, la Comisión Nacional de Conservación de Energía (CONACE), con el fin de incentivar el uso racional de la energía, a través de la coordinación de aspectos de demanda y eficiencia energética.

Los proyectos de administración de la demanda están orientados a promover el uso racional y el ahorro energético, para atenuar los efectos del crecimiento de la demanda y para balancear la curva de carga durante los periodos de máximo consumo. Esta iniciativa está orientada al sector residencial, donde la energía se utiliza en iluminación y cocción de alimentos, y al sector industrial, donde el 94% de la energía se consume en motores.

Entre otros, el programa de interrupción de carga a distancia y el plan de ampliación de la tarifa T-6 para consumos mayores a 3 MWh, son otras opciones dirigidas a desplazar la demanda y reducir la carga en horas de punta, cuando operan en su plena capacidad las plantas térmicas.

En eficiencia energética, el programa nacional de lámparas fluorescentes compactas (LFC) es una iniciativa orientada al ahorro energético y está dirigido al sector residencial, que cuenta con aproximadamente 760.000 abonados que consumen aproximadamente la mitad de la energía eléctrica despachada a través del sistema interconectado nacional. El 20% de este consumo corresponde a iluminación.

La introducción a gran escala de LFC tiene como objetivo disminuir la demanda de potencia y energía en el ámbito nacional. El uso de LFC en el mercado tiene además los siguientes impactos: reducción en la demanda de carga y potencia en sistema interconectado durante el periodo nocturno de demanda máxima, reducción de generación térmica impulsada por diesel y búnker durante el periodo nocturno de máximo consumo, mejor utilización de la capacidad instalada y ahorros en los recibos de los consumidores, que compensan el costo inicial.

En Costa Rica se desarrolló un proyecto piloto con 375.000 fluorescentes compactos de 20W, comercializados bajo un sistema de incentivo por las empresas de distribución eléctrica de diferentes regiones del país. La inversión aproximada fue de US\$ 4,25 millones.

Los resultados del proyecto piloto se resumen en el cuadro 5.9. El ahorro energético es sostenible durante la vida media de los fluorescentes (no menos de 10.000 horas con 3 horas de operación diaria).

Cuadro 5.9 Resultados del Programa Lámparas Fluorescentes Compactas	
Venta de lámparas (31 de dic,1998)	277.948 CFIs
Porcentaje vendido	74%
Potencia disminuida	15.287 kW
Ahorro de energía	32,8 GWh
Ahorro en combustible	3.287.753 litros
Reducción de emisiones	8.752 t CO ₂
Ahorro estimado del total de energía producida	1,45%

Fuente: Conservación de Energía, Instituto Costarricense de Electricidad

Bajo las condiciones anteriores, otro proyecto de eficiencia energética de igual tamaño obtendría beneficios similares y podría enmarcarse en los Mecanismos de la Convención y su Protocolo, toda vez que cumpla con criterios estrictos de adicionalidad.

Las auditorías energéticas orientadas a los grandes consumidores¹⁸ de los sectores comercial e industrial, es otro de los proyectos de conservación de la energía que se realizan al amparo de la legislación vigente en la materia¹⁹.

¹⁸ Consumos mayores de 240 MWh/año, 360 mil litros/año de derivados del petróleo o 12 TJ/año en consumo combinado de electricidad, derivados de petróleo y otros (leña, residuos vegetales, etc.)

¹⁹ La Ley de Regulación del Uso Racional de la Energía (1994) establece la obligatoriedad de un programa de eficiencia a los grandes consumidores del sector privado, equivalente al 15% de la factura energética de la empresa. Las compañías no reguladas pueden presentar programas voluntarios y disfrutar de los beneficios de la ley, como: cofinanciamiento del 50% de la inversión requerida o descuento en la facturación eléctrica o de derivados de petróleo hasta un 20% del ahorro anual por periodos de dos años.

5.5.1.6 Cambio de uso del suelo y forestal

Conscientes de la importancia de la conservación de los bosques y el reforzamiento de los sumideros y los depósitos de carbono en los ecosistemas forestales como una opción de mitigación del cambio climático, y reconociendo lo dispuesto en los artículos 3.1, 3.3 y 3.10 del Protocolo de Kyoto, así como sus relaciones dimanantes con su artículo 12, Costa Rica diseñó dos proyectos forestales de proyección nacional, el “Proyecto de Áreas Protegidas (PAP) y el Proyecto Forestal Privado (PFP).

El PAP tiene como objetivo la consolidación territorial y financiera del SINAC a través de la comercialización internacional de unidades de reducción de emisiones netas que resulten con disminuir las emisiones por la deforestación en tierras que han sido declaradas parques nacionales o reservas biológicas, pero que no han sido expropiadas¹⁸ y registradas como patrimonio forestal del Estado. El potencial de unidades de reducción de emisiones netas del PAP se muestran en el cuadro 5.10.

La metodología usada para estimar los beneficios netos de reducción de emisiones en unidades equivalentes de carbono y el sistema de monitoreo del proyecto, fueron evaluados por la "Société Generale de Surveillance" (SGS) Forestry, líder mundial en auditoría ambiental, SGS Forestry certificó además, la primera emisión de unidades de reducción de emisiones del PAP y determinó los niveles de reserva necesarios para un nivel de riesgo del 2% para el inversionista, además, verificará la ejecutoría del proyecto.

¹⁸ Bajo el marco constitucional, la propiedad privada es inalienable y las leyes y sus reglamentos solo se aplican una vez que han sido expropiadas por el Estado.

Cuadro 5.10				
Beneficio neto de reducción de emisiones – PAP				
Año	Sin Proyecto (tm C)	Con Proyecto (tm C)	Beneficio neto (tm C)	O₂ equivalente
2000	82.883.081	83.476.141	500.497	1.835.155,7
2001	82.628.100	83.689.195	468.035	1.716.128,3
2002	82.131.069	83.987.314	795.150	2.915.550,0
2003	81.531.856	84.351.067	962.966	3.530.875,3
2004	80.938.888	84.714.819	956.720	3.507.973,3
2005	80.351.959	85.078.511	950.621	3.485.610,3
2006	79.770.892	85.442.193	944.749	3.464.079,7
2007	79.195.536	85.763.042	896.205	3.286.085,0
2008	78.625.757	86.040.930	847.667	3.108.112,3
2009	78.061.438	86.306.593	829.982	3.043.267,3
2010	77.502.472	86.551.644	804.017	2.948.062,3
2011	76.948.761	86.755.413	757.480	2.777.426,7
2012	76.400.219	86.910.851	703.980	2.581.260,0
2013	75.856.761	87.047.009	679.616	2.491.925,3
2014	75.318.311	87.165.967	657.408	2.410.496,0
2015	74.784.795	87.275.189	642.738	2.356.706,0

Fuente OCIC

El PFP es un compromiso entre el gobierno y los pequeños propietarios fuera del área del PAP, que proporciona el “Pago por Servicios Ambientales” (PSA) bajo un programa nacional que impulsa la conservación y el manejo sostenible del recurso forestal²¹, evitando así, cambios de uso de la tierra no compatibles con su potencialidad.

