



PRIMERA COMUNICACION NACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO

REPUBLICA DE EL SALVADOR

FEBRERO DE 2000

Antecedentes



Con la ratificación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático¹ y del Protocolo de Kioto², El Salvador, además de adquirir los compromisos derivados de dichos instrumentos jurídicos internacionales, ha demostrado su voluntad política de sumarse a los esfuerzos mundiales para enfrentar la problemática del cambio climático global.

La Primera Comunicación Nacional de El Salvador ha sido el resultado de dos años de esfuerzos combinados entre varias instituciones, expertos nacionales y entidades especializadas de la comunidad científica internacional, bajo la coordinación del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

El documento fue elaborado sobre la base de los resultados obtenidos en los estudios realizados dentro del marco del Proyecto "Apoyo a la Creación de Capacidades Nacionales para la Elaboración de la Primera Comunicación Nacional"³, desarrollado entre septiembre de 1997 y diciembre de 1999, y financiado por el GEF⁴. Dichos estudios fueron desarrollados por expertos nacionales contando con asesoría y capacitación especializada.

El proyecto-GEF tenía como propósito contribuir a la gestión efectiva del cambio climático dentro del marco de las políticas nacionales en materia ambiental, social y económica, favoreciendo la participación de los diferentes actores de la sociedad; y englobaba tres componentes, a saber: a) Elaboración de la Primera Comunicación Nacional, b) Fortalecimiento de las capacidades nacionales, y c) Sensibilización y conciencia pública sobre la problemática del cambio climático.

Los estudios fueron desarrollados sobre la base de las metodologías validadas por diversos organismos especializados en el tema del cambio climático⁵; y se sustentaron tanto en las necesidades y prioridades nacionales, como en los resultados de estudios globales y regionales sobre cambio climático. Asimismo, los resultados fueron consultados, concertados y validados por los actores y sectores relevantes.

La Primera Comunicación Nacional cuenta con el endoso oficial del nivel político del gobierno, a través del MARN, punto focal ante la Convención, lo cual constituye otra clara manifestación del compromiso asumido por el país, de acompañar a la comunidad internacional en la búsqueda de soluciones a los problemas ambientales globales, particularmente en la salvaguarda del equilibrio del sistema climático global.

¹ Diciembre de 1995.

² Noviembre de 1998, siendo el quinto país en ratificar dicho instrumento.

³ Proyecto PNUD/GEF/ELS/97/G32.

⁴ Mecanismo Financiero de la CMCC.

⁵ IPCC, US-CSP, CC:TRAIN, NCSP (UNDP/GEF), UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, etc.

Editores y Contribuyentes

Editores:

Ana María Majano
Ministra de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Martha Yvette Aguilar
Coordinadora del Proyecto Apoyo a la Creación de Capacidades Nacionales para la Elaboración de la Primera Comunicación Nacional (MARN-GEF-PNUD: ELS/97/G32)

Ernesto López Zepeda
Punto Focal de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Contribuyentes:

Ismael Antonio Sánchez
Departamento de Ciencias Energéticas de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

Luis Enrique González y Herbert Schneider
Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

Jaime Mauricio Tóbar y Gerardo Merino
Departamento de Ciencias Naturales de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

Luis Alfonso Castillo
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador

William Ramón Sosa y Ethelvina Morillo de Escobar
Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador

Saúl de la O y Orlando Chacón Mena
Servicio Meteorológico del Ministerio de Agricultura y Ganadería

Miriam Monterrosa de Tobar
Experta Nacional en Economía Agrícola

Carlos Abelardo Umaña Cerna
Experto Nacional en Ciencias Económicas

José Napoleón Alfaro
Experto Nacional en Economía Energética

Abel Dionisio Centella
Centro Nacional del Clima de Cuba

Carlos López
Centro Nacional del Clima de Cuba

Daniel Hugo Bouille
Instituto de Economía Energética, asociado a la Fundación Bariloche de Argentina

Aníbal Julio Dobrusin y Rodolfo Nicolás Di Sbrivavacca
Instituto de Economía Energética, asociado a la Fundación Bariloche de Argentina

David Antonioli
United States Country Studies Programme-ICF Kaiser International, Inc.

Indice



Antecedentes

Indice

Resumen Ejecutivo

- I. Introducción
- II. Circunstancias Nacionales
 - 2.1. El Salvador: Geografía y Ecología
 - 2.2. Aspectos Demográficos
 - 2.3. Economía
 - 2.4. Aspectos Sociales
 - 2.5. Perfil Energético
 - 2.6. Medio Ambiente
- III. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
 - 3.1. El Efecto de Invernadero y el Cambio Climático
 - 3.2. Consideraciones Metodológicas
 - 3.3. Arreglos institucionales
 - 3.4. Limitaciones para la elaboración del Inventario
 - 3.5. Emisiones Totales
 - 3.6. Emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂)
 - 3.7. Emisiones de Metano (CH₄)
 - 3.8. Emisiones de Oxido Nitroso (N₂O)
- IV. Medidas para la Aplicación de la Convención.
 - 4.1. Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético
 - 4.2. Lineamientos para una Estrategia de Mitigación del Sector Energético
 - 4.3. Arreglos Institucionales
 - 4.4. Proyectos de Mitigación
- V. Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático
 - 5.1. Escenarios Socioeconómicos
 - 5.2. Climatología de El Salvador: Escenarios Climáticos de Referencia
 - 5.3. Escenarios Climáticos para la Evaluación de los Impactos del Cambio Climático
 - 5.4. Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en el Sector Agropecuario de la Zona Costera
 - 5.5. Evaluación de los Impactos de Cambio Climático en la Seguridad Alimentaria.
 - 5.6. Proyectos de Adaptación
- VI. Referencias Bibliográficas
- VII. Abreviaturas, Acrónimos y Unidades de Medida

Resumen Ejecutivo

En El Salvador, la dinámica de la degradación ambiental ha estado íntimamente ligada a la producción de gases de efecto invernadero, debido principalmente al ritmo acelerado de tres procesos: la creciente urbanización, los cambios en el uso del suelo, y el surgimiento de industrias contaminantes. El análisis de la evolución de dichos procesos es imprescindible al momento de evaluar las posibles opciones de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

Un claro referente sobre las prioridades nacionales lo constituyen los indicadores socioeconómicos claves de El Salvador, como las tasas de analfabetismo que superan el 20%, 47% de la población en situación de pobreza; 18% en situación de pobreza extrema y un PIB per capita (en US\$ dólares de 1990) de US\$1,200; los cuales deberán asentarse en la necesidad de un crecimiento económico importante y equitativo.

El consumo de energía refleja, en cuanto a su estructura y niveles, la misma situación: la leña representa casi el 50% del consumo total de energía, una participación de la cocción con el mismo combustible cercana al 60% en las áreas urbanas y supera el 85% en las áreas rurales, sumado a un proceso de deforestación creciente; muestra la clara necesidad de abordar un inmediato proceso de sustitución de combustibles, fomentando la penetración de fuentes más limpias a nivel local, de mayor calidad y menor costo para el usuario. La consecuencia de un desarrollo en dicha dirección no puede tener otro efecto que un incremento en las emisiones tanto totales como per cápita.

Para efectos de colocar en su justa dimensión la situación y responsabilidad de El Salvador en la problemática del cambio climático, resulta importante destacar que para 1995 las emisiones de CO₂ de El Salvador representaban alrededor del 3.2% de las emisiones de Los Estados Unidos de Norteamérica en 1990.

No obstante lo anterior, El Salvador ha realizado un análisis preliminar de las posibles opciones de mitigación en el sector energético, desarrollando escenarios futuros que permitan inferir o medir la posible evolución del sistema socioeconómico y la identificación de opciones de uso racional de energía que, sin sacrificar los objetivos prioritarios de crecimiento y equidad a nivel nacional, podrían resultar en una contribución positiva a la problemática global.

Emisión Anual Neta de Gases de Efecto Invernadero en El Salvador					
Año de Referencia: 1994					
	Gases				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x
Emisión Neta Anual (Gg)	8,644.94	148.50	13.21	512.66	34.02
Sectores					
1. Energía	4,224.18	18.09	0.52	437.48	31.03
2. Procesos Industriales	490.12				
3. Agricultura		88.14	12.69	70.65	2.86
4. Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura	3,930.64	0.52	3.6x10 ⁻³	4.53	0.13
5. Desechos		41.75			

Fuente: Inventario Nacional de GEI: año de referencia 1994.

En materia de vulnerabilidad, de acuerdo con las proyecciones de los modelos climáticos aplicados a El Salvador, existiría una clara tendencia al incremento de las magnitudes de la temperatura en todos los meses, sin que se aprecien cambios importantes en la estructura del patrón de variación anual. Una característica importante reflejada en los patrones de la precipitación, es la tendencia a la intensificación de la canícula o veranillo. Este hecho, apreciado en las proyecciones bajo todos los escenarios de emisiones futuras, podría tener implicaciones en diferentes sectores relacionados con la producción de alimentos o el aprovechamiento de los recursos hídricos.

Debido a la profundización de los efectos del fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) en las últimas décadas, los efectos de la sequía han sido estudiados con bastante atención en El Salvador. Según los resultados de una evaluación rápida de los posibles impactos del cambio climático en la zona costera salvadoreña, se podrían dar reducciones en la producción agropecuaria por la prevalencia de las sequías, resultando en pérdidas que podrían ascender, para el cultivo de maíz, a US\$3.1 millones de dólares en el año 2025.

Asimismo, la posibilidad de que ocurra un incremento del nivel del mar constituiría el efecto más negativo en la zona costera de El Salvador, debido a la pérdida de áreas destinadas a la producción agropecuaria, asentamientos humanos, infraestructura productiva y turística.

De acuerdo a los escenarios climáticos globales y a las estimaciones realizadas para la zona costera salvadoreña⁶, en los próximos 100 años podría perderse un área que iría desde el 10% del total⁷ (149.1 km²) bajo un escenario de 13 cm de incremento, hasta 27.6% (400.7 km²), bajo un escenario de 1.1 m de elevación del nivel del mar.

Según los escenarios socioeconómicos, la población salvadoreña se incrementaría de 50% en el año 2020 con relación a 1995, y se duplicaría para el 2100, todo lo cual conduce a un incremento de la demanda de alimentos en la misma proporción.

Los cambios en la productividad de los cultivos como consecuencia de las modificaciones en las variables climáticas, tienen repercusiones en el contexto social. Estas repercusiones se manifiestan en la salud, nutrición, educación y categorías de pobreza. En la medida en que se reduce la producción de granos básicos, hay una marcada reducción del empleo y un incremento de los precios, situación que incrementa los niveles de pobreza e insatisfacción de las necesidades básicas. Los cambios negativos en la dieta alimenticia, también inciden fuertemente en los niveles de mortalidad, morbilidad y esperanza de vida de la población.

El Gobierno de El Salvador conciente de la necesidad de impulsar acciones tempranas que contribuyan al objetivo de la Convención, está promoviendo, a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, los arreglos institucionales necesarios para la continuidad y efectividad de las acciones en el área de cambio climático. Para tal efecto, está realizando esfuerzos en función de la creación de las capacidades nacionales requeridas y así poder definir y ejecutar estrategias, programas y proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático.

⁶ El estudio de evaluación de la posible elevación del mar en la zona costera salvadoreña no incluye la intervención de las variables relacionadas con la tectónica de placas.

⁷ El total de área de la zona costera objeto de estudio es de 1,397.3 km².

I. Introducción



Dentro del marco de las responsabilidades que adquirió El Salvador ante la comunidad internacional, al ratificar la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, la elaboración de la Primera Comunicación Nacional constituye una muestra de la voluntad política y de los esfuerzos que el país está realizando para contribuir a la solución de la problemática del cambio global del clima.

El propósito de la Primera Comunicación Nacional de El Salvador, es dar a conocer el posicionamiento del país, tanto en términos de su contribución relativa a las causas del problema del cambio climático, como en cuanto a los posibles impactos nacionales derivados del problema.

Asimismo, el documento incluye los esfuerzos que en materia institucional se están realizando, para garantizar la continuidad y efectividad de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, así como las encaminadas a la aplicación efectiva y temprana de la Convención y el Protocolo de Kioto.

El documento ha sido elaborado sobre la base de los resultados de los estudios realizados durante la ejecución del Proyecto-GEF "Apoyo a la Creación de Capacidades Nacionales para la Elaboración de la Primera Comunicación Nacional", el cual fue coordinado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dichos estudios fueron elaborados por expertos locales, vinculados a instituciones nacionales, contando con asesoría técnica y capacitación por parte de especialistas internacionales.

La Comunicación Nacional incluye los resultados más relevantes de los diferentes estudios sobre el cambio climático. Las circunstancias nacionales para 1994, así como los escenarios socioeconómicos para diferentes horizontes de tiempo, constituyeron las hipótesis de base para el desarrollo de las evaluaciones sectoriales de los impactos del cambio climático, y para el análisis de las opciones y escenarios de mitigación del sector energético.

Los resultados del Inventario Nacional de GEI⁸, muestran la participación significativa del Sector Energético en las emisiones totales del país. La relevancia de dicho sector, así como las limitaciones de los fondos del Proyecto-GEF, determinaron que el análisis de opciones de mitigación solo se hiciese para el Sector Energético, postergándose para un futuro los estudios similares para el resto de sectores.

Los estudios sobre la climatología actual y los escenarios climáticos para diferentes horizontes de tiempo, han generado resultados muy interesantes sobre las posibles variaciones de la temperatura y de los niveles de las precipitaciones, constituyendo un insumo fundamental para el desarrollo de las evaluaciones de la vulnerabilidad y de los posibles impactos de la variabilidad y del cambio global del clima sobre los ecosistemas naturales y sectores socioeconómicos prioritarios.

⁸ Año de referencia 1994.

II. Circunstancias Nacionales: 1994.

Las actividades humanas tienen implicaciones sobre las emisiones de gases con efecto invernadero en la medida que provocan cambios en el uso de la tierra, contaminación de los cuerpos de agua, emisión de gases por el incremento del parque vehicular y por la proliferación de las actividades industriales, incremento en la generación de desechos, etc.

Para el año de 1987 se estimaba que en El Salvador la emisión de dióxido de carbono (CO₂) debido a la quema de combustibles fósiles y a la producción de cemento fue de 600,000 toneladas métricas. La emisión total de gases de efecto invernadero, para esa fecha, alcanzó los 1.3 millones de TM⁹ incluyendo la producción de CO₂ de otros sectores y el resto de gases, tales como metano y clorofluorocarbonos

1. El Salvador: Geografía y Ecología.

El Salvador se encuentra situado en América Central, en la zona caliente o tórrida, al norte de la línea ecuatorial, y al oeste del meridiano de Greenwich. Además, está ubicado entre los paralelos 13° 09' y 14° 27' de latitud norte y los meridianos 87° 41' y 90° 08' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Su ubicación es dentro del cinturón tropical entre el trópico de Cáncer y el de Capricornio.

La extensión territorial es de 20,740 km², presentando variaciones geográficas y ecológicas de importancia. Al sur y a lo largo de la costa se encuentran las planicies costeras, separadas por dos sierras. En una franja paralela oeste-este se sitúa la cadena volcánica reciente y la fosa central, generando valles dispersos y zonas montañosas y quebradas. Hacia el norte se encuentra la cadena volcánica antigua, que junto al río Lempa, separa al territorio en dos franjas.

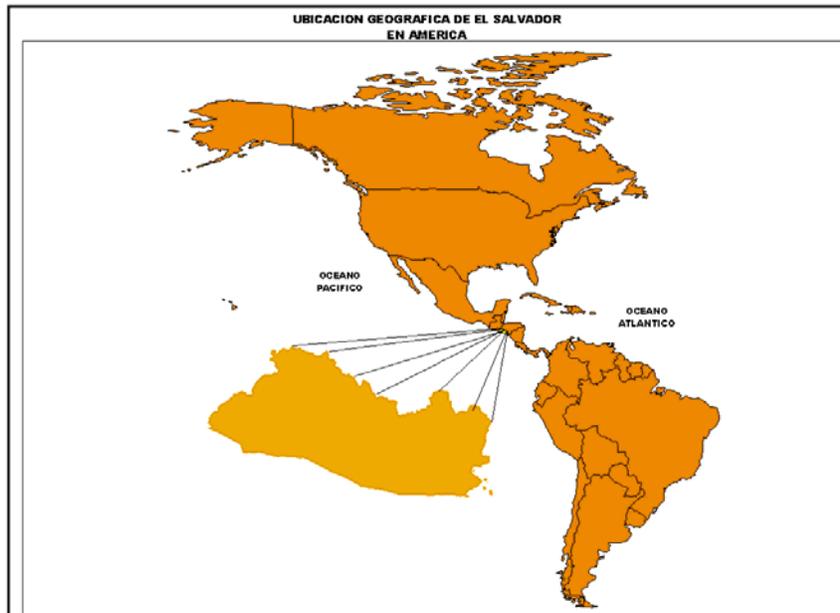
Aproximadamente el 86% del territorio está clasificado como bosque húmedo subtropical, el 8% como bosque muy húmedo subtropical y el 4% como bosque húmedo tropical¹⁰. La precipitación promedio anual varía entre 1,525.8 mm y 2,127.2 mm, con una media de 1,823.6 mm. La temperatura promedio anual fluctúa entre 24.2°C y 25.9°C, con una media de 24.8°C¹¹.

Debido a su posición geográfica, El Salvador experimentó en los 30 años comprendidos entre 1960–1991, muy poca variación en la energía solar que ha incidido durante el transcurso de cada año. La latitud en la que se encuentra, la variación global de los vientos y la cadena montañosa, contribuyen a la determinación de su clima. Su ubicación en la vertiente pacífica centroamericana lo sitúa dentro del trópico seco. En la estación lluviosa cae el 90% de la precipitación y el 10% restante en la estación seca. En su conjunto estos aspectos geográficos, ecológicos y climatológicos del país, que están firmemente interconectados, forman un solo cuerpo e influyen en forma determinante en la vida nacional.

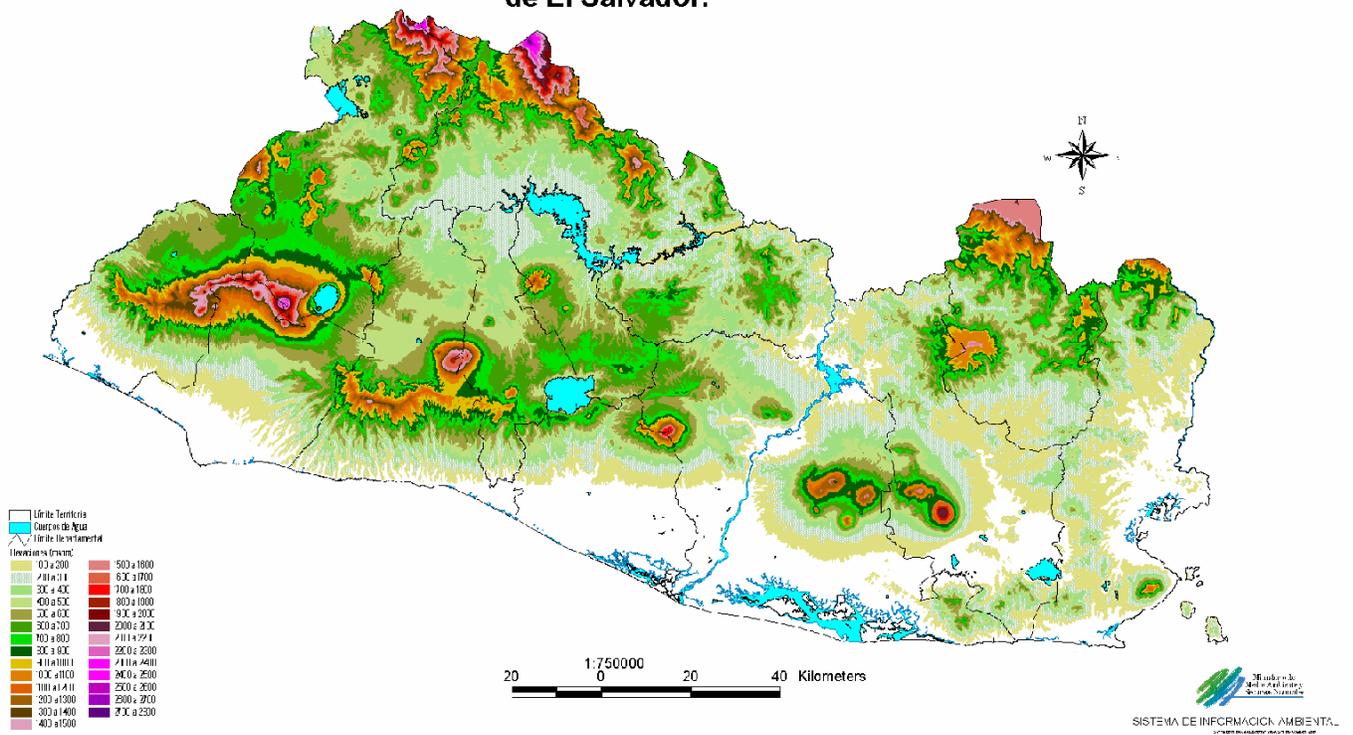
⁹ Leger Sivard, Ruth et al, 1991.

¹⁰ Holdridge, 1975.

¹¹ Centella, et al, 1998b.



Mapa de Rangos de Elevaciones de El Salvador.



2. Aspectos Demograficos.

El Salvador es uno de los países del mundo con mayor densidad poblacional por kilómetro cuadrado. Según los datos del último Censo de Población, en el año de 1992 su densidad poblacional era de 243 habitantes por kilómetro cuadrado; para ese mismo año, en la ciudad de San Salvador, capital y ciudad más importante del país, se estima una concentración poblacional de cerca de 5,372 habitantes por kilómetro cuadrado.

2.1. Tasas de Crecimiento Demográfico.

Es importante señalar que la reducción de las tasas de crecimiento global de la población no significan en realidad que las tasas de crecimiento natural hayan disminuido. Las menores tasas de crecimiento global durante las décadas de 1970, 1980 y 1990 se explican en función de la voluminosa emigración internacional de población, estimada en más de 62,000 emigrantes anuales, en lo que concierne a las tasas de crecimiento natural, éstas se han mantenido altas¹².

2.2. Migraciones.

2.2.1. Migraciones Internas.

A principios de la década de 1980, el conflicto armado generó los primeros desplazamientos masivos de población rural, la cual buscó refugiarse en las cabeceras o áreas urbanas de los respectivos municipios. Para finales de 1981 el número total de desplazados llegó a 164,297 personas, para 1994 el total alcanzaba la cifra de 427,892 personas. Aproximadamente el 20% de los desplazados se ubicaron en 14 municipios del departamento de San Salvador.

2.2.2. Migraciones Internacionales.

Debido a la situación política de la época, se registró un importante flujo de emigrantes hacia el exterior, especialmente hacia los Estados Unidos de Norteamérica. Del total de emigrantes salvadoreños calculados para el año 1992 (2,325,000 personas), un 75.3% (1,750,000) emigraron hacia dicho país y un 20.4% (475,000) hacia México y Guatemala.

2.3. Distribución de la Población.

Debido a la intensificación de las migraciones internas de las dos últimas décadas, la población de El Salvador ha pasado de ser mayoritariamente rural, a un relativo equilibrio entre población urbana y rural. Esto ha implicado un crecimiento de los centros urbanos tradicionales. Para 1992 cerca de un 30% de la población se concentró en la ciudad de San Salvador y municipios aledaños. Entre 1971 y 1992 la densidad poblacional del departamento de San Salvador se había multiplicado por dos.

3. Economía.

3.1. Agricultura.

Durante la década de 1990 el sector agropecuario perdió importancia como generador de producción, exportaciones y alimentos. En su conjunto, el sector agropecuario disminuyó participación en el PIB pasando de representar un 16.5% del total en 1992 a solamente un 13.8% en 1994.

¹² CELADE, 1987.

Entre 1992 y 1994 tanto los cultivos de alimentos como los principales productos de exportación redujeron notablemente su volumen. Es importante destacar que, pese a la reducción de los volúmenes de cosecha de los granos básicos, el área destinada para el cultivo de los mismos se ha duplicado entre la década de 1960 y la de 1990.

3.2. Industria.

La participación de la industria en el total del PIB decayó de 22.7% a 21.1% entre 1992 y 1994, aportando más al PIB que el sector agropecuario. El desarrollo de la industria tiene bajo nivel tecnológico y una significativa cuota en la contaminación ambiental.

Hay cinco ramas industriales que concentran el 75% de la producción de este sector, a saber, textiles, alimentos, productos químicos, papel/cartón y productos metálicos. Es importante mencionar que, pese a su escasa importancia relativa dentro del PIB (1%), la subrama industrial de productos minerales no metálicos elaborados, tiene un considerable impacto sobre la calidad del aire.

Cabe destacar que desde la década de 1970 se procedió a la creación de zonas francas y recintos fiscales, donde se han establecido empresas extranjera "maquileras". Entre 1992 y 1994 el valor de la producción de la industria de maquila se duplicó y representó cerca de un 40% de las exportaciones totales.

3.3. Macroeconomía.

La estabilidad de los grandes equilibrios macroeconómicos, como el índice general de precios y los saldos de la balanza de pagos y de las finanzas públicas, son otro aspecto relevante del comportamiento económico. Desde principios de la década, el saldo de la balanza de pagos arroja cifras positivas que se han traducido en un incremento de las reservas internacionales netas, y las finanzas públicas han reducido claramente su déficit en relación al observado durante la década de 1980.

Cuadro 2.1
Principales Indicadores Económicos (1994)

Crecimiento del PIB real (%)	6.0
Balanza comercial	- 1,324 (Millones de US\$)
Exportaciones de maquila	430.4 (Millones de US\$)
Remesas familiares	1,001.6 (Millones de US\$)
Déficit fiscal/PIB (%)	0.7

Fuente: Revista Trimestral. Abril-junio 1996. Banco Central de Reserva.

4. Aspectos Sociales.

Existen tres variables del contexto social que se relacionan con la emisión de GEI: educación, salud y pobreza. Bajos niveles educativos pueden inhibir procesos que conlleven a una disminución de las emisiones netas, la salud de la población se relaciona con la calidad del aire y el agua, y los niveles de pobreza sobredeterminan el que se haga un uso insostenible de los recursos naturales.

4.1. Educación.

De acuerdo a datos oficiales, la tasa de analfabetismo general para 1994 fue de 26.8%. En el área urbana la población analfabeta fue de solamente un 16.1% del total, mientras que en el área rural fue de 40.6%. En cuanto a los niveles educativos, puede mencionarse que solamente un 27.7% de la población había cursado más de seis años de estudio. En el área urbana este porcentaje alcanzó el 40.9%, mientras que en el área rural fue de apenas 10.9%. La población total con estudios universitarios fue de 5.4%, de los cuales cerca de un 95% estaba radicado en el área urbana.

4.2. Salud.

En el período 1990-1993 la tasa de mortalidad infantil fue de 41 defunciones por cada 1,000 nacidos vivos, mientras que la mortalidad de los menores de 5 años se calculó en 5.1 por cada 1,000 nacidos vivos. Las principales causas de consulta externa fueron las infecciones respiratorias agudas (51.9%) y las infecciones gastrointestinales (31.4%).

4.3. Pobreza.

Debido a la insuficiencia de los ingresos y salarios en El Salvador, existe una marcada insatisfacción de las necesidades básicas que se reflejan en elevados porcentajes de pobreza. El salario mínimo de finales de 1994 sólo cubre una fracción de la canasta básica y se estimó que se necesitaban 1.59 salarios mínimos para comprar la canasta de alimentos y 3.54 salarios mínimos para cubrir el costo de la canasta básica ampliada (alimentación, educación, vivienda y misceláneos).

5. Perfil Energético.

5.1. Recursos Energéticos Primarios Propios.

Las principales formas endógenas de energía con que cuenta el país son: la hidráulica, la geotérmica y la biomasa (la leña y los residuos vegetales). Estas tres formas de energía primaria tienen la característica de ser fuentes renovables.

Cuadro 2.2
Consumo Energía Primaria, 1994

Formas de energía	Tcal	%
Hidráulica	1,607.9	5.5
Geotérmica	2,080.3	7.0
Petróleo	8,447.1	28.6
Carbón Mineral	0.3	0.0
Leña	15,677.6	53.1
Residuos vegetales	1,722.3	5.8
Total	29,535.5	100.0

Fuente: Balance Energético Nacional 1994. CEL

Cuadro 2.3
Generación Bruta de Electricidad 1994

Fuente	GWh	%
Hidroeléctrica	1,472.3	45.9
Geotérmica	406.7	12.7
Térmica	1,331.9	41.4
Total	3,210.9	100.0

Fuente: Balance Energético Nacional 1994. CEL

5.2. Recursos Energéticos Primarios Importados.

El Salvador es un importador neto de petróleo, siendo sus principales abastecedores México y Venezuela. Dado que en el país se cuenta con una refinería, las importaciones son una combinación de petróleo crudo y derivados de petróleo.

5.3. Consumo de Energía Secundaria.

Cuadro 2.4
Consumo de Energía Secundaria

Producto	Tcal	%
Leña	15,440.6	53.0
Residuos Vegetales	1,063.5	3.6
Derivados de Petróleo	10,204.2	35.0
Carbón Mineral	3.9	0.0
Electricidad	2,320.3	8.0
Carbón de leña	116.2	0.4
Total	29,148.7	100.0

Fuente: Balance Energético Nacional, 1994. CEL

Cuadro 2.5
Consumo Sectorial de Energía

Sectores	Tcal	%
Residencial y Comercial	15,838.5	54.3
Industrial	6,120.9	21.0
Transporte	6,535.2	22.4
Otros	624.1	2.3
Total	29,148.7	100.0

Fuente: Balance Energético Nacional, 1994. CEL

A pesar de contar con un adecuado potencial hidráulico y geotérmico disponible, las condiciones hidrológicas poco favorables imperantes durante 1994, obligaron a que el incremento en la demanda de energía eléctrica fuese satisfecha básicamente por las centrales térmicas. Durante 1993 las centrales termoeléctricas contribuyeron con el 32.6 % de la generación bruta de energía eléctrica, mientras que en 1994 su contribución representó el 41.4%.

6. Medio Ambiente.

La dinámica de la degradación ambiental ha estado íntimamente ligada a la producción de GEI, en la medida que se relacionan con el deterioro de los recursos naturales. El cambio en el uso de la tierra, el surgimiento de industrias contaminantes y el fenómeno de la creciente urbanización, son tres elementos que deben tomarse en cuenta al momento de evaluar al relación entre degradación ambiental y emisión de gases de efecto invernadero.

Las principales tendencias degradantes en este sector pueden resumirse en dos: proliferación de los cultivos temporales y disminución del área dedicada para los cultivos de agroexportación.

Concomitantemente con la extensión de los cultivos anuales, se ha experimentado una importante reducción del área de bosques naturales primarios. De acuerdo al Primer y Tercer Censo Nacional Agropecuario entre 1950 y 1971, el área de bosques naturales se redujo en un 18%. Para 1994 se estima que el área de bosques naturales primarios no va más allá de las 50,000 hectáreas, equivalentes a cerca de un 2.5% del territorio nacional¹³.

¹³ SEMA: Agenda Ambiental, 1992. FUSADES: El Libro Verde, 1997.

Por otra parte, el área cultivada con café, aunque experimentó un relativo auge durante las décadas previas a 1990, ha experimentado una marcada tendencia hacia su reducción, debido a la expansión de las zonas urbanas en detrimento de zonas cultivadas con café. Esto tiene importantes implicaciones para el medio ambiente, porque el cultivo del café de sombra provee muchos beneficios ambientales similares a los del bosque natural. En el caso del algodón, el uso intensivo de fertilizantes e insecticidas, durante las décadas de 1960 y 1970, volvieron económica y ambientalmente inviable dicho cultivo.

Desde su surgimiento en la década de 1950, la industria no ha incorporado en su gestión la variable ambiental. No se dispone de programas de tratamiento de los efluentes generados por la actividad industrial. Esto incluye tanto a la actividad agroindustrial como a la industria manufacturera que se instaló principalmente en la zona de la ciudad de San Salvador. De 145 industrias presentes en el área metropolitana de San Salvador, solamente 9 trataban sus efluentes para el año 1994. Por otra parte, la mayoría de ingenios azucareros y beneficios de café instalados en el país depositan sus efluentes en los ríos del país sin ningún tratamiento. Los sectores industriales que emitían mayor volumen de partículas suspendidas eran la producción del cemento y de ladrillos. La producción de ladrillos origina la mayor parte de sus emisiones al utilizar leña como combustible para sus hornos.

Existe una fuerte tendencia hacia la urbanización del país, lo cual ha traído consigo dos problemas que merecen especial atención dentro de la problemática del cambio climático: el manejo de los desechos y el incremento del parque vehicular, y por ende, de los congestionamientos.

Se estima que cerca de un 64% de la basura generada en San Salvador no es recolectada, sino tirada en barrancos donde es incinerada sin ningún control. Las aguas residuales domésticas, son descargadas sin ningún tratamiento en la red fluvial que circula en la ciudad. La concentración de coliformes en esta red supera en mucho los límites de tolerancia para los seres humanos.

Por otra parte, el número de automóviles en el país se ha triplicado en las dos últimas décadas y la mayor parte de éstos se concentran en el Área Metropolitana de San Salvador, generando emisiones de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, como resultado de los congestionamientos.

Para 1994 no existía en El Salvador ley específica alguna que regulara el uso de los recursos naturales y la preservación del medio ambiente,¹⁴ tampoco existía un ente gubernamental responsable de la política y de la aplicación de un marco legal en esas áreas.

¹⁴ Actualmente la Asamblea Legislativa ya aprobó la Ley del Medio Ambiente, la cual entró en vigencia desde el 4 de mayo de 1998.

III. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

1. El Efecto Invernadero y el Cambio Climático.

La atmósfera es esencial para la vida sobre la tierra. Durante más de tres mil millones de años, la atmósfera de la tierra ha sido modelada y modificada por las interacciones con los organismos vivientes. Sin embargo, hasta antes de la revolución industrial, los seres humanos no habían tenido efectos significativos sobre dichos procesos.

Los gases de efecto invernadero (GEI) que se encuentran en la atmósfera baja (troposfera) tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso, tienen la propiedad de dejar pasar la radiación solar (ondas cortas) y de retener una parte de la radiación emitida por la tierra (ondas largas o infrarrojas), reenviándola de nuevo en varias direcciones, particularmente hacia la superficie terrestre. De esa forma, los GEI retienen una parte de calor en la atmósfera, impidiendo que se escape hacia el espacio. Este proceso de retención del calor es conocido como "efecto de invernadero", y gracias a éste la temperatura media global de la tierra es mantenida a unos 15°C, la ausencia de éste provocaría una temperatura de -18°C, y la vida tal como la conocemos no sería posible.

Con el inicio de la Revolución Industrial en 1750, y particularmente desde inicios del siglo XX, las emisiones de GEI provenientes de diversas actividades humanas se han intensificado, provocando un incremento de 30% de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera. Las actividades que más han contribuido a dicho fenómeno han sido: el consumo de combustibles fósiles, intensificado con el proceso de industrialización, la agricultura, la deforestación y el cambio de uso del suelo.