Los recursos para este ambicioso plan forestal nacional se adquirieron inicialmente a través de un impuesto selectivo de consumo a los combustibles. El incentivo anual por hectárea y tipo de actividad es fijado con base en criterios técnicos del MINAE (ver cuadro 5.11) y ejecutado a través del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO).

²¹ Los propietarios que reciben este incentivo ceden los beneficios de mitigación a la OCIC, para que ésta los comercialice internacionalmente y atraiga nuevos recursos para continuar con el programa de PSA.

Cuadro 5.11
Modalidades de Pagos de Servicios Ambientales (PSA)
según Decreto Ejecutivo 26141-MINAE

Actividad	US\$/ha	% por año (5 años)				
		1	2	3	4	5
Reforestación	500	50	20	15	10	5
Manejo de bosque	335	50	20	10	10	10
Conservación/regeneración	210	20	20	20	20	20

Ha sido notorio el impacto de la política de PSA a los pequeños y medianos propietarios de bosques y plantaciones forestales. Mientras en 1994 el total de hectáreas incentivadas con los esquemas vigentes eran 16 mil, mediante el programa de PSA en 1997, 1998 y 1999 se incentivaron respectivamente 97 mil, 60 mil y 60 mil hectáreas. Al año 2000 existen aproximadamente 230 mil hectáreas bajo contratos firmados por un periodo de 5 años, beneficiando aproximadamente a 8 mil propietarios.

El potencial máximo del PFP es 847.728 ha con plantaciones, 857.786 ha con manejo y la conservación de 840.237 ha de bosque bajo protección absoluta.

A pesar de que el país ha establecido el SINAC y a la vez ha instaurado un marco legal y una capacidad institucional para el programa de PSA, no se ha logrado garantizar la sostenibilidad financiera de ambos programas en el largo plazo. El país está experimentando dificultades para hacer frente a los compromisos de compra de tierras en áreas declaradas de protección absoluta y los pagos por servicios ambientales de las actividades forestales privadas.

En virtud de lo anterior, la venta de unidades de reducción de emisiones certificadas a través de los Mecanismos de la Convención y su Protocolo, es una opción viable para consolidar el SINAC y garantizar la sostenibilidad de la actividad forestal privada en el ámbito del programa de PSA, ambos, prioritarios en la agenda ambiental del país.

5.5.1.7 MANEJO DE DESECHOS

Tratamiento de aguas en beneficios de café

La basura y las aguas servidas del sector agroindustrial son fuentes de emisiones de metano, gas de alto poder de forzamiento radiativo en la atmósfera. Además, constituyen las principales fuentes de contaminación hídrica del país. En virtud de lo anterior, la captación y utilización del metano en el tratamiento de las aguas servidas del sector agroindustrial son opciones viables de mitigación para Costa Rica.

En el sector de control de vertidos, la experiencia del país se ha centrado principalmente en el beneficiado del café, donde el proceso tradicional de tratamiento de aguas servidas en lagunas de oxidación (proceso aeróbico), se

logró sustituir por un proceso anaeróbico de biodigestión, que captura el metano y lo utiliza para producir electricidad y/o generar calor para la torrefacción del café, y de esta forma, se reducen los costos del proceso (ver figura 5.6).

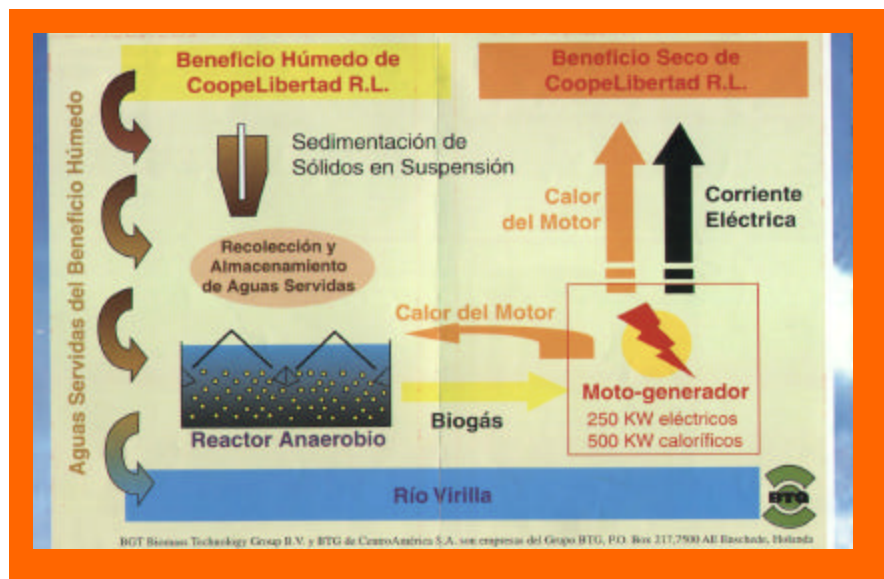


Figura 5.6 Sistema de tratamiento de aguas servidas del beneficio del café

Esta iniciativa es parte de un convenio suscrito entre el sector cafetalero y el Ministerio de Salud para reducir radicalmente la descarga de agua contaminada a los ríos de la Gran Área Metropolitana (GAM) donde se concentra la mitad de la población costarricense.

Para la descontaminación de las descargas del proceso de beneficiado del café se establecieron diversas prácticas, las cuales involucran tecnologías que permiten un proceso más limpio. Esto incluye usar menos agua en el proceso, tamizar²² los desechos sólidos de pulpa, sedimentar los desechos en tanques²³ y tratar los desechos del mucílago disueltos en agua en reactores anaeróbicos²⁴.

²² Los tamices son filtros de pretratamiento que separan las partículas más grandes (disminución del 50% de los sólidos suspendidos) que se desplazan en el agua luego de despulpar el fruto. La pulpa filtrada en lugar de amontonarse en las riberas y descomponerse, se utiliza como abono orgánico o compost y el agua sin desechos de mayor tamaño es reutilizada en el proceso.

²³ Los tanques sedimentadores permiten la separación de sedimentos orgánicos (partículas sólidas) presentes en las aguas neutralizadas previamente con cal. Únicamente los desechos disueltos en agua pasan a la siguiente etapa.

²⁴ El tratamiento anaeróbico o tratamiento secundario reduce en un 80% los contaminantes. En esta etapa, el agua con mieles del café, producto de la fermentación, se pasa a un reactor anaeróbico (funciona sin oxígeno, con auxilio de bacterias que se alimentan de los desechos orgánicos), que captura el metano producto de la biodegradación para utilizarse posteriormente como combustible y producir energía y calor.

El convenio indica que después de que el agua haya pasado por este proceso se vierte en los ríos, al contrario de la práctica tradicional donde se hacían múltiples descargas sin tratamiento alguno.

En Costa Rica existen alrededor de 100 plantas beneficiadoras que procesan anualmente 875 mil toneladas de fruto. Con la tecnología tradicional se producían 360 mil toneladas de pulpa y 10 millones de litros de aguas servidas que se vertían en los ríos del GAM, provocando una carga de 30 mil toneladas por año en términos de Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Actualmente existen 10 reactores anaeróbicos, con 30 módulos de 250 m³ cada uno, con los cuales se trata una tercera parte de las aguas servidas del beneficiado de café en Costa Rica.

En el cuadro 5.12 se resume el potencial de reducción de emisiones de metano en 4 beneficios, que fueron reportados conjuntamente con el gobierno de Holanda como proyectos de AIC²⁵.

Cuadro 5.12 Reducción de emisiones (anual) de CH ₄ En unidades equivalentes de CO ₂					
PROYECTO	Café procesado (fanegas/año)	Producción materia orgánica Tm COD/Año	Producción potencial CH ₄ Tm/Año	Ahorro potencial CH ₄ Tm/Año	Equivalente CO ₂ Tm/Año
CooproNaranja	165.532,0	1.241,5	251,9	226,7	12.695,2
Coope Palmares	59.701,0	239,0	47,0	42,3	2.368,8
Coope Libertad	128.502,0	1.041,0	206,4	185,8	10.404,8
Cafetalera Pilas	85.000,0	357,0	70,8	63,7	3.567,2
TOTAL	438.735,0	2.878,5	576,1	518,5	29.036,0

Fuente: OCIC

Según las circunstancias actuales del sector cafetalero nacional, existe un potencial de mercado para otros 10 reactores adicionales, con capacidad de tratamiento de 82 ton de COD por día y una producción de 29 mil m³ de biogás por día (80% de metano), que corresponde a un potencial térmico de 870 GJ/día o 10 MW (ver cuadro 5.13).

²⁵ El aporte de US\$ 372.247 del fondo AIJ de Holanda, a cambio del 50% de las reducciones estimadas de metano (expresadas en unidades equivalentes de CO₂), significó una reducción del 40% en los costos de inversión del proyecto.

Cuadro 5.13			
Reducción de emisiones de metano(tm CO₂ equivalente p/año) en proyectos potenciales			
Beneficio	Fanegas (p/año)	tm CH₄ (p/año)	tm CO₂ (p/año)
Corp Caf. La Meseta S.A Coto Brus	91.807	89,93	5.036,3
Corp Caf. La Meseta S.A Los Santos	121.186	118,71	6.647,9
Corp Caf. La Meseta S.A	72.766	71,28	3.991,7
Corp Caf. La Meseta S.A San Isidro	128.748	126,12	7.062,7
Corp Caf. La Meseta S.A	78.124	76,53	4.285,7
Corp Caf. La Meseta S.A San Luis	105.004	102,86	5.760,2
Total	597.635	585,43	32.784,5

Extracción de metano en rellenos sanitarios

En cuanto al manejo de los desechos sólidos, la iniciativa de país se enfoca en principio, en la generación de electricidad mediante el uso del gas natural del relleno sanitario Río Azul²⁶, donde se acumulan los desechos del Area Metropolitana de San José. Se ha determinado que el biogás del vertedero podría proveer, bajo condiciones apropiadas de flujo y concentraciones, un aprovechamiento energético de aproximadamente 5 MW y una generación de 37 GWh/año, para una capacidad de planta del 85%.

El potencial de reducción de emisiones de metano a la atmósfera, atribuible a las actividades del proyecto es de 3.670 tm CH₄/año con una eficiencia de extracción del 65%, que corresponde a 205.574 tm de CO₂ equivalente /año, durante los 15 años de vida útil del proyecto.

Este proyecto proveerá además, beneficios sanitarios y ambientales adicionales, por la reducción de descarga y manejo adecuado de los lixiviados²⁷ a través de un proceso de recirculación de los líquidos percolados, así como por el aprovechamiento del metano, reduciendo el riesgo potencial de incendio y explosión²⁸ en el relleno y su área de influencia, al eliminar el potencial de migración subterránea y atmosférica del gas.

El sistema propuesto consistirá en una combinación de pozos de extracción instalados en la masa de desecho, un sistema de recolección y transporte (soplador al vacío) del biogás a las turbinas, acoplado al sistema deshidratador y

²⁶ El relleno cubre un área de 64 ha, tiene una capacidad de campo de 2,5 millones de m³, una tasa media de producción de biogás de 100 m³/tm de basura y un potencial de 1.100 m³ de biogás/día, con una eficiencia de extracción del 65%.

²⁷ El lixiviado presenta una carga orgánica e inorgánica altamente contaminante.

²⁸ El biogás en concentraciones del 5 al 15% en el aire es un combustible y/o explosivo.

removedor de partículas, y 4 ó 5 motor/generador de combustión interna, cada uno con una capacidad de 1MW.

El objetivo del proyecto es aportar potencia neta durante los periodos de demanda pico y brindar una capacidad de generación eléctrica base adicional para la CNFL.