El sistema climático, compuesto por la atmósfera, la biosfera, la geosfera, la hidrosfera y la criosfera; mediante una serie de procesos interactivos, ha mantenido un equilibrio entre la energía solar entrante y la energía terrestre saliente. Debido al incremento de las concentraciones de las gases de efecto invernadero en la atmósfera, ésta ha aumentado su capacidad de retener radiación terrestre, lo que significa que el ritmo con que se emite energía hacia el espacio es más lento que con el que entra, provocándose una acumulación de energía. Dicha variación se conoce como forzamiento radiativo positivo.

Para que el equilibrio energético sea restablecido, el sistema climático responde con una serie de ajustes, tales como un calentamiento de la superficie terrestre, variaciones en los regímenes de las precipitaciones, cambio en la circulación atmosférica, incremento del nivel medio del mar, y otros cambios en los componentes del sistema climático y en sus mecanismos de interacción. Todas esas variaciones en los parámetros del clima, es lo que se denomina el cambio climático, el cual provocaría inevitablemente impactos en los ecosistemas naturales y en los sectores socioeconómicos, en función del grado de vulnerabilidad que éstos manifiesten.

2. Consideraciones Metodológicas.

Todos los países que hayan ratificado la CMCC han adquirido compromisos encaminados al logro del objetivo último de la Convención y de todos los instrumentos jurídicos conexos, a saber: estabilizar las concentraciones de los GEI en la atmósfera a un nivel que impida cualquier perturbación antropogénica peligrosa del sistema climático.

En el numeral 1 (a) del Art. 4 de la Convención, relativo a las compromisos, se estipula que todas las Partes, teniendo en cuenta sus responsabilidades comunes, pero diferenciadas y la especificidad de sus prioridades, objetivos y circunstancias nacionales y regionales de desarrollo; deberán elaborar, actualizar periódicamente, publicar y remitir a la Conferencia de las Partes¹⁵, conforme al Art. 12, inventarios nacionales de emisiones antropógenas por fuentes y sumideros de todos los gases de efecto invernadero, no reglamentados por el Protocolo de Montreal, utilizando los métodos comparables aprobados por la Conferencia de las Partes.

Los inventarios son una herramienta que permite cuantificar el grado de contribución de las actividades humanas y de algunos procesos naturales relacionados con la emisión y fijación de los GEI, así como desarrollar programas y proyectos de mitigación de los mismos.

Los inventarios deberán ser elaborados siguiendo los tres volúmenes de las directrices metodológicas del IPCC¹⁶. De acuerdo a la metodología mencionada, las actividades y procesos se han dividido en cinco sectores: energía, procesos industriales, cambio del uso de la tierra y silvicultura, agricultura y desechos.

Entre las características relevantes de las normas y procedimientos utilizados para la elaboración del inventario se destacan la aplicabilidad y la estandarización, lo cual garantiza y facilita la evaluación y comparación consistente y sistemática de las emisiones de GEI entre los diferentes países.

El inventario de El Salvador, contempla el balance de las emisiones de tres gases¹⁷: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄) y Oxido Nitroso (N₂O); incluyéndose además el Monóxido de Carbono (CO) y Oxidos de Nitrógeno (NO_x) como contribuyentes indirectos del efecto de invernadero.

Dado que las emisiones de GEI están íntimamente relacionadas con el quehacer y desarrollo de una nación, es importante establecer el año de referencia para el cual se reporta la cuantificación de las emisiones. Considerando los factores políticos y socioeconómicos por los que atravesó El Salvador durante la década de los ochenta hasta la firma de los acuerdos de paz en 1992, y con base en los lineamientos de la Convención¹⁸, se tomó 1994 como el año de referencia para el desarrollo del inventario.

3. Arreglos Institucionales.

El MARN, a través de la coordinación del proyecto-GEF¹⁹ y dentro del marco de un convenio de cooperación técnica celebrado con la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas (UCA), contrató a dicha universidad para la elaboración del Inventario. El Departamento de Ciencias Energéticas de la UCA coordinó, capacitó y asesoró al equipo multidisciplinario que se responsabilizó de los diferentes sectores considerados en el estudio. Asimismo, en el sector energético, participó una empresa privada.

¹⁵ Reuniones anuales de todos los países Partes de la CMCC, a fin de discutir y negociar, mediante decisiones, la puesta en aplicación efectiva y temprana de los compromisos adquiridos en la Convención, el Protocolo de Kioto y todos los instrumentos jurídicos conexos.

¹⁶ Referirse al documento completo del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para el año de referencia 1994.

¹⁷ En virtud de la D10/ CP2 (Decisión 10 de la Segunda Conferencia de las Partes de la Convención sobre Cambio Climático).

¹⁸ Decisión 10, Segunda Conferencia de las Partes.

¹⁹ Apoyo a la Creación de Capacidades para la Elaboración de la Primera Comunicación Nacional.

Dentro del proceso de elaboración de la Comunicación Nacional, y con el propósito de mejorar las capacidades nacionales, de cara a las futuras mejoras y actualizaciones del inventario nacional, se facilitó la participación del coordinador técnico del inventario en varios talleres regionales sobre inventarios y análisis de mitigación²⁰.

Por otra parte, el ICF Kaiser International Inc. fue contratado por el US-CSP, para brindar asesoría al coordinador técnico del Inventario, con el objetivo de revisar los aspectos metodológicos y mejorar la calidad del documento.

Durante el proceso de elaboración del inventario, se realizaron dos consultas sectoriales a fin de recoger observaciones y concertar los enfoques metodológicos utilizados.

4. Limitaciones para la Elaboración del Inventario.

Las limitaciones encontradas en la elaboración del inventario, y que podrían continuar representando un obstáculo para las actualizaciones futuras de dicho documento, son las siguientes:

- a. Inexistencia de un sistema de información efectivo en el ámbito nacional.

No existen los arreglos institucionales ni los procedimientos para la generación, manejo y análisis de la información requerida para la elaboración y actualización sistemática del inventario.

- b. Deficiencias institucionales en materia de información.

Cierta información requerida para la elaboración del inventario, no es generada, ya que las entidades pertinentes o no llevan los registros del caso, o recogen información no relevante para los efectos del inventario. En el caso de las municipalidades, no se encuentra la información relevante sobre la generación y manejo de los desechos sólidos.

En lo que al sector cambio de uso del suelo y silvicultura se refiere, la escasez y obsolescencia de la información existente es muy notoria. La entidad responsable de la elaboración del inventario forestal no lo ha elaborado, y el único mapa de vegetación arbórea elaborado data de 1981, realizado sobre la base de fotografías de satélite y aéreas de 1974-76.

La información de dichos sectores se encuentra en un nivel muy agregado, aún aquella contenida en bases de datos o SIGs, no está validada con trabajo de campo, es de carácter secundario, conteniendo varias imprecisiones. Esta situación contrasta con los niveles de detalle requeridos por la metodología del IPCC para la elaboración del inventario.

- c. Reforma institucional del Estado:

Como resultado del proceso de privatización de algunas funciones del Estado, existe información que ya no la generan. Tal es el caso del balance energético, el cual era elaborado por la CEL, contraparte nacional de OLADE, que como resultado del proceso de privatización de dicha entidad, desde 1997 ya no ha sido elaborado.

²⁰ Taller Regional de América Central sobre Inventarios de Gases de Efecto Invernadero y Análisis de Mitigación, Antigua, Guatemala (Febrero, 1999). UNFCCC Workshop on Emission Factors and Activity Data and National Feedback on the Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. La Habana, Cuba (Septiembre 1998). CC:TRAIN Latin American and the Caribbean Regional Workshop on Preparing a Climate Change Mitigation Analysis, La Habana, Cuba (Marzo, 1998).

d. Problemas metodológicos:

Dado que los requerimientos en calidad, nivel de detalle y cantidad de la información de la metodología, responden a un enfoque "desde y para" los países desarrollados, la realidad institucional del país no permite responder de manera apropiada a tales requerimientos, particularmente en el Sector Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura.

e. El grado de incerteza:

Aún cuando la metodología del IPCC tiene como objetivo reducir la incerteza a los niveles mínimos posibles, dada la calidad de la información disponible en El Salvador y el uso casi exclusivo de los factores de emisión por defecto, no es posible cuantificar en forma confiable y consistente el grado de incerteza. El procedimiento requiere evaluar el grado de incerteza de los factores de emisión de las diferentes fuentes y de los datos de las actividades socioeconómicas incluidas en el Inventario, sin embargo, dicha información no está disponible.

En un futuro cercano, el inventario nacional debería ser sometido a una revisión técnica exhaustiva, realizada en forma participativa, abierta y transparente por un equipo de expertos especializados y acreditados para tal efecto. Dicha revisión estaría encaminada a:

- a. Analizar el marco institucional nacional involucrado en la generación y manejo de la información requerida para la elaboración del inventario, y desarrollar una propuesta de un sistema de información simple, funcional y efectivo.
- b. Verificar la disponibilidad de documentación que viabilice los procedimientos para la auto-verificación o las revisiones técnicas independientes, a fin de recalculer los datos.
- c. Examinar los datos y la aplicación de las metodologías por categorías de fuentes y sumideros.
- d. Analizar la calidad de los resultados del inventario y de los procedimientos de control de calidad, e identificar áreas que deberían mejorarse y maneras de superar los problemas metodológicos y de presentación de la información.

5. Emisiones Totales.

El Cuadro 3.1 sintetiza para cada una de las fuentes consideradas en el Inventario Nacional de GEI de El Salvador, para el año de referencia 1994, las emisiones de los siguientes GEI: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), monóxido de carbono (CO) y óxido de nitrógeno (NO_x). Con base en la metodología del IPCC, los cálculos y el análisis del Inventario se han realizado fundamentalmente sobre los tres principales GEI: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O).

Cuadro 3.1: Síntesis de las Emisiones de GEI para 1994 (Gg)						
	Emisiones de CO ₂	Absorción de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x
Total Nacional de las Emisiones/Absorciones	9,363.64	-718.70	148.50	13.21	512.66	34.02
1. Energía ²¹	4,224.18		18.09	0.52	437.48	31.03
2. Procesos Industriales	490.12					
3. Agricultura			88.14	12.69	70.65	2.86
4. Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura	4,649.34	-718.70	0.52	3.6x10 ⁻³	4.53	0.13
5. Desechos			41.75			

Es necesario aclarar la diferencia entre los términos emisiones netas y emisiones brutas, ya que las emisiones netas son el resultado de sustraer de las emisiones de GEI provocadas por las diferentes fuentes, las absorciones de GEI realizadas por los sumideros provenientes de los ecosistemas manejados por el hombre. Las emisiones brutas se refieren solamente a las emisiones efectivas de GEI derivadas de las actividades humanas, sin incluir las cantidades de gases absorbidas por los ecosistemas.

Con base en la información del Inventario Nacional y la población de El Salvador para 1994, se ha estimado una emisión de 1.6 tonCO₂ por habitante²² (1.6x10⁻³ GgCO₂ por habitante).

Las emisiones de CH₄ y N₂O podrían llegar a tener, al cabo de varios años, una contribución relativa al Calentamiento Global mucho más alta que la que presentan en el año de referencia. Este fenómeno cobra relevancia al momento de identificar y priorizar, en el ámbito nacional, las medidas y políticas de mitigación de los GEI.

El Potencial de Calentamiento Global (PCG) relaciona la cantidad de emisiones de CO₂ necesaria para crear el mismo efecto de calentamiento global que provocaría la emisión de la unidad masa de otro gas para un período especificado. La operación de conversión se realiza utilizando el PCG según los valores de dicho parámetro indicados en el Cuadro 3.2, el cual representa el poder radiativo relativo de los diferentes gases con respecto al CO₂, habiendo sido definido por el IPCC para los tres principales gases en función del horizonte de tiempo.

²¹ En la cuantificación del CO₂ para este sector, se utilizó el "Enfoque de Referencia" (Cuadro 3.6).

²² Consistente con IEA, 1996: Key World Energy Statistics (Sector Energético, 1996: 0.75 tonCO₂/hab) y con BM 1999-2000: Informe Anual (Sector Energético, 1995: 0.77 ton CO₂/hab), tomando en cuenta que en el año de referencia el Sector Energético tenía una participación del 47% en el total de las emisiones nacionales de CO₂.

Cuadro 3.2 PCG de los tres GEI principales		
Gas	PCG En 20 años	PCG En 100 años
CO ₂	1	1
CH ₄	56	21
N ₂ O	280	310

El Cuadro 3.3 muestra la importancia relativa de los tres gases principales al cabo de un horizonte de tiempo de 20 años: el CO₂ representa el 42% de las emisiones netas de El Salvador, seguido del CH₄ representando el 40%, y el N₂O, el 18% de las emisiones.

Cuadro 3.3 Emisiones de los tres GEI Principales					
Gas	Emisiones Brutas en 1994 (Gg)	Absorción en 1994 (Gg)	Emisiones Netas en 1994 (Gg)	Emisiones Netas en 20 años	Emisiones Netas en 100 años
CO ₂	9,363.64	-718.70	8,644.94	8,644.94	8,644.94
CH ₄	148.50		148.50	8,316.00	3,118.50
N ₂ O	13.21		13.21	3,699.81	4,095.10
Total				20,660.75	15,858.54

Los resultados presentados en el Cuadro 3.4 provienen del consolidado de los tres gases principales, habiéndolos previamente convertido en términos de equivalentes de CO₂. Dicha conversión permite evaluar la participación relativa de los gases y de las fuentes emisoras.

Las emisiones antropogénicas netas de El Salvador se elevan a 20,660.75 Gg_{equiv}-CO₂, lo cual representa 3.6 ton_{equiv}-CO₂/hab (3.6x10⁻³ Gg_{equiv}-CO₂ por habitante).

Cuadro 3.4 Síntesis de las Emisiones y Absorciones de GEI para 1994 (Gg _{equiv} -CO ₂ en 20 años)						
	Emisiones de CO ₂	Absorción de CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total	%
Total Nacional de las Emisiones/Absorciones	9,363.64	-718.70	8,316.00	3,699.81	20,660.75	100
1. Energía ²³	4,224.18			145.60	4,369.78	22
2. Procesos Industriales	490.12		1,013.04		1,503.16	7
3. Agricultura			4,935.84	3,553.20	8,489.04	41
4. Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura	4,649.34	-718.70	29.12	1.008	3,960.77	19
5. Desechos			2,338.00		2,338.00	11

²³ En la cuantificación del CO₂ para este sector, se utilizó el "Enfoque de Referencia" (Cuadro 3.6).

6. Emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂).

El CO₂, en su calidad de GEI, permite la entrada de la energía solar hacia la superficie de la Tierra, y al mismo tiempo, retarda el flujo de calor hacia el exterior de la atmósfera, jugando así un papel muy importante en la regulación de la temperatura del planeta.

La presencia de este gas en la atmósfera es fundamental para completar el llamado ciclo del carbono, el cual se encuentra en la naturaleza principalmente bajo dos formas: como carbonato, contenido en rocas calcáreas, y sobre todo en el CO₂ contenido en la atmósfera y en el disuelto en el agua. Las plantas verdes a través del mecanismo de la fotosíntesis capturan el CO₂ del agua o del aire y lo transforman en compuestos orgánicos, que sirven para el crecimiento de las plantas y de alimento a los consumidores y degradadores.

La respiración, la fermentación, el procesamiento de minerales y la combustión de los combustibles fósiles y de la biomasa, son algunos de los mecanismos que devuelven el CO₂ a la atmósfera para completar el ciclo.

Estos mecanismos de captura y de devolución del carbono a la atmósfera han permitido el establecimiento de un sistema equilibrado y autorregulado, que ha logrado durante diferentes períodos la compensación de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera.

Durante las últimas cuatro décadas, producto del desbalance existente entre la fijación y la emisión, se ha detectado que las concentraciones de CO₂ han aumentado progresivamente. Uno de los efectos directos de este incremento de las concentraciones ha sido el aumento de la temperatura media global.

En 1994, se estima que en El Salvador se tuvo una emisión neta de CO₂ de 8,644.94 Gg. Las fuentes que contribuyeron a la devolución de carbono a la atmósfera fueron: el sector Energía con 4,224.18 Gg (49%), el sector Procesos Industriales con 490.12 Gg (6%) y el sector Cambio del Uso del Suelo y Silvicultura con 3,930.64 Gg (45%).

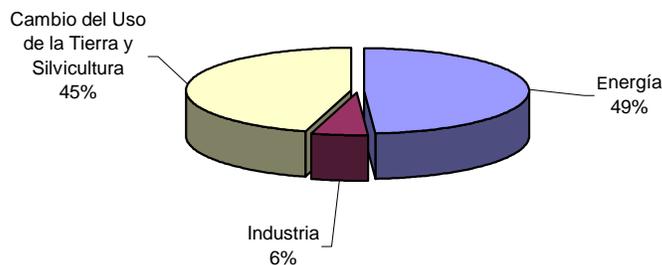


Fig. 3.1: Proporción de Emisiones Totales Netas de CO₂

6.1. Emisiones de CO₂ del Sector Energía.

La cuantificación del CO₂ producido por el Sector Energía es de 4,224.18 Gg, y se hizo utilizando el método "Enfoque de Referencia" (Top-Down); el cual consiste en estimar las emisiones a partir de la cantidad de carbón contenida en los combustibles fósiles importados y consumidos en el país durante el año de referencia.

El cálculo desglosado del método "Enfoque de Referencia" se muestra en el Cuadro 3.6 Nótese que en este cálculo no se considera la contribución de los recursos energéticos leña y desechos agrícolas, por haberlos incluido, de acuerdo a la metodología del IPCC, en el sector Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura.

El uso de este método presenta la limitación de no identificar el consumo de los combustibles a nivel sectorial. Dada la importancia que tiene para el establecimiento de políticas de mitigación de los GEI, se hace necesaria la cuantificación de las emisiones por Subsectores. Este otro método se denomina "Análisis por Categorías de Fuentes" (Bottom-Up). El Cuadro 3.6 resume el resultado de ambos enfoques.

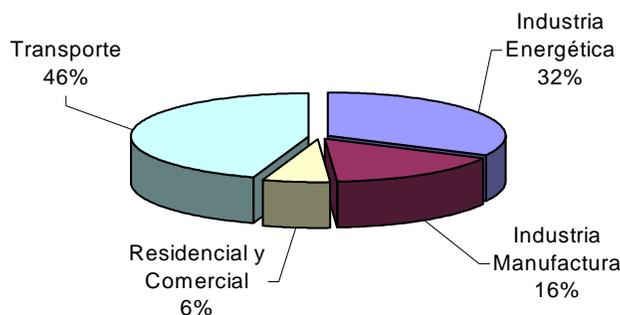
Las emisiones reportadas por el Enfoque de Referencia son superiores a las reportadas por el Análisis por Categorías de Fuentes. Sin embargo, la diferencia no supera el 6%, valor aceptable considerando las incertezas asociadas con los datos fuente y los factores de emisión. Las emisiones calculadas según este último método son 4,024.53 Gg, siendo los subsectores considerados: Industria Energética, Industria de Manufactura, Transporte, y Residencial y Comercial (Cuadro 3.5).

En el Subsector Industria Energética se cuantifican las emisiones producidas durante la transformación del petróleo crudo en sus derivados y en la generación termoeléctrica. El estimado de emisiones fue de 1,303.98 Gg.

En el Subsector Industria de Manufactura, se estiman las emisiones de CO₂ en 656.40 Gg, asociadas al consumo de hidrocarburos utilizado para la generación de vapor o algún otro uso propio de las diferentes industrias.

En el Subsector Transporte se incluye el transporte terrestre, el férreo y las emisiones atribuibles a la aviación civil. La cantidad de CO₂ emitido es de 1,815.56 Gg. Para el Subsector Comercial y Residencial se estima que las emisiones de CO₂ debidas al consumo de hidrocarburos en las actividades comercial y doméstica ascendieron a 248.59 Gg.

Subsector	Emisiones (Gg)	Porcentaje
Industria Energética	1,303.98	32%
Industria Manufacturera	656.40	16%
Transporte	1,815.56	46%
Comercial y Residencial	248.59	6%
Total	4,024.53	100%

Fig. 3.2: Porcentaje de Emisiones de CO₂ en el Sector Energético Por Subsector

Cuadro 3.6 Comparación de los dos Enfoques Utilizados para Estimar Las Emisiones Totales de CO ₂ en el Sector Energía (Gg)				
Tipos de Combustible			Enfoque de Referencia	Análisis por categorías de fuentes
Líquidos Fósiles	Combustibles Primarios	Petróleo Crudo	2,567.59	
		Gas natural líquido		
	Combustibles secundarios	Gasolina	217.64	770.65
		Kerosene de Avión (bunkers)	-101.04	0.37
		Kerosene		51.29
		Diesel	1,248.57	1,996.34
		Fuel Oil residual	125.61	948.64
		LPG	181.91	214.45
		Etano		
		Nafta		
		Asfalto	-0.35	
		Lubricantes	-17.48	
		Coke de Petróleo		
		Gas de Refinería		41.05
		Otros aceites		
Total de Fósiles Líquidos			4,222.45	4,022.79
Fósiles Sólidos	Combustibles Primarios	Antracita		
		Carbón para coque		
		Otro carbón bituminoso	0.12	0.13
		Carbón Sub-bituminoso		
		Lignito		
		Esquistos petrolíferos		
		Turba		
	Combustible Secundario	BkB		
	Coke	1.61	1.61	
Total de Fósiles Sólidos			1.73	1.73
Fósiles Gaseosos		Gas natural (seco)		
Total			4,224.18	4,024.53
Total de biomasa			7,906.91	7,852.20
		Biomasa Sólida	7,906.91	7,852.20
		Biomasa Líquida		
		Biomasa Gaseosa		

6.2. Emisiones de CO₂ del Sector Procesos Industriales.

Este sector cuantifica la emisión de CO₂ considerada como un subproducto de determinados procesos industriales. Para el caso de El Salvador el único proceso aplicable es la producción de cemento y cal viva a partir del carbonato de calcio. Se incluye además, la emisión de CO₂ generada durante el uso de la piedra caliza como agente neutralizante de los suelos. La emisión estimada es de 490.12 Gg. La cantidad de CO₂ atribuible a la producción de cemento se estimó en 455.97 Gg, a la producción de cal 23.70 Gg y la generada por el uso de la cal agrícola 10.45 Gg.

Subsector	Emisiones (Gg CO ₂)	Porcentaje
Producción de Cemento	455.97	93%
Producción de Cal	23.70	5%
Piedra Caliza	10.45	2%
Total	490.12	100%

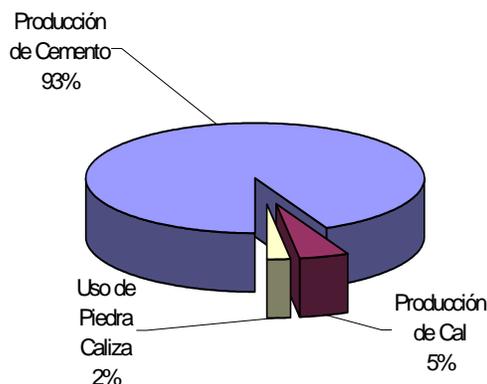


Fig. 3.3: Porcentaje de Emisiones de CO₂ en el Sector Procesos Industriales Por Subsector

6.3. Emisiones de CO₂ en el Sector Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura.

Las emisiones netas de CO₂ atribuibles a este sector se estiman en 3,930.64 Gg, éstas incluyen la fijación o captura de CO₂ lograda por la vegetación de las tierras agrícolas que fueron abandonadas fundamentalmente por el conflicto armado que vivió el país en la década de los años 80. La fijación de CO₂ se estima en 718.7 Gg, correspondiente a un área de 98,000 ha de bosques recuperados, durante un período de abandono de 20 años.

La emisión total de este sector es de 4,649.34 Gg, contribuyendo las actividades siguientes: el cambio que sufre la cobertura boscosa debido principalmente al uso intensivo del recurso leña, con 4,068.10 Gg, las quemas de pastizales y residuos agrícolas posteriores a las cosechas, con 534.60 Gg y la descomposición de la biomasa con 46.64 Gg.

Cuadro 3.8 Emisiones de CO ₂ del Sector Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (Gg)		
Cambio de bosques y consumo de leña	4,068.10	87%
Quemas de pastizales y residuos agrícolas	534.60	12%
Descomposición de biomasa	46.64	1%
Total Emisiones Brutas	4,649.34	100%
Absorción	718.70	
Total Emisiones Netas	3,930.64	

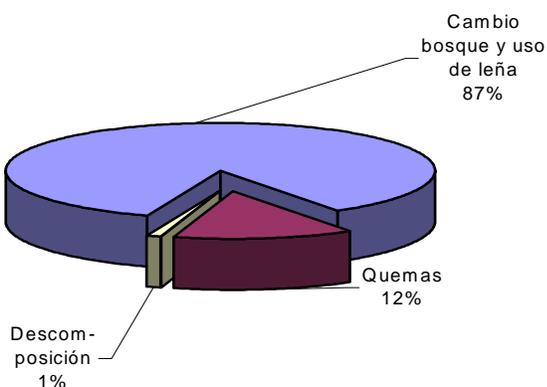


Fig.3.4: Porcentaje de Emisiones Brutas de CO₂ en el Sector Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura por Subsector

7. Emisiones de Metano (CH₄).

El metano atmosférico es considerado como el segundo gas en importancia para el efecto de invernadero. Como se indicó en el Cuadro 3.2, aún las pequeñas cantidades emitidas de CH₄ pueden tener un gran efecto sobre el calentamiento de la tierra, dado que es más eficaz en la absorción de radiación infrarroja que el CO₂.

Para 1994, la emisión de CH₄ se estima que fue de 148.50 Gg, siendo los principales generadores los sectores Agricultura con 88.14 Gg (60%), Desechos con 41.75 Gg (28%), Energía con 18.09 Gg (12%) y Cambio del Uso del Suelo y Silvicultura con 0.52 Gg (insignificante).

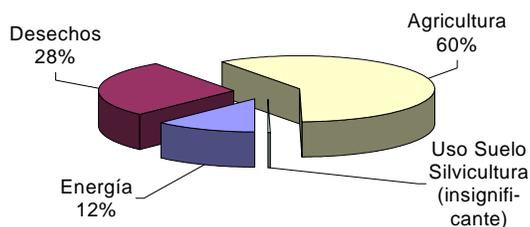


Fig.3.5: Proporción Sectorial de Emisiones de CH₄

7.1. Emisiones de Metano del Sector Agricultura.

Las emisiones de CH₄ en este sector se calcularon en 88.14 Gg, determinándose como las principales fuentes generadoras: las asociadas con la fermentación entérica (proceso digestivo) y los desechos del ganado doméstico, con 83.24 Gg, la producción de arroz por inundación con 1.63 Gg y la quema de sabanas y residuos de los cultivos con 3.27 Gg.

Subsector	Emisiones (Gg)	Porcentaje
Fermentación Entérica	83.24	94%
Cultivo de arroz	1.63	2%
Quemas de sabanas y residuos agrícola	3.27	4%
Total	88.14	100%

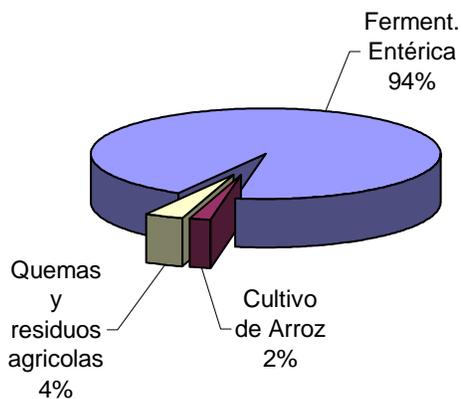


Fig. 3.6: Proporción de Emisiones de CH₄ en el Sector Agricultura por Subsector

7.2. Emisiones de CH₄ del Sector Desechos.

Las emisiones de CH₄ incluidas en este sector son producto de la digestión anaerobia de la materia orgánica, y se calcularon en un total de 41.75 Gg, repartidas de la siguiente manera: las generadas en los sitios de depósito de los desechos sólidos municipales 25.64 Gg, las provenientes del tratamiento de aguas residuales domésticas 2.78 Gg y del tratamiento de aguas residuales industriales 13.33 Gg.

Cuadro 3.10 Emisiones de CH ₄ del Sector Desechos (Gg)		
Desechos Sólidos Municipales	25.64	61%
Tratamiento de vertidos domésticos	2.78	7%
Tratamiento de vertidos industriales	13.33	32%
Total	41.75	100%

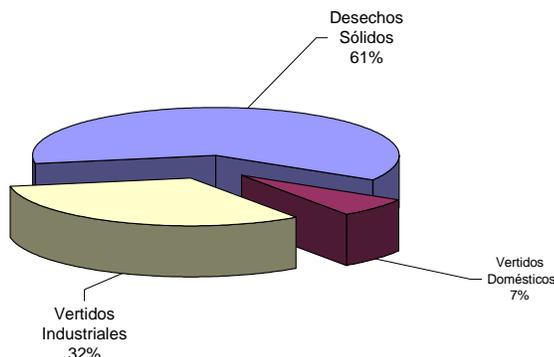


Fig.3.7: Emisiones de CH₄ en el Sector Desechos por Subsector

7.3. Emisiones de CH₄ del Sector Energía.

Las emisiones de Metano, Oxido Nitroso, Monóxido de Carbono, Oxidos de Nitrógeno y Compuestos Orgánicos Volátiles diferentes al Metano se deben básicamente a la combustión incompleta asociada con el tipo de combustible utilizado, las condiciones de operación, las tecnologías de control y del mantenimiento, así como el tiempo de uso de los equipos.

La emisión total para este sector es de 18.09 Gg, a la cual contribuyen principalmente los subsectores Residencial y Comercial con 17.28 Gg, Industria con 0.46 Gg, Transporte con 0.30 Gg y la Industria Energética con 0.05 Gg (insignificante).

Cuadro 3.11 Emisiones de CH ₄ del Sector Energía (Gg)		
Residencial y Comercial	17.28	95%
Transporte	0.30	2%
Industria Energética	0.05	insignificante
Manufactura	0.46	3%
Total	18.09	100%

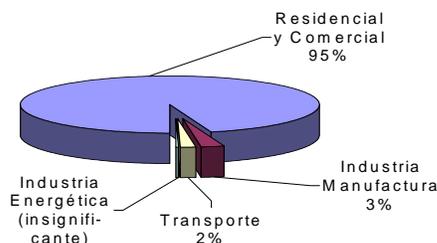


Fig.3.8: Emisiones de CH₄ en el Sector Energía por Subsector

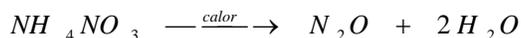
7.4. Emisiones de CH₄ del Sector Cambio del Uso del Suelo y Silvicultura.

La emisión de Metano en este sector se debe fundamentalmente a la cantidad de carbono liberado durante la quema de biomasa in situ, principalmente pastizales y residuos agrícolas. La cantidad de CH₄ emitida se estima en 0.52 Gg.

8. Emisiones de Oxido Nitroso (N₂O).

Uno de los principales nutrientes necesarios para un crecimiento vigoroso de las plantas es el nitrógeno. Como contribución antropogénica, este elemento es agregado al suelo en los fertilizantes como el Nitrato de Amonio (NH₄NO₃). El nitrógeno es fijado por las plantas a una tasa que depende de la especie y de la categoría del suelo. Por ejemplo, una zona boscosa puede fijar 15 kg/ha/año, mientras que tierras con vocación agrícola o pastizales pueden fijar 40 kg/ha/año o más.

En El Salvador, la fuente principal de N_2O es el fertilizante que no es utilizado por la planta, el cual es arrastrado por la lluvia hacia los mantos acuíferos (lixiviación), o hacia los cuerpos de agua superficiales, este proceso es llamado de denitrificación (reducción de nitratos bajo condiciones anaerobias). Asimismo, existe liberación de N_2O durante las quemas de residuos agrícolas, ésta ocurre según la siguiente reacción:



Las malas prácticas agrícolas, como la forma de aplicar los fertilizantes y el mantenimiento de altas cantidades de biomasa inmóvil, provocan también emisiones de N_2O . Para 1994, la emisión de N_2O se estimó en 13.214 Gg, siendo el principal contribuyente el sector Agricultura con 12.69 Gg (96%), el sector Energía con 0.52 Gg (4%) y el Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura con 0.004 Gg (insignificante).

8.1. Emisiones de N_2O en el Sector Agricultura.

Las emisiones de N_2O en el sector agricultura son de 12.69 Gg, y se contabilizan en las siguientes actividades: Quema de sabanas y residuos agrícolas con 0.078 Gg (1%), Cultivo de campos con 2.74 Gg (22%), Pastoreo con 3.49 Gg (27%), Deposición Atmosférica con 0.41 Gg (3%), Lixiviación con 5.71 Gg (45%) y Desechos humanos con 0.26 Gg (2%).

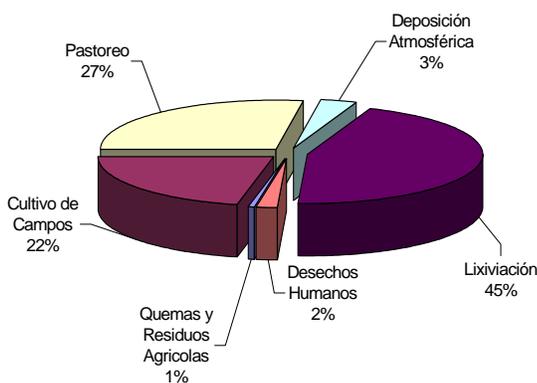


Fig. 3.9: Emisiones de N_2O en el Sector Agrícola por Subsector

8.2. Emisiones de N_2O en el Sector Energía.

Al igual que el metano en el Sector Energía, la emisión de N_2O está relacionada con los sistemas de combustión. Se calcula en este sector una emisión de 0.52 Gg.

8.3. Emisiones de N_2O en el Sector Cambio del Uso del Suelo y Silvicultura.

La emisión de N_2O en este sector se debe principalmente a la quema de bosques. Se calcula, que durante 1994 se liberaron 0.004 Gg.

IV. Medidas para la Aplicación de la Convención.

Los valores de algunos indicadores socioeconómicos claves de El Salvador son: tasas de analfabetismo que superan el 20%, 47% de la población en situación de pobreza, 18% en situación de pobreza extrema y un PIB per capita (en US\$ de 1990) de alrededor de US\$ 1,200. Ese marco es un claro referente de las prioridades nacionales, las cuales deberán asentarse en la necesidad de un crecimiento económico importante y equitativo.

El consumo de energía, en cuanto a su estructura y niveles, refleja la misma situación: la leña representa casi el 50% del consumo total de energía, dentro del cual la cocción utilizando el mismo combustible es cercana al 60% en las áreas urbanas y supera el 85% en las áreas rurales. Esta situación contribuye a un proceso de deforestación creciente y muestra la necesidad de abordar un inmediato proceso de sustitución de combustibles, fomentando la penetración de fuentes más limpias en el ámbito local, de mayor calidad e, incluso, menor costo para el usuario. La consecuencia de un desarrollo en dicha dirección no puede tener otro efecto que un incremento en las emisiones tanto totales como per capita.

Para colocar en su justa dimensión la situación y responsabilidad de El Salvador, es necesario destacar algunos indicadores de otros países y su comparación relativa con los valores locales.

Países	1990
EEUU	24.06
Canadá	17.44
Australia	16.91
Rusia	16.11
Alemania	12.76
Promedio Países Anexo I ²⁴	13.34
El Salvador ²⁵	0.77 (1995)

Las emisiones de CO₂ de El Salvador representaron, en 1995, alrededor del 3.2% de las emisiones de EEUU en 1990, y un porcentaje mucho menor que las de 1995 y las actuales. Resulta más que evidente que los esfuerzos que puedan desarrollarse en El Salvador y que se identifican a lo largo de este estudio, pueden ser de significativa importancia en el contexto local, pero su contribución a la problemática global no deja de ser absolutamente marginal.

²⁴ Conjunto de países desarrollados y de países en transición hacia una economía de mercado que han ratificado la CMCC, los cuales están listados en el Anexo I de la Convención.

²⁵ BM, 1999-2000: Informe Anual (emisiones provenientes del Sector Energético).

No obstante lo anterior, es pertinente abocar recursos a lograr una mejor comprensión del funcionamiento del sistema energético, y a desarrollar escenarios futuros que permitan inferir o medir la posible evolución futura del sistema socioeconómico, así como a identificar opciones de uso racional de energía; siempre y cuando no se sacrifiquen los objetivos prioritarios de crecimiento económico y equidad social, y se contribuya positivamente a la problemática global.

1. Análisis de las Opciones de Mitigación en el Sector Energético.

1.1. Consideraciones Metodológicas.

Siguiendo los lineamientos definidos por el FMAM/BM para la realización de estudios de mitigación del cambio climático, se desarrolló una comparación entre dos escenarios de evolución futura del sistema energético salvadoreño. Uno de ellos, el Escenario de Referencia, está asociado con la evolución previsible del sistema, según la dinámica actual, y sin acciones o políticas explícitas para reducir las emisiones de GEI. Por otra parte, el Escenario de Mitigación, el cual supone elegir un conjunto de acciones u opciones de mitigación del cambio climático, a fin de evaluar la conveniencia de promover su aplicación.

El punto de partida fue la elaboración de un diagnóstico que permitió comprender las relaciones economía-energía y energía-medio ambiente, así como la dinámica propia con la cual se desenvuelven la actividad económica y el sistema energético, objeto del estudio; además, su impacto sobre la acumulación de GEI en la atmósfera.

Concluida la etapa del diagnóstico, fue necesario identificar y caracterizar las opciones de mitigación disponibles en los sectores analizados. El planteo del Escenario de Mitigación supone una preselección de aquellas opciones juzgadas como más interesantes para mitigar los efectos del cambio climático.

La evaluación de las opciones de mitigación incluidas en el Escenario de Mitigación debe realizarse sobre la base de los costos y beneficios que presentan en relación con la situación esperada en el Escenario de Referencia. El alcance del estudio, no incluye la etapa de evaluación de los mecanismos de aplicación de una política de mitigación, por lo tanto, no se calculan las curvas de costos de mitigación, ante la imposibilidad de incorporar los costos indirectos asociados a las opciones de mitigación.

En ambos Escenarios se analizó el funcionamiento detallado del sistema energético, controlando la consistencia de los flujos de energía, desde las reservas hasta el consumo, mediante el uso del modelo LEAP.

Adicionalmente, se generó una base de datos ambiental específica para el estudio, coherente con la base de coeficientes de emisión adoptados previamente en la realización del Inventario Nacional de GEI para 1994.

1.2. Diagnóstico Energético-Ambiental.

1.2.1. El Consumo Energético Nacional.

La satisfacción de los requerimientos nacionales de energía se ha basado esencialmente en derivados del petróleo, energía eléctrica, residuos vegetales y la leña. Desde una óptica de energía primaria, el petróleo, la hidroenergía, la geotermia y la biomasa constituyen las fuentes básicas del abastecimiento de El Salvador.

La figura 4.1 muestra un período inicial de crecimiento moderado durante la década de los setenta, seguido de una brusca contracción y estancamiento durante el período comprendido entre 1981 y 1992, como resultado del conflicto armado. Durante los años subsiguientes a la firma de los Acuerdos de Paz, puede apreciarse nuevamente una tendencia creciente en el consumo, a una tasa promedio anual del 12%, valor que es superior al experimentado durante los años setenta (4.6%).

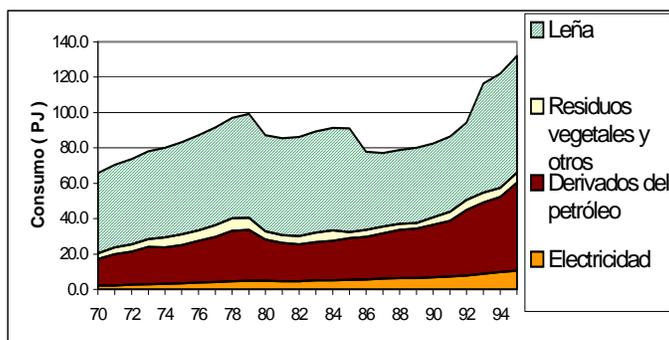


Figura. 4.1: Evolución del consumo total de energía, 1970-1995²⁶

El comportamiento histórico de la intensidad energética ha sido relativamente errático, debido principalmente, al alto consumo nacional de leña y al hecho de que una parte importante de éste es energía “no comercial”, utilizada en el sector residencial; existiendo dificultades para estimar su consumo ante la inexistencia de estadísticas confiables y la incertidumbre asociada a los métodos de estimación. Tomando en cuenta solamente el consumo de energía comercial, se observa, por el contrario, una clara tendencia creciente durante el período considerado, la cual se acentúa durante el último quinquenio.

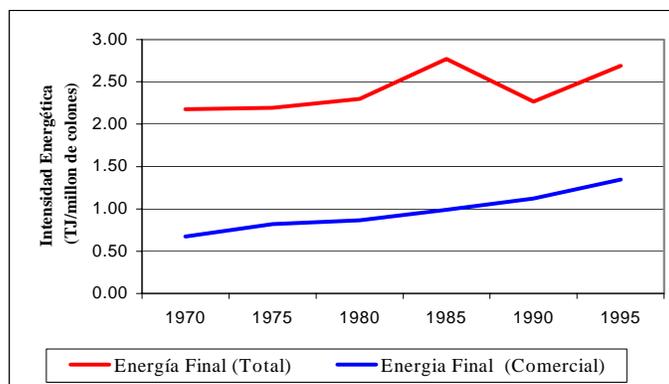


Figura 4.2: Intensidad energética en El Salvador, período 1970-1995.
(en TJ/millones de colones de 1990)

El consumo per cápita ha aumentado en un 27% durante el período de 1970 a 1995. Entre 1990 y 1995 se observan signos de un incremento más acentuado. Si se considera la energía comercial únicamente, se observa un incremento relativo aún mayor durante este mismo período.

²⁶ CEL: Balance Energético Nacional, Series 1980-1996.

1.2.2. Abastecimiento Energético.

Durante el período considerado (1970-1995), el abastecimiento energético nacional ha sido cubierto en más del 55% con recursos nacionales renovables. Sin embargo, se observa una disminución en la participación de las fuentes renovables y un sensible incremento en la participación del petróleo crudo y sus derivados.

Los recursos biomásicos constituyen la principal fuente energética nacional y están constituidos por leña y residuos vegetales. La leña consumida en El Salvador proviene de los diversos tipos de vegetación existente en el país, recurso cuyo uso energético debe competir con otros usos como la producción de madera y la protección ambiental.

Los requerimientos de petróleo son actualmente satisfechos por medio de la importación de crudo o de sus derivados, lo cual difícilmente cambiará en el futuro. Durante la década de 1990, se ha intensificado la importación directa de derivados del petróleo, particularmente la importación de diesel, el cual es consumido en el sector transporte y en la generación termoeléctrica.

1.2.3. La Política Energética y el Proceso de Transformación del Sector.

El diseño y fijación de políticas en el sector energético de El Salvador se ha caracterizado por su fraccionamiento a nivel de subsectores, sin que haya existido una concepción integrada. A partir de 1989, ocurrió un significativo cambio en la política nacional, pasándose del esquema de alta intervención estatal a un modelo privatizador y menos regulado. El nuevo modelo implicaba la no-intervención estatal en las actividades productivas, la reducción y modernización del aparato estatal, así como la liberación del mercado interno y la reducción de las barreras arancelarias.

1.2.4. Diagnóstico Ambiental.

De acuerdo con el Inventario Nacional de GEI elaborado para el año 1994, se atribuye a las actividades asociadas con el sector energético la emisión de 4,024.53 Gg de dióxido de carbono (CO₂), 18.09 Gg de metano (CH₄) y 0.52 Gg de óxido nitroso (N₂O). La cantidad de CO₂ reportado en este estudio, se considera de la categoría No-Biogénico, proveniente exclusivamente de la quema de combustibles fósiles. Asimismo, el cálculo de las emisiones corresponde al método "Análisis por categorías de Fuentes", el cual permite la cuantificación de las emisiones por subsectores, a diferencia del "Enfoque de Referencia"²⁷.

Subsector	Gg	%
Transporte	1,815.56	45.11
Industria Energética	1,303.98	32.40
Industria Manufactura	656.40	16.31
Residencial y Comercial	248.59	6.18
TOTAL	4,024.53	100.00

²⁷La diferencia entre ambos métodos, así como las emisiones resultantes de ambos métodos, se explica en el Inventario Nacional de GEI.

La problemática ambiental del Sector Transporte, no solamente se refleja en su contribución a las emisiones de GEI, sino que además existen emisiones de otros gases altamente nocivos para la salud humana.

Las emisiones de CO₂ asociadas con la quema de hidrocarburos en las actividades propias de la Industria Energética se concentran en la generación termoeléctrica. Las emisiones de CO₂ del sector Residencial y Comercial se deben principalmente a la quema de GLP y kerosene. Considerando algunas iniciativas de sustitución de la leña por GLP, junto con el crecimiento de la población urbana, se prevé que las emisiones de CO₂ generadas en este subsector vayan en aumento.

1.2.5. Contexto Socioeconómico.

Para el estudio de mitigación sólo se han considerado las proyecciones hasta el año 2025, con cortes intermedios para los años 2005, 2010 y 2020. La proyección de los escenarios socioeconómicos se hace con base en la identificación y análisis de indicadores demográficos, sociales, económicos, territoriales e institucionales.

En el estudio energético de mitigación de GEI se convino en utilizar como escenario de referencia el denominado Escenario Tendencial²⁸. Como su nombre lo indica presupone que la tendencia manifestada en los últimos años se mantendrá o variará muy poco.

Indicadores demográficos	Unidad	2005	2010	2020	2025
Población	Millones	6.996	7.687	8.992	9.726
Tasa de crecimiento de población	% anual	1.59	1.38	1.21	1.27
Porcentaje de población Urbana	% PU/PT	66.8	71.9	81.3	87.2 ²⁹

Fuentes: Umaña, 1998. Correcciones: Aguilar, 1999.

Para la proyección de los indicadores sociales se considera: el alfabetismo, la escolaridad, el tipo de vivienda, los servicios de la vivienda, la mortalidad infantil, el grado de pobreza, entre otros. Estos indicadores presentan las siguientes tendencias.

Indicadores Sociales	Unidad	2005	2010	2020	2025
Alfabetismo	%	81.4	82.7	85.2	86.5
Escolaridad	%	75.7	77.7	81.9	84.0
Mortalidad infantil <1 año	%	31.5	29.4	25.5	23.7
Gasto social en el PIB	%	5.0	5.6	6.8	7.6
Población en Pobreza	%	45.0	43.8	41.5	40.4
Población en Pobreza Extrema	%	17.3	16.8	15.9	15.5

Fuentes: Umaña, 1998.

El escenario mantiene la tasa histórica promedio de 3.51% de los últimos 15 años (1984-1998), para proyectar el crecimiento desde 1999 hasta el 2025.

²⁸ Umaña, 1998.

²⁹ Los datos correspondientes al porcentaje de la población urbana para el 2025, surgen de proyectar los valores de 1995 (Dirección General de Estadística y Censos), y difieren de los consignados en el Estudio Socioeconómico (Umaña, 1998). Para el cálculo de los valores intermedios se ha utilizado la interpolación, utilizando la tasa de crecimiento de dicha población estimada en el estudio de Umaña. Es importante destacar que no se esperan modificaciones sustanciales en los resultados del estudio energético como consecuencia de tales diferencias porcentuales.

Indicador	Unid.Medida	Años de Corte			
		2005	2010	2020	2025
PIB US dólares de 1990	Millones US\$	9,505	11,524	16,900	20,533
Tasa de crecimiento PIB	%	3.9	3.9	3.9	3.9
PIB per capita	US\$ 1990	1,359	1,499	1,907	2,111
PIB primario	% PIB	12.0	11.1	9.5	8.7
PIB Industria	% PIB	21.5	21.7	22.0	22.1
PIB servicios	% PIB	66.5	67.2	68.5	69.2

1.3. Escenario Energético de Referencia.

1.3.1. Pautas Generales.

Desde el punto de vista de la demanda energética de los sectores socioeconómicos, se prevé:

- a. La penetración de nuevas fuentes energéticas, como el gas natural, la energía solar.
- b. La modificación de la tendencia histórica de participación de las diferentes fuentes en los distintos usos.
- c. Una mejora de los consumos específicos de energía en los usos finales.
- d. La continuación de la misma estructura de medios y modos de transporte.

En lo que concierne al abastecimiento energético, desde el punto de vista de la refinería se estima que ésta crecerá en su capacidad de procesamiento de crudo, en un 32% entre 1995 y el 2020.

En cuanto al sector eléctrico no se prevé la inclusión de nuevas centrales hidroeléctricas, pero se espera un incremento en el desarrollo geotérmico y un mayor crecimiento de las centrales que utilizan derivados de petróleo y carbón.

1.3.2. Demanda Total de Energía.

Los resultados de este escenario nos indican que:

- a. El Salvador se encamina hacia una dependencia cada vez mayor de los combustibles fósiles. Su participación aumenta del 41.5% en 1995 a un 61.2% en el 2020.
- b. El sector que experimenta el mayor incremento en demanda de energía es el sector transporte. Se estima que el incremento de su demanda para el período de análisis es del 185%.
- c. Para el Sector Residencial se considera un crecimiento de la demanda de energía en un 18.8%. Dicho incremento, comparado con el del Sector Transporte, obedece a la introducción de GLP cuya eficiencia de transformación en energía útil es muy superior a la de la leña.
- d. La participación de la leña como recurso energético experimenta, durante el período analizado, una disminución del 14.5%.

Sectores	1995 ³⁰		2005		2010		2020	
Residencial	53.22	44.8%	56.68	37.8%	58.81	35.1%	63.23	28.5%
Transporte	31.22	26.2%	48.10	32.1%	56.49	33.7%	88.99	40.2%
Industria	27.17	22.9%	35.45	23.6%	41.03	24.4%	53.58	24.3%
Resto sectores	7.25	6.1%	9.72	6.5%	11.38	6.8%	15.58	7.0%
Total	118.85	100.0%	149.95	100.0%	167.71	100.0%	221.69	100.0%

1.3.3. Abastecimiento de Energía Eléctrica y sus Emisiones.

De acuerdo con las hipótesis y los resultados del escenario socioeconómico tendencial, se obtiene el siguiente pronóstico de la demanda de energía eléctrica:

AÑO	ENERGIA PRONOSTICADA (GWh)			CRECIMIENTO (%)
	DEMANDA	PERDIDAS	TOTAL	
1995	3,130.0	220.0	3,350.0	
2005	4,490.0	261.3	4,751.3	3.6
2010	5,430.0	316.0	5,746.0	3.9
2020	7,980.0	452.4	8,432.4	3.9

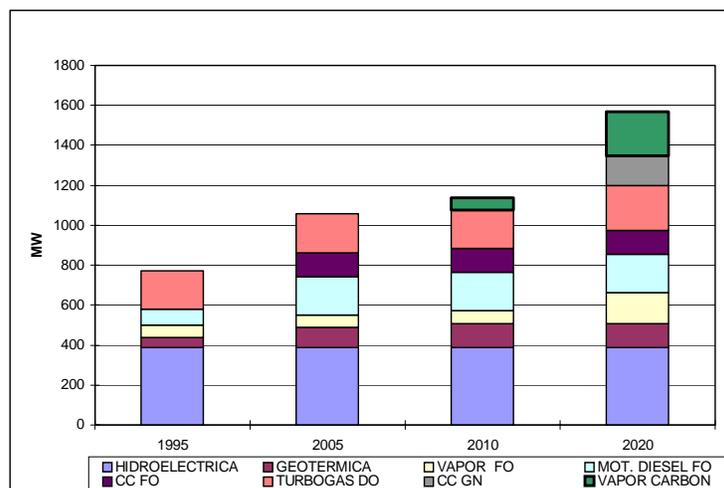


Figura 4.3: Evolución de la capacidad instalada del parque generador Escenario de Referencia

1.3.4. Emisiones de la Generación Termoeléctrica.

Para el escenario energético de referencia se ha considerado que, dadas las condiciones del nuevo marco regulatorio del sector energía eléctrica, el abastecimiento de energía será realizado con recurso eminentemente térmico, introducido en el sector por medio de la inversión extranjera.

³⁰ Los datos son el resultado de la simulación realizada con el modelo LEAP; siendo corregidas las deficiencias de los datos de la serie de Balances Energéticos 1980-1996 elaborados por la CEL, particularmente en el consumo de la leña.

En el cuadro 4.9 se resume la evolución del parque generador, observándose la fuerte penetración de los generadores que hacen uso intensivo de los derivados del petróleo. La penetración del gas natural se ha desfasado hasta el final del período.

El recurso hidroeléctrico se mantiene con la capacidad instalada hasta el final del horizonte de estudio, y varía en cada año de corte de acuerdo a las condiciones hidrológicas supuestas. El recurso geotérmico se incrementa de acuerdo a los planes de estabilización de los campos geotérmicos de Ahuachapán y Berlín.

Cuadro 4.8				
Evolución de la Capacidad Instalada por Recurso (MW)				
RECURSO	1995	2005	2010	2020
Hidroeléctrica	388	388	388	388
Geotérmica	50	100	120	120
Vapor Fuel Oil	60	63	63	153
Motores Diesel Fuel Oil	80	192	192	192
CC Fuel Oil	0	120	120	120
Turbogas Diesel	194	194	194	224
CC Gas Natural	0	0	0	150
Vapor Carbón	0	0	60	220
Sub – Total	772	1,057	1,137	1,567
Autoproducción				
Diesel	45	45	45	45
Ingenio Azucarero	44.8	55	60	70
Sub – Total	89.8	100	105	115
TOTAL	861.8	1,157	1,242	1,682

Cuadro 4.9				
Abastecimiento de Energía Eléctrica por Tipo de Recurso (GWh)				
Recurso	1995	2005	2010	2020
Hidroelectrica	1,463.8	1,528.4	1,542.0	1,562.4
Geotérmica	409.8	844.7	1,018.9	1,024.2
Vapor Fuel Oil	275.0	305.0	374.5	884.0
Mot. Diesel Fuel Oil	205.1	1,274.0	1,366.4	1,468.9
Ciclo Combinado Fuel Oil	0.0	567.2	565.1	699.6
Turbogas Diesel Oil	915.1	86.6	315.9	235.3
Ciclo Combinado Gas Natural	0.0	0.0	0.0	799.7
Vapor de carbon	0.0	0.0	399.7	1563.8
Sub-total	3,268.8	4,605.9	5,582.5	8,237.7
Autoproducción				
Diesel	17.3	27.6	31.5	39.4
Ingenio azucarero	97.9	120.4	131.3	153.2
Sub-total	115.2	147.9	162.8	192.6
Total	3,384.1	4,753.8	5,745.3	8,430.3

El Cuadro 4.10 consolida la evolución de las emisiones de GEI atribuibles a la generación termoeléctrica. Se estima que las emisiones de CO₂ No Biogénico para el año 2020 se habrán incrementado aproximadamente en 213%.

GEI	1995		2005		2010		2020	
	CT	AP	CT	AP	CT	AP	CT	AP
CO ₂ No Biogénico	1,368.1	17.4	1,957.8	27.7	2707.1	31.4	4,279.3	39.5
CO ₂ Biogénico		319.9		340.7		327.9		309.7
CO	1.6	0.4	5.6	0.5	6.2	0.4	7.0	0.4
CH ₄	0.2		0.4		0.4		0.5	
NO _x	7.8	0.3	27.0	0.3	30.9	0.3	38.2	0.3

CT: Centrales Térmicas y AP: Autoproducción

1.3.5. Subsector Refinación.

La refinería existente en El Salvador, no posee una alta complejidad, por lo tanto, no presenta una alta reconversión de derivados de petróleo pesados a livianos y/o intermedios.

La capacidad resultante de estas modificaciones podría oscilar entre 24,000 y 28,000 Bbl/día, dependiendo del crudo que se procese. Históricamente la refinería rara vez ha operado a plena capacidad, en promedio lo ha hecho a un 70% de su capacidad.

Según informaciones proporcionadas por la empresa, no existen planes de expansión de la refinería que incluyan nuevos procesos y/o altas inversiones en el mediano plazo. Por lo tanto, se estimó que la refinería no aumentaría sustantivamente su capacidad de procesamiento, llegando en el 2020 a tener una capacidad de 7 millones de Bbl/año. Asimismo, se plantea que la estructura de derivados a obtenerse de esta refinería, será invariable en el tiempo, permaneciendo durante todo el período con la siguiente estructura de producción: 33.4% fuel-oil, 28.5% diesel-oil, 23.3% gasolina, 6.6% kerosene_Jet Fuel, 3.9% no energéticos, 2.6% GLP y 1.7% gas de refinería.

	1995	2005	2010	2020	Unidad
Metano (CH ₄)	27.70	31.98	33.55	36.70	Mg

1.3.6. Emisiones Totales.

El Cuadro 4.12 consolida la proyección de las emisiones de GEI del sistema energético para el período 1995-2020.

GEI	1995	2005	2010	2020
CO ₂ No Biogénico	4,364.2	6,617.1	8,333.3	13,130.0
CO ₂ Biogénico	9,416.1	9,476.8	9,381.8	8,452.8
CO	482.7	547.2	566.0	638.5
CH ₄	33.2	32.7	31.8	27.7
NO _x	37.4	66.5	73.5	91.3
N ₂ O	0.2	0.2	0.2	0.2

El Cuadro 4.13 indica para cada uno de los sectores que demandan energía y para la generación térmica de electricidad, la proyección de su contribución a las emisiones totales de CO₂. Asimismo, muestra el mayor consumo de petróleo y la disminución del consumo de leña, lo cual se refleja en el incremento de las emisiones No-Biogénicas en un 201%, y la disminución de las Biogénicas en un 10%.

DEMANDA	1995		2005		2010		2020	
	No Biog.	Biogénic						
Residencial	297.7	7,143.97	523.74	6,836.64	692.03	6,541.83	1,182.77	5,414.44
Transporte	1,816.45		2,867.63		3,403.80		5,427.98	
Industria	793.83	1,839.55	1,141.40	2,175.49	1,380.85	2,382.36	2,029.67	2,591.54
Resto Sectores	70.79	112.74	98.86	123.95	117.96	129.63	167.53	167.53
TRANSFORMACION								
Centrales Termoeléctricas	1,368.13		1,957.76		2,707.05		4,279.29	
Auto producción	17.35	319.85	27.68	340.70	31.63	327.95	39.54	309.73
	4,364.24	9,416.10	6,617.08	9,476.78	8,333.32	9,381.78	13,130.0	8,452.75

1.4. Escenario Energético de Mitigación.

1.4.1. Pautas Generales.

Este escenario supone la puesta en práctica de políticas y acciones que modifiquen la actual tendencia en el consumo y la introducción de opciones tecnológicas de mitigación de las emisiones de GEI. En la formulación de las posibles medidas de mitigación se han tomado en consideración aquellos procesos que por razones económicas, sociales o ambientales, es razonable esperar que sean impulsados en el futuro próximo.

1.4.2. Pautas Sectoriales.

a. Sector Residencial:

Las medidas de mitigación en este sector se han concentrado en facilitar la penetración de aquellas fuentes que presentan las menores emisiones específicas, tales como el gas natural y la energía solar. Asimismo, se esperan mejoras adicionales en los consumos específicos y en la eficiencia de uso de la energía, respecto de aquéllas consideradas en el escenario de referencia.

En las áreas urbanas las medidas tienden a acelerar la penetración del gas natural y del GLP como sustituto de la leña, el kerosene y la electricidad en los usos calóricos del sector. Respecto a la energía solar se estima que ésta tendrá una penetración en los estratos de mayores ingresos de la población urbana, especialmente para el calentamiento de agua. Para los usos eléctricos se ha considerado que en todo el sector residencial se utilizará exclusivamente la energía eléctrica, en tanto que el uso de kerosene para iluminación se reducirá a niveles insignificantes.

En cuanto a los rendimientos de las fuentes, se asume una mejora sustancial en la eficiencia, correspondiente al uso de la leña, alcanzando ésta un valor del 15% en el 2020; para las demás fuentes, los aumentos de los rendimientos serán relativamente bajos, pasando, en el caso del GLP, del 60% en 1995 al 65% en el 2020. La eficiencia en los usos eléctricos mejoraría del 60% actual a un 68% en el 2020.

b. Sector Transporte:

En este sector, el escenario de referencia, tal como lo indica la tendencia que siguen la industria automotriz internacional y sus filiales locales, ya suponía una mejora en los rendimientos energéticos de los vehículos.

El presente Escenario de mitigación, no sólo supone que esa tendencia en la reducción de los consumos específicos se acentuaría, con lo cual se considera la penetración de vehículos capaces de reducir los consumos de derivados de petróleo, sino que además supone un cambio importante en las políticas de transporte, afectando la participación de los modos y medios de transporte.

Respecto al consumo total de energía, cabe destacar la diversificación de fuentes que se espera que ocurra durante el período de análisis. La penetración de la energía eléctrica, el GLP y el GNC, la participación del diesel y la gasolina en el año de referencia representaron el 93 % del consumo de energía final, disminuiría al 78%. El incremento en el consumo energético de este sector durante el período de análisis será de un 140% con respecto al año de referencia, a una tasa promedio anual del 3.6%

c. Sector Industrial:

En este sector se han seguido las pautas generales del escenario de mitigación, considerando que durante el período de análisis ocurrirán procesos de renovación de equipos y se desarrollarán programas de conservación de energía que mejorarían la eficiencia en el uso de la energía.

El consumo energético del sector industrial se incrementaría en un 80% durante el período de análisis, a una tasa promedio anual del 2.4%, esto indica que pese a este incremento, el sector perderá relevancia en comparación con el sector transporte. En cuanto a la participación de las fuentes, pueden observarse cambios en la estructura del consumo, reflejando por una parte, la penetración del GN, cuya participación en el consumo de energía final sería del 8.7 %, y por otra parte, el incremento en el uso del fuel oil, cuya participación alcanzaría el 39 %. En lo que a las fuentes restantes se refiere, éstas disminuirían su participación.

d. Otros Sectores:

Siendo este sector el de menor participación en el consumo de energía final, y el menos relevante en cuanto a sus emisiones, la única pauta específica considerada para este sector es la penetración de la energía solar en el Subsector Comercio y Servicios, pues se espera que ésta sea utilizada en actividades de calentamiento de agua. La participación de la energía solar en el año 2020 se ha estimado en un 2.0% del consumo de energía útil del subsector comercio y servicios. Adicionalmente, se han incorporado mejoras en la eficiencia de uso de todas las fuentes.

1.4.3. Análisis de la Demanda de Energía.

Los resultados muestran que el consumo energético nacional crecerá a una tasa promedio anual del 1.7%, la cual será más acentuada durante la primera década y se atenuará durante la última década, cuando surtan efecto las medidas adoptadas. (Figura 4.4)

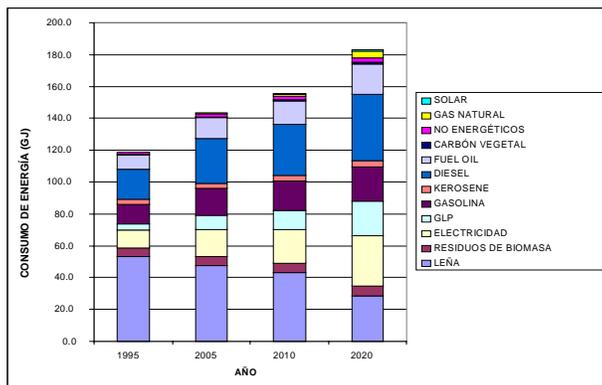


Figura 4.4: Evolución del consumo energético nacional por fuentes, período 1995-2020

La participación sectorial en la demanda de energía final muestra un cambio muy significativo en su estructura, el consumo del sector transporte representará el 41% del consumo total, desplazando al sector residencial, que en el año de referencia era el principal consumidor de energía.

GEI	Años			
	1995	2005	2010	2020
CO ₂ No Biogénico	2,978.8	4,508.5	5,324.9	7,401.6
CO ₂ Biogénico	9,096.3	8,262.9	7,609.1	5,361.8
CO	477.5	497.2	483.8	418.2
CH ₄	32.1	27.5	24.3	14.1
NO _x	29.1	37.8	39.8	44.5
N ₂ O	0.2	0.2	0.2	0.1

1.4.4. Abastecimiento Energético y sus Emisiones.

En lo que se refiere a las actividades vinculadas con el abastecimiento, se prestó especial atención a la generación de electricidad, por ser la que concentra los mayores consumos de combustible dentro del propio sector energético (87.7%).

Para el escenario de mitigación, se ha considerado que dadas las condiciones del nuevo marco regulatorio, se imponen algunas medidas tendientes a frenar el abastecimiento con recurso eminentemente térmico, y a introducir algunos incentivos que hagan que otros recursos puedan encontrar apertura y se tornen atractivos para el sector privado, en relación a las carteras para inversión extranjera. Se ha considerado que para el año 2005 se habrá tenido una penetración importante del GN, ya que la construcción del gasoducto que pasaría por Guatemala y El Salvador, ya estaría en operación comercial. Para el resto de años se han seguido las siguientes pautas de abastecimiento:

- El recurso hidroeléctrico se incrementa en 80 MW para el año 2010, con la capacidad instalada en San Marcos Lempa.
- El recurso geotérmico se incrementa de acuerdo a los planes de estabilización de los campos geotérmicos de Ahuachapán y Berlín y el desarrollo del plan geotérmico en San Vicente.
- Al igual que en el escenario de referencia, el sector externo se ha mantenido en equilibrio, es decir, existe un buen balance de exportaciones-importaciones.
- El recurso de plantas de vapor a fuel oil, no presenta alteración alguna hasta el 2005. A partir del 2010 se reconvierte la planta a GN y en el 2020 se incrementa la capacidad con una máquina de 100 MW, con la misma tecnología.
- Los ciclos combinados de fuel oil, aparecen en el 2000 con 120 MW, y se convierten a GN en el 2005 para el resto del período. El factor de planta cuando usa fuel oil es de 30.4 %, incrementando su participación notablemente cuando se cambian las unidades a GN.
- Para los autoprodutores, en este escenario se considera que la alternativa fotovoltaica empieza a tener participación a partir del 2005 y se incrementa un poco en el resto del período.
- El desarrollo de motores de combustión interna que utilizan fuel oil para la generación, hace que se utilice la capacidad plena de los existentes actualmente en la Central de Nejapa, y se incrementen 112 MW para el 2000, de aquí en adelante, no se tienen mayores expansiones de este recurso.

- h) En cuanto al recurso de las turbinas a Diesel, se realiza su reconversión en el año 2005 a GN y se incrementa su capacidad hasta el año 2010 con una turbina de 60 MW, elevándose la capacidad instalada de 194 MW a 254 MW al final del período.
- i) El recurso del GN se desarrolla ampliamente en este escenario, no sólo en la reconversión del ciclo combinado mencionado antes, sino en sus incrementos progresivos bajo la forma de ciclos combinados.
- j) El recurso de carbón se ve desplazado por la fuerte penetración del GN y no participa en ninguno de los períodos.

Cuadro 4.15 Evolución del Parque Generador, Capacidad Instalada por Recurso (MW). Escenario Energético de Mitigación.				
Recurso	1995	2005	2010	2020
Hidroeléctrica	388	388	468	468
Geotérmica	50	120	120	190
Vapor GN.	0	0	63	163
Vapor Fuel Oil	60	63	0	0
Motores Diesel Fuel Oil	80	192	192	192
Turbogas GN.	0	194	254	254
Turbogas Diesel Oil	194	0	0	0
Ciclo Combinado GN.	0	120	120	460
Sub-Total	772	1077	1217	1727
Autoproducción				
Diesel	45	45	45	45
Ingenio azucarero	44.8	55	60	70
Solar fotovoltaico	0	0.2	0.63	1.5
Sub-Total	89.8	100.2	105.63	116.5
Total	861.8	1177.2	1322.63	1843.5

El abastecimiento del parque de generación dependerá mayoritariamente de los combustibles fósiles durante todo el período, en el año 2020 se espera que éstos suministren el 80% del abastecimiento total, sin embargo el 63.7% del abastecimiento sería realizado con GN en ese año. Pese a la intensificación de su expansión, los recursos nacionales de energía hidráulica y geotérmica proveerían únicamente el 20% del abastecimiento total.

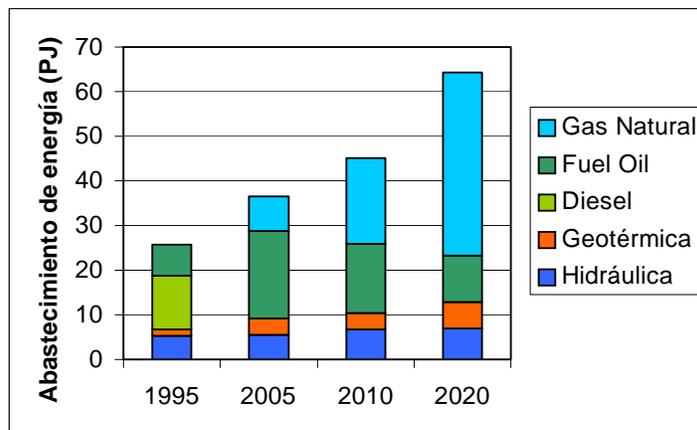


Figura 4.5: Evolución del abastecimiento energético por recurso.

La evolución del abastecimiento energético del sector, con un incremento en el consumo de fuel oil durante la primera década, y su posterior sustitución con GN, hacen que las emisiones de CO₂ exhiban un comportamiento creciente durante la primera década, para luego disminuir en el resto del período.