La tecnología es comprobada y se ha demostrado que la electricidad se puede generar a partir del biogás con un costo razonable. Sin embargo, la viabilidad y adicionalidad financiera²⁹ del proyecto son contingentes a la valoración económica de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero del proyecto.

5.5.1.8 Agricultura

Reducción de emisión de metano en la ganadería

Existen evidencias que muestran que la tasa de emisión de metano por fermentación entérica está relacionada con el alimento consumido y se ha determinado que entre los factores que influyen en la producción de este gas están las características físicas y químicas del alimento, las cuales afectan directamente el nivel y la frecuencia del consumo del mismo. También es importante considerar el uso de elementos aditivos para mejorar la eficiencia de utilización de los alimentos y el manejo y la salud animal.

La emisión de metano de hato ganadero varía en función de la especie forrajera utilizada y la frecuencia del pastoreo (edad de rebrote). Además, cambiando la alimentación³⁰ del ganado, es posible reducir sus emisiones de metano. Esta opción de mitigación está sustentada en los resultados de una simulación en el cambio de la ingesta y manejo en hatos de pastoreo de ganado bovino productor de carne (machos de 350 a 450 kg de peso) y de leche (solo hembras adultas).

Se consideró el pastoreo con dos especies de forrajes y dos frecuencias diferentes. Se modificaron los ciclos de pastoreo, siendo para la estrella africana cada 21 días y para el kikuyo cada 25. En ambos casos, se asumió el suplemento con banano verde (8 kg/animal/día) y concentrado (2,5 kg/animal/día). Se utilizó una población estable de 100.000 animales en ambos hatos.

²⁹ Adicionalidad financiera se refiere a que el proyecto hubiera existido en ausencia de la valoración económica de las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero atribuibles al proyecto.

³⁰ Cuando los bovinos son alimentados con forrajes de baja calidad nutritiva, se presentan deficiencias en los nutrientes esenciales para los microorganismos ruminales, por lo que el crecimiento de éstos en el rumen es menor. Bajo estas circunstancias, la producción de metano podría representar entre el 15 y el 18% de la energía digestible, por lo que con la corrección de estas deficiencias nutricionales se podría reducir estas pérdidas a valores cercanos al 7%.

Entre los resultados de la simulación (ver cuadro 5.14), se determinó que la reducción en la emisión de metano es muy significativa, ya que ésta presenta una magnitud de 1,09 Gg de metano/año para el ganado lechero y 1,92 Gg de metano/año para el ganado de carne. Además se estableció que la calidad del forraje tiene influencia directa sobre la emisión de metano, mejorándose la eficiencia de conversión (CH₄ emitido: producto obtenido) conforme se mejora la calidad de la dieta.

Cuadro 5.14

Reducción de emisión de metano (anual) por cambio en periodo de pastoreo e ingesta en hatos de 100,000 animales (de leche y carne), según condiciones de la simulación.

Ganado de leche (Gg de CH ₄)	CO ₂ Equivalente* (tm / año)	Ganado de carne (Gg de CH ₄)	CO ₂ equivalente (tm / año)	Total CO ₂ equivalente* (tm / año)
1,09	61.040	1,92	107.520	168.560

Fuente: Montenegro y Abarca, 2000.

* Horizonte:20 años.

La introducción de leguminosas además de mejorar la calidad del alimento consumido, disminuye los niveles de emisión de metano y, en el caso del ganado de carne en el trópico subhúmedo, reduce los días necesarios para alcanzar el peso de mercado.

Por otro lado, el mejoramiento en el manejo del pastoreo puede reducir la concentración atmosférica de CO₂ mediante el aumento en la producción de materia orgánica, resultado del incremento en la producción de forraje. Aún cuando una parte de éste es consumido por el pastoreo de los animales, un residuo muy significativo se adiciona al contenido orgánico del suelo incrementándose en él el carbono que puede permanecer allí o en el sistema radical de la planta por largo tiempo. En este sentido las pasturas actúan como sumideros de carbono reduciendo la concentración de CO₂ atmosférico.

Con esta simulación se logró demostrar que es factible reducir la emisión de metano en la ganadería sin que ello signifique la pérdida en productividad y competitividad en el sector.

5.5.1.9 Industria de cemento

Las emisiones de CO₂ en la industria cementera dependen directamente y en igual proporción, de la producción de clínker y del consumo de energía. Por ende, las principales opciones de mitigación son el aprovechamiento de desechos como fuentes de calor (uso de combustible alternativo) y el reemplazo de clínker por aditivos minerales (uso de materiales sustitutos).

Hasta recientemente, la totalidad de la energía térmica necesaria para la fabricación del cemento se obtenía a partir de combustibles fósiles importados (búnker principalmente); sin embargo, se considera realista la posibilidad de sustituir el uso de éstos hasta en un 60% por los combustibles alternativos con base en los desechos.

La utilización de desechos como combustibles alternativos permite reducir las emisiones del proceso productivo, debido a que en el horno³¹, los componentes tóxicos y cenizas se incorporan al clínker como elementos prácticamente insolubles, situación que permite la “purificación” del gas.

La Industria Nacional de Cemento (INCSA) inició un proyecto de recolección de llantas usadas para su procesamiento e incineración aprovechando su valor calórico en el proceso de producción, CEMPASA en cambio, estableció un programa de recolección de aceite usado para incorporarlo en la combustión del búnker, aprovechando mensualmente el calor liberado en la quema de 50.000 litros de éste; además, se están realizando estudios para utilizar botellas y otros recipientes desechables (PET). INCSA y CEMPASA comparten la producción nacional de cemento.

La sustitución de combustibles fósiles en la producción de cemento permitiría no solo reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera sino también ofrecer soluciones a los problemas de manejo de desechos y contaminación ambiental³².

El uso de materias primas alternativas y sustitutos del clínker implica un efecto directo en la reducción de emisiones, tanto por la descarbonación de la caliza, como por la disminución en el uso de combustibles. La sustitución de clínker por aditivos minerales es uno de los métodos más efectivos.

Los productos actuales de las empresas CEMPASA e INCSA tienen un menor contenido de clínker que en el pasado. Las composiciones han variado y se ha sustituido un porcentaje significativo de éste con materiales alternativos, tales como caliza y puzolana, reduciéndose así la producción de CO₂ por la descarbonación de caliza. En las mismas proporciones se reducen las emisiones de SO₂ y NO_x.