GEI	Años				Unidad
	1995	2005	2010	2020	
CO ₂ No Biogénico	1,368.1	1,538.8	1,271.0	1,254.2	Gg
CO	1.6	5.0	5.1	4.1	Gg
CH ₄	173.2	459.1	472.6	830.4	Mg
NO _x	7.8	23.7	23.6	19.6	Gg

1.4.5. Subsector de Hidrocarburos.

Respecto de la refinación de petróleo, se han mantenido los mismos supuestos que en el caso de referencia, debido a que, tanto su participación en el consumo, como las emisiones provenientes del mismo, son de escasa relevancia en el sector de abastecimiento energético.

	1995	2005	2010	2020	Unidad
Metano (CH ₄)	27.70	39.32	41.41	45.08	Mg

1.4.6. Emisiones Totales en el Escenario de Mitigación.

Los resultados muestran una tendencia creciente en las emisiones totales de GEI, sin embargo, la tasa promedio anual de crecimiento de las mismas es de 1.4%, resultando inferior a la tasa de crecimiento de la demanda de energía final (1.7%) y a la del suministro primario (2%), esto es indicativo de una disminución sustancial de las emisiones de GEI por cada unidad de energía consumida en El Salvador.

GEI	Años			
	1995	2005	2010	2020
CO ₂ No Biogénico	4,364.2	6,075.0	6,627.5	8,695.4
CO ₂ Biogénico	9,416.1	8,603.7	7,937.0	5,671.5
CO	482.7	507.0	494.5	429.4
CH ₄	33.2	29.4	26.4	17.0
NO _x	37.4	62.1	64.1	64.8
N ₂ O	0.2	0.2	0.2	0.1

1.5. Análisis Comparado de los Escenarios Energéticos.

Comparando la estructura por fuentes de ambos escenarios, pueden apreciarse las siguientes diferencias:

- El escenario de mitigación muestra una mayor participación de la energía eléctrica, asociada con una demanda ligeramente mayor de la misma.
- El GLP muestra igualmente un incremento, tanto en términos absolutos como en su participación en la demanda, respecto al escenario de referencia.

- c. La demanda de leña en el escenario de mitigación es considerablemente menor que en el escenario de referencia; para el 2020 ésta sería inferior en un 37% a la estimada para este último escenario.
- d. En menor grado que la leña, la gasolina, el diesel y el fuel oil muestran en el escenario de mitigación una menor participación en la demanda, y una disminución en términos absolutos, respecto a las cantidades observadas para el de referencia.
- e. La penetración del GN y de la energía solar Aunque suponen una diversificación de las fuentes utilizadas, no representan una diferencia significativa respecto al escenario de referencia.

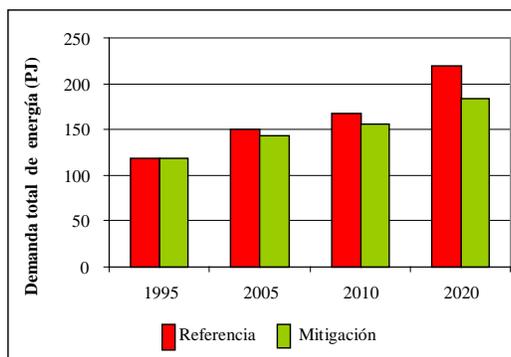


Fig 4.6: Comparación de la demanda de energía para los escenarios de Referencia y Mitigación

En cuanto al consumo de los sectores, se destacan los siguientes aspectos:

- a. En el escenario de mitigación, los consumos de los Sectores Residencial, Transporte e Industria muestran una considerable reducción respecto a los valores esperados según el escenario de referencia. En particular, es apreciable la variación en el consumo del Sector Residencial, el cual es inferior al del año de referencia.
- b. En ambos escenarios, aunque más marcadamente en el escenario de mitigación, puede observarse como el Sector Residencial deja de ser el sector dominante en el consumo, cediendo esta posición al Sector Transporte. Este efecto es explicable por la sustitución de la leña por energéticos cuyo uso se realiza con mayor eficiencia.

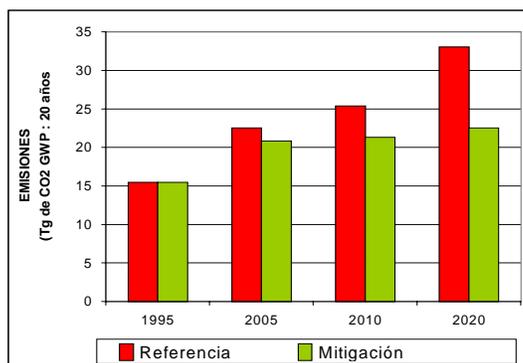


Figura 4.7: Comparación de la evolución de las emisiones totales en los escenarios de referencia y mitigación.

1.5.1. Emisiones Totales.

Como puede apreciarse en el Cuadro 4.19 la disminución de las emisiones totales resultante de las medidas de mitigación, es poco significativa durante la primera década, volviéndose mayor a medida que penetran las nuevas fuentes energéticas y las medidas de mitigación se van profundizando. En suma, se obtiene para el año horizonte una disminución del 32 % respecto de las emisiones esperadas de acuerdo con el escenario de referencia.

Cuadro 4.19 Comparación de Emisiones para los Distintos Escenarios para el 2020				
GEI	Referencia	Mitigación	Diferencia	Porcentaje
CO ₂ No biogénico	13,126.8	8,695.4	-4,431.4	-33.8%
CO ₂ Biogénico	8,452.8	5,671.5	-2,781.3	-32.9%
CO	638.5	429.4	-209.0	-32.7%
CH ₄	27.7	17.0	-10.7	-38.6%
NOx	91.3	64.8	-26.5	-29.0%
N ₂ O	1.8x10 ⁻¹	9.6x10 ⁻²	-8.2x10 ⁻²	-46.2%

1.5.2. Evolución de los Indicadores Energéticos y Ambientales.

Como puede apreciarse en el Cuadro 4.20 las medidas de mitigación tienen un efecto positivo, logrando que el consumo energético y las emisiones totales crezcan a tasas anuales inferiores a las del PIB y de la población. La intensidad energética y el consumo per cápita de energía, disminuyen respecto de los valores correspondientes al escenario de referencia, esto es reflejo de la mayor eficiencia general en el uso de la energía.

Cuadro 4.20 Resumen de los Indicadores Energéticos y Ambientales					
Indicador	Año				Tasa promedio Anual
	1995	2005	2010	2020	
PIB (Millones de colones de 1990)	49,156.0	71,220.0	86,649.0	128,262.0	3.9%
Población (Millones de habitantes)	5.699	6.996	7.687	9.054	1.9%
PIB per cápita (Colones/hab)	8,625.4	10,180.1	11,272.1	14,166.3	2.0%
Consumo final de energía (PJ)					
Escenario de Referencia	118.8	149.9	167.7	219.3	2.5%
Escenario de Mitigación	118.8	143.6	155.7	183.0	1.7%
Emisiones de CO ₂ (Gg)					
Escenario de Referencia	4,364.2	6,617.1	8,333.3	12,992.9	4.5%
Escenario de Mitigación	4,364.2	6,075.0	6,570.6	8,454.4	2.7%
Emisiones Totales de GEI (Gg de CO ₂ ; PCG 20 años)					
Escenario de Referencia	15,476.5	22,516.4	25,329.0	33,039.6	3.1%
Escenario de Mitigación	15,476.5	20,821.8	21,386.1	22,507.4	1.5%
Intensidad energética (TJ/millón de colones)					
Escenario de Referencia	2.42	2.11	1.94	1.71	-1.4%
Escenario de Mitigación	2.42	2.02	1.80	1.43	-2.1%
Consumo per cápita (TJ/hab)					
Escenario de Referencia	0.021	0.021	.022	.024	0.6%
Escenario de Mitigación	0.021	0.021	0.020	0.020	-0.1%
Emisiones per cápita de CO ₂ (Ton/hab)					
Escenario de Referencia	0.77	0.95	1.08	1.44	2.5%
Escenario de Mitigación	0.77	0.87	0.85	0.93	0.8%
Emisiones totales per cápita (Ton/hab)					
Escenario de Referencia	2.73	3.22	3.30	3.65	1.2%
Escenario de Mitigación	2.73	2.98	2.78	2.49	-0.4%
Emisiones/PIB (Gg/millón de colones)					
Escenario de Referencia	0.315	0.316	0.292	0.258	-0.8%
Escenario de Mitigación	0.315	0.292	0.247	0.175	-2.3%
Emisiones de CO ₂ por unidad de energía (Gg/PJ)					
Escenario de Referencia	36.7	44.1	49.7	59.2	1.9%
Escenario de Mitigación	36.7	42.3	42.2	46.2	0.9%
Emisiones por unidad de energía (Gg/PJ)					
Escenario de Referencia	130.2	150.2	151.0	150.6	0.6%
Escenario de Mitigación	130.2	145.0	137.4	123.0	-0.2%

1.6. Sensibilidad al Abastecimiento Eléctrico.

Al considerar la importancia del suministro de electricidad ante la demanda creciente de ésta, y que la opción termoeléctrica propuesta para suplir esa demanda, demuestra ser una de las mayores contribuyentes a la emisión de GEI, el estudio lleva a cabo un análisis de sensibilidad, incluyendo:

- a. El papel del proyecto SIEPAC que pretende promover la inversión privada y consolidar la integración de los mercados eléctricos de la región. En este estudio, se hace referencia a este proyecto como el sector externo.
- b. La posibilidad de la expansión del parque hidroeléctrico nacional, al considerar la entrada en operación del proyecto El Cimarrón. Este proyecto supone una voluntad del gobierno para la explotación de los recursos naturales, dado el tiempo de recuperación de la inversión que normalmente requieren los proyectos hidroeléctricos como el propuesto.

1.6.1. Análisis de Sensibilidad ante la Participación del Sector Externo.

En el planteamiento de este análisis, se debe tener presente que esta sensibilidad al abastecimiento de energía eléctrica, considerando la participación del sector externo regional, se hace como política de reducción de emisiones a escala local. Esta reducción podría contabilizarse como una reducción a escala regional o mundial en la medida que esa electricidad se genere con centrales no emisoras de GEI.

Como era de esperar, si la participación del Sector Externo para satisfacer la demanda de energía eléctrica se intensifica, la participación del recurso termoeléctrico disminuye y por lo tanto, las emisiones de GEI se reducen según se indica en el cuadro siguiente.

GEI	1995	2005	2010	2020
CO ₂	1,368.13	1,432.94	1,155.58	1,016.38
CO	1.61	4.75	4.58	3.11
CH ₄	0.17	0.46	0.47	0.82
NO _x	7.80	22.52	21.32	15.19

1.6.2. Análisis de Sensibilidad ante la Construcción de la Central Hidroeléctrica El Cimarrón.

El Cimarrón, es uno de los proyectos que la CEL ha propuesto desarrollar para poder ampliar la generación hidroeléctrica del país. Pese a que su construcción pueda enfrentar una fuerte oposición por de parte de organizaciones ambientalistas nacionales o de pobladores locales, se ha estimado conveniente evaluar cual sería su contribución en la reducción de GEI al sustituir generación termoeléctrica.

GEI	1995	2005	2010	2020
CO ₂	1,368.1	1,538.8	1,267.4	1,115.5
CO	1.6	5.0	5.1	3.5
CH ₄	0.2	0.5	0.5	0.8
NO _x	7.8	23.7	23.5	16.9

1.6.3. Análisis de los Resultados.

Con el objeto de comparar las sensibilidades hechas al escenario energético de mitigación, se convierten las emisiones provenientes de la generación termoeléctrica de cada escenario, a una referencia común, utilizando el PCG para un horizonte de 20 años.

Cuadro 4.23				
Emisiones Totales de GEI Centrales Termoeléctricas(Gg)				
Potencial de Calentamiento Global (20 años)				
Escenarios	1995	2005	2010	2020
Mitigación	2,560.22	5,161.08	4,877.46	4,278.24
Sector Externo	2,560.22	4,872.91	4,414.99	3,367.07
El Cimarrón	2,560.22	5,161.70	4,863.13	3,679.91

Bajo el análisis de sensibilidad que considera al Sector Externo como una opción adicional para la reducción de emisiones, se lograría reducir en un 9.4% las emisiones del 2005, bajo la premisa que con la importación de electricidad se logra reducir 5% de la generación térmica local.

Para el período 2005–2020 la reducción total de emisiones de GEI, bajo el escenario energético de mitigación, es 17%. Teniendo en cuenta la participación del Sector Externo, la reducción de emisiones se estima en 30.9% y de ponerse en marcha la central hidroeléctrica El Cimarrón, la reducción que podría lograrse sería de aproximadamente el 28.7%.

1.7. Consideraciones Finales.

Los resultados de este estudio deben ser interpretados como indicativos del potencial de reducción de emisiones de GEI que se podría lograr en el país, si se aplicaran las medidas y acciones propuestas en el escenario energético de mitigación.

La combinación de políticas de mitigación del cambio climático con la aspiración del desarrollo económico y social, presenta, desde el punto de vista metodológico, tres tipos de dificultades bien diferenciadas:

- a. Existencia de criterios de decisión conflictivos, cuya importancia relativa no es independiente del nivel de satisfacción alcanzado por cada uno de ellos.
- b. Un alto contenido de incertidumbre, tanto sobre el contexto en el que se desarrolla el proceso de decisión, como sobre la propia estructura de preferencias del decisor, la cual es modificada en función de sus posibilidades de influir en el comportamiento del sistema y sobre los obstáculos a los que se enfrenta.
- c. La multiplicidad de agentes económicos y sociales involucrados en la aplicación de las medidas de mitigación y afectados por ellas, cuya participación en el proceso de decisión no está institucionalizada.

En consecuencia, el reconocimiento de la existencia de otros agentes económicos y sociales apuntaría fundamentalmente a conocer el impacto de las medidas de mitigación sobre dichos agentes y, en función de su magnitud, apreciar la viabilidad de desarrollar tales medidas.

Desde la perspectiva de los poderes públicos interesa elegir qué promocionar y a través de qué mecanismos, a fin de alentar o cambiar las conductas habituales de los agentes económicos que deben aplicar efectivamente las opciones de mitigación

2. Lineamientos para una Estrategia de Mitigación del Sector Energético.

2.1. Los Desafíos del Sector Energético.

En El Salvador, los recursos energéticos son escasos y limitados, es por esta razón que la oferta energética está compuesta por electricidad, petróleo, residuos vegetales y leña, fundamentalmente. Hasta la fecha no se han identificado en el territorio depósitos de gas natural y/o petróleo por lo que el país depende de las importaciones de petróleo, principalmente de Venezuela y México.

En este contexto, las posibilidades de desarrollo del sector energético tienen restricciones que hay que tomar en cuenta para cualquier escenario que se analice. En ese sentido, es importante destacar el proceso de reforma estructural en el cual se encuentra inmerso el sector energético, considerado irreversible y necesario para enfrentar la competencia y globalización en el nuevo siglo.

En el pasado el sector energético se ha caracterizado por el alto grado de intervención del Gobierno. Las funciones de planeación, regulación y operación estaban concentradas en pocas instituciones. Hasta 1989, la formulación de políticas energéticas, la planificación del desarrollo y el establecimiento de estándares estuvieron concentrados en CEL. Sin embargo, en la década de 1990 se han realizado importantes reformas al sector, introduciendo la competencia, la privatización de importantes activos energéticos y creando nuevas instituciones reguladoras.

Por otra parte, la deforestación y degradación de los suelos son el resultado de la gran dependencia de la biomasa para el consumo energético, especialmente cocción de alimentos e industria artesanal (ladrilleras y caleras). El consumo de leña en la actualidad es uno de los problemas graves del subsector, y rebasa los límites de la sustentabilidad debido a que la mitad de la población del país es rural, y los esfuerzos encaminados a usos energéticos alternativos nuevos se desarrollan lentamente.

Considerando que globalmente el sector energético es fuente principal de emisiones de CO₂, y representa el 48.9% de las emisiones netas anuales en el país, y dado que los GEI afectan el clima, es necesario analizar la viabilidad de desarrollar opciones de mitigación que estén en armonía con los cambios estructurales realizados en la década pasada, dentro del marco de la globalización y las acciones internacionales para preservar al planeta tierra de un cambio climático.

2.2. El Escenario Energético del Siglo XXI.

El escenario deseable, optimista, del nuevo siglo sería aquél en donde existan muchos actores que compitan auténticamente entre sí, con una regulación eficiente en su aplicación, y en donde el Estado realice acciones encaminadas a proteger y conservar el medio ambiente, específicamente a reducir las emisiones de CO₂ en el Sector Energético.

Los objetivos de introducir la competencia y participación privada en el sector energético son, entre otros, incrementar la eficiencia, introducir nueva tecnología y reducir los precios de los energéticos. Sin embargo, dichos objetivos no se pueden lograr si la transformación requerida permite la integración vertical y horizontal de empresas privadas, convirtiendo un monopolio público en un monopolio privado. Por tal razón, la regulación efectiva es importante, debido a que el desarrollo del mercado competitivo puede entrar en contradicción con los objetivos de acceso al consumo para la población más desprotegida, con el uso racional y eficiente de los recursos energéticos, la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible.

Con las consideraciones anteriores, el escenario deseable debe tener como premisas fundamentales: reglas claras, regulación efectiva, equidad en el suministro, precios transparentes, uso racional y competencia.

Impulsar las premisas anteriores, será uno de los retos en el escenario para el siglo XXI y las acciones concretas para remover los obstáculos en este campo, deben tener prioridad en el corto plazo, con reglamentación orientada a desincentivar el deterioro del medio ambiente.

Ahora bien, que el país cuente con una regulación efectiva y se desarrolle la competencia auténtica en el sector energético, no garantizan la sostenibilidad en el largo plazo. Es por ello que el Estado debe realizar acciones concretas, encaminadas al desarrollo sostenible, en donde entre las prioridades estarían las medidas de mitigación encaminadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, frenar la deforestación y utilizar racionalmente los escasos recursos energéticos disponibles.

2.3. Sendas de Desarrollo Energético para Mitigar el Cambio Climático.

Mitigar el cambio climático, significa realizar acciones que eviten el incremento o reduzcan los GEI, mejorar la calidad del aire y proteger el medio ambiente. En este sentido, el controlar las emisiones de gases de la industria termoeléctrica y sector transporte son medidas necesarias y urgentes, debido a que se pueden realizar eliminando las barreras y obstáculos a las opciones de mitigación y desarrollando estrategias que promuevan proyectos de generación eléctrica con fuentes alternas (solar, eólicas, biogas y geotermales) e hidroeléctricas, así como impulsando el ordenamiento del sector transporte.

Las sendas de desarrollo del sector energético necesarias para mitigar el cambio climático tendrían que remover los obstáculos para viabilizar el conjunto de proyectos y reformas que deberían realizarse en los subsectores eléctrico, petróleo y biomásico, considerando los beneficios a largo plazo de un desarrollo limpio, y tomando como prioridad los cambios en los marcos legales y la ejecución de proyectos utilizando energías renovables en el campo y la ciudad.

2.4. Estrategias Energéticas de Mitigación.

Para viabilizar las opciones de desarrollo energético sostenible, es necesario que la estrategia general responda a la resolución de los problemas del sector energético, especialmente los que tienen que ver con la mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible, priorizando lo más urgente para el corto plazo y el desarrollo de acciones sucesivas vinculadas para la concreción de resultados de mayor tiempo para el largo plazo. En este sentido, las líneas de acción de corto y largo plazo se interrelacionan, diferenciándose solamente por los resultados y períodos de acción. Para los efectos de este estudio, se definió como corto plazo de 1 a 3 años y largo plazo de 4 a 15 años.

En el corto plazo, se deben proponer estrategias para resolver los problemas energéticos de mitigación prioritarios y más urgentes. Asimismo, corresponde definir los cambios necesarios en el campo normativo para impulsar las estrategias de largo plazo.

En el largo plazo, las estrategias energéticas de mitigación deben impulsar el desarrollo de los proyectos, acciones y reformas que contribuyan a reducir las emisiones de GEI, para asegurar, en el futuro, un sector energético sostenible en armonía con el desarrollo económico, social y ambiental del país.

Las líneas de acción expresadas en estrategias deben tener como soporte áreas estratégicas, que en conjunto representan los instrumentos para enfrentar los desafíos y alcanzar los objetivos del desarrollo energético sostenible.

Otro aspecto importante es la incorporación de las estrategias energéticas de mitigación en la política económica del Gobierno, para viabilizar su aplicabilidad y coordinar esfuerzos nacionales e internacionales en este campo. Solamente impulsando acciones concretas y eliminando barreras legales, económicas, culturales y sociales, se puede contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Debido a la diversidad de problemas estructurales que enfrenta el sector energético, la mayor participación del sector privado en la actualidad, la alta dependencia de los hidrocarburos, y la poca regulación en esa materia; la estrategia general en el corto plazo debería enfocarse en realizar acciones prioritariamente en las siguientes áreas:

- a. Reforma de los marcos normativos en el sector energético, con el propósito de mejorarlos, crear reglamentos y establecer regulaciones más efectivas: creación del ente rector del sector energético, entrada en vigencia de los reglamentos de la Ley de Medio Ambiente, elaboración de una Ley General de Hidrocarburos y de una Ley de Libre Competencia, etc.
- b. Acciones concretas para proteger las cuencas hidrográficas, detener la deforestación, impulsar la agricultura sostenible (utilizar otro término para enfatizar el impulso que se debe dar a la agricultura) y desarrollar programas de conservación y uso eficiente de energía.
- c. Realización de los estudios de factibilidad del aprovechamiento hidroeléctrico y geotérmico sostenible, e impulsar la ejecución de las obras con participación privada.
- d. Acciones que contribuyan a preparar el acceso a los energéticos para la población de bajos ingresos, promoviendo y facilitando la introducción y el uso de energías limpias, y el desarrollo de programas y proyectos de electrificación rural.
- e. Fortalecimiento de los programas internacionales de cooperación energética, particularmente el desarrollo de proyectos regionales.
- f. Acciones encaminadas al cumplimiento de los compromisos adquiridos en los convenios internacionales sobre desarrollo sostenible, cambio climático y protección del medio ambiente.
- g. Fomentar el involucramiento de la población en la solución de los problemas energéticos y ambientales.
- h. Acciones para facilitar la competencia y la descentralización, incorporando a los agentes privados y a las municipalidades en el desarrollo de proyectos energéticos sostenibles.

La estrategia general de largo plazo debe encaminarse a la construcción del sendero energético sostenible, que vincule la ejecución de proyectos energéticos para mitigar el cambio climático, con las opciones de consumo energético para la población, destacando la calidad y la aplicación de tecnologías limpias, conservación y uso eficiente de energía, integración de los mercados energéticos regionales, protección del medio ambiente, cumplimiento estricto de la normativa vigente nacional e internacional, y el desarrollo de patrones de producción y consumo energético, compatibles con la preservación del medio ambiente.

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, la estrategia de largo plazo se define de la siguiente manera: Viabilizar la concreción de las opciones de mitigación en el escenario energético del siglo XXI, tanto en el ámbito nacional como regional, mediante la eliminación de las barreras que impiden que dichas opciones sean competitivas en el mercado energético.

En ese sentido, la estrategia general para el corto y largo plazo debería alcanzar en un futuro inmediato la vigencia de un marco legal adecuado, desarrollo de estudios y proyectos sostenibles, mayor competencia en el sector e impulso significativo de los proyectos regionales.

Con los elementos anteriores, las propuestas de lineamientos generales de estrategias energéticas se orientan a las siguientes áreas:

- a. Fortalecimiento de la regulación, reformas legales y definición de la institucionalidad.
- b. Uso sostenible de los recursos hidroeléctricos y geotérmicos.
- c. Mecanismos de financiamiento apropiados a los proyectos de energías renovables.
- d. Acceso al consumo de energía y precios equitativos para la población.
- e. Recuperación y uso sostenible de las cuencas hidrográficas.
- f. Conservación, uso eficiente y diversificación de las fuentes la energía.
- g. Integración y cooperación regional, así como el cumplimiento de los convenios internacionales.
- h. Descentralización y competencia.

Las propuestas de lineamientos generales de estrategias energéticas para mitigar el cambio climático podrían ser viables en el corto y largo plazo, si se introducen a las áreas de gestión de las políticas de gobierno, convirtiéndose en acciones operativas, con presupuesto asignado y con participación de la empresa privada y población en general. De esta manera, el escenario tendencial del sector energético se modificaría a uno de mitigación con reducciones significativas de GEI, contribuyendo al esfuerzo mundial por detener el cambio climático que las altas concentraciones de gases provocan.

Asimismo, la participación del sector privado en los mecanismos de flexibilidad establecidos en el Protocolo de Kioto, podría posibilitar el flujo de inversiones provenientes de los países industrializados, la transferencia de tecnologías limpias y el fortalecimiento de las capacidades nacionales. Los fondos provenientes de la venta de CERs, podrían apalancar financieramente a los proyectos nacionales de mitigación.

3. Arreglos Institucionales.

3.1. Introducción.

El Salvador, a través de su Gobierno y particularmente del ente responsable de coordinar la elaboración y seguimiento de la política ambiental, el MARN, tendría el compromiso de establecer las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, siempre y cuando éstas coadyuven al logro de sus prioridades nacionales e impulsen el desarrollo nacional sostenible.

3.2. Propuesta de Arreglos Institucionales.

Para garantizar la aplicación de la Convención, el MARN está promoviendo la realización de los arreglos institucionales necesarios para la continuidad y efectividad de las acciones. Para tal efecto, se están diseñando y activando los mecanismos institucionales especializados en cambio climático, como garantía para lograr:

- a. El fortalecimiento institucional y las capacidades nacionales para definir y aplicar de manera efectiva las estrategias de mitigación y adaptación al cambio climático, así como para participar en los organismos y foros internacionales en ese ámbito.
- b. Una coordinación inter-sectorial e inter-institucional efectiva, que haga viable la definición y aplicación de estrategias nacionales, programas y proyectos de mitigación y adaptación.
- c. Una vinculación permanente con las universidades y centros de investigación nacionales, para el desarrollo de programas de investigación, en vinculación con la comunidad científica internacional.

- d. Un enlace con los niveles locales³¹ para el intercambio de información y promoción de proyectos y acciones de mitigación y adaptación.

Con base en las recomendaciones emanadas tanto de los Organos Subsidiarios como de las Conferencias de las Partes de la Convención, así como de las experiencias en otros países, y al mismo tiempo tomando en cuenta el contexto y el programa de gobierno nacionales; los mecanismos institucionales básicos para la aplicación de la Convención podrían ser:

- a. La creación de una Unidad de Cambio Climático dentro del MARN, la cual coordinaría la institucionalización y desarrollo de un Programa Nacional de Cambio Climático.
- b. La consolidación de una Comisión Nacional de Cambio Climático.
- c. La creación de un Comité Científico Nacional de Cambio Climático.

3.2.1. La Unidad de Cambio Climático.

La creación de la Unidad de Cambio Climático (UCC) dentro del MARN³² está encaminada a responder al mayor reto ambiental del siglo XXI: el cambio climático. Asimismo, la alta complejidad del trabajo, al amplio ámbito de acción, los alcances y el horizonte de tiempo requeridos para la ejecución de un Programa Nacional de Cambio Climático, demandan la institucionalización de dicho Programa dentro del ámbito de responsabilidades del Gobierno.

Por otra parte, la UCC asumiría tres puntos focales: el de la CMCC, el del IPCC y el del MDL; y realizaría la coordinación y seguimiento de la aplicación de los compromisos nacionales en esos temas.

Las acciones comprendidas en dicho Programa deberán estar en íntima vinculación con las áreas de trabajo afines al ámbito de acción de cambio climático. Por una parte, el área de la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático estará estrechamente relacionada con las áreas responsables de los ecosistemas naturales, y los tratados internacionales sobre desertificación, biodiversidad, humedales y Protocolo de Montreal. Por otra parte, las acciones de actualización de los inventarios de GEI y las políticas y medidas de mitigación del cambio climático, estarán relacionadas con el área de gestión ambiental.

La naturaleza y alcances del trabajo de la UCC deberán estar en armonía con el papel facilitador y rector del Gobierno, siendo las responsabilidades principales las siguientes:

- Coordinar el diseño y ejecución de los programas nacionales de mitigación y adaptación, a través de los espacios de discusión y concertación creados para tal fin, a saber: la Comisión Nacional de Cambio Climático y el Comité Científico Nacional de Cambio Climático.
- Promover, en coordinación con la Comisión Nacional de Cambio Climático, la identificación y ejecución de políticas y medidas de mitigación del cambio climático; mediante acciones que contribuyan a superar las barreras existentes para su aplicación.
- Desarrollar, en coordinación con el Comité Científico Nacional de Cambio Climático, el desarrollo de estudios de vulnerabilidad e impactos, así como de proyectos de adaptación al cambio climático.
- Elaborar y actualizar de manera sistemática las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático y los inventarios nacionales de GEI, gestionando los recursos técnicos y financieros requeridos para tal fin.

³¹ Gobiernos locales, comunidades rurales, asentamientos humanos, etc.

³² La Unidad de Cambio Climático ha sido creada dentro del reglamento interno del MARN, el cual está en proceso de legalización e incorporación al presupuesto general de la nación del año 2000.

- Desarrollar, en coordinación con las entidades pertinentes, programas de sensibilización y conciencia pública ante la problemática y gestión efectiva del cambio climático.
- Promover la creación de capacidades nacionales facilitando la formación y capacitación de expertos nacionales en materia de investigación en las ciencias de la tierra y atmósfera, así como en los aspectos relativos a la transferencia de tecnologías de mitigación y adaptación.
- Participar, en calidad de Punto Focal, en las reuniones preparatorias, conferencias de las partes y talleres técnicos organizados por la Secretaría de la Convención, así como en las sesiones del IPCC³³ u otros organismos vinculados al proceso de negociaciones de la Agenda de cambio climático.
- Definir los criterios de elegibilidad nacionales para el endoso de los proyectos de reducción de emisiones de GEI³⁴, sobre la base de la adicionalidad ambiental, la transparencia y la contribución al desarrollo nacional sostenible.
- Dar seguimiento y realizar la verificación oficial sobre la ejecución efectiva de los proyectos de reducción de emisiones de GEI, particularmente sobre el logro de los beneficios ambientales adicionales y socioeconómicos, a fin de proporcionar dicha información cuando la Secretaría de la Convención u otra instancia acreditada así lo demanden.

3.2.2. Programa Nacional de Cambio Climático.

El Programa Nacional de Cambio Climático deberá establecer las grandes líneas de acción en torno a los dos ejes principales, mitigación y adaptación; y reforzar la efectividad de las acciones mediante la sensibilización pública y el desarrollo científico y tecnológico en relación con el cambio climático.

La ejecución de dicho Programa será exitosa en la medida en que éste coadyuve al logro de las prioridades nacionales, y que la participación de los diferentes sectores y actores relevantes sea protagónica.

El Programa Nacional de Cambio Climático comprenderá dos componentes fundamentales: a) Componente de Mitigación y b) Componente de Vulnerabilidad y Adaptación. Asimismo, se definirían dos áreas de trabajo transversales a ambos componentes: Sensibilización y Conciencia Pública, y Desarrollo Científico y Tecnológico.

El Componente de Mitigación:

Incluiría todas las acciones orientadas a la reducción de las emisiones de GEI o al incremento de los sumideros de carbono. Este Componente abarcaría la elaboración y actualización de los inventarios de emisiones por fuentes y sumideros, el desarrollo y transferencia de tecnología de mitigación, y la promoción de programas y medidas de mitigación.

El Componente de Vulnerabilidad y Adaptación:

Englobaría las acciones encaminadas a disminuir o prevenir los impactos de la variabilidad y el cambio global del clima, y abarcaría los estudios de vulnerabilidad e impactos de los diferentes ecosistemas naturales y sectores socioeconómicos; el seguimiento y análisis de la información del clima; y la promoción de proyectos de adaptación; y prevención de desastres naturales. Asimismo, comprendería el desarrollo científico y la transferencia de tecnologías de adaptación al cambio climático.

³³ Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, organismo científico acreditado por la Convención.

³⁴ Gases de Efecto Invernadero.

4. Proyectos de Mitigación.

4.1. Introducción.

Según los resultados del Inventario Nacional de GEI de El Salvador, para el año de referencia 1994, los sectores que tienen una mayor participación en las emisiones totales nacionales de GEI son el Sector Energético (50.4%), y el Sector Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (42%). Con base en lo anterior, las opciones potenciales de mitigación de GEI deberían enfocarse prioritariamente en dichos sectores. Sin embargo, dado el alto PCG de otros gases, existen otras opciones interesantes en los Sectores Desechos, Agricultura y Procesos Industriales.

El potencial de proyectos de mitigación para el sector energético ya ha sido identificado en el análisis de las opciones de mitigación de GEI para dicho sector³⁵, en el cual las opciones identificadas son aquellas con menos barreras y obstáculos para su ejecución, y por lo tanto, más viables, y aquellas opciones que se perfilan como proyectos potenciales.

Sin embargo, para que el país pueda analizar objetivamente la viabilidad de las diferentes opciones identificadas, se tendrían que realizar estudios adicionales, a fin de determinar el costo-efectividad de cada una de dichas opciones. Este análisis permitiría establecer sectorialmente, el grado de competitividad, en el ámbito internacional, de los diferentes proyectos nacionales potenciales.

En esa línea, el MARN ha gestionado ante el GEF un proyecto encaminado a la expansión de la electrificación rural promoviendo el uso de las energías renovables. El objetivo del proyecto será la creación de las condiciones de mercado que favorezcan la competitividad de las energías renovables nacionales ante la generación eléctrica a partir de hidrocarburos. Para tal efecto, durante el año 2000 se estaría elaborando el estudio de factibilidad del proyecto (PDF-B) cuyos productos principales serían: a) Evaluación de las oportunidades de mercado para el desarrollo comercial de los proyectos de energías renovables, b) Evaluación de los marcos políticos y legales relevantes para la electrificación rural con fuentes de energía renovables, c) Diseño de actividades para eliminar las barreras financieras y económicas para los proyectos de energías renovables y d) Diseño del marco institucional y desarrollo de un programa de capacitación.

Asimismo, se ha gestionado ante el BM un proyecto para la creación de capacidades nacionales, públicas y privadas, para la aplicación de la CMCC. En este proyecto se pretende fortalecer al MARN en su papel de facilitador y promotor de proyectos de reducción de emisiones, y al mismo tiempo, desarrollar habilidades técnicas para el desarrollo del ciclo de los proyectos de mitigación del cambio climático que generen beneficios ambientales adicionales.

4.2. Opciones Potenciales de Mitigación para el Sector Energético.

4.2.1. Sub-sector Transporte.

- Ordenamiento del tráfico vehicular, mediante el mejoramiento de las redes viales urbanas e inter-urbanas y el mejoramiento y aplicación efectiva de la normativa.
- Sustitución entre modos, incrementando los medios de transporte público masivo y desincentivando el incremento de automóviles individuales.
- Sustitución entre fuentes, promoviendo fuentes menos emisoras, como el GN y el GLP.
- Introducción temprana de mejoras técnicas en los vehículos.
- Introducción de innovaciones tecnológicas (vehículos eléctricos: trolley y tren).

³⁵ Referirse al estudio completo: Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético de El Salvador, 1999.

- Promoción del uso de la bicicleta en ciertas áreas de los centros urbanos, y en las zonas rurales y suburbanas.

4.2.2. Sub-sector Residencial.

- Introducción de fuentes de energía renovables y más limpias, sustituyendo la leña y el kerosene, por el GLP y la energía solar.
- Promoción de medidas de eficiencia y conservación de energía, mediante la introducción de la energía solar para el calentamiento de agua, focos eficientes, y nuevas tecnologías de construcción.

4.2.3. Sub-sector Industrial.

- Desarrollo de programas de conservación y eficiencia de energía.
- Mejoras técnicas mediante la renovación de los equipos.
- Introducción del gas natural.
- Introducción de innovaciones tecnológicas que utilicen fuentes de energía renovables y más limpias.

4.2.4. Sub-sector Generación Eléctrica.

- Incremento del recurso hidroeléctrico y geotérmico.
- Generación eléctrica utilizando energías renovables: solar, pequeñas plantas hidroeléctricas, biomasa y eólica.
- Introducción de ciclos combinados en centrales térmicas que utilizan vapor.
- Introducción del gas natural en las centrales térmicas que usan diesel y fuel oil.
- Incremento en la eficiencia de las plantas térmicas a través de innovaciones tecnológicas.

4.3. Opciones Potenciales de Mitigación del Sector Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura.

- Reforestación y manejo sostenible de las principales cuencas del país.
- Protección de bosques para evitar la deforestación.
- Conservación y manejo sostenible de áreas naturales.
- Promoción de la Agroforestería y prevención de incendios forestales.

4.4. Opciones Potenciales de Mitigación del Sector Desechos.

Captura de metano proveniente del tratamiento de las aguas residuales municipales, industriales y agroindustriales (beneficios de café).

4.5. Opciones Potenciales de Mitigación del Sector Agrícola.

- Manejo post-cosecha para evitar quemas de residuos agrícolas y conservación de suelos agrícolas.
- Uso apropiado y racional de los fertilizantes.

4.6. Opciones Potenciales de Mitigación del Sector Procesos Industriales.

- Sustitución del uso insostenible de la leña en la producción artesanal de cal, ladrillos, tejas y sal, por fuentes de energía más limpias o renovables, como el GLP o la biomasa.

- Innovaciones tecnológicas en la producción de cemento, cal, bebidas, etc.

4.7. Proyectos Potenciales en Desarrollo.

Actualmente existen varias iniciativas empresariales encaminadas a desarrollar proyectos específicos de mitigación, encontrándose la mayor parte en la fase de análisis de la elegibilidad. El mayor inconveniente que dichas iniciativas han encontrado, ha sido la indefinición de las reglas y procedimientos que regirán a nivel internacional la elegibilidad de los proyectos dentro del marco del MDL.

Naturaleza del Proyecto	Sector	Medida de Mitigación	Estado Actual
Mejoras tecnológicas en la industria del cemento.	Industrial	Incremento de la eficiencia energética en el proceso de producción del cemento.	NA
Expansión del uso de la energía geotérmica en la generación eléctrica.	Energético	Incrementar la participación de la energía geotérmica en el mercado de energía, 80 MW adicionales.	Análisis de elegibilidad
Construcción de pequeñas centrales hidroeléctricas para la generación de electricidad.	Energético	Incrementar la participación de la energía hidroeléctrica en el mercado de energía.	Análisis de elegibilidad
Expansión del uso de la energía hidroeléctrica en la generación eléctrica.	Energético	Incrementar la participación de la energía hidroeléctrica en el mercado de energía.	Análisis de elegibilidad
Programa de conservación y eficiencia energética, mediante el establecimiento de un fondo semilla.	Doméstico, Comercial y Servicios	Mejoras en la eficiencia del consumo energético.	Análisis de elegibilidad
Mejoras técnicas y cambio de combustible en dos centrales térmicas de generación eléctrica.	Energético	Mejoras en eficiencia energética y cambio a un combustible más limpio (gas natural).	Análisis de elegibilidad
Construcción de viviendas con iluminación eficiente y energía solar.	Doméstico	Mejoras en la eficiencia energética e introducción de energía solar para usos calóricos.	Análisis de elegibilidad
Establecimiento de plantas de tratamiento de las aguas residuales municipales, y generación eléctrica.	Servicios	Captura de metano para la generación eléctrica a nivel municipal.	Análisis de elegibilidad
Modernización y mejoras técnicas en el parque vehicular.	Transporte	Mejoras en la eficiencia en uso del combustible, derivadas de normas técnicas y controles de emisiones.	Análisis de elegibilidad

Fuente: Aguilar, Y., Aguilar M., 2000: Base de datos de los Proyectos de Mitigación y Adaptación al Cambio Climático de El Salvador.

V. Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático.

1. Escenarios Socioeconómicos.

Para el desarrollo de las evaluaciones sectoriales de los impactos del cambio climático, así como para los análisis de las opciones de mitigación en diferentes sectores, se necesita establecer líneas de referencia y escenarios climáticos y socioeconómicos para diversos horizontes de tiempo. Tanto en la línea de referencia como en los escenarios socioeconómicos sin cambio climático³⁶, se describen y analizan a partir de 1990, los factores no ambientales más importantes susceptibles de cambio, y que podrían influenciar la dinámica o desarrollo de la economía y sociedad salvadoreña, a fin de establecer el marco de referencia y comparación para escenarios o situaciones futuras. Con esto se identifican y calculan los indicadores claves que representan y describen los escenarios futuros alternativos (programado y tendencial) de la sociedad salvadoreña para los años 2025, 2050 y 2100.

a. Escenario Programado.

Coincide con la proyección con la cual trabajan las instituciones gubernamentales o líderes en sus respectivas áreas, considera el conjunto de políticas, acciones y proyectos en marcha.

b. El Escenario Tendencial.

Refleja la tendencia manifestada en los últimos años, la cual se mantendrá o variará muy poco, y podría cambiar drásticamente por razones coyunturales.

Existen cinco factores que podrían determinar fundamentalmente las posibilidades de realización de un escenario programado o un escenario tendencial, en el futuro próximo. Dichos factores y macropolíticas son :

- a. El proceso de globalización y formación de bloques regionales.
- b. La política de El Salvador en materia comercial y de integración regional.
- c. La política económica sectorial.
- d. La política social.
- e. La política territorial y ambiental.

1.1. Indicadores Demográficos.

1.1.1. Línea de Referencia.

Tomando como referencia 1990, sobresalen y se pueden identificar cuatro procesos demográficos que están cambiando el perfil de la población en El Salvador:

- a. La disminución de la tasa crecimiento de la población y la tasa global de fecundidad.
- b. La disminución del saldo migratorio internacional.
- c. La relativa maduración o envejecimiento de la población.
- d. La urbanización de la población.

³⁶ Referirse al estudio completo: Escenarios Socioeconómicos para la Evaluación de los Impactos del Cambio Climático.

Cuadro 5.1 Indicadores Demográficos de Referencia					
	Indicadores demográficos	Unidad	1970	1990	1995
D1	Población	Millones	3.598	5.110	5.669
D2	Población menor de 15 años	% Total	46.37	40.79	37.40
D3	Población de 15 a 64 años	% Total	50.86	55.00	58.00
D4	Población mayor de 64 años	% Total	2.77	4.21	4.61
D5	Tasa de crecimiento de población anual	% anual	3.57	2.10	2.06
D6	Porcentaje de Población Urbana	% PU/PT	40.76	61.77	62.48
D7	Índice de Masculinidad	% PM/PF	101.2	96.0	96.0
D8	Saldo migratorio internacional	Miles / año	-18.0	-27.6	-7.7
D9	Tasa de fecundidad	Hijos /mujer	6.30	3.70	3.40
D10	Mediana de edad	Edad	16.73	18.92	20.2

Fuente: Umaña, 1998. Correcciones, Aguilar, 1999.

1.2.2. Escenarios Programado y Tendencial 2025, 2050 y 2100.

Cuadro 5.2 Indicadores Demográficos Proyectados								
	Indicadores demográficos	Unidad de Medida	Programado			Tendencial		
			2025	2050	2100	2025	2050	2100
D1	Población	Millones	9.062	11.155	11.938	9.726	13.345	19.048
D2	Población menor de 15 años	% Total	25.67	20.28	17.28	28.86	24.64	20.89
D3	Población de 15 a 64 años	% Total	66.93	64.53	59.21	64.26	62.66	60.64
D4	Población mayor de 64 años	% Total	7.39	15.19	23.51	6.89	12.70	18.47
D5	Tasa de crecimiento de población anual	% anual	0.83	0.14	0.00	1.27	0.71	0.30
D6	Porcentaje de Población Urbana	% PU/PT	73.85	87.89	94.75	98.0	99.0	99.0
D7	Índice de Masculinidad	% PM/PF	97.4	97.4	96.5	97.8	98.4	98.3
D8	Saldo migratorio internacional	Miles / año	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D9	Tasa de fecundidad	Hijos /mujer	2.15	2.00	1.96	2.66	2.44	2.23
D10	Mediana de edad	Edad	29.21	36.83	42.57	27.14	32.12	37.15

Fuente: Umaña, 1998. Correcciones, Aguilar, 1999.

1.3. Indicadores Sociales.

1.3.1. Línea de Referencia.

Cuadro 5.3 Indicadores Sociales de Referencia					
	Indicadores Sociales	Unidad	1970	1990	1995
S1	Alfabetismo	%	56.6	74.9	79.0
S2	Escolaridad	E7-18/P7-18	42.46	65.52	71.86
S3	Vivienda de construcción permanente	%		57.9	65.9
S4	Vivienda con alumbrado de electricidad	%	33.9	69.3	73.9
S5	Vivienda con cocina de leña	%	78.47	63.50	57.55
S6	Vivienda rural con cocina de leña	%	93.78	88.26	86.25
S7	Mortalidad infantil <1año	‰	107.5	47	36.4
S8	Gasto social en el PIB	%	5.19	4.00	4.06
S9	Población en Pobreza	%		58.7	47.5
S10	Población en Pobreza extrema	%		27.7	18.2

Fuente: Umaña, 1998.

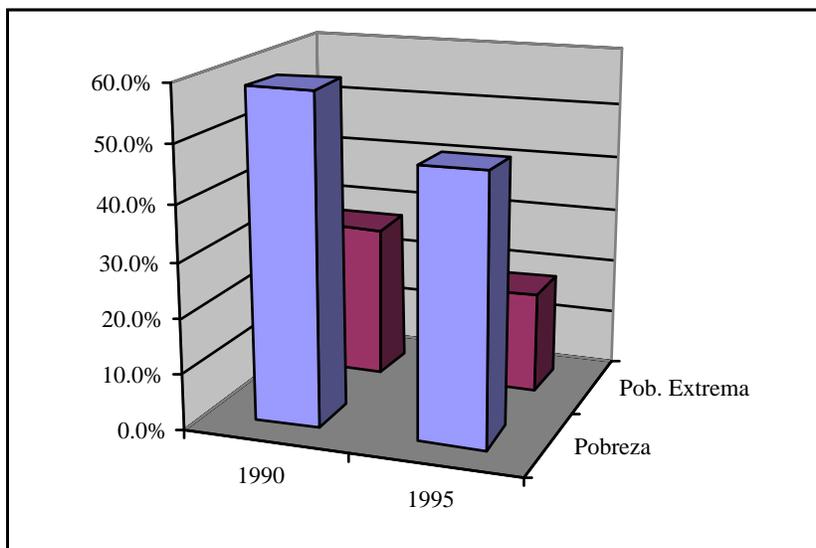


Fig. 5.1: Pobreza General y Extrema, 1990 Y 1995.

1.3.2. Escenario Programado y Tendencial 2025, 2050 y 2100.

Cuadro 5.4 Indicadores Sociales Proyectados								
	Indicadores Sociales	Unidad de Medida	Programado			Tendencial		
			2025	2050	2100	2025	2050	2100
S1	Alfabetismo	%	93.3	96.8	97.9	86.5	87.7	88.0
S2	Escolaridad	E7-18/P7-18	92.01	94.59	94.99	84.03	84.91	85.00
S3	Vivienda de construcción permanente	%	77.5	83.1	86.5	71.0	76.8	82.6
S4	Vivienda con alumbrado de electricidad	%	98.5	99.8	99.9	96.3	97.8	98.0
S5	Vivienda con cocina de leña	%	20.19	8.14	5.10	22.69	12.49	10.07
S6	Vivienda rural con cocina de leña	%	67.53	46.05	17.68	68.18	48.82	25.68
S7	Mortalidad infantil <1 año	‰	11.4	7.2	5.1	23.7	14.2	6.1
S8	Gasto social en el PIB	%	7.59	11.97	14.76	7.59	9.51	9.99
S9	Población en Pobreza	%	31.4	23.5	18.8	40.4	32.3	24.2
S10	Población en Pobreza extrema	%	12.0	9.0	7.2	15.5	12.4	9.3

Fuente: Umaña, 1998.

1.4. Indicadores Económicos.

1.4.1. Línea de Referencia.

Cuadro 5.5 Indicadores Económicos de Referencia					
	Indicadores Económicos	Unidad de Medida	Línea de Referencia		
			1970	1990	1995
E1	PIB colones 1990	Millones ¢	30,309	36,427	49,156
	PIB dólares 1990	Millones US\$	3,988	4,793	6,468
E2	Tasa de crecimiento PIB	% anual	3.90	4.80	6.40
E3	PIB per capita colones 1990	Colones p/c	8,423	7,128	8,672
	PIB per capita dólares 1990	US\$ p/c	1,108	938	1,141
E4	PIB primario	% PIB	18.68	17.13	13.60
E5	PIB Industria	% PIB	28.03	21.75	21.19
E6	PIB servicios	% PIB	53.29	61.12	65.21
E7	Exportaciones en relación al PIB	Exp/PIB		12.91	17.53
E8	PEA 15 años en millones	Personas	1.160	1.796	2.131
E9	Relación de dependencia Económica	Persona dependiente		2.15	1.90
E10	Tasa Bruta de participación	PEA/PT	32.3	35.1	37.6
E11	PEA ocupada	PEAO/PEA		90.44	91.89

Fuente: Umaña, 1998.

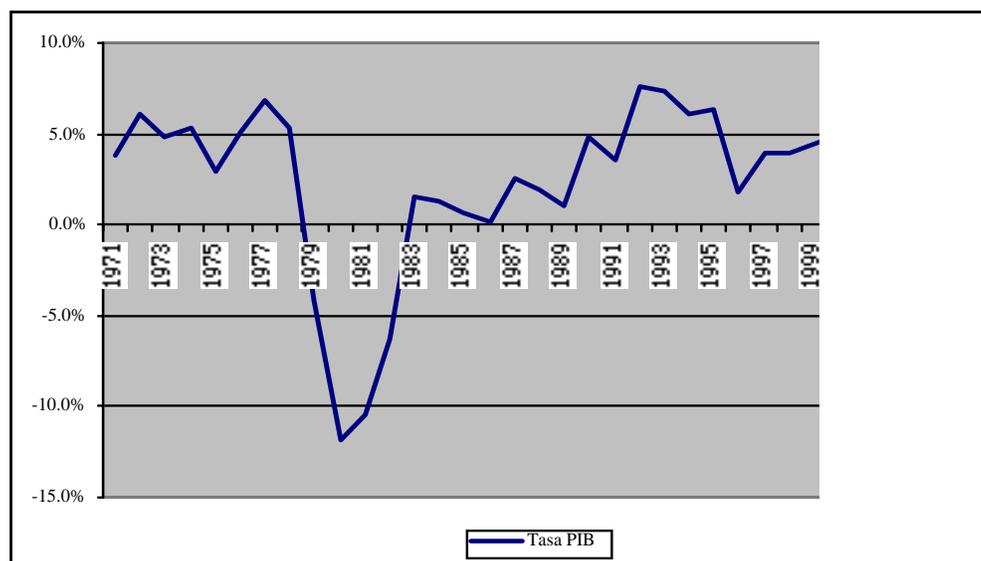


Fig. 5.2: Tasa de Crecimiento del PIB Real, Sistema 1990.

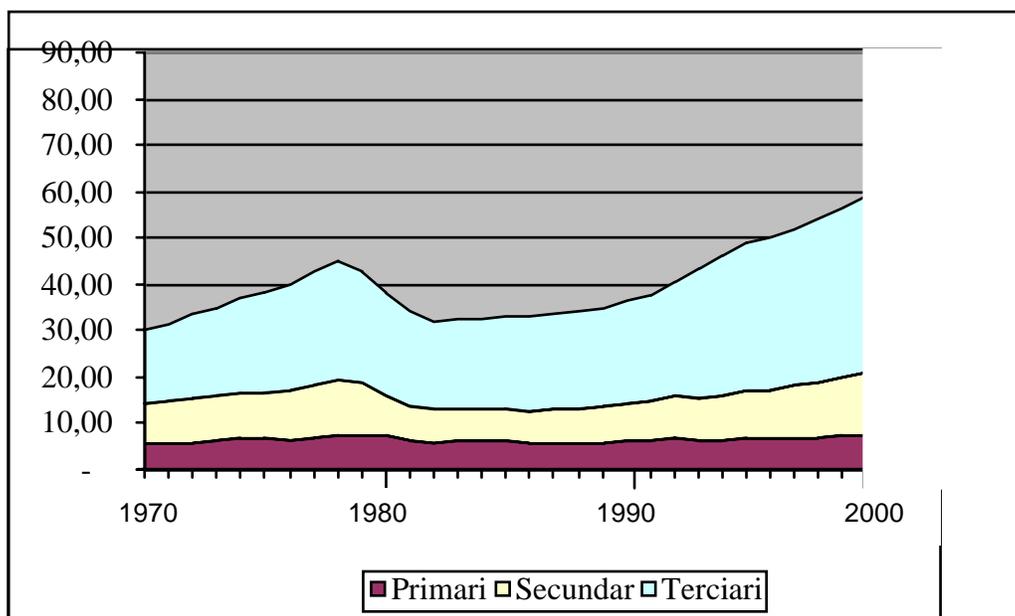


Fig. 5.3: Estructura del PIB en los Sectores Primario, Secundario y Terciario.

1.4.2. Escenario Programado y Tendencial 2025, 2050 y 2100.

Cuadro 5.6 Indicadores Económicos Proyectados								
	Indicadores económicos	Unidad Medida	Programado			Tendencial		
			2025	2050	2100	2025	2050	2100
E1	PIB colones 1990	millones ¢	218,477	582,425	2,553,298	156,051	416,006	1,823,731
	PIB dólares 1990	millones \$	28,747	76,635	335,960	20,533	54,738	239,965
E2	Tasa de crecimiento PIB	%	5.40	4.00	3.00	3.51	3.51	3.0
E3	PIB per capita colones 1990	colones p/c	24,108	52,211	213,886	16,045	31,172	95,743
	PIB per capita dólares 1990	dólares p/c	3,172	6,870	28,143	2,111	4,102	12,598
E4	PIB primario	% PIB	10.43	9.25	9.25	8.69	6.04	4.74
E5	PIB Industria	% PIB	22.99	22.99	22.99	22.12	22.12	22.12
E6	PIB servicios	% PIB	66.58	67.76	67.76	69.20	71.84	73.15
E7	Exportaciones en relación al PIB	Exp/PIB	59.89	76.80	80.74	72.52	93.00	97.77
E8	PEA 15 años en millones		4.408	7.144	8.821	4.493	8.054	13.202
E9	Relación de dependencia Econó.	Per.depend	1.19	0.66	0.44	1.34	0.78	0.54
E10	Tasa Bruta de participación	PEA/PT	48.6	64.0	73.9	46.2	60.4	69.3
E11	PEA ocupada	PEAO/PEA	93.99	94.00	94.00	92.39	93.10	93.54

Fuente: Umaña, 1998.

1.5. Indicadores Territoriales.

1.5.1. Línea de Referencia.

Cuadro 5.7 Indicadores Territoriales de la Línea de Referencia, 1970-1995					
	Indicadores territoriales	Unidad de Medida	Línea de Referencia		
			±1970	±1990	1995
T1	Cobertura de cultivos permanentes.	HaAcp/HaT	8.30%	8.11%	9.15%
T2	Cobertura primaria (bosque denso y salado)	HaB/HaT	8.63%	5.07%	3.85%
T3	Cobertura boscosa T1+T2	(1+2)	16.93%	13.18%	13.01%
T4	Cobertura urbana del suelo	% HaUr/HaT	0.65%	1.40%	1.58%
T5	Concentración en AMSS	P.AMSS/PT	19.91%	29.20%	29.94%
T6	Concentración en 5 principales ciudades	P5C/PT	31.1%	40.8%	41.5%
T7	Concentr. en la costa (33 municipios)	P 33 MC/PT	15.2%	13.8%	14.1%
T8	Participación de la Región Norte	PN/PT	17.24%	12.78%	12.34%
T9	Densidad demográfica	PT/Ext. km ²	173	246	273

Fuente: Umaña, 1998.

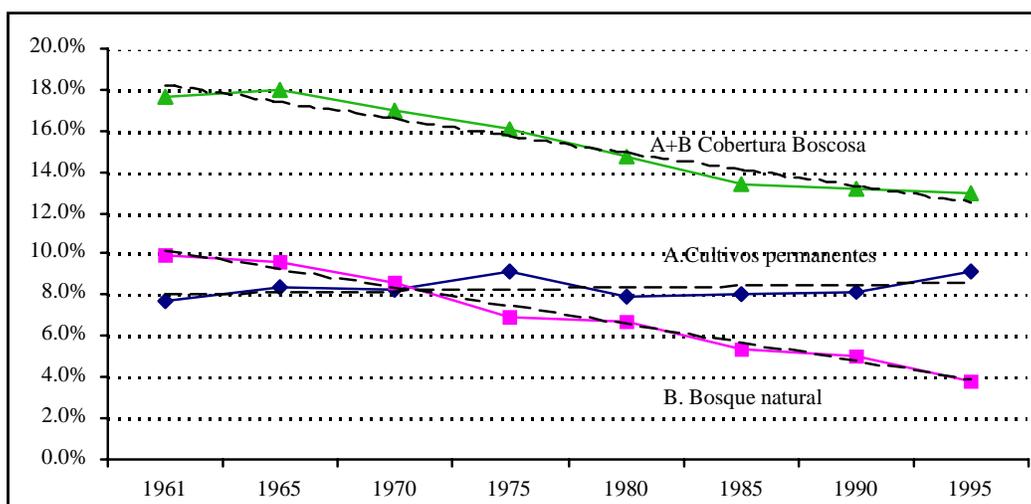


Fig. 5.4: Tendencia de la Cobertura Boscosa en El Salvador..

1.5.2. Escenario Programado y Tendencial 2025, 2050 y 2100.

Cuadro 5.8 Indicadores Territoriales Proyectados								
	Indicador	Unidad	Programado			Tendencial		
			2025	2050	2100	2025	2050	2100
	Indicadores territoriales							
T1	Cobertura de cultivos permanentes.	HaAcp/HaT	9.15%	10.20%	13.20%	7.96%	7.58%	7.39%
T2	Cobert. Primaria (bosque denso y salado)	HaB/HaT	6.94%	10.24%	16.83%	0.75%	0.57%	0.43%
T3	Cobertura boscosa T1+T2	(1+2)	16.09%	20.44%	30.03%	8.71%	8.14%	7.82%
T4	Cobertura urbana del suelo	% HaUr/HaT	2.98%	4.36%	5.03%	4.24%	5.88%	8.39%
T5	Concentración en AMSS	P.AMSS/PT	34.61%	36.90%	37.90%	51.90%	59.81%	66.56%
T6	Concentración en 5 principales ciudades	P5C/PT	48.7%	55.6%	57.1%	65.0%	75.5%	78.6%
T7	Concentr. en la costa (33 municipios)	P 33 MC/PT	15.2%	15.2%	15.2%	15.2%	15.2%	15.2%
T8	Participación Región Norte	PN/PT	9.47%	9.12%	8.52%	8.82%	7.62%	5.34%
T9	Densidad demográfica	PT/Ext. km2	437	538	576	469	643	918

Fuente: Umaña, 1998.

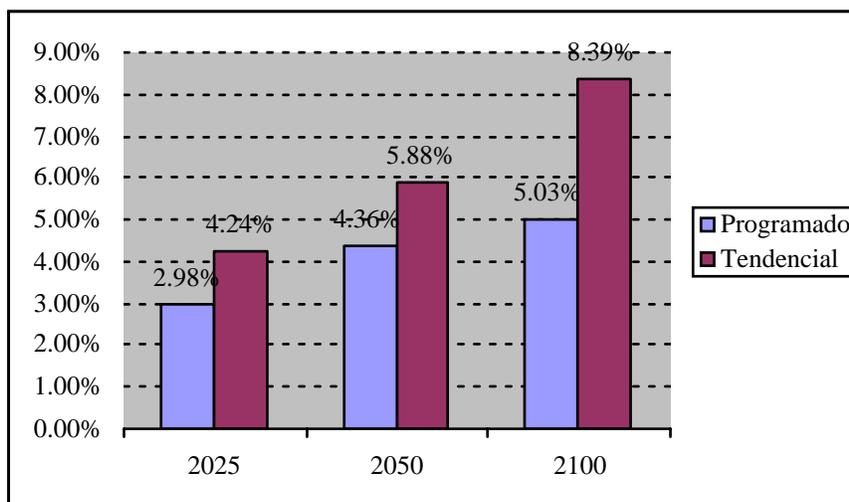


Fig. 5.5: Cobertura Urbana del Suelo a Nivel Nacional

1.6. Indicadores Normativo-Institucionales.

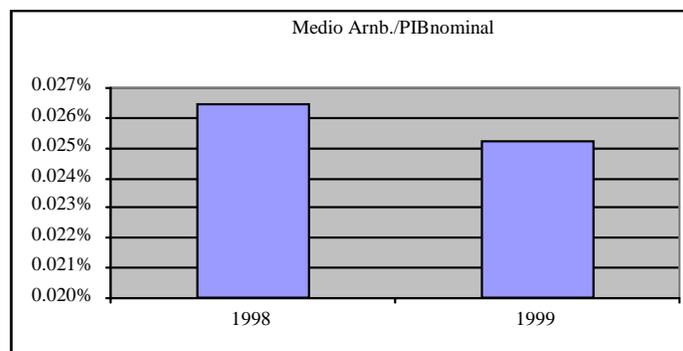
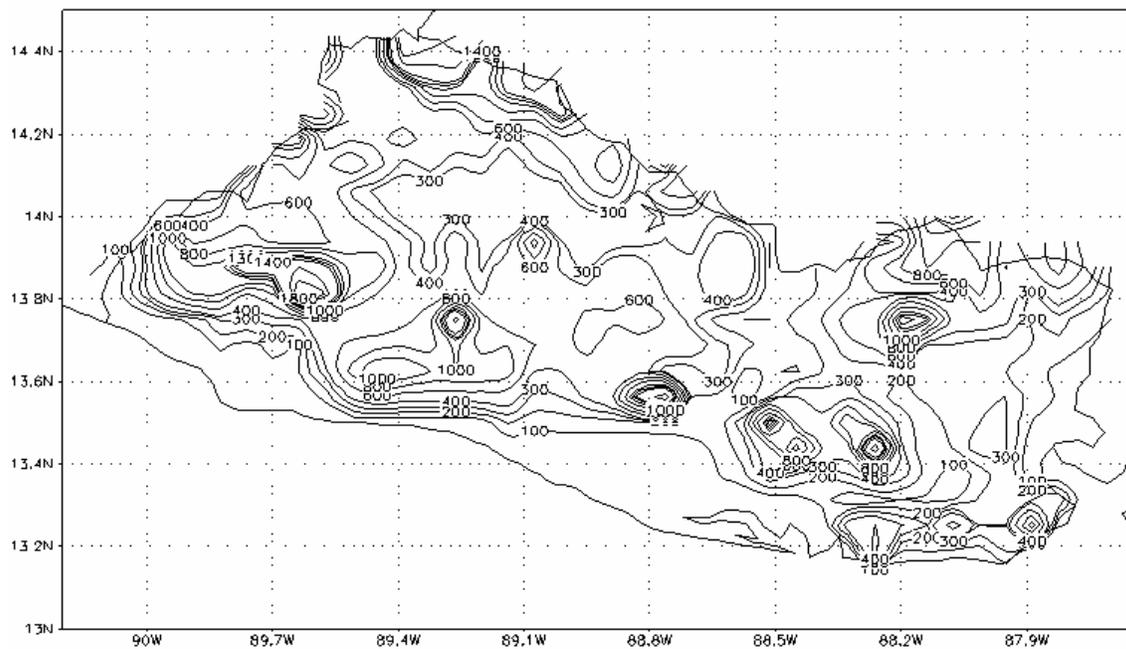


Fig. 5.6: Presupuesto para Medio Ambiente con respecto al PIB

2. Climatología de El Salvador: Escenarios Climáticos de Referencia.

Existe consenso de que un período de 30 años es suficientemente prolongado para calcular, con significación estadística, distribuciones de frecuencia de diferentes variables y particularmente para obtener una buena representación de algunas características de la variabilidad del clima, sobre todo aquéllas relacionadas con la variabilidad interanual³⁷.

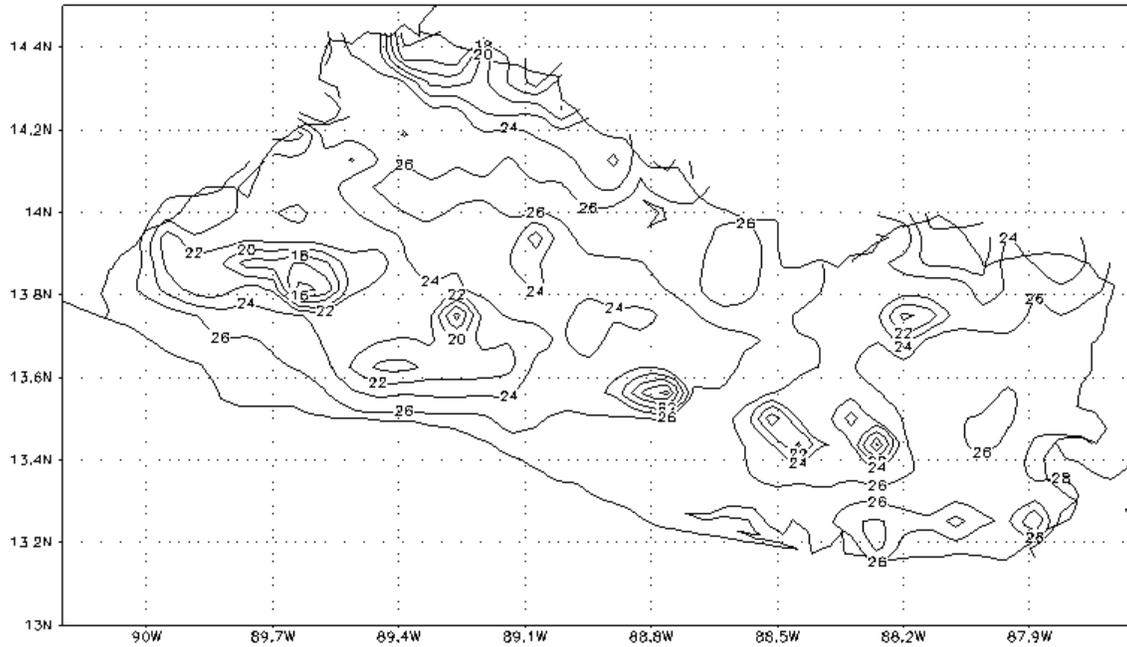
El escenario de referencia climático para El Salvador³⁸ se generó sobre una rejilla regular, con una resolución de 5 minutos latitud/longitud, considerando el período 1961-1990. Las variables climáticas involucradas son la temperatura superficial del aire y la precipitación.



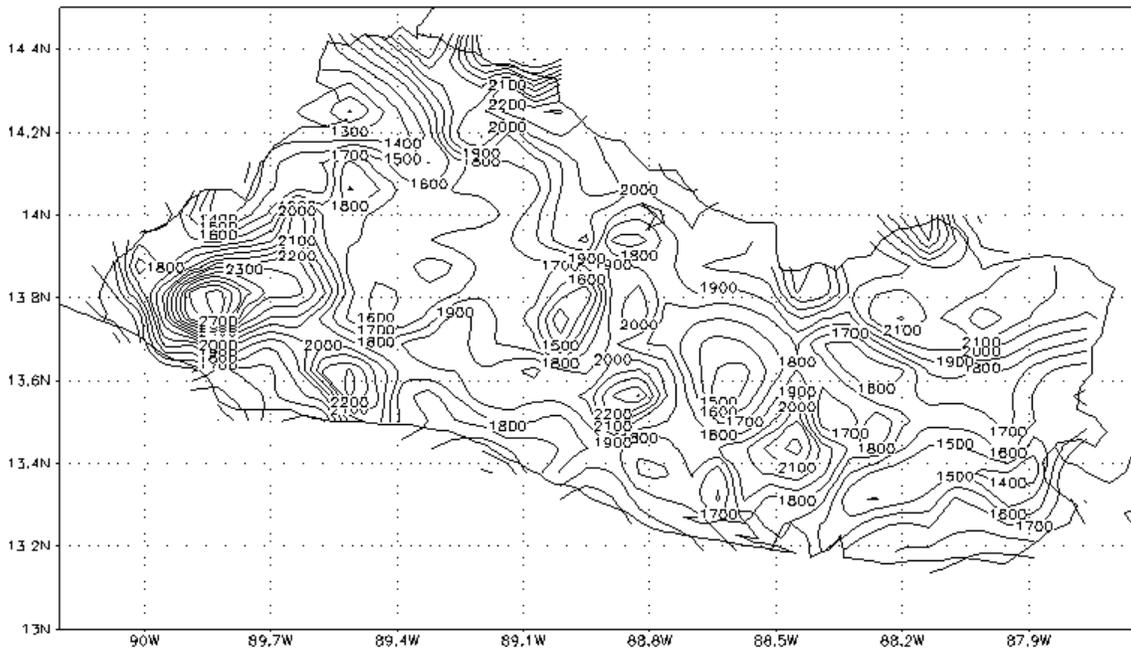
Mapa 5.1: Topografía de la República de El Salvador (en msnm).

³⁷ Parry y Carter, 1998.

³⁸ Referirse al estudio completo: Escenarios Climáticos de Referencia para la República de El Salvador.



Mapa 5.2: Campo de la temperatura media anual del aire para la climatología actual (en °C).



Mapa 5.3: Campo de la precipitación anual para la climatología actual (en mm)

2.1. Climatología.

Uno de los rasgos del clima de El Salvador es la existencia de una variación térmica anual relativamente pequeña³⁹, con la ocurrencia de los mayores valores hacia el mes de abril y una disminución hacia los meses de diciembre y enero, que aparecen como los más fríos del año. En el caso de las precipitaciones, se aprecia un gran contraste en la distribución mensual de los acumulados de lluvia, el cual establece la clara diferenciación entre el período seco y lluvioso. También se puede observar la relativa reducción de los totales de lluvia que se produce durante los meses de julio y agosto, asociada a la canícula o veranillo.