³¹ La sustitución de combustibles convencionales y uso de desechos es una forma adecuada de reciclaje debido a que la combustión en los hornos de la industria cementera se lleva a cabo a temperaturas superiores a los 2000°C, condiciones a las que se logra destruir cualquier componente orgánico estable o tóxico.

³² Los hornos de cemento pueden fácilmente recuperar energía de ciertos materiales como basura, llantas y aceites usados, solventes, desechos de madera, plástico, etc. con la ventaja de que por las características específicas del proceso, no permite emisiones adicionales al incinerar estos desechos, en contraste con otras alternativas de eliminación de estos materiales.

Hasta 1990 CEMPASA produjo cemento tipo Portland, con 90% de clínker y el resto con yeso y arcillas; actualmente la fracción de clínker por sustitución de otros materiales es del orden del 70%. Por su parte INCSA pasó de comercializar cemento tipo Portland, a vender productos como el cemento tipo MC con un 80% de clínker y realiza programas de mercadeo para la comercialización de productos como el “Ecocem” y “Mamocem”, que contienen únicamente un 65 y 60% de clínker respectivamente.

En eficiencia energética, la Industria Nacional de Cemento (INCSA) optimizó la operación del horno y modificó el sistema de alimentación. Estos cambios favorecieron un ahorro de hasta 110.000 litros de búnker y de 56.000 kWh por mes, situaciones que conllevan a una sustancial disminución en las emisiones, tanto del proceso como las que se pudieron haber producido por la utilización de electricidad generada por plantas térmicas (horas con demanda de punta y durante la estación seca). Por su parte, la empresa Cementos del Pacífico S.A. (CEMPASA), también ha implantado un sistema experto para el horno y cuentan con un plan de automatización del proceso por etapas.

**CAPITULO 6. PROGRAMAS RELACIONADOS CON
DESARROLLO SOSTENIBLE,
INVESTIGACIÓN Y OBSERVACION
SISTEMATICA, EDUCACIÓN,
CONCIENCIA PUBLICA Y CAPACITACION**



CAPITULO 6. PROGRAMAS RELACIONADOS CON DESARROLLO SOSTENIBLE, INVESTIGACION Y OBSERVACION SISTEMATICA, EDUCACION, CONCIENCIA PUBLICA Y CAPACITACION

6.1 Desarrollo sostenible

Costa Rica ha impulsado el desarrollo sostenible desde inicios de la década del 90. La Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible (ECODES) se publicó en 1990 y en 1994 se creó el Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible, con el fin de articular acciones y estrategias para la promoción del desarrollo en armonía con la naturaleza.

Un aspecto fundamental de la institucionalidad que se ha generado para fomentar el desarrollo sostenible es la mayor promoción de espacios y mecanismos de participación y estructuración de la sociedad civil y otros sectores como el empresarial y académico. Muestra de esto, es la formación de la Comisión de Organizaciones No Gubernamentales y Organizaciones Sociales para el Desarrollo Sostenible que incluye a más de 600 organizaciones. En el ámbito empresarial, se creó una comisión y una unidad técnica de desarrollo sostenible en la Unión de Cámaras y Asociaciones de la Empresa Privada.

En los últimos años el Estado costarricense ha dado gran impulso a la educación ambiental a escala nacional. Los programas de estudio tanto de primaria como secundaria contienen ejes temáticos relacionados con ambiente, ecoturismo y biodiversidad.

6.2 Observaciones, investigaciones y redes

El Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica es el encargado de la observación y vigilancia del clima. Dicha institución cuenta con 170 estaciones meteorológicas mediante las cuales se realizan observaciones permanentes de parámetros climáticos, a lo largo de todo el país. Además, se cuenta con una estación medidora de las concentraciones de ozono, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre y material particulado en la atmósfera y se han realizado mediciones de concentración de gases en varios puntos del área metropolitana, donde se concentra la mayor población y masa vehicular. También se cuenta con una estación de radiosondeo atmosférico.

Por otra parte, el Instituto Costarricense de Electricidad realiza mediciones de parámetros climáticos en las zonas aledañas a proyectos hidroeléctricos, geotérmicos y eólicos.

Se encuentran instaladas cinco estaciones mareográficas donde se mide el nivel del mar y otras variables oceánicas y atmosféricas. Además, existe un proyecto de ley por ser aprobado que establece un Sistema Nacional de Vigilancia el cual tiene como fin mejorar la calidad del control y el pronóstico de los fenómenos de la zona marino-costera.

Las instituciones de enseñanza universitaria cuentan con laboratorios de química de la atmósfera y contaminación ambiental, en los cuales se llevan a cabo tanto investigaciones como análisis de concentración de gases de efecto invernadero en el ambiente. Un sistema de monitoreo de la calidad del aire fue establecido en 1993.

Costa Rica ha venido incursionando en el tema del cambio climático desde los años 80 con la participación activa del Ministerio del Ambiente y Energía y otros grupos nacionales en las sesiones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático y en las Conferencias de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

El Ministerio del Ambiente y Energía dispone de un Programa Nacional de Cambio Climático dentro del cual se llevan a cabo investigaciones referentes a inventarios, estudios de vulnerabilidad, capa de ozono y la comunicación nacional, financiados principalmente por entidades externas.

El país es miembro activo del Instituto Interamericano para el Cambio Global (IAI) y con el apoyo de esta organización se han realizado estudios del fenómeno El Niño y Variabilidad Climática, entre otros.

6.3 Educación y conciencia pública

El cambio climático no ha sido abordado como tal dentro de los programas educativos en Costa Rica, no obstante, la conservación de los recursos naturales, desarrollo sostenible, conservación de energía y manejo de desechos son temas desarrollados tanto por el Ministerio del Ambiente y Energía como por el Ministerio de Educación Pública, y estos aspectos inciden directamente en la conciencia del público hacia el cambio climático.

Las universidades han incursionado en el tema mediante asignación de proyectos de investigación a los estudiantes de carreras tanto del área social como en las ciencias exactas.