Cuadro 5.8 Valores de la media, desviación estándar (D. S.), mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) para la temperatura y la precipitación por meses, trimestres y anuales. Período 1961-1990.								
Mes	Precipitación (mm)				Temperatura (°C)			
	Media	D. S.	Min.	Max.	Media	D. S.	Min.	Max.
Enero	3.7	5.3	0.7	26.2	23.9	0.6	22.6	25.5
Febrero	3.7	4.2	0.7	16.4	24.4	0.8	22.7	26.2
Marzo	14.7	11.7	3.4	52.3	25.7	0.6	24.8	27.0
Abril	53.2	28.1	19.5	113.1	26.4	0.6	25.0	27.7
Mayo	194.8	54.2	85.8	327.8	26.0	0.6	25.0	28.0
Junio	339.1	67.5	198.0	484.4	25.0	0.6	23.9	26.2
Julio	263.2	77.6	126.3	424.0	25.1	0.6	24.1	26.0
Agosto	296.8	67.8	151.2	507.0	24.9	0.6	23.9	26.2
Septiembre	368.6	74.7	237.9	503.5	24.4	0.5	23.6	25.8
Octubre	228.9	73.3	65.7	380.3	24.4	0.4	23.7	25.2
Noviembre	49.2	43.0	8.8	163.0	24.1	0.7	22.6	25.8
Diciembre	7.7	8.4	0.6	36.2	23.8	0.7	22.1	26.0
DEF	15.1	11.0	2.9	48.3	24.1	0.5	23.3	25.2
MAM	262.7	53.1	165.0	392.8	26.0	0.5	25.2	27.1
JJA	899.2	130.8	660.8	1198.8	25.0	0.5	24.2	26.0
SON	646.7	119.0	374.0	888.8	24.3	0.5	23.5	25.5
Anual	1823.6	172.4	1525.8	2127.2	24.8	0.5	24.2	25.9

2.2. Variaciones Interanuales de la Temperatura Superficial del Aire y la Precipitación.

El clima de El Salvador, como el de la mayoría de los países localizados en la zona tropical, presenta una variación relativamente pequeña en sus valores medios, en comparación con otros lugares ubicados en latitudes más altas. A pesar de ello, de año en año se producen anomalías climáticas que ocasionan un impacto considerable en la vida económica y social del país.

El adecuado conocimiento de las variaciones climáticas sobre diferentes escalas temporales facilita la creación de capacidades para adoptar las medidas más adecuadas que permitan reducir los impactos adversos y sacar ventaja de aquéllos que resulten positivos. Este aspecto tiene gran validez dentro de la evaluación de los posibles impactos del cambio climático, ya que al examinar los efectos del clima actual sobre diferentes sectores socioeconómicos, facilita la elaboración de estrategias de respuesta más apropiadas, para adaptarse a los cambios climáticos futuros.

³⁹ Guzmán, 1995.

2.2.1. Temperatura Superficial del Aire.

Una simple inspección de la serie de temperatura superficial del aire en El Salvador, permite apreciar el notable incremento de sus magnitudes hacia la década de los 80. Los valores estimados de las tendencias lineales indican la ocurrencia de un proceso de calentamiento de aproximadamente 0.04°C/año , lo cual significa que, durante el período 1961-1990, la temperatura media anual aumentó en aproximadamente 1.2°C . La época de los años 80 fue la más cálida del período considerado, teniendo a 1987, 1990 y 1983 como los tres años más calientes (anomalías de 1.1°C , 0.8°C y 0.7°C , respectivamente).

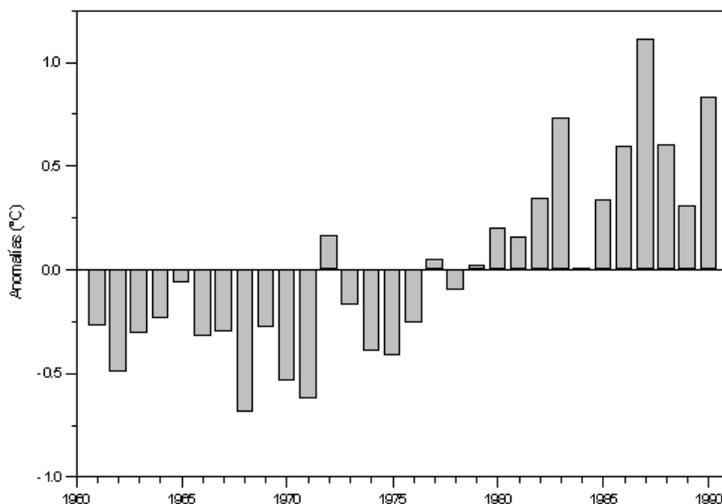


Figura 5.7: Anomalías de la temperatura superficial del aire El Salvador, referidas a la media del período 1961-1990.

Asimismo, durante todos los trimestres del año se observaron incrementos significativos, los cuales son ligeramente más intensos en los trimestres de diciembre-febrero y junio-agosto.

Es importante notar que las anomalías anuales de la temperatura muestran un cambio importante en sus magnitudes a mediados de la década de los años 70, el cual es consistente con el significativo calentamiento de las capas bajas de la tropósfera que se inició alrededor de esos años⁴⁰.

⁴⁰ Naranjo y Centella, 1996.

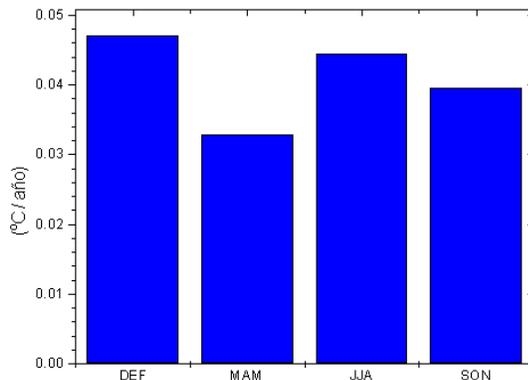


Figura 5.8: Tendencias estimadas (°C/año) para las temperaturas medias por trimestre.

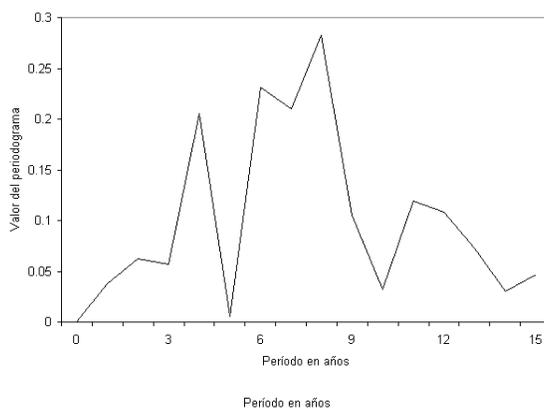


Figura 5.9: Periodograma de las anomalías de temperatura mostradas en la Fig. 5.7

En la figura 5.9 se muestran los resultados del análisis espectral realizado a la serie anual de anomalías de temperatura, a la cual se le eliminó previamente la tendencia mediante una función cuadrática. Como puede apreciarse, aparecen señales que parecen indicar la existencia de variaciones cíclicas en el rango de 4 a 8 años. Sin embargo, mediante el empleo de un estadístico F de Fisher⁴¹, se pudo determinar que ninguna de las señales fue estadísticamente significativa, por lo cual no es posible llegar a conclusiones definitivas sobre este aspecto.

2.2.2. Precipitación.

Una de las características más sobresalientes de la serie de precipitaciones anuales para el período temporal considerado, es la existencia alterna de períodos de importantes déficit de precipitación con otros, donde los acumulados fueron bastante superiores a los promedios históricos.

⁴¹ Wei, 1994.

A diferencia de la temperatura en este caso, la tendencia estimada para los valores anuales, no fue significativa desde el punto de vista estadístico, e indicó una reducción de apenas 0.38 mm/año. Aunque pequeña, esta tendencia a la reducción de los totales anuales de lluvia, parece estar condicionada por la disminución de las precipitaciones registradas en el trimestre septiembre-noviembre.

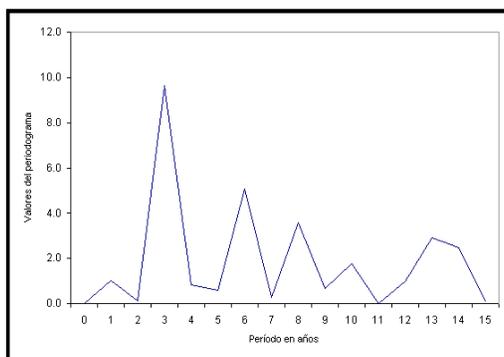


Figura 5.10: Anomalías de los totales de precipitación en El Salvador referidas a la media del período 1961-1990.

La imagen de las anomalías de los totales de precipitación, permite apreciar que los períodos de reducciones intensas en la cantidad anual de lluvia acumulada, parecen estar relacionados con aquellos años donde se desarrolló el evento ENOS. De hecho, los resultados del análisis espectral realizado a la serie de anomalías anuales de precipitación, indican la existencia de señales relacionadas con variaciones del orden de 3 a 6 años, de las cuales la única que resultó significativa (nivel de significación de 0.05) fue la de frecuencia más alta.

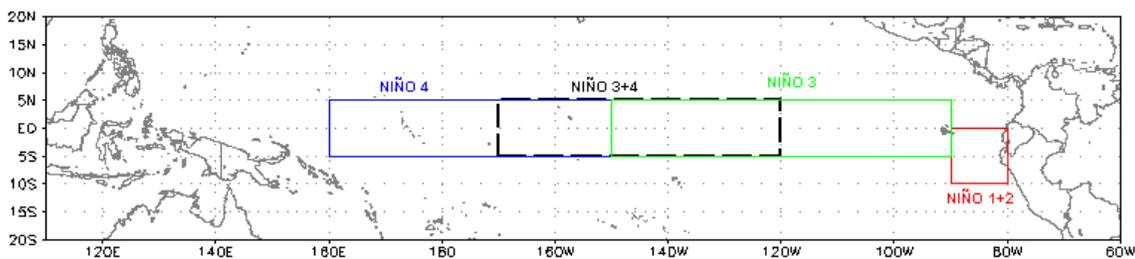


Figura 5.11: Localización de regiones para las cuales se obtuvieron las anomalías de la ATSM.

Con el fin de determinar el grado de relación entre las condiciones existentes en la zona geográfica donde se desarrolla el evento ENOS (eventos fríos o cálidos) y las precipitaciones del país, se realizó un análisis de correlación entre las Anomalías de la Temperatura de la Superficie del Mar (ATSM) en diferentes regiones del océano Pacífico, conocidas como Niño 3-4, Niño 3 y Niño 1+2, y las series de precipitaciones mensuales desfasadas en el tiempo. Los resultados de este análisis sirven para determinar el período de tiempo que transcurre, entre el desarrollo de determinadas condiciones en el Pacífico (El Niño o La Niña) y la ocurrencia de efectos sobre el régimen de lluvias en el país.

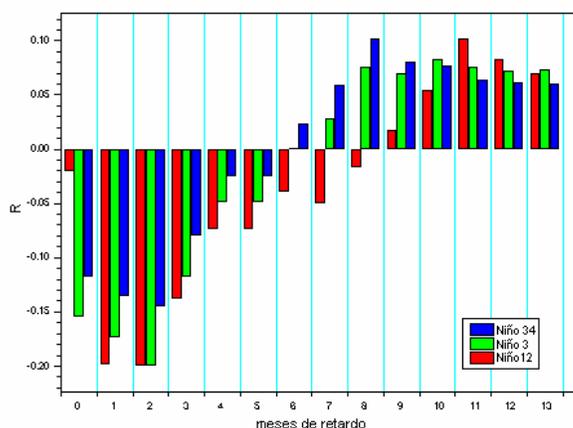


Figura 5.12: Correlaciones entre las ATSM en diferentes regiones del Pacífico ecuatorial y los promedios de precipitación para varios meses de retardo.

Los resultados presentados indican con bastante claridad que si se consideran todas las regiones Niño, las mayores relaciones se obtienen para 1 y 2 meses de retardo, las cuales fueron altamente significativas en el sentido estadístico. Dado que el signo de esas relaciones es negativo, se puede afirmar que el desarrollo de ATSM positivas (relacionadas con El Niño) tiende a producir una reducción de las precipitaciones en el país, mientras que ATSM negativas (asociadas con la Niña) tienden a propiciar el incremento de los acumulados de lluvia.

Si se realiza una diferenciación de las relaciones con cada región Niño, el retardo de dos meses es el más importante para las ATSM observadas en Niño 1+2 y Niño 3. Debe notarse que las variaciones observadas en las relaciones con cada región Niño, son consistentes con la forma en que se desarrollan las anomalías de temperatura en el océano Pacífico. Asimismo, la intensidad de dichas relaciones, parece tener un estrecho vínculo con la cercanía de esas zonas al país.

Es importante destacar que los vínculos descritos en términos estadísticos, sólo permiten describir la existencia de una asociación entre la componente oceánica del ENOS y la precipitación de El Salvador. Así, bajo la comprensión de que el ENOS es un fenómeno de interacción océano-atmósfera, es necesario desarrollar estudios posteriores que permitan profundizar y describir, con más detalle, las posibles relaciones empleando indicadores relacionados con la circulación de la atmósfera en esa región del Pacífico.

3. Escenarios Climáticos para la Evaluación de los Impactos del Cambio Climático.

La evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático tiene el objetivo de asegurar el uso óptimo de los recursos climáticos disponibles; primero, midiendo los impactos positivos y negativos; y segundo, evaluando las medidas de adaptación para dar respuesta a los impactos, obteniendo ventajas de los positivos y minimizando los negativos⁴². Para llevar a cabo estas evaluaciones es necesario obtener una representación cuantitativa de los cambios en el clima, es decir realizar una proyección de los patrones temporales y espaciales del clima futuro.

⁴² Parry y Carter, 1998.

Actualmente se cree, con un gran margen de confianza, que el incremento de las concentraciones atmosféricas de GEI puede producir un aumento de la temperatura global. Sin embargo, la estimación de cómo las altas concentraciones de esos gases pueden afectar los climas regionales tiene una confianza muy baja y está acompañada de numerosas incertidumbres. También es incierto que los cambios climáticos podrían variar⁴³, así como las futuras condiciones socioeconómicas y ambientales. Por todo esto, aún no existe la posibilidad de realizar predicciones confiables de los cambios climáticos a escala regional.

A pesar de la dificultad anterior, resulta necesario ofrecer una idea de cómo podrían verse afectados los ecosistemas actuales, la vida humana o la economía, ofreciendo más información a los tomadores de decisiones. Así, en lugar de predicciones, se utilizan representaciones del clima futuro, las cuales se pueden utilizar para determinar cuando un sector específico es potencialmente vulnerable al cambio climático. A tales representaciones se les ha denominado escenarios de cambio climático, y podrían definirse de la manera siguiente: "Una representación del clima futuro que es internamente consistente, que ha sido construida empleando métodos basados en principios científicos y que puede ser utilizada para comprender las respuestas de los sistemas medio ambientales y sociales ante el futuro cambio climático"⁴⁴.

Existe una gran variedad de métodos para crear los escenarios de cambio climático⁴⁵, se pueden agrupar en: escenarios sintéticos (también conocidos como incrementales), análogos, y aquellos que pueden construirse a partir de las salidas de los modelos de circulación general (MCG). Entre esos grupos, la variante más utilizada hasta el momento ha sido la de los MCG, debido a que ellos constituyen las mejores herramientas científicas para proyectar el clima futuro⁴⁶. Los MCG son representaciones numéricas tridimensionales, que se emplean para simular el comportamiento del sistema climático global (incluyendo la atmósfera, los océanos, la biosfera, la criosfera y la superficie terrestre).

Los resultados de los MCG pueden ser combinados con las salidas de modelos climáticos más simples para poder evaluar los resultados de los primeros, bajo una gran variedad de supuestos sobre las futuras emisiones. Esta idea, fue utilizada para desarrollar escenarios regionales de cambio climático en Europa utilizando el STUGE⁴⁷. La Unidad de Investigación del Clima de la Universidad de East Anglia del Reino Unido, creó dos programas de computadora MAGICC y SCENGEN, los cuales utilizando un principio similar, pueden ser empleados en la construcción de escenarios.

3.1. Creación de los Escenarios de Cambio Climático.

La creación de los escenarios de cambio climático es una de las etapas más importantes dentro de los estudios de vulnerabilidad, pues de ellos depende la dirección de los resultados de la evaluación. De esta manera, la selección de los escenarios debe ser una decisión balanceada y cuidadosamente planeada.

Para crear los escenarios de cambio climático en El Salvador⁴⁸ se utilizó el mismo método empleado por Hulme (1996) y por Centella et al (1998a). En este método se combinan los resultados de los Modelos de Circulación Simple (MCS) para reproducir las salidas de los MCG bajo diferentes supuestos sobre las emisiones de GEI o de sensibilidad climática. Para este estudio se utilizaron las salidas de tres MCG, a saber: HADCM2, ECHAM3TR y UKHI.

⁴³ IPCC 1990, 1992.

⁴⁴ Vinner y Hulme, 1992.

⁴⁵ Carter, et al, 1993.

⁴⁶ Benioff et al, 1996.

⁴⁷ Vinner y Hulme, 1998.

⁴⁸ Remitirse al estudio completo: Escenarios de Cambio Climático para la Evaluación de los impactos del Cambio Climático en El Salvador.

3.1.1. Escenarios de Emisión.

Del conjunto de Escenarios de Emisiones (EE) definidos por el IPCC⁴⁹, para este estudio se seleccionaron los escenarios de emisiones IS92a, IS92c y IS92f. Estos escenarios representan las proyecciones futuras de GEI considerando diferentes supuestos sobre el crecimiento de la población mundial, el crecimiento global de la economía, el desarrollo tecnológico, las limitaciones en el uso de recursos energéticos a partir de combustibles fósiles y el desarrollo de la agricultura, entre otros.

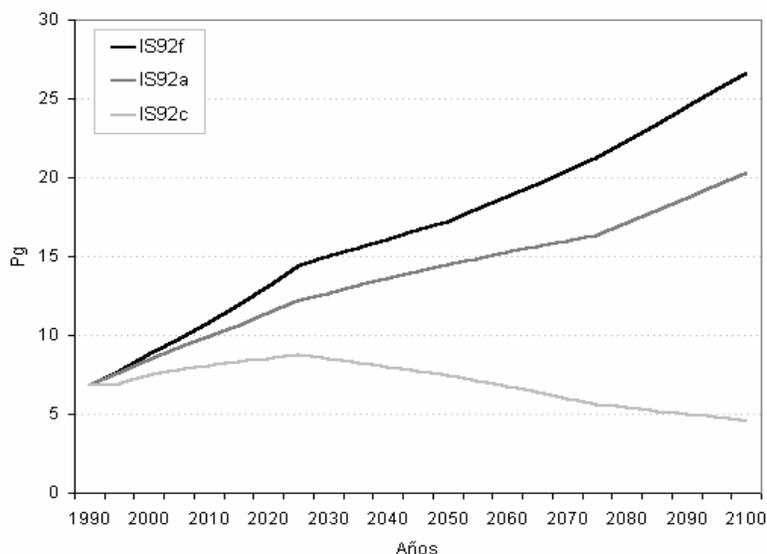


Figura 5.13: Evolución de las emisiones de CO₂ para los escenarios de emisión IS92a, IS92c e IS92f.

3.1.2. Proyecciones Globales de Temperatura e Incremento del Nivel del Mar.

Para obtener las proyecciones globales de temperatura (TG) e incremento del nivel del mar (MG) para un EE determinado, es necesario convertir las emisiones en concentraciones atmosféricas. Después se estima el forzamiento radiativo, del cual depende entonces el calentamiento global.

El parámetro más importante es la sensibilidad climática (ΔT_{2x}), el cual es una medida del cambio de la temperatura media global para un forzamiento radiativo determinado. Utilizando $\Delta T_{2x} = 2.5$ °C, 1.5°C y 4.5°C (los cuales son el mejor estimado y los límites bajo y alto de los valores de sensibilidad considerados por el IPCC, respectivamente) se estimaron, para cada EE, los valores de TG y MG con respecto al período 1961-1990 y al año 1990, respectivamente.

⁴⁹ Leggett et al, 1992.

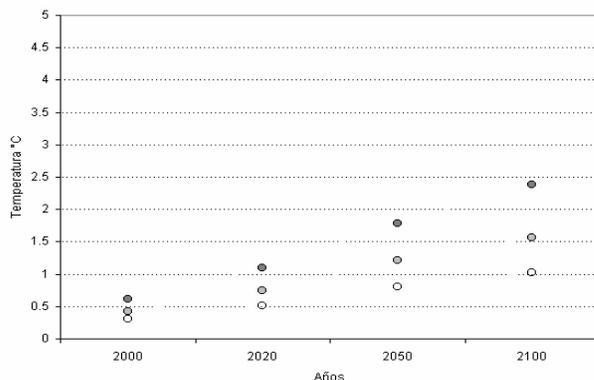


Figura 5.14: Calentamiento global proyectado bajo el escenario de emisión IS92k. Los círculos en blanco, gris claro y gris oscuro se asocian con valores de sensibilidad climática de 1.5°C, 2.5°C y 4.5°C, respectivamente.

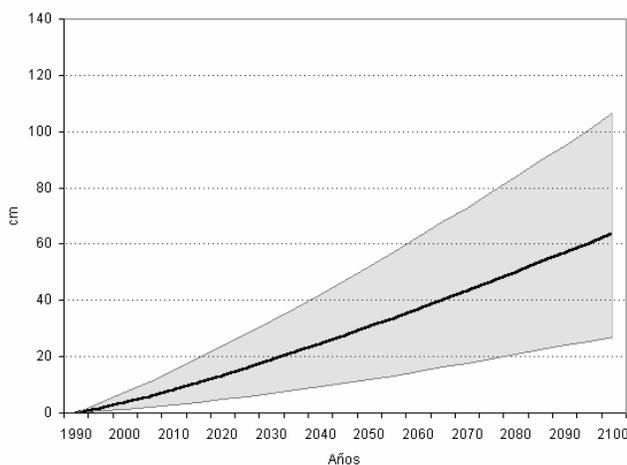


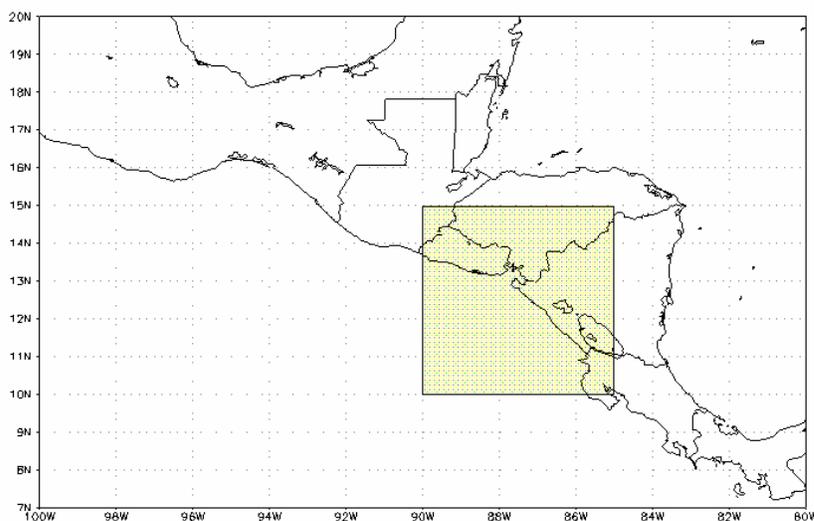
Figura 5.15: Proyección del incremento del nivel del mar bajo el escenario de emisión IS92a. La línea se asocia con la proyección considerando una sensibilidad climática media ($\Delta T_{2x}=2.5^{\circ}\text{C}$). El área sombreada indica el rango de estimados considerando los valores extremos de ΔT_{2x} (1.5°C y 4.5°C).

3.2. Proyecciones del Clima Futuro para El Salvador.

3.2.1. Temperatura y Precipitación.

De acuerdo con los resultados de los tres MCG, extraídos de la rejilla del SCENGEN dentro de la cual se localiza El Salvador (Mapa 5.4) y considerando el EE IS92a con una sensibilidad climática media, el cambio climático proyectado para El Salvador indica un incremento de la temperatura que varía desde 0.8°C a 1.1°C en el año 2020 hasta 2.5°C a 3.7°C en el 2100.

Para la precipitación, los resultados tienen mayor incertidumbre, pues las proyecciones abarcan rangos desde -11.3% a 3.5% en el 2020 hasta -36.6% a 11.1% en el 2100. Si se toman en cuenta los otros EE, el patrón que se obtiene es similar y sólo se observan cambios en la magnitud de los valores, los cuales, son el resultado de las diferencias existentes en el forzamiento asociado a cada escenario de emisión.



Mapa 5.4: Rejilla del SCENGEN que cae sobre El Salvador, para la cual fueron extraídos los valores de cambio de temperatura y precipitación.

Dentro de las proyecciones de los tres modelos, el HADCM2 indica una notable reducción de las precipitaciones; y un nivel de calentamiento mayor. El UKHI proyecta un incremento de las precipitaciones y un menor calentamiento; y el ECHAM3TR, prácticamente no presenta variación en las precipitaciones y la temperatura experimentarían un incremento menor, similar al UKHI.

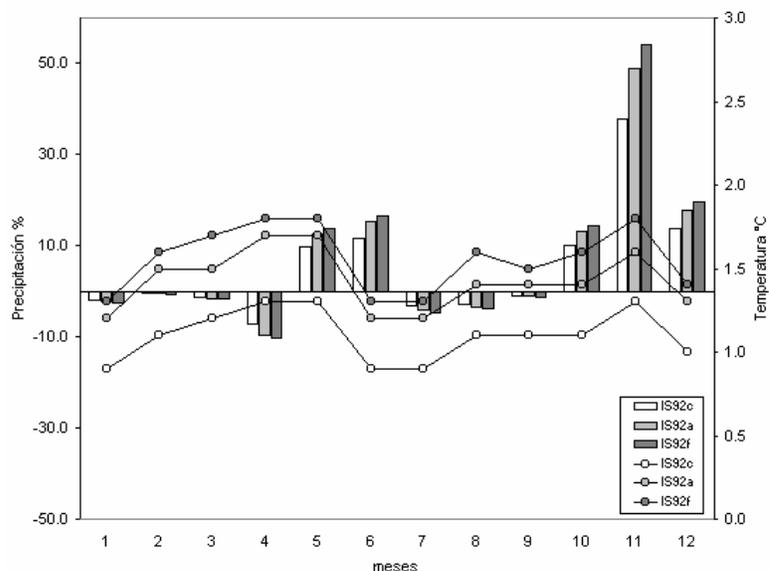


Figura 5.16: Patrón de variación anual del cambio de temperatura (líneas) y precipitación (barras) para diferentes EE, a partir de los resultados del modelo UKHI. Año 2050.

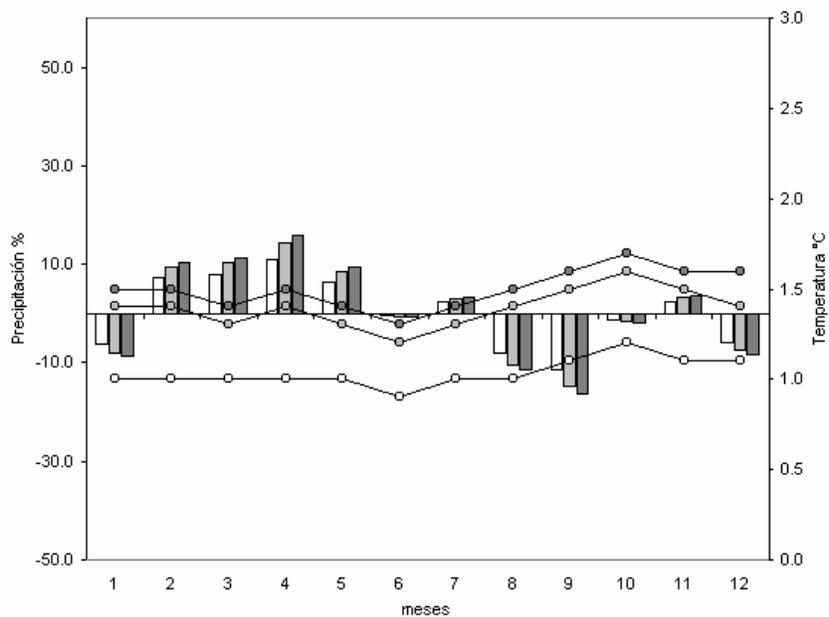


Figura 5.17: Patrón de variación anual del cambio de temperatura (líneas) y precipitación (barras) para diferentes EE, a partir de los resultados del modelo ECHAM3TR. Año 2050.

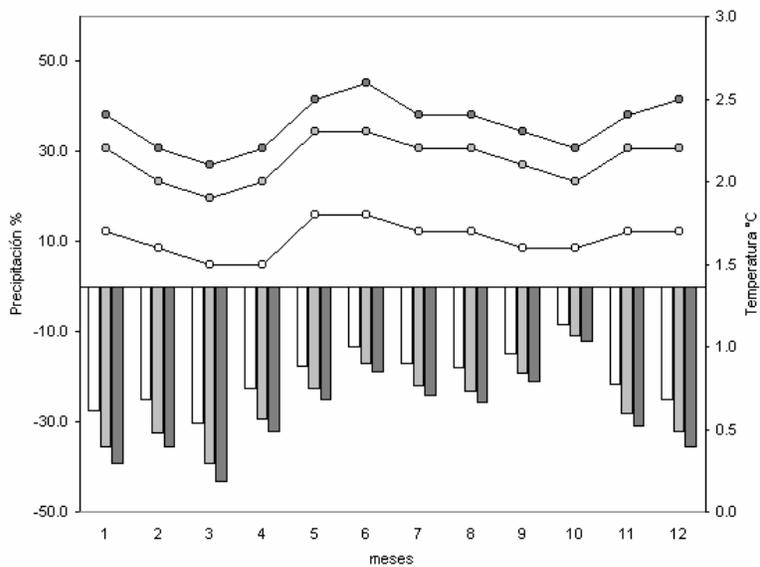


Figura 5.18: Patrón de variación anual del cambio de temperatura (líneas) y precipitación (barras) para diferentes EE. Resultados del modelo HADCM2. Año 2050.

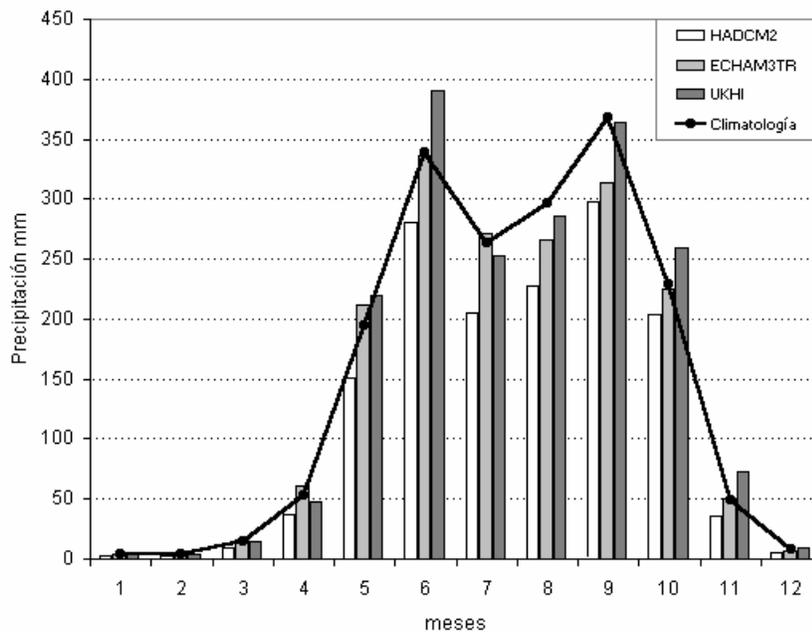


Figura 5.19: Patrón de variación anual de la precipitación para el año 2050, de acuerdo con la salida de los tres MCG y considerando el EE IS92a.

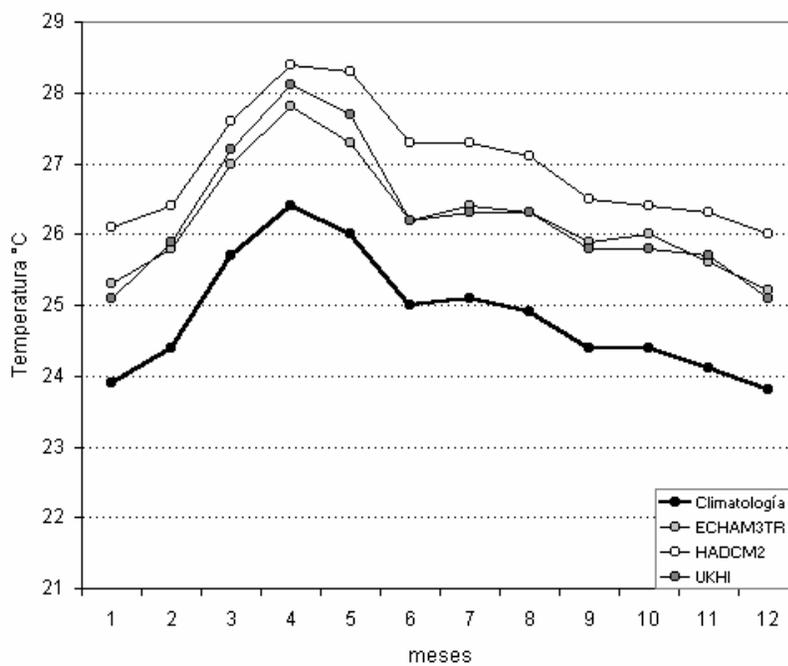


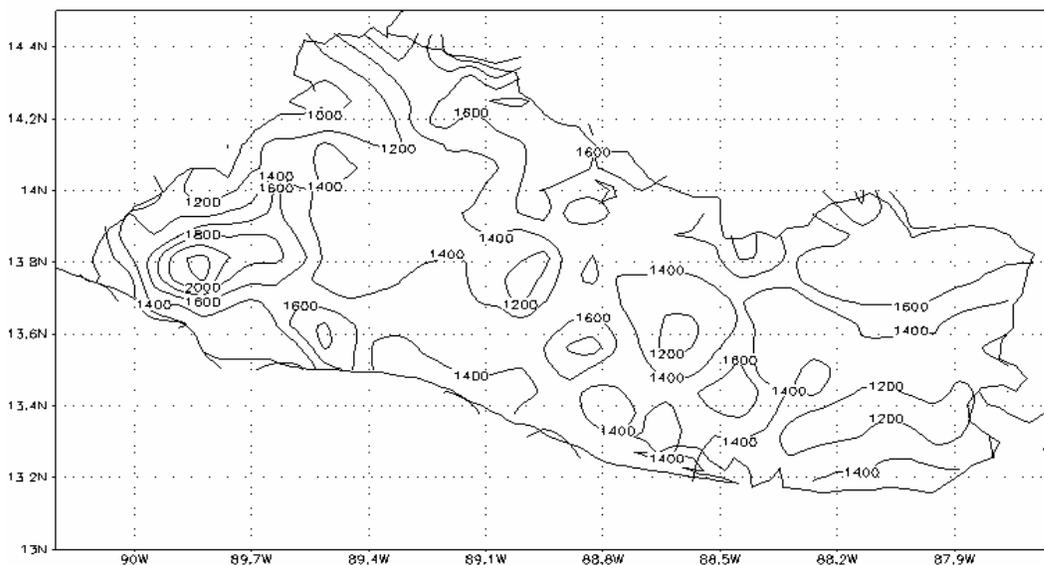
Figura 5.20: Patrón de variación anual de la temperatura para el año 2050, de acuerdo con la salida de los tres MCG y considerando el EE IS92a.