Se han publicado, entre otros, los siguientes documentos dirigidos a informar al público sobre aspectos relevantes de emisiones o reducción de gases de efecto invernadero en diversos sectores:

- ◆ Inventario nacional de fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero en Costa Rica: 1990.
- ◆ Costa Rica: Hacia la sostenibilidad de sus Recursos Forestales
- ◆ El Desarrollo del Sistema de Pago de Servicios Ambientales en Costa Rica
- ◆ Una biosfera en convulsión: El potencial Cambio Global
- ◆ Aire puro para todos.
- ◆ Características Básicas del automóvil, su correcta operación y el medio ambiente
- ◆ Manual de Ahorro de Combustible en el transporte.
- ◆ Transporte Eléctrico
- ◆ Fuentes alternas y renovables
- ◆ Impacto Ambiental de la Importación de vehículos en Costa Rica: un análisis preliminar.

Con respecto a conservación de energía, las empresas comercializadoras y productoras en Costa Rica se han dado a la tarea de desarrollar una estrategia para mejorar la comunicación con el cliente, han desarrollado campañas de promoción de medidas de uso racional mediante panfletos y folletos con consejos diversos para su ahorro. También cuenta con puestos de exhibición para utilizarlo en despliegues de equipos eficientes en las áreas de atención al público así como en diferentes actividades y ferias. Igualmente, se pretende organizar actividades con grupos de las comunidades que conlleven a la información y la capacitación del uso eficiente de la energía eléctrica.

Se han llevado a cabo programas educativos en el ámbito nacional como es el caso de Energética el cual forma parte del Programa Integral de Ahorro de Energía, desarrollado en coordinación con el Ministerio de Educación, mediante la capacitación de maestros en conceptos de conservación de energía.

Por otra parte, se llevan a cabo las ferias de energía para el hogar, por medio de las cuales se brinda asesoría al sector residencial. Hasta hoy se han realizado 45 ferias en diversos lugares del país desde el inicio de la operación del programa.

A corto plazo, el Instituto Costarricense de Electricidad presenta un programa de información sobre uso racional de la energía para tratar de estabilizar la tasa de crecimiento de la demanda eléctrica, para ello se pretende continuar con las ferias, el programa Energética y el programa Electrocrédito, mediante el cual pequeños comerciantes e industriales puedan adquirir equipo eléctrico eficiente.

La creación de un centro de Enseñanza Permanente sobre Conservación de Energía permitirá al usuario contar con un centro educativo sobre conservación y uso de fuentes nuevas y renovables, donde se brinde información acerca de opciones reales de ahorro, por medio de una

metodología adecuada y atractiva y de este modo se logre la concienciación sobre su uso racional y su efecto en el ambiente.

En lo referente a investigación se han venido desarrollando las gestiones necesarias para el acondicionamiento de las instalaciones físicas, el equipamiento y la capacitación del personal de un laboratorio de eficiencia energética.

La necesidad de este laboratorio surge como una opción de informar tanto al equipo técnico como al país en general sobre nuevas tecnologías, pues las mismas han venido cambiando a una velocidad muy alta en los últimos tiempos, teniéndose equipos cada vez más eficientes a escala mundial y en nuestro país al igual que en todos los países en vías de desarrollo se carece de información que permita a los consumidores seleccionar adecuadamente las unidades.

El objetivo general de un laboratorio de este tipo es ofrecer servicios de medición, investigación y venta de servicios de parámetros energéticos a los clientes de los diferentes sectores de consumo, además de brindar soporte técnico a la Ley de Uso Racional de la Energía y otros programas de eficiencia energética tanto en el país como en el ámbito regional.

En 1998 se crea la Asociación Promotora de Vehículos Eléctricos, mediante la cual se pretende establecer un laboratorio de prueba para vehículos eléctricos y la creación de un centro de información virtual y de desarrollo.

En el área de Manejo de Desechos se lleva a cabo un proyecto conjunto entre el gobierno local de una comunidad (Belén, Heredia) y la Universidad Nacional que incluye la educación de los niños mediante la capacitación de maestros en materia ambiental. Por otra parte, se ha llevado a cabo una capacitación a los residentes del área del proyecto. El plan se ha dividido en tres subproyectos: La educación como elemento para la disminución de desechos domésticos, Proyecto Industria Amiga del Ambiente y la educación ambiental, acción comunitaria como estrategia metodológica para el manejo de desechos.

Un grupo de mujeres de la zona en estudio, con el apoyo del gobierno local, recolecta los desechos de la comunidad.

Se han realizado diversas campañas de reciclaje y actualmente existen 35 empresas recolectoras y recicladoras. Además, existe una Campaña Nacional de Reciclaje, patrocinada por una universidad estatal, los Ministerios de Salud, Educación, Ambiente y Energía y la empresa privada.

Es importante mencionar que se trabaja en un proyecto de reforzamiento institucional para capacitar al sector industrial sobre el uso de

clorofluorocarbonos y un proyecto de alternativas al uso del bromuro de metilo en melones y en flores, dada la influencia de estos compuestos en la capa de ozono y en el efecto invernadero.

CAPÍTULO 7. ASISTENCIA FINANCIERA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA



CAPÍTULO 7. ASISTENCIA FINANCIERA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

7.1 Asistencia financiera

Costa Rica ha desarrollado un programa de Cambio Climático, iniciado desde 1991 cuyos objetivos son la investigación y evaluación de aspectos referentes al cambio climático, para ello, el aporte financiero de organismos internacionales ha sido vital para el cumplimiento de estos objetivos y de los compromisos establecidos en la Convención Marco de Cambio Climático, mediante diversos proyectos elaborados tanto en el ámbito nacional como regional.

7.1.1 Proyecto Centroamericano de Cambio Climático

En 1994 se inició un proyecto centroamericano enfocado en la vulnerabilidad de la región al cambio climático. Dicho proyecto fue auspiciado por el Programa de Estudios por País y en Costa Rica se centró la investigación en el área de vulnerabilidad de los sectores de producción de arroz y las implicaciones del cambio climático en áreas costeras y recursos hídricos.

7.1.2 Proyecto Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

El Fondo para el Medio Ambiente Mundial suministró ayuda a Costa Rica, a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), para realizar el inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero, tomando como referencia el año 1990.

El proyecto inició en 1994 y fue parte del proyecto de Estudios de Caso por país sobre fuentes y sumideros de Gases de Efecto Invernadero,

7.1.3 Proyecto Estudios de Cambio Climático en Costa Rica

Con los resultados del Proyecto Centroamericano de Cambio Climático y comprobando la necesidad de ampliar el alcance de las investigaciones, se realizó el proyecto Estudios de Cambio Climático en Costa Rica, el cual contempla tres áreas altamente vulnerables: ordenamiento costero, sector forestal y sector agrícola, en este último se evaluaron tres cultivos de importancia económica para el país como son el frijol, la papa y el café. Este estudio fue financiado por el Instituto para Estudios Ambientales de la Universidad de Vrije, Holanda.