En las Figuras 5.19 y 5.20 se muestran las marchas anuales de la precipitación y la temperatura en el año 2050, de acuerdo con las proyecciones de los tres MCG, con una sensibilidad climática media y tomando en cuenta el escenario IS92a. Una característica importante, reflejada en los patrones de la precipitación, es la tendencia a la intensificación de la canícula o veranillo, aun bajo las proyecciones del modelo UKHI. Este hecho, apreciado en las proyecciones bajo todos los EE futuras de GEI, podría tener implicaciones en diferentes sectores relacionados con la producción de alimentos o el aprovechamiento de los recursos hídricos, por lo cual debe ser profundamente considerado en las evaluaciones de impactos.

En el caso de la temperatura, las proyecciones de los tres modelos manifiestan una clara tendencia al incremento de sus magnitudes en todos los meses, sin que se aprecien cambios importantes en la estructura del patrón de variación anual. Los resultados discutidos reflejan solamente condiciones medias para un período de tiempo (en este caso 30 años centrados en el 2050), por lo que no toman en cuenta aquellas variaciones relacionadas con la variabilidad climática interanual.

Mediante la combinación de las proyecciones de cambio con la climatología, se pueden producir los patrones espaciales de temperatura y precipitación mensual, estacional y anual. Debe tenerse en cuenta que la estructura de estos campos está totalmente influenciada por la de la climatología, pues el cambio es común para todo el país.

Los resultados descritos anteriormente pueden variar en función de cuan sensible sea el clima a un forzamiento determinado, ocurriendo más temprano o más tarde si la sensibilidad es mayor o menor, respectivamente.



Mapa 5.5: Distribución espacial de la precipitación anual (mm) en El Salvador para el año 2050, de acuerdo a la proyección del modelo HADCM2 y asumiendo una sensibilidad climática media, bajo el EE IS92a.

3.2.2. Proyecciones del Incremento del Nivel del Mar.

Los resultados sobre la posible elevación del nivel del mar de los MCG son globales y no es probable que dicho incremento sea homogéneo en todo el planeta. En este sentido se pueden producir variaciones espaciales en función de la razón de calentamiento en diferentes partes del océano mundial y de las variaciones espaciales de la presión atmosférica sobre el océano, entre otros elementos.

En el marco de los estudios de evaluación de los impactos del cambio climático de El Salvador, debería contarse con la información que permitiera realizar una estimación de los movimientos relativos entre la superficie terrestre y el océano en la zona costera salvadoreña, este aspecto debe ser profundamente analizado, para que las proyecciones de carácter global, puedan ser corregidas en función de los elementos ya explicados.

4. Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en el Sector Agropecuario de la Zona Costera.

El Salvador se ubica dentro de los países más degradados ambientalmente y altamente poblados de América Latina, su alta tasa de natalidad y la estrechez territorial lo convierten en una región altamente vulnerable, tanto en sus ecosistemas naturales, como en los aspectos económicos y sociales, hecho que quedó de manifiesto con el Huracán Mitch en 1998.

En este estudio se identifican los posibles impactos del cambio climático sobre la producción agropecuaria de la zona costera⁵⁰, y se evalúa la vulnerabilidad de dicho sector a fin de proponer las medidas de adaptación necesarias para hacer frente a las variaciones del clima, expresadas en modificaciones en la temperatura, precipitación e incremento en el nivel del mar.

4.1. Línea de Referencia de la Zona Costera: Período 1960-1990.

4.1.1. Ubicación.

Geográficamente la zona costera, como área de estudio, está situada al norte de la línea ecuatorial entre los paralelos 13° 09' 16.12" y 13° 50' 29.18" de Latitud Norte, y los meridianos 87° 41' 02.81" y 90° 07' 56.26" de Longitud Oeste.

La zona costera en El Salvador tiene una longitud de 338 kilómetros, de los cuales 310 forman parte de la zona de estudio. El litoral se inicia en la desembocadura del Río Paz, que constituye la frontera natural con Guatemala, y se extiende por la zona sur de los departamentos de Ahuachapán, Sonsonate, La Libertad, San Salvador, La Paz, San Vicente, Usulután, San Miguel, hasta finalizar en el Golfo de Fonseca en el departamento de La Unión.

A lo largo de los 310 kilómetros de longitud de la zona costera del país, y dentro de los nueve departamentos mencionados arriba, se ubican 33 municipios, que son los considerados en este estudio.

Para efectos de definir la zona costera, dentro del marco de este estudio se ha considerado una zona amplia que permita establecer, tanto una caracterización de la situación biofísica, como de las condiciones socioeconómicas y productivas de la región.

⁵⁰ Referirse al estudio completo: Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en el Sector Agropecuario de la Zona Costera de El Salvador. Tobar, 1999.

El estudio ha considerado como zona costera aquella porción cortical o insular cuya acción y desarrollo está estrechamente vinculada con el accionar del mar y sus corrientes, y que además constituye el área de desembocadura de los cursos fluviales; de ahí que constituye la porción de tierra firme expuesta a sufrir modificaciones importantes en su forma y en su hábitat, debido a la acción combinada de las aguas dulces y saladas, con o sin la intervención del hombre.

La zona costera objeto de estudio, tiene un área total de 1,711.9 kilómetros cuadrados, de los cuales el 78.7% corresponde a tierra firme, 18.1% a bosque salado, y el resto a canales, estuarios y pantanos. Las áreas más importantes como generadoras de productos alimenticios son: a) la gran planicie costera de occidente, b) la planicie costera central, y c) la planicie oriental. Estas zonas a su vez cuentan con tres componentes importantes: las planicies costeras, los manglares y los playones.

Proyecto Cambio Climático en la Zona Costera Capacidad de Uso de la Tierra



4.1.2. Aspectos Socioeconómicos.

En relación a los aspectos socioeconómicos, se observa que la población de los nueve departamentos costeros reviste importancia en relación a la población nacional, ya que hacia 1990 en estos departamentos se concentraba en promedio, el 13.9 de la población total.

Por su parte la población de los municipios costeros que se ubica en la zona de estudio en promedio representa el 26% de la población total de estos municipios. La densidad promedio de población en los municipios referidos es de 163 habitantes por kilómetro cuadrado. En promedio, la población costera está concentrada en un 73% en la zona rural.

4.1.3. Estructura Productiva Agropecuaria.

La actividad agropecuaria y pesquera, incluyendo la acuicultura, constituyen una fuente importante de ingresos en la zona costera, así como la producción de sal y camarón especialmente en los departamentos de Usulután y La Unión.

La utilización del suelo está determinada en primer lugar por áreas de matorral de quebrada y pastos sin manejo que ocupan el 39% del área, y en segundo lugar por los cultivos anuales y pastos en pendientes menores del 10% que ocupan el 35.9% del área total. En menor importancia figuran el bosque denso (3.2%); el bosque salado (8.3%), las plantaciones de coco (0.7%), y el área urbana que utiliza el 1.2% de la superficie.

En algunas zonas, las actividades agrícolas principales son: pasto, caña de azúcar, maíz, maicillo, plátano, ajonjolí, melón, sandía, arroz y cacahuete. Estos cultivos son producidos mediante la práctica de monocultivo y asociado. En otras zonas, las actividades agrícolas predominantes hacia finales de los ochenta e inicios de los noventa, las constituyen: los granos básicos, la caña de azúcar, el algodón, ajonjolí, melón y sandía.

En general la ganadería de subsistencia ocupa el 5.5% del área pecuaria de la zona, en tanto que la explotación de doble propósito y la de leche ocupan el 89% y el 5.5% respectivamente.

4.1.4. Pesca.

El territorio marítimo nacional tiene un total aproximado de 122 mil km², tomando en cuenta que se extiende hasta las 200 millas marinas. Esta área es seis veces mayor que el territorio continental, razón por la cual el mar constituye un valioso recurso todavía inexplorado, que genera importantes ingresos al país por su participación en la generación del PIB y de empleo. La longitud del litoral salvadoreño es aproximadamente 315 km, con un área de plataforma entre 0 y 500 m de 20,510 km².

Entre 1980 y 1990 el volumen total de pesca marina y acuicultura mostró reducciones importantes, y en 1982 y 1983 se registraron los menores volúmenes de captura del período. Por otro lado, se observa que la participación de las diferentes modalidades de pesca también han sufrido modificaciones considerables, ya que a partir de 1985 el volumen de pesca artesanal supera a la industrial, a la vez que la acuicultura comienza a ganar espacios en ese mismo año, como producto del inicio de la producción de proyectos comenzados al inicio de la década.

Entre 1980 y 1990 la contribución del sector pesquero en la generación del PIB se vio incrementada, como producto del aumento en los volúmenes de captura pasando de 2.13% en 1980 a 4.95% en 1990, es decir un incremento de más del doble en el período estudiado.

4.1.5. Dinámica de la Degradación Ambiental.

Una contribución importante en la degradación ambiental proviene del mal manejo de los recursos naturales, siendo cuatro los principales problemas asociados a esta situación en la zona costera, a saber:

- a. La deforestación y falta de cobertura vegetal, con la consecuente pérdida de biodiversidad, como producto de la expansión de los cultivos de algodón, cocotero y caña de azúcar que acabaron con la casi totalidad de bosque de la planicie costera. Asimismo, las aplicaciones excesivas de plaguicidas que caracterizaron la producción de algodón en El Salvador, produjo efectos negativos sobre la salud humana, y en las áreas aledañas, en particular las estuarinas

Por otra parte, la producción de granos básicos ha originado grandes problemas de contaminación a nivel del área de estudio, ello debido a la aplicación inapropiada de fertilizantes y plaguicidas.

- b. La pérdida de suelo por erosión, derivada del arrastre ocasionado por la esorrentía tanto en la parte alta, como en las zonas bajas de las cuencas que desembocan en la zona costera. Lo anterior marca la pauta para pensar en los problemas de uso y manejo de los recursos naturales en las zonas frágiles de ladera.
- c. La tala permanente del bosque salado, la cual está reduciendo las poblaciones de mangle y de otros recursos marino-costeros de ese hábitat.
- d. La salinización de los suelos, como producto de los problemas de inundación y el mal manejo de las aguas de riego. Asimismo, la tala de manglares reduce los filtros naturales de retención de sal, de tal manera que los campos de cultivos se hacen cada vez más salinos.

4.1.6. Variabilidad Climática Interanual.

La variabilidad climática interanual está representada en el país por la presencia y recurrencia de sequías e inundaciones. Los efectos de la sequía afectan directamente a los sectores de la población con menores ingresos y recursos. De acuerdo con su recurrencia, golpea después de períodos de inundaciones por lo que no deja tiempo para que los sectores productivos que cultivan pequeñas parcelas logren salir de su estado de pobreza. Sin embargo, los efectos se dejan sentir en todos los sectores, ya que atacan principalmente el cultivo de granos básicos y repercute tanto en el precio de los mismos como en el comercio y el transporte.

Una característica importante de la sequía en el país es la existencia de períodos secos y calientes durante la época lluviosa, conocidos como canícula o veranillo. De acuerdo a estudios recientes⁵¹, el verdadero peligro de la canícula para la agricultura no es precisamente la disminución de las lluvias, sino la presencia de períodos secos más o menos largos, que agotan las reservas de agua de los suelos y que afectan a los cultivos en su fase de mayor demanda de agua.

En relación a las inundaciones, se observa que cuando se tienen eventos climatológicos extremos y la cantidad de la lluvia supera los 200 mm/día en todo el territorio nacional, se identifican 11 zonas de inundación, ubicadas en las áreas de desembocadura de los ríos que presentan una marcada forma cóncava en su perfil y que tienen pendientes menores de 1% en la longitud del cauce.

La extensión total expuesta a inundaciones en el área de estudio es de 68.3%, de ahí que bajo condiciones de inundación sólo 54,251 ha están fuera de riesgo por efecto de las mismas, y una vasta superficie de suelo fértil no puede ser explotada en menos de cada 7 años, que es el período estimado de retorno para eventos extremos de precipitación, y en consecuencia de inundaciones severas.

⁵¹ Molina, 1998.

4.2. Escenarios con Cambio Climático.

En general, los supuestos utilizados para la construcción de los escenarios de cambio climático⁵² reflejan un amplio rango de las incertidumbres asociadas con este tipo de proyecciones, el cual se ve reflejado en el incremento de la temperatura que varía desde 0.8 °C en el año 2020 hasta 3.7 °C en el 2100; y de las variaciones de precipitación variando entre -11.3% en el 2020 hasta -36.6% y +11.1% en el año 2100.

Los escenarios climáticos de elevación del nivel del mar que se utilizan aquí corresponden a la tendencia global identificada por el IPCC⁵³ mediante los escenarios IS92 a-f, donde se consideran tres posibilidades:

- Un escenario optimista/bajo (IS92-c) que considera que el nivel del mar se puede incrementar en 13 cm, bajo la hipótesis básica de baja sensibilidad del clima (T=1.5 °C), un escenario de emisiones bajo (IS92-c) y parámetros de derretimiento bajos.
- Un escenario intermedio (IS92-a) que provoca una elevación del nivel del mar de 49 cm (con efecto de aerosoles) y 55 cm (aerosoles constantes), sustentado en una sensibilidad intermedia del clima (T=2.5 °C), un escenario de emisiones intermedio (IS92-a) y parámetros de derretimiento intermedios
- Un escenario pesimista/alto (IS92-e) en el cual la elevación del nivel del mar oscila entre 94 cm (con aerosoles) y 110 cm (aerosoles constantes). Las hipótesis que sustentan este escenario son una alta sensibilidad del clima (T= 4.5°C), un alto escenario de emisiones (IS92-e) y la prevalencia de altos parámetros de derretimiento.

4.3. Los Impactos del Cambio Climático.

El análisis de vulnerabilidad de la producción agropecuaria de la zona costera ante el cambio climático, implica la evaluación de los daños, entendidos éstos como la pérdida económica, social, ambiental o grado de destrucción causado por dicho evento.

4.3.1. Pérdidas por Sequía en la Producción Agropecuaria.

Los efectos de la sequía han sido estudiados con bastante atención en los últimos años en El Salvador, ello como producto de la profundización de los efectos del fenómeno ENOS en las últimas décadas. La zona costera no escapa a este fenómeno, de ahí que es de esperarse reducciones en la producción agropecuaria por la prevalencia de las sequías, ya que a partir de los escenarios climáticos existe la posibilidad de que tanto la temperatura como la precipitación presenten modificaciones, orientadas a la intensificación de los problemas de canícula.

Los resultados de la sensibilización muestran que la magnitud de las pérdidas ocasionadas por la sequía en la zona de estudio, significarían sólo para el cultivo de maíz, entre 3.1 y 7.5 millones de US\$ en el año 2025 y 2100 respectivamente.

Al considerarse las pérdidas, sólo en la producción de granos básicos se tiene que éstas llegarían a 10.9 millones de US\$ en el año 2025, y prácticamente se duplicarían en el año 2100 cuando las pérdidas alcanzarían un total de 24.9 millones de US\$.

⁵² Centella et al 1998a.

⁵³ IPCC, 1995.

La situación del escenario tendencial refleja que las pérdidas irían de 8.4 a 14.7 millones de US\$ en los años 2025 y 2100, respectivamente; lo que sugiere que los beneficios del incremento de la productividad deberían estar acompañados por la liberación de variedades con características que les permitan resistencia a la sequía, o de corto período de cosecha, para poder obtener un incremento neto positivo.

Otros efectos de las inundaciones se presentan sobre la actividad pecuaria y la pesca, ya que el impacto principal sobre la actividad pecuaria se refleja sobre la producción de pastos y sobre el estrés de los animales ante el incremento de la temperatura. El efecto combinado de éstos conduce a la reducción de la producción y productividad de este subsector.

De igual manera, el incremento de los períodos de sequía y el acortamiento de los períodos de recurrencia de éstas, tal como lo demuestra el ENOS, trae consecuencias negativas para la actividad pesquera. Los impactos de las modificaciones en la precipitación como producto del ENOS provoca migración de especies, en la medida en que éstas tienden a buscar aguas más profundas. Esta migración se traduce en reducciones del volumen de pesca artesanal, de aproximadamente 16%, y de 23% para el caso de la extracción de camarón de exportación.

4.3.2. Pérdidas por Inundación sobre la Producción Agropecuaria.

La vulnerabilidad de la zona costera también está afectada por los problemas de las inundaciones, las cuales son responsables de pérdidas mucho mayores que las derivadas de la sequía. Ello implica que se requiere de un programa de control de inundaciones a partir del reordenamiento de los espacios territoriales en las principales cuencas hidrográficas del país.

Bajo un escenario programado, en el cual la producción consideraría mejoras sustanciales en los rendimientos de los principales cultivos de la zona, se tiene que de no fomentarse prácticas de control de erosión, sedimentación y escorrentía, las pérdidas en la producción alcanzarían los 27.4 y 45.3 millones de US\$ en los años 2025 y 2100, respectivamente.

Bajo el escenario tendencial, la situación seguiría siendo grave, en la medida en que las pérdidas alcanzarían valores de 21.1 y 26.8 millones de US\$ en los años 2025 y 2100 respectivamente.

La identificación de las pérdidas de producción bajo condiciones de inundación, deja de manifiesto que en la medida en que el porcentaje de los daños se acentúa, se pierden los incrementos de productividad ganados con las mejoras tecnológicas introducidas al sector agropecuario. Esto queda de manifiesto al comparar la magnitud de las pérdidas del escenario programado y el tendencial, ya que las primeras son mayores que las segundas.

A las pérdidas derivadas de las inundaciones en los cultivos de granos básicos se deben incorporar además aquellas que se producen en otros cultivos o actividades agropecuarias, como son la producción de caña de azúcar y ganadería. Las estimaciones realizadas por estudios sobre inundaciones en las cuencas del río Paz, Jiboa y Grande de San Miguel, ponen de manifiesto la alta vulnerabilidad de estas actividades ante las inundaciones, ya que se reportan niveles de pérdida de 60% en promedio para la caña de azúcar, y de 80% en el caso de pasto y ganadería; esta última con una extensión de más de 150 mil hectáreas a lo largo de la zona costera.

Al igual que las sequías, las inundaciones provocan pérdidas en la actividad ganadera, debido en primer lugar, a la reducción de la productividad de los pastos variando entre el 25 y el 100%, dependiendo de la profundidad de las inundaciones y el período de drenaje de las mismas, y en segundo lugar del surgimiento de enfermedades en los animales.

Los problemas de las inundaciones también se dejan sentir en la producción de sal y camarón, observándose que el impacto de las inundaciones se refleja con mayor magnitud en la pesca continental, ya que los estanques de camarón ubicados en la zona costera se ven contaminados con el arrastre de sedimentos, y con el desbordamiento de los cauces de los ríos.

4.3.3. Efectos de la Elevación del Nivel del Mar.

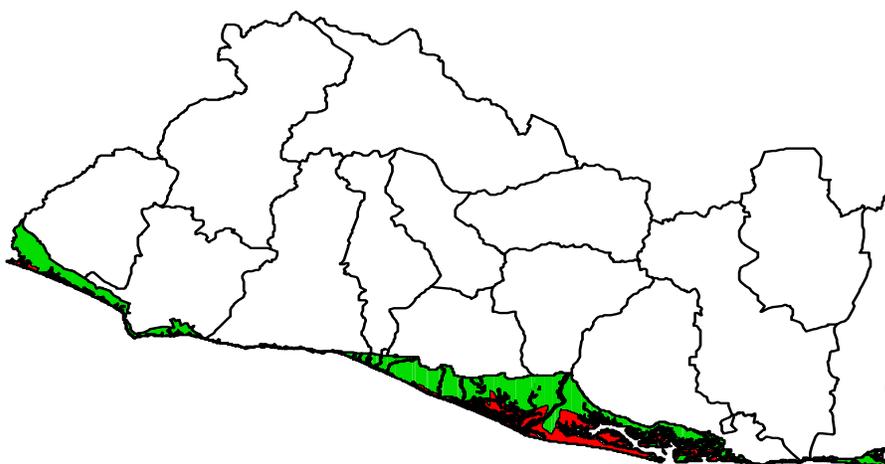
La posibilidad de que ocurra un incremento del nivel del mar constituiría el efecto más negativo en la zona costera de El Salvador, por la pérdida, por una parte, de áreas con vocación agropecuaria, y por otra, de aquéllas ocupadas por asentamientos humanos y por infraestructura de recreación y económica, como: puentes, carreteras, puertos y aeropuertos.

De acuerdo a los cálculos realizados, y considerando las proyecciones globales, se tiene que la zona costera estaría expuesta en los próximos 100 años a una pérdida de área que iría desde el 10% del total (149.1 km²) bajo un escenario optimista de 13 cm de incremento, hasta 27.6% (400.7 km²), bajo un escenario pesimista de 1.1 m de elevación del nivel del mar.

Los cambios esperados en el área inundada muestran que el área más afectada es la que actualmente está ocupada por los manglares, razón por la cual es preciso profundizar los estudios sobre la vulnerabilidad de estas áreas y sus efectos en el ambiente y las actividades económicas.

En relación a la actividad agropecuaria, y considerando los efectos del incremento del nivel del mar se tendría una pérdida de área con potencial para el cultivo de granos básicos, que iría desde 48.3 km² en el escenario optimista, hasta 136.2 km² en el escenario pesimista extremo.

Proyecto Cambio Climático Zona Costera Elevación nivel del mar 94 cm



Es de tomar en cuenta que el incremento del nivel del mar también dejaría sin posibilidades de uso áreas que en la actualidad están siendo utilizadas para la producción de caña, pastos y camarónicas, de tal manera que los costos derivados de esta elevación podrían ser mucho mayores a los planteados en este estudio.

El posible incremento en el nivel del mar acarrearía también consecuencias negativas en la producción de sal y camarón, ya que una buena parte de dichas empresas quedarían sin posibilidad de trabajar, al ser inundadas debido a la elevación del nivel del mar. Ello implicaría una reducción de su producción y participación en el PIB.

De igual forma, la posible tendencia del incremento del nivel del mar, representaría una amenaza para el bosque salado, a la vez que sería de esperar un incremento en la salinidad de la zona costera, con la consecuente reducción de la productividad y la pérdida de especies de crustáceos y moluscos.

4.3.4. Perturbaciones y Pérdidas de Ecosistemas Naturales.

Como consecuencia del incremento del nivel del mar, se podría observar un aumento en la salinidad de la zona costera. En relación a este aspecto, se prevé un impacto fuerte sobre los manglares, derivado del desplazamiento de la línea costera tierra adentro. De esta manera, los manglares estarían expuestos a mayores niveles de salinidad, y por ende, la estructura de las diferentes especies se vería modificada con el consecuente desplazamiento de dichas especies, debido a sus niveles de tolerancia a la salinidad. Sin embargo, los efectos específicos sobre el subsistema manglar deberán ser evaluados en un estudio de vulnerabilidad propio de dicho ecosistema.

El incremento de los niveles de salinidad en las aguas subterráneas reduciría el aprovisionamiento de agua dulce para la actividad agropecuaria, ya que existe una relación inversa entre la salinidad del suelo y la disminución en la producción de los cultivos.

La pérdida de biodiversidad constituye también un riesgo asociado a las modificaciones en las variables climáticas y a la elevación eventual del nivel del mar. La pérdida de biodiversidad quedaría de manifiesto con la reducción o extinción de varias especies de fauna y flora, tanto marinas como continentales.

En la medida en que los manglares sean agotados, tanto por la vía de su tala como por la inundación debido a la elevación del nivel del mar, e indirectamente por el exceso de contaminación, por precipitaciones o sedimentación, los impactos negativos sobre la zona costera se verían incrementados con la consecuente reducción de su potencial económico.

Aún cuando los ecosistemas de manglares pueden tolerar variaciones de temperaturas, sedimentación y salinidad, la vulnerabilidad de la zona costera se verían amenazada por los cambios dramáticos en las principales cuencas del país, donde los escenarios tendenciales y programados muestran la continuidad de los problemas de erosión y deforestación, diferenciándose solamente en la magnitud.

4.3.5. Pérdida de Infraestructura.

Los impactos de las modificaciones en las variables climáticas se verán intensificados si suceden incrementos en el nivel del mar, ya que ello conduciría a la pérdida de canales de riego y drenaje, bordas, silos, corrales, establos, cercas, maquinaria y equipo, escuelas, clínicas y redes de tendido eléctrico, así como de áreas de producción de sal y camarón.

Asimismo, el incremento del nivel del mar traería serias consecuencias sobre las instalaciones portuarias, carreteras, aeropuertos y pistas de aterrizaje. Sin embargo, los alcances de este estudio no permiten llegar a cuantificar en términos económicos los impactos sobre este tipo de infraestructura.

De igual manera, los incrementos en el nivel del mar tenderían a disminuir áreas que actualmente constituyen zonas de producción de sal y camarón, de tal manera que el avance de las aguas hacia las zonas dedicadas a la acuicultura y la extracción de sal reducirían la producción de estos rubros.

4.3.6. Pérdidas de Bienes y Vidas en los Asentamientos Humanos.

Los impactos del cambio climático no se manifestarán únicamente por la pérdida de bienes y vidas humanas, sino también por el incremento en los costos de salud por curación de enfermos, y por el control o erradicación de vectores.

De acuerdo con los escenarios socioeconómicos⁵⁴, aunque la proporción de población que habitará en los 33 municipios costeros no sufrirá variaciones en el largo plazo, el valor absoluto de la población tendrá incrementos sustanciales. En la medida en que la población total que habita la zona costera tiende a aumentar, los riesgos derivados de una posible elevación del nivel del mar, se incrementan, ya que existiría la posibilidad de que las áreas de uso urbano y suburbano se redujesen.

4.3.7. Reducción de Fuentes de Empleo.

Los cambios en el clima acarrearán problemas de desempleo debido a la reducción de la producción y de las áreas con potencial para uso turístico y de recreación. Tanto la sequía como el eventual incremento del nivel del mar, reducirían la contratación de mano de obra.

En el área de siembra de cultivos en la zona costera, es de esperarse una reducción del empleo en un promedio de 1.75 millones de días persona, lo que equivale a 61.1 millones de colones (US\$ 7 millones) que no serían pagados, y por lo tanto la pobreza tendería a incrementarse.

El impacto sería mayor si el nivel del mar sufriera un incremento, ya que bajo esas condiciones existiría una pérdida de área útil con potencial para la producción, con la consecuente reducción de la oferta de mano de obra, equivalente a 483 mil días persona bajo el escenario optimista, 965 mil en el caso del escenario intermedio y 1.4 millones bajo los supuestos del escenario pesimista.

La reducción de la mano de obra en las labores agropecuarias provocaría a su vez salarios no pagados del orden de 16.9 millones de colones (US\$ 1.9 millones), 28.9 millones de colones (US\$ 3.3 millones) y 40.9 millones de colones (US\$ 4.7 millones) bajo los supuestos de los escenarios optimista, intermedio y pesimista respectivamente.

Las reducciones en la actividad pesquera también ejercen influencia sobre la contratación de mano de obra. Si se toma como referencia la reducción del volumen de pesca reportado por la presencia del ENOS (16% en la pesca artesanal y 23% en la industrial), y si el porcentaje de disminución de pesca se toma como equivalente de mano de obra, habría una reducción para la pesca artesanal de 736 días persona, y para la industrial, de 144 días persona por año.

⁵⁴ Umaña, 1998.

En términos económicos ello implica una reducción de pago de salarios equivalente a 28.6 millones de colones (US\$ 3.3 millones), de los cuales 77 % se dejarían de generar en la pesca artesanal y 23 % en la pesca industrial.

5. Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en la Seguridad Alimentaria.

Al igual que el resto de la actividad agropecuaria, la producción de granos básicos ha tendido a disminuir su participación porcentual dentro del PIB en los últimos años. Sin embargo, el subsector continúa revistiendo una importancia estratégica, no sólo para el sector agropecuario, sino también para la economía salvadoreña en su globalidad, dada la preeminencia que los granos básicos tienen dentro de la canasta básica alimentaria de la población y el hecho de que, en su mayor parte, son producidos por pequeños productores agrícolas, constituyéndose dicho subsector en la fuente fundamental de ingreso y autoconsumo para una importante fracción de la población rural del país.

A nivel conceptual la seguridad alimentaria "es aquel estado en el cual las personas gozan, en forma oportuna, del acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan en calidad y cantidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo".⁵⁵ Así, la disponibilidad, el acceso y la utilización biológica de alimentos son elementos indispensables en el logro de la seguridad alimentaria.

5.1. Seguridad Alimentaria en El Salvador: Línea de Referencia (1989-1999).

Durante el período 1989-1999, y de acuerdo a una caracterización de los productores de granos básicos elaborada por el Ministerio de Agricultura, en El Salvador habría unos 240,266 productores de granos básicos (sin contar las cooperativas de la Fase I de la Reforma Agraria), con una población aproximada de 1,441,600 personas⁵⁶, de las cuales el 36% se encontrarían en situación de extrema pobreza y 41% en situación de pobreza⁵⁷. De acuerdo con la misma fuente, el 76.3 % de tales productores laboran en parcelas menores de 5 manzanas, en un marco de limitado o nulo acceso al crédito, escasa asistencia técnica, suelos de calidad marginal, y deficiente capacidad de almacenamiento, lo cual incrementa su vulnerabilidad a las pérdidas post-cosecha y a las fluctuaciones estacionales de los precios.

En términos del área destinada al cultivo de granos básicos, más del 75% de las explotaciones agrícolas destinadas a tal fin, están concentradas en minifundios de menos de 5 manzanas. Del total de tierras destinadas al cultivo de granos básicos, el maíz absorbe el 26.4%, el maicillo el 12.1%, el frijol el 5.8% y el arroz el 1.5%.

⁵⁵ INCAP/OPS.

⁵⁶ Asumiendo seis miembros por familia.

⁵⁷ Un estudio de CADESCA (1991) ofrece una cifra similar, estimando el número total de productores de granos básicos en 244,000, de los cuales el 23.5 por ciento producen exclusivamente para autoconsumo.

En lo relativo a los efectos del clima sobre la producción de granos básicos, se han realizado diferentes estudios, más aún ante la presencia del fenómeno de ENOS, de consecuencias variadas en la producción. Según el Informe de Coyuntura⁵⁸ el impacto negativo histórico en la producción de granos básicos es significativo. Para el caso de las sequías, se presenta una reducción promedio en los rendimientos de 14% en maíz blanco, 9% en maicillo, 13% en arroz y 8% en frijol, cuando se comparan con años normales. Adicionalmente, las lluvias anormales, como suele ocurrir en presencia del fenómeno ENOS, provocan pérdidas en frijol, con reducción promedio de 23% en el rendimiento del maíz blanco, 15% en sorgo, 25% en arroz y 13% en frijol.

Las variables climáticas consideradas en este estudio han sido analizadas por FAO⁵⁹, que informa la existencia de una fuerte relación entre la producción de granos básicos, y todos los cultivos en general, y las condiciones de temperatura, disponibilidad y distribución de las lluvias.

5.1.1. Producción.

Históricamente, la variabilidad climática ha afectado la producción de granos básicos, reduciendo los rendimientos físicos. El fenómeno ENOS se ha manifestado en el país causando daños considerables en los años agrícolas 1986/1987, 1987/1988 y 1991/1992; no habiéndose cumplido las expectativas en producción. Este fenómeno ha afectado directamente el régimen pluviométrico (patrón de lluvias) de la transición seca-lluviosa, haciendo que la época seca se prolongue, impactando a todos los rubros agrícolas.

En relación a la producción de granos básicos en el país, en el período 1961 y 1995, el maíz presenta las variaciones más significativas, ya que aún cuando la tendencia general fue hacia el incremento de la producción, se observan tres grandes caídas en la misma. En relación al frijol y arroz, la tendencia es distinta a la del maíz, presentando una caída sensible en 1987 lo que provocó una fuerte reducción en el promedio anual de producción. Por su parte, los cultivos de arroz y frijol, mostraron una tendencia con variaciones poco drásticas en la producción, razón por la cual en el período se muestran incrementos sostenidos en la producción total.

5.1.2. Area Sembrada.

En relación al área cultivada de granos básicos, se puede observar que durante los primeros años de la década de los ochenta, se redujo el total de área sembrada. A partir de la cosecha 1982/83 la tendencia general ha sido hacia el incremento, adquiriendo mayor fuerza a partir del año agrícola 1990/91 cuando el área sembrada muestra los mayores incrementos debido al fin del conflicto.

Para el establecimiento de la línea de referencia del presente estudio, se presenta el resultado del análisis de las áreas consideradas óptimas para el cultivo de los principales granos básicos que la población salvadoreña destina a su alimentación, con base en la temperatura, altitud, ausencia de canícula y precipitación pluvial.

Cultivo	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Km ₂
Maíz	0 - 600	18 - 30	600 – 1,200	5,346.43
Frijol	400 -700	15 - 27	500 – 2,000	4,718.89
Arroz	100 - 600	25 - 35	1,500 – 2,000	5,632.91

Fuente: Estimaciones de área con base en datos de Proyecto CENTA- FAO.

⁵⁸ OAPA, MAG, 1998.

⁵⁹ ECOCROP.

5.1.3. Rendimientos.

Los rendimientos derivados del cultivo de granos básicos han presentado tendencias similares en el caso del frijol, cuya trayectoria ha sido decreciente durante el segundo subperíodo, y ascendente en el tercero. Por el contrario, los cultivos de maíz y arroz muestran una trayectoria inversa, es decir, incrementos en productividad entre 1984/89 y reducción en el período 90/95, no habiéndose cumplido con las expectativas en los rendimientos.

Estas reducciones en los niveles de productividad están influenciados al menos por dos factores: a) el incremento en el costo de los insumos necesarios para la producción, lo cual conduce a una menor utilización de éstos, b) el incremento de los requerimientos en insumos debido al empobrecimiento de los suelos, y c) la reducción de los precios de venta de los productos, desincentivando la producción.

5.1.4. Disponibilidad de Alimentos .

En El Salvador, se observan grandes desequilibrios y desafíos para asegurar la disponibilidad adecuada, oportuna y suficiente de los alimentos que conforman la dieta básica, especialmente en aquellos sectores en condiciones de pobreza, y dentro de éstos, los grupos biológicamente más vulnerables (niños menores de cinco años, mujeres embarazadas y en lactancia materna), así como los grupos de riesgo por características propias, como son los escolares, mujeres, adolescentes y ancianos.

La inseguridad alimentaria se analiza en términos de disponibilidad, acceso y utilización biológica de los alimentos, así como de su incidencia en el estado nutricional de la población, particularmente aquélla que se encuentra en situación de pobreza extrema o relativa.