7.1.4 Proyecto Mejoramiento de la Capacidad Nacional para la Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Este proyecto contó con el financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Dicho proyecto dio inicio a finales de 1996 y mediante el mismo se han realizado diversas actividades de capacitación e investigación en el área del cambio climático, culminando con la presentación de la Primera Comunicación Nacional de Costa Rica a la Convención Marco de Cambio Climático.

7.1.5 Proyectos de Implementación Conjunta

Costa Rica, dentro de la fase piloto de implementación conjunta ha recibido cooperación de diversos países, tal es el caso de Noruega, Suiza, Finlandia, Holanda y Estados Unidos. Con estos aportes se ha logrado el pago de servicios ambientales a los propietarios de terrenos ubicados en áreas protegidas.

Actualmente, se espera contar con el aporte del GEF y el Banco Mundial para dar sostenibilidad al pago de servicios ambientales.

7.1.6 Proyecto demostrativo en alternativas al bromuro de metilo

En el área del ozono, bajo el auspicio del Fondo Multilateral del Protocolo de Montreal, se lleva a cabo un proyecto demostrativo en alternativas al bromuro de metilo en melones y flores. Debido a su carácter de gas de efecto invernadero, un proyecto de este tipo, paralelamente, adquiere importancia en el área de cambio climático.

7.2 Transferencia de tecnología

Costa Rica, al igual que todos los países en vías de desarrollo, se encuentra en una posición difícil con respecto a la transferencia de tecnología, debido a muchas barreras que enfrenta la puesta en marcha de nuevas tecnologías más amigables con el ambiente.

Nuestro país cuenta con potencial humano y características geográficas para incentivar tecnologías limpias. Se ha iniciado y llevado a cabo la puesta en marcha de proyectos tecnológicamente novedosos, la mayoría de ellos como procesos demostrativos en los cuales se analiza la viabilidad de aplicación de los mismos en una estrategia nacional, sin embargo, el éxito de un programa en esta línea requiere, indiscutiblemente, el apoyo de los países desarrollados, pues en la mayoría de los casos, los costos de implementación son elevados.

Pese a estas condiciones, el gobierno se ha dado a la tarea de promover el uso de tecnologías más limpias. Para ello se han realizado diferentes acciones, como son: la promulgación del Reglamento para el control de emisiones de gases y partículas producidas por vehículos automotores, a efecto de regular y controlar las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero; asimismo, establece límites para la emisión vehicular de óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no metanos, monóxido de carbono y humo a los transportes automotores, y hace obligatoria la revisión técnica vehicular.

En 1994 se promulgó la Ley y el reglamento de uso racional de la energía, mediante los cuales, se establece la obligatoriedad de ejecutar programas de uso moderado en empresas de alto consumo, así como el control de los equipos y las instalaciones que permitan el ahorro energético.

La formación de personal técnico, infraestructura y laboratorios en el análisis de tecnologías de avanzada en términos ambientales son un requisito básico para lograr un desarrollo y una mejor calidad de vida sin afectar las emisiones de gases a la atmósfera.

Se cuenta con acceso a redes de información en varias áreas como la energética, pero es necesario contar con redes más específicas en aspectos de tecnologías amigables con el ambiente.

Actualmente se está ejecutando un proyecto de creación de capacidad nacional en el cual se ha formado un grupo técnico que abarca varias áreas de investigación (energía, agricultura, uso de la tierra, manejo de desechos, entre otros), pero no se cuenta con el personal suficiente para cumplir y analizar las diferentes necesidades del país, una barrera muy importante para la introducción y análisis de nuevas tecnologías.

El sector privado, especialmente la pequeña y mediana empresa, no dispone de las herramientas necesarias para un buen conocimiento de los sistemas y bases de datos. Además, a pesar de que diversas instituciones tienen información, ésta no es suficiente y no se cuenta con los fondos necesarios para hacerla llegar al mayor número de grupos.

Es muy importante la participación en talleres, seminarios y cursos a escala nacional, regional y mundial en el tema de la transferencia de tecnología e iniciativas tecnológicas ambientales.

La motivación que se le puede brindar al sector privado para desarrollar o utilizar tecnologías limpias, con el afán de reducir emisiones de gases de efecto invernadero, es uno de los retos del gobierno, para ello se crearon, entre otras cosas, leyes como la de uso racional de energía, en la cual se crean incentivos

como la exoneración de impuestos en equipo amigable con el ambiente, tales como calentadores solares de agua, tanques de almacenamiento para sistemas de calentamiento solar, paneles fotovoltaicos y sus sistemas de control, generadores eólicos o hidroeléctricos, cabezales economizadores de agua caliente para duchas, luminarias fluorescentes, halógenos eficientes, aislantes térmicos, refrigeradores y cocinas solares, bombas de ariete y muchos más. También en la ley forestal se regulan y crean los incentivos forestales como es el caso del pago por servicios ambientales.

Entre las actividades de transferencia de tecnología planeadas y en proceso se encuentran las siguientes:

Se está ejecutando un proyecto piloto en transporte eléctrico, cuyos resultados serán de utilidad para implementar un programa de mayor envergadura. El objetivo del mismo es implantar un carrusel de diez buses en el centro de la capital de Costa Rica y cinco en otras ciudades, 50 motos y 50 vehículos, a fin de que se constituyan en laboratorios y receptores de la fase piloto, de tal forma que se involucre al sector de empresarios del transporte masivo en la nueva tecnología mediante la participación del proyecto y la implementación de incentivos y regulaciones adecuadas, que permitan la sustitución progresiva de los vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos. Además, se espera recabar criterios de costo y viabilidad necesarios para la expansión futura de la tecnología del transporte autónomo.

En esta área también se está evaluando la sustitución por gas licuado de petróleo, para lo cual se han implantado las condiciones de infraestructura necesarias, así como la concienciación del público sobre las ventajas y desventajas de este tipo de tecnología.

El mejoramiento de combustibles es un proyecto continuo de la Refinadora Costarricense de Petróleo, que ha introducido en los últimos años, combustibles menos contaminantes. En 1989 se inició la venta de gasolina sin plomo y en 1996 puso a disposición una gasolina de alto octanaje, que debido a su nivel de oxigenación permite disminuir los contaminantes emitidos por los vehículos, es de menor volatilidad, lo cual contribuye a reducir las emisiones de hidrocarburos y aumenta el rendimiento del motor, provocando un menor consumo de combustible. Además, dentro de los proyectos de la Refinadora se encuentra la puesta en marcha de la planta de tratamiento del diesel reduciendo el contenido de azufre, y por lo tanto, la emisión de óxidos de azufre de los vehículos.

Hasta el momento se ha trabajado en electrificación rural mediante paneles solares fotovoltaicos en diversas zonas alejadas, con el fin de satisfacer

las necesidades básicas de electricidad (iluminación y operación de radio y televisión) a familias dispersas.

En el sector residencial se ha desarrollado un proyecto piloto de sustitución de lámparas fluorescentes, con el fin de medir los efectos de esta tecnología en la reducción del consumo eléctrico en condiciones reales. Los resultados de este plan han sido altamente alentadores para la implementación de un programa similar a escala nacional.

Dos instituciones públicas han realizado un proyecto de mejoramiento de la iluminación en edificios públicos, dado que la carga más alta de consumo eléctrico en los mismos se encuentra en esta área. Las mejoras que se han realizado en algunos de los edificios bajo el proyecto son las siguientes: cambios de tubos fluorescentes convencionales por tubos fluorescentes más eficientes, cambio de balastos electromagnéticos por electrónicos, instalación de reflectores de aluminio u otro material con alto coeficiente de reflectividad, sustitución de bombillos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas, instalación de protectores de sobrevoltaje, instalación de sistemas de control de iluminación, y en algunos casos, cambios en iluminación externa, sensores, luces de seguridad y otros.

En Costa Rica, la industria de cemento, cuyas emisiones de gases son significativas, está participando activamente en el desarrollo y puesta en marcha de nuevas tecnologías que hagan su labor más eficiente y menos emisora.

Existen otras empresas que están trabajando en mejorar sus procesos de producción para hacerlos más amigables con el ambiente, ya sea en el manejo de aguas residuales, reciclaje de materias primas, etc.

La mayoría de actividades son programas demostrativos a pequeña escala, financiados externamente; que solo pueden ser ampliados a nivel nacional con el apoyo financiero de entidades internacionales y gobiernos amigos.

ANEXO



GLOSARIO

Siglas

ACOPE: Asociación Costarricense de Productores de Electricidad

AIC: Actividades de Implementación Conjunta

CARRS: Comités Administrativos de Acueductos Rurales

CCCM: Canadian Climate Center Model

CEMPASA: Cementos del Pacífico S.A.

CNP: Consejo Nacional de Producción

CCT: Centro Científico Tropical

CIEDES: Centro de Investigaciones en Desarrollo Sostenible

CINDE: Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo

CMCC: Convención Marco de Cambio Climático

CONADES: Consejo Nacional para el Desarrollo Sostenible

COP: Conferencia de las Partes.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DGEC: Dirección General de Estadística y Censos

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

DSE: Dirección Sectorial de Energía

DSSAT: siglas en Inglés de Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia o Adopción de Agrotecnología

ECODES: Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible

FUNDECOR: Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central

GAM: Gran Area Metropolitana

GISS: Goddard Institute for Space

GEF: Siglas en inglés del Fondo Global del Ambiente.

GEI: Gases de Efecto Invernadero

GFDL: Studies Geophysical Fluid Dynamics Laboratory

GWP: Siglas en inglés de Potencial de Calentamiento Global.

Hab: habitante.

ICAFA: Instituto del Café de Costa Rica
ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.
IMN: Instituto Meteorológico Nacional
INCSA: Industria Nacional de Cemento.
IPCC: Siglas en inglés del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático
MAGICC: Model for the Assessment of Greenhouse gas Induced Climate Change
MDL: Mecanismos de Desarrollo Limpio
MIDEPLAN: Ministerio de Planificación y Política Económica
MINAE: Ministerio del Ambiente y Energía
OCIC: Oficina Costarricense de Implementación Conjunta
OECD: Siglas en inglés de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
ONG: Organización No Gubernamental
PAP: Proyecto Areas Protegidas
PFP: Proyecto Forestal Privado
PIB: Producto Interno Bruto
PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PSA: Pago de Servicios Ambientales
RECOPE: Refinadora Costarricense de Petróleo.
SCENGEN: Global and Regional Climate Scenario Generator
SEPSA: Secretaría Ejecutiva de Planificación del Sector Agropecuario
SIEPAC: Sistema de Interconexión Eléctrica Centroamericana
SINAC: Sistema Nacional de Areas de Conservación.
SINADES: Sistema Nacional para el Desarrollo Sostenible
SPRING: Sistema de Procesamiento de Imágenes Georreferenciadas
UKMO: United Kingdom Meteorological Office Model

Compuestos químicos

C: Carbono

CaCO₃: Carbonato de calcio

CaO: Oxido de calcio, cal.

CFC: Clorofluorocarbonos.

CH₄: Metano.

CO: Monóxido de carbono.

CO₂: Dióxido de carbono

HC: Hidrocarburos

HFC: Halocarbonos.

HNO₃: Acido nítrico.

LPG: siglas en inglés de gases licuados de petróleo, fracciones de hidrocarburos ligeros. Son principalmente propano y butano o mezcla de ambos.

Na₂CO₃: Carbonato sódico.

NH₃: Amoníaco.

NM VOC: Siglas en inglés de hidrocarburos volátiles diferentes al metano.

NO₂: Dióxido de nitrógeno.

NO_x: Oxidos de nitrógeno

SO₂: Dióxido de azufre

SF₆: Hexafluoruro de azufre

Unidades y equivalencias

°C: grados centígrados.

Gg: gigagramos, unidad de medida de masa equivalente a 1E9 gramos.

GWh: gigawats hora.

kha: kilohectáreas, unidad de área.

km²: kilómetros cuadrados, unidad de área.

kt: kilotoneladas, unidad de masa.

m³: metros cúbicos.

Mm: milímetros, unidad de longitud

MW: megawatts.

t o tm: toneladas métricas.

TJ: terajulios, unidad de energía.