El maíz, arroz y frijol constituyen la dieta básica de la población y por lo tanto, la fuente principal de proteínas y calorías, aportando más del 50% de la ingesta calórica diaria per cápita, especialmente en el área rural. En algunas zonas del país se consume sorgo o maicillo como parte de la dieta familiar.

La producción de maíz y frijol es realizada principalmente por pequeños productores, en el marco de una economía de subsistencia, cuya prioridad es cubrir las necesidades alimenticias del grupo familiar, y con los excedentes, generar ingresos para cubrir otros requerimientos familiares. En general, los pequeños productores cultivan en tierras marginales, con dificultad de acceso a la tecnología y con unos rendimientos y rentabilidad baja; en gran medida producen el maíz y el frijol que requiere la población urbana del país.

Al relacionar la disponibilidad con la necesidad o demanda de la población, medida en términos de producción y establecida en función de la canasta de alimentos, se calcula la brecha alimentaria para los productos en estudio.

Cuadro 5.21: Requerimientos per cápita (1981-1995)	
Cultivo	Requerimientos de ingesta calórica diaria per cápita
Maíz	307.35 g/persona/día
Frijol	44.77 g/persona/día
Arroz	31.73 g/persona/día

El arroz históricamente ha mostrado una tendencia deficitaria, con una brecha alimentaria creciente en los últimos años. A la vez que se observa un alto índice de dependencia alimentaria, siendo éste mucho mayor que en el caso del maíz y frijol.

La brecha alimentaria (necesidad–disponibilidad) para granos básicos, presenta fuertes oscilaciones en los últimos años: en 1985 fue de 75.1 miles de TM; en 1991 fue de 0.2, mientras que para 1995 llegó a 195.7 miles de TM.

La disponibilidad de alimentos a nivel nacional no garantiza la seguridad alimentaria en el hogar, pues el consumo está fuertemente condicionado por los niveles de ingreso y el acceso material que las familias tengan a los diferentes productos. La última encuesta de consumo⁶⁰ revela que, en términos generales, la dieta para los estratos geográficos metropolitano, urbano y rural, es deficitaria en energía, proteínas, hierro, folatos, yodo y vitamina A, lo cual es reflejo de la poca variación en el consumo de alimentos y del limitado acceso de la población, siendo, como ya se mencionó, el maíz y el frijol, los principales componentes de la dieta.

5.1.5. Tendencia de las Importaciones y Exportaciones.

La exportación de granos básicos en el país representa una cantidad que prácticamente no ejerce influencia sobre la oferta global, sin embargo, ello puede sufrir modificaciones en función de la reducción de aranceles y los precios prevalecientes en el mercado centroamericano.

Para satisfacer la demanda interna, el déficit experimentado en la producción ha sido cubierto por medio de las importaciones, lo cual no implica que se estén cubriendo las necesidades per cápita incluidas en la canasta básica.

Aunque los niveles de producción total están directamente relacionados con el área sembrada y la productividad, esta última está condicionada por la calidad de la tierra y la tecnología utilizada. Por tanto, si se considera que la producción nacional de granos básicos está caracterizada por ser obtenida por pequeños productores y en tierras situadas en ladera⁶¹, los incrementos en producción están determinados en gran medida por el incremento en el área sembrada.

5.1.6. Ingresos y Empleo.

Como resultado del crecimiento de la economía, el ingreso per cápita se situó en 1994 en los US\$1,440, por lo que se ubica a El Salvador entre los países de ingresos intermedios. Sin embargo, en lo que se refiere a la reducción de la pobreza extrema y al mejoramiento de la calidad de vida de la población, especialmente en el área rural, se observa una brecha importante entre los ingresos per cápita urbano y rural.

Los ingresos per cápita urbanos representaron US\$ 2,200 dólares anuales, mientras que a nivel rural estos ingresos solamente llegan a US\$500 dólares. Con este ingreso per cápita la mayoría de la población rural no puede acceder a la canasta básica alimentaria familiar cuyo precio en 1995 fue de US\$ 1,100 en el área rural. En el área urbana es de US\$ 1,512; sin embargo, los salarios mínimos urbanos representan US\$ 1,550, lo que indica que la mayoría de éstos tendría que ser destinado a la adquisición de alimentos.

⁶⁰ ESANES, 1988.

⁶¹ Lindarte, E. y Benito.

Esta situación demuestra que tanto la mayoría de la población rural como urbana, se encuentra en situación de riesgo de inseguridad alimentaria. Como se ha señalado, el ingreso promedio en el sector rural no alcanza a cubrir las necesidades de alimentos, mientras que el ingreso promedio urbano se destina, en un 90% a satisfacer las necesidades alimenticias. De esta manera, se trata de una inseguridad alimentaria de carácter crónica y estructural.

5.1.7. Pobreza e Inseguridad Alimentaria.

Existen dos maneras para estimar el nivel de pobreza: la Línea de Pobreza (LP), que identifica al número de pobres contrastando el nivel de ingresos con el costo de la canasta básica de alimentos, y el de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), el cual considera pobres a los hogares que no satisfacen al menos una de las siguientes necesidades: vivienda con servicios básicos, asistencia escolar de menores entre 7 y 12 años y el grado de hacinamiento.

En El Salvador, las estimaciones de pobreza se efectúan por lo general con base en el precio de la canasta básica alimentaria, como punto de corte para la determinación de la pobreza extrema y para la pobreza relativa, la canasta ampliada, la cual es dos veces la canasta de alimentos. Utilizando esta metodología, la Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples realizada en 1992 y 1994 muestra la siguiente información:

En el período comprendido entre las dos encuestas hubo un incremento de familias pobres a nivel nacional (del 48.2% al 52.4%) y un crecimiento de la pobreza extrema rural en más del doble (del 14.3% al 34.8%)⁶². No es de extrañar, entonces, que la pobreza en El Salvador sea fundamentalmente pobreza rural, especialmente por las condiciones de producción y de mercado prevalecientes en que se encuentran inmersos los pequeños productores agropecuarios y los trabajadores sin tierra.

Menos de la cuarta parte de la población salvadoreña y más de la tercera parte de la población rural, no dispone de ingresos suficientes para sufragar sus necesidades de alimentación, por lo que la pobreza y la inseguridad alimentaria han aumentado en el período analizado, afectando especialmente a la población femenina.

La brecha alimentaria tiene pocas posibilidades de disminución, a partir de la producción nacional, ya sea porque las tasas de crecimiento de la producción de alimentos han sido inferiores a las tasas de crecimiento de la población, o porque existe poca disponibilidad de suelos aptos para la producción de granos básicos. Sin embargo, este déficit alimentario ha sido menor, dados los crecientes volúmenes de importación.

5.2. Escenarios sin Cambio Climático o Escenarios de Referencia.

5.2.1. Escenario Programado sin Cambio Climático.

Con base en los datos sobre climatología, áreas cultivadas, producción y rendimientos de granos básicos, correspondientes a la línea de referencia, se ha proyectado la información a los años 2020, 2050 y 2100. Esta situación representa un escenario programado ya que las tendencias de crecimiento se mantienen sin alcanzar los límites tecnológicamente aceptables en cuanto a rendimientos e incrementos de áreas sembradas estimados por la FAO, los cuales son de 1% hasta el año 2020 y constante en adelante.

⁶² MIPLAN.

Año	Maíz (Hectáreas)	Frijol (Hectáreas)	Arroz (Hectáreas)
1995	294,056	60,420	11,538
2000	309,056	63,502	12,127
2005	324,824	66,741	12,745
2010	341,390	70,146	13,395
2015	358,804	73,724	14,079
2020	377,107	77,485	14,797
2025	377,107	77,825	14797
2050	377,107	77,485	14,797
2100	377,107	77,485	14,797

Fuente: Proyecciones con base en datos de la DGEA y estimaciones de la FAO.

Qq/Ha, para el período	Maíz	Frijol	Arroz
2000	45.8	17.9	69.8
2010	48.4	18.4	78.9
2020	50.6	18.9	87.9
2025	51.6	19.1	92.5
2030	52.5	19.2	97.0
2040	54.3	19.6	106.0
2050	55.9	19.9	115.1
2060	57.3	20.1	124.2
2070	58.7	20.4	133.2
2080	59.9	20.6	142.3
2090	61.1	20.8	151.3
2100	62.3	21.0	160.4

Fuente. Merino, 1999: Elaboración con base en tendencias.

Año	Maíz	Frijol	Arroz
2000	14,154 / 643	1,136 / 51	846 / 38
2020	19,075 / 866	1,461 / 66	1,301 / 59
2025	19,459 / 884	1,488 / 67	1,369 / 62
2050	21,067 / 957	1,540 / 70	1,703 / 77
2100	23,475 / 1,066	1,631 / 74	2373 / 108

Fuente. Merino, 1999. Correcciones, Aguilar, 1999: Elaboración con base en rendimientos y áreas sembradas.

Con relación a la población, se utilizó el escenario socioeconómico programado⁶³, el cual plantea una disminución en la tasa de crecimiento, que llega a aproximarse a cero en el año 2100.

Año	Tasa de crecimiento	Población (Miles)
2020	1.1	8,580
2025	0.83	9,062
2050	0.14	11,155
2100	0.0	11,938

Fuente. Umaña, 1998. Correcciones, Aguilar, 1999.

⁶³ Umaña, 1998.

Con base en la disponibilidad de alimentos y a las proyecciones de población, se hace una estimación de las necesidades de granos básicos en función del consumo esperado, tomando como punto de referencia los requerimientos individuales, los cuales son de 307.35 g/persona al día para el maíz, 44.77 g/persona al día para el frijol y 31.73 g/persona al día para el arroz.

Año	Población (miles)	Frijol (miles de TM)	Arroz (miles de TM)	Maíz (miles de TM)
2020	8,580	140.0	99.4	962.5
2025	9,062	147.9	105.0	1,016.6
2050	11,155	182.0	129.2	1,251.4
2100	11,938	194.8	138.3	1,339.2

Fuente: Merino 1999: Elaboración con base en datos de consumo de la canasta básica 1991.

La comparación entre la oferta de granos y la demanda de los mismos permite apreciar que la brecha alimentaria entre producción y necesidades para cada uno de los granos básicos, refleja un déficit incremental mayor en maíz y menor en arroz, sin embargo, si la disponibilidad externa es grande se puede suplir esta brecha vía importaciones, asumiendo que el país cuenta con suficientes Reservas Internacionales Netas (RIN).

Año	Frijol	Arroz	Maíz
2020	-74	-40.4	-96.5
2025	-80.9	-43	-132.6
2050	-112	-52.2	-294.4
2100	-120.8	-30.3	-273.2

Fuente: Merino, 1999.

5.2.2. Escenario Tendencial sin Cambio Climático.

El escenario tendencial ha sido realizado manteniendo el área sembrada utilizada en el escenario programado. Los rendimientos se han calculado tomando un 30% menos de los esperados, con el consecuente efecto en la disminución de la producción proyectada para los años 2020, 2025, 2050 y 2100. La demanda de granos por su parte, se basa en la tasa de crecimiento de la población según el escenario tendencial presentado en el estudio de Escenarios Socioeconómicos⁶⁴.

Año	Maíz	Frijol	Arroz
2020	13,357/605.8	1,022/46.3	910/41.3
2025	13,614/ 618.8	1,032.9/ 46.9	957.4/ 43.5
2050	14,756/669.2	1,077/48.8	1,567/71.1
2100	16,445/745.8	1,139/51.7	1,661/75.3

Fuente: Merino, 1999: Elaboración con base en rendimientos y áreas sembradas.

⁶⁴ Umaña, 1998.

Año	Frijol	Arroz	Maíz
2000	-100.6	-63	-396.2
2020	-111.8	-69.1	-472.3
2050	-168.9	-83.5	-827.9
2100	-259.1	-145.3	-1,391.1

Fuente: Merino, 1999.

Al analizar el escenario tendencial, donde prevalece el incremento en la población con relación a la estimación del escenario programado, y con una disminución de un 30% en la producción de alimentos, se tiene que la brecha alimentaria tiende a abrirse a niveles verdaderamente alarmantes, encontrándose el mayor déficit en el maíz. Esta situación coloca al país en una situación de dependencia neta de las importaciones, a no ser que se encuentren sustitutos de producción local para los granos básicos, lo cual parece ser una posibilidad remota.

Aunque el mayor déficit se encuentra en los cereales, al evaluar el nivel de proteínas, se tiene que el caso del frijol, con 22% de este nutriente, merece especial atención, pues complementa la deficiencia aminoacídica del maíz, no existiendo entre los estratos poblacionales de menores recursos otras fuentes accesibles de proteína complementaria, de acuerdo a los hábitos actuales de consumo de alimentos de la población.

5.3. Escenarios con Cambio Climático.

5.3.1. Impactos Regionales.

Las variaciones en el clima y sus repercusiones en la seguridad alimentaria, se han convertido en tema de diversas investigaciones, ya que ante el incremento de la población es necesario identificar las tendencias futuras de la disponibilidad de alimentos. De acuerdo a estudios realizados, a nivel global⁶⁵ se espera un incremento promedio de la temperatura de 0.2°C por década, lo cual podría alterar el crecimiento de las plantas debido a las variaciones en la temperatura, precipitación y el potencial de fijación de nutrientes. Estos cambios en el clima también podrían generar el aumento de los eventos climáticos extremos, como el calentamiento de las latitudes altas, avance de la precipitación en el monzón hacia el polo y menor disponibilidad de agua subterránea.

Los impactos podrían variar de acuerdo al tipo de cosecha, y el incremento de la temperatura; podría hacer descender los campos de cultivo, a causa de la reducción del tiempo de desarrollo de la cosecha. Asimismo, la cantidad de humedad del suelo podría ser afectada independientemente de los cambios en la precipitación, y las temperaturas más altas favorecerían el incremento de la evaporación, y por tanto, reducirían el nivel de humedad necesario para el crecimiento de las plantas. La disponibilidad de agua es un factor que limita el crecimiento de los cultivos, debido a que cualquier incremento o reducción de la cantidad de precipitación puede afectar significativamente la producción de éstos.

Existe consenso general de que un calentamiento de 1°C, sin cambios en la precipitación, haría disminuir las cosechas de maíz en 5%, pero un incremento combinado de 2°C en la temperatura y una reducción de la precipitación reduce la producción promedio en un 20%⁶⁶.

⁶⁵ Echeatl, 1996^a y 1996b.

⁶⁶ Echeatl, 1996b.

Otras investigaciones reportan que los lugares de producción de granos que serán afectados por el calentamiento global y la sequía, pueden verse reducidos de la cosecha de un 10 a 20%, sin considera las posibles pérdidas de producción debido a la calidad del suelo y la siembra en terrenos inadecuados.

5.3.2. Los Impactos Nacionales.

5.3.2.1. Cambios del Clima.

Los resultados de los escenarios de cambio climático⁶⁷ muestran un amplio rango de las incertidumbres asociadas con este tipo de proyecciones y se ve reflejado en los incrementos de la temperatura desde 0.8 °C en el año 2020 hasta 3.7 °C en el 2100; y de las variaciones de precipitación desde -11.3% en el 2020 hasta -36.6% y +11.1% en el año 2100. En el marco de este estudio se utilizaron los escenarios de cambio climático mostrados en el cuadro siguiente:

Variable	Escenario 1		Escenario 2	
	2020	2100	2020	2100
Temperatura °C	+ 1.1 °C	+3.5 °C	+1.1 °C	+3.5 °C
Precipitación (mm)	- 11.3%	- 36.6%	+ 3.5 %	+11.1 %

Fuente: Centella, et al 1998a.

5.3.2.2. Cambios en la Productividad.

En El Salvador es muy escasa la literatura relacionada con la respuesta de los diferentes cultivos a las variaciones en la temperatura y la precipitación. Estos estudios de basan en la incidencia de los períodos secos durante la estación lluviosa, canícula o veranillo, ya que aquí se presenta una marcada reducción de la cantidad de lluvia acompañada de un incremento en la temperatura media. La cuantificación de daños derivados por la sequía se han registrado únicamente para casos de sequía severa, no así cuando el fenómeno ha sido débil o moderado⁶⁸.

Año	Maíz	Frijol	Maicillo	Arroz
1972	57.5	27.3	42.2	56.1
1976	32.8	15.6	25.0	15.7
1987	3.6	83.8	56.8	18.0
1991	20.3	20.8	1.5	15.2
1994	32.0	10.0	30.	14.0
1997	24.1	4.2	0.0	16.3

Fuente: Romano, 1997

El cuadro anterior sugiere la existencia de una pérdida promedio durante el período 1972-1997 equivalente a 28% en maíz, 27% en frijol, 31% en maicillo, y 22% en arroz.

⁶⁷ Centella et al 1998a.

⁶⁸ Romano, 1997.

5.3.2.3. Demanda de Alimentos.

De acuerdo a los escenarios socioeconómicos⁶⁹, para el escenario programado, la población se estaría incrementando en 50% en el año 2020 con relación a 1995, y duplicándose para el 2100, lo cual conduce a un incremento de la demanda de alimentos en la misma proporción.

Período	Escenario Programado			Escenario Tendencial		
	maíz	Frijol	Arroz	Maíz	Frijol	Arroz
Año 2020	-96.5	-74	-40.4	-472.3	-111.8	-69.1
Año 2100	-273.2	-120.8	-30.3	-1,391.1	-259.1	-145.3

Fuente: Cuadros 5.27 y 5.29.

Este incremento de alimentos bajo los escenarios descritos provocará una demanda insatisfecha, que se vería agravada aún más por las reducciones en rendimientos derivados de los cambios en las variables climáticas.

5.3.2.4. Oferta de Alimentos.

La oferta de alimentos está determinada por la producción total obtenida a nivel interno y las importaciones cuando la demanda supera la oferta doméstica. En general, las tendencias de la oferta interna, aun sin cambio climático, ya apuntan hacia graves problemas para garantizar la alimentación a la población nacional, situación que se ve agravada por la potencial caída de la oferta interna al modificarse las variables temperatura y precipitación.

A. Area con Potencial de Producción.

De acuerdo a los requerimientos de precipitación y temperatura publicados por la FAO⁷⁰, las áreas con potencial de siembra para los granos básicos mostrarían la tendencia descrita en el cuadro 5.33. En este cuadro se puede apreciar que únicamente en el caso del escenario climático 1, el cultivo de maíz presentará una limitante seria por el lado del área a sembrar, de tal manera que la producción total estaría afectada tanto por la reducción del área de siembra como por la caída de los rendimientos.

Cultivo	Escenario Climático 1		Escenario Climático 2	
	2020	2100	2020	2100
Maíz				
Potencial	1,419.5	264.0	1,494.0	816.1
Proyectado	377.1	377.1	337.1	377.1
Frijol				
Potencial	2,046.1	1,443.4	1,504.1	552.7
Proyectado	77.5	77.5	77.5	77.5
Arroz				
Potencial	600.5	46.0	485.2	816.1
Proyectado	14.8	14.8	14.8	14.8

Fuente: Sistema de Información de Tierras. Proyecto CENTA-FAO-Holanda, 1999: Escenarios con cambio climático para los años 2020-2100 para granos básicos y café.

⁶⁹ Umaña, 1998.

⁷⁰ Ecocrop 2.

B. Oferta Doméstica con Reducción de Rendimientos.

Dada la diversidad de resultados en relación a las modificaciones en la productividad de los granos básicos ante modificaciones en las variables climáticas, los cálculos de la oferta disponible se realizaron considerando: a) reducción de productividad en las magnitudes⁷¹, y b) incremento de los rendimientos en 10% y 20% para los años 2020 y 2100 respectivamente.

Cultivo	2020	2100
Maíz	20	30
Frijol	20	26
Arroz	20	25

Fuente: Merino, 1999: cálculos propios sobre la base de Romano, 1998.

Cultivo	Escenario de Referencia		Escenario con Cambio Climático	
	Programado	Tendencial	Programado	Tendencial
Maíz	50.6	35.4	40.5	28.3
Frijol	18.9	13.2	15.1	10.6
Arroz	87.9	61.5	70.3	49.2

Fuente: Merino, 1999: cálculos con base en el cuadro 5.34.

Cultivo	Escenario de Referencia		Escenario con Cambio Climático	
	Programado	Tendencial	Programado	Tendencial
Maíz	62.3	43.6	43.6	30.5
Frijol	21.0	14.7	15.5	10.9
Arroz	160.4	112.3	120.3	84.2

Fuente: Merino, 1999: cálculos con base en el cuadro 5.34.

Cultivo	Area (ha)	Oferta de alimentos 2020		Oferta de alimentos 2100	
		Programado	Tendencial	Programado	Tendencial
Maíz*	264,000	485.9	339.6	523	365.9
Frijol	77,485	53.2	37.3	54.5	38.3
Arroz	14,794	47.3	33	80.8	56.6

Fuente: : Merino, 1999.

(*)Se estima según el cuadro 5.33 que el área potencial de producción de maíz en el 2100 se reduciría a 264 mil ha.

⁷¹ Romano, 1998.

C. Oferta Doméstica con Incremento de Producción.

Considerando un incremento en la producción del orden del 10% para todos los cultivos, se obtienen los resultados que se muestran en el Cuadro 5.38, en el cual se afectan los rendimientos de la línea de referencia tanto para el escenario tendencial como para el programado. El incremento del 10% está tomado de los diferentes estudios que se han realizado sobre el tema, tanto a nivel nacional como a nivel internacional.

Cultivo	Escenario de Referencia		Escenario con Cambio Climático	
	Programado	Tendencial	Programado	Tendencial
Maíz	50.6	35.4	55.7	38.9
Frijol	18.9	13.2	20.8	14.5
Arroz	87.9	61.5	96.7	67.7

Fuente: Merino, 1999.

Cultivo	Escenario de Referencia		Escenario con Cambio Climático	
	Programado	Tendencial	Programado	Tendencial
Maíz	62.3	43.6	68.5	48.0
Frijol	21.0	14.7	23.1	16.2
Arroz	160.4	112.3	176.4	123.5

Fuente: Merino, 1999: Cálculos con base en el cuadro 5.34.

Cultivo	Area (has)	Oferta de alimentos 2020		Oferta de alimentos 2100	
		Programado	Tendencial	Programado	Tendencial
Maíz*	264,000	668.3	466.8	821.9	575.9
Frijol	77,485	73.3	51.1	81.4	57.1
Arroz	14,794	65.0	45.5	118.6	82.9

Fuente: Merino, 1999.

*Se estima según el cuadro 5.33 que el área potencial de producción de maíz en el 2100 se reduciría a 264 mil ha.

5.3.2.5. Brecha Alimentaria.

La brecha alimentaria está determinada por la demanda insatisfecha que se requiere suministrar a la población para satisfacer sus necesidades alimentarias.

El Cuadro 5.41 muestra los resultados de la situación de la oferta de alimentos bajo el escenario climático que reduce la productividad de los granos básicos. El análisis de este cuadro permite identificar problemas serios de abastecimiento de alimentos, que se agravan más que bajo la situación de referencia.

Cuadro 5.41				
Brecha Alimentaria para los años 2020 y 2100 con Reducción de Productividad bajo condiciones de Cambio Climático (miles de TM)				
Cultivo	Escenario Programado		Escenario Tendencial	
	2020	2100	2020	2100
Maíz	-476.6	-816.2	-622.9	-973.3
Frijol	-86.8	-140.3	-102.7	-156.5
Arroz	-52.1	-57.5	-66.4	-81.7

Fuente: Merino, 1999. Cálculos con base en los cuadros 5.34, 5.35, 5.36 y 5.37.

Cuadro 5.42				
Brecha Alimentaria para los años 2020 y 2100 con Incremento de Productividad bajo condiciones con Cambio Climático (miles de TM)				
Cultivo	Escenario Programado		Escenario Tendencial	
	2020	2100	2020	2100
Maíz	-294.2	-517.3	-495.7	-763.3
Frijol	-66.7	-113.4	-88.9	-137.7
Arroz	-34.4	-19.7	-53.9	-55.4

Fuente: Merino, 1999: Cálculos con base en los cuadros 5.38, 5.39 y 5.40.

Con base en los cálculos realizados, la situación de la brecha alimentaria si bien mejora bajo la situación de incremento de la productividad, tenderá a mantenerse en los próximos 100 años, de no implementarse medidas de adaptación que permitan, entre otras cosas, reducir las pérdidas derivadas de los cambios del clima, así como la modificación en las técnicas de manejo de los cultivos.

5.3.2.6. Consecuencias Sociales.

Los cambios en la productividad de los cultivos como consecuencia de las modificaciones en las variables climáticas, tienen repercusiones a nivel social. Estas repercusiones se manifiestan en la salud y nutrición, en la educación y obviamente en los niveles de pobreza. En la medida que se reducen las producciones de granos básicos, hay una marcada reducción de empleo y un incremento de precios, situación que incrementa los niveles de pobreza e insatisfacción de las necesidades básicas. Los cambios negativos en la dieta alimenticia, también inciden fuertemente en los niveles de mortalidad, morbilidad y esperanza de vida de la población.

5.3.2.7. Consecuencias Económicas.

Si se parte del hecho de que los granos básicos forman parte importante del PIB agrícola, las modificaciones en la producción de granos afectará directamente el comportamiento del PIB de dicho sector. Debido a que la fuerza de trabajo en la siembra y cosecha de granos es primordialmente familiar, el mayor efecto de los cambios de clima no sería sobre el empleo rural, sino sobre los ingresos y la seguridad alimentaria. El resultado final de este fenómeno sería la erosión del poder de compra de los consumidores.

Sobre la base de lo anterior, es posible deducir que el cambio climático también presentará modificaciones en el índice de inflación, por ser los alimentos uno de los componentes principales del cálculo del Índice de Precios al Consumidor (IPC). Al respecto, estudios realizados⁷² indican que durante los años de sequía se han reportado incrementos inusuales en los precios de los alimentos, de tal forma que es posible establecer una relación entre sequía e inflación. Con posterioridad a la sequía de 1972, los precios al consumidor de maíz aumentaron 50%, de los frijoles 50%, y los del arroz en 20%. Así, los salarios reales -que son los salarios nominales ajustados por el IPC- han resentido la ocurrencia de las sequías en la medida que se observa una marcada reducción en las últimas décadas.

Tomando como referencia las proyecciones de precios de los alimentos para el año 2020⁷³, equivalentes a US\$87 por tonelada de maíz, y de US\$ 190 por tonelada de arroz, y considerando las brechas alimentarias calculadas anteriormente, se esperaría un incremento del valor de las importaciones de la magnitud señalada en el cuadro 5.43.

Escenario	Maíz		Arroz	
	Programado	Tendencial	Programado	Tendencial
Referencia (sin Cambio Climático)	8,396	41,090	7,676	13,129
Bajo condiciones con Cambio Climático:				
Incremento de rendimientos	25,595	43,126	6,536	10,241
Reducción de rendimientos	41,464	54,192	9,899	12,616

Fuente: Merino, 1999. Correcciones Aguilar, 1999: elaboración con base en brecha alimentaria. Tejo, 1996.

5.3.3. Medidas de Adaptación.

Ante los escenarios estudiados en relación a los granos básicos, se esperaría que existan mecanismos de ajuste social, tales como: las migraciones condicionadas por la crisis de la economía campesina, y el incremento del área cultivada, con la finalidad de compensar las pérdidas ocasionadas por los efectos adversos del clima.

Además de los ajustes anteriores, que podrán darse en forma no planificada y ocasionar otros problemas, se podrían impulsar las siguientes medidas de adaptación:

- a. Generación de nuevas variedades resistentes a las plagas y enfermedades, tolerantes a la sequía y la salinidad. Aquí la ingeniería genética puede contribuir a mejorar el potencial productivo y las características deseables de las variedades a ser cultivadas
- b. Siembra de especies o variedades diferentes. Esta actividad debería ser impulsada a través de los programas de transferencia de tecnología para difundir variedades con mayor capacidad de resistir los efectos adversos del cambio climático
- c. Mejoramiento de los sistemas de suministro de agua e irrigación, con la finalidad de reducir la estacionalidad de la producción y enfrentar los problemas de pérdida de humedad del suelo
- d. Incorporación de cobertura vegetal al suelo, para mantenerlo húmedo y a la vez hacer frente a la erosión hídrica.

⁷² Romano, 1997.

⁷³ Tejo, 1996.

- e. Desarrollo de sistemas de detección y alerta temprana de las perturbaciones climáticas, para lo cual se deberá contar con equipos y tecnología para pronósticos meteorológicos. Con esto no sólo se facilitaría impulsar medidas que permitan adaptaciones paulatinas, y la salvaguarda de vidas y bienes materiales ante repentinos y drásticos cambios en las condiciones climatológicas.
- f. Actualización de los pronósticos de cosecha, utilizando SIGs. El uso de esta metodología deberá incorporarse en la planificación agrícola y orientación a los productores, para hacer más eficiente la actividad.
- g. Fomento de sistemas de vigilancia alimentaria, que permitan responder adecuadamente a las necesidades de abastecimiento de la población y sirvan de apoyo para garantizar el mercado a los productores.
- h. Promoción de inversiones en la producción agrícola y en el desarrollo de actividades posteriores a la producción, así como el apoyo a la investigación, la infraestructura y los servicios.
- i. Promoción de las operaciones del mercado de seguros y reaseguros de cosechas para compensar las pérdidas ocasionadas por desastres naturales. Esta medida debe ser impulsada no sólo a nivel nacional y centroamericano, sino también en los países del Caribe, para establecer "pools" regionales de reaseguros operados por compañías internacionales con capacidad suficiente para proveer capital que cubra los costos significativos en caso de desastres naturales.
- j. Fomento de la investigación científica y el desarrollo de tecnologías, creando y fortaleciendo las entidades involucradas en la producción alimentaria.
- k. Establecimiento de medidas de políticas económicas que incentiven la inversión en la producción de granos básicos, y crear mecanismos para aumentar la asistencia técnica y financiera para los productores agrícolas.
- l. Desarrollo de prácticas de agricultura sostenible, sustentada en la ecología y en la preservación de la biodiversidad y los recursos naturales.
- m. Fomento de programas de zonificación agrícola para una mejor utilización del recurso suelo y ajustar las épocas de siembra de acuerdo a los pronósticos del clima. Simultáneamente deberá impulsarse el uso de variedades más resistentes a condiciones climáticas adversas y en armonía con el ambiente.
- n. Dado que los granos básicos constituyen un pilar para la seguridad alimentaria y nutricional de la población, se debe fortalecer el desarrollo institucional de entidades que promuevan el desarrollo humano, teniendo como eje principal de acción el abordaje de la inseguridad alimentaria nutricional.

La promoción de estas medidas, así como de otras que coadyuven a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático, deberán estar respaldadas por políticas globales y sectoriales que mantengan coherencia con los planes y programas de desarrollo del país.

6. Proyectos de Adaptación.

Dentro del marco de la ayuda que la USAID otorgó a El Salvador para afrontar los daños causados en ocasión del huracán Mich, dicha agencia asignó fondos suplementarios por un monto de US\$4,000,000 para ejecutar un proyecto trinacional de manejo sostenible de la cuenca compartida del río Lempa, (Guatemala, Honduras y El Salvador). Asimismo, la NOAA y la USGS han aportado fondos de AID a dicho proyecto, el cual será ejecutado por estas dos entidades y el SICA, con participación de la CRRH, CEPREDENAC y CCAD.

El propósito del proyecto es mejorar la capacidad regional para mitigar los efectos provocados por los desastres, específicamente para el manejo trinacional de la cuenca del río Lempa. Los resultados esperados con la ejecución del proyecto son:

- a. Establecimiento de un marco institucional para la gestión trinacional sostenible del agua:

Se esperaría la firma de acuerdos trinacionales para el manejo de la cuenca compartida, ya sea entre entidades gubernamentales o de carácter privado o mixto.
- b. Arreglos institucionales efectivos para la gestión del agua:
 - Se diseñaría una red de información compartida entre los tres países sobre la gestión institucional de la cuenca, afin de que las instituciones designadas intercambien la información relativa al manejo de dicha cuenca y sobre la mitigación de los desastres de manera sistemática.
 - Se firmarían acuerdos inter-institucionales para el intercambio sistemático de la información.
- c. Desarrollo de un plan de manejo sostenible de la cuenca del Lempa y para la mitigación de desastres:
 - Elaboración de un plan de manejo sostenible de la cuenca, como base para la firma de los acuerdos trinacionales en ese campo.
 - Elaboración de planes de respuesta ante los desastres, a ser desarrollados a nivel municipal, sobre la base del análisis de riesgo de las comunidades seleccionadas.
- d. Establecimiento de un sistema de información y procedimientos para la toma de decisiones.
 - Desarrollo de bases de datos, generación de información crítica y modelos computarizados para la gestión de la cuenca y la mitigación de los desastres.
 - Diseño de un sistema de monitoreo y de procedimientos para la gestión de la cuenca y la mitigación de los desastres. Desarrollo de un SIG para el manejo de la cuenca.
 - Instalación de estaciones meteorológicas automáticas con conexiones telemétricas, y establecimiento de un centro de pronósticos, manejo de un modelo hidrológico, compra de equipos para el procesamiento de los datos y capacitación para su uso.

VI. Referencias Bibliográficas

Alfaro, N. 1999: Lineamientos Generales de Estrategias Energéticas para Mitigar el Cambio Climático. Proyecto GEF/ELS/97/G32, Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Reporte Técnico, 52p.

Benioff R., S. Guill & Lee, eds., 1996: Vulnerability and Adaptation Assessments: An International Handbook. Dordrecht, the Neetherlands, Kluwer Academic Publishers, 320p.

Bouille, D., Sánchez, I., González, L. y Schneider, H. 1999. Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético de El Salvador, 1999. Proyecto GEF/ELS/97/G32, Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Reporte Técnico, 173p.

Carter et al, 1993: techniques for developing regional climate scenarios for Finland. Publications of the Academy of Finland 2/93, Painatuskeskus, Helsinki, 63p.

CEL, 1997. Balance Energético Nacional, series 1980-1996. Gerencia de Planificación y Estudios.

CELADE, 1987: Boletín Demográfico, Año XX, N° 40. Santiago de Chile. 144p.

Centella, A. et al. 1998a: Escenarios de Cambio Climático para la evaluación de los Impactos del Cambio Climático en El Salvador. Proyecto GEF/ELS/97/G32, Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Reporte Técnico, 49p.

Centella, A., Castillo, L. y Aguilar A. 1998b: Escenarios Climáticos de Referencia para la República de El Salvador. Proyecto GEF/ELS/97/G32, Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Reporte Técnico, 21p.

Echecatl. Boletín del Departamento de Meteorología del Centro de Ciencias de la Atmósfera. 1996a. Abril de 1996, Volumen 1 No.12.

Echecatl. Boletín del Departamento de Meteorología del Centro de Ciencias de la Atmósfera. 1996b. Julio de 1996, Volumen 2 No.3.

FUSADES, 1997: El Libro Verde, 29-30.

Guzmán, G. T., 1995: Historia Natural y Ecológica de El Salvador, Tomo I. Capítulo: Clima y Recursos Atmosféricos. Ministerio de Educación, República de El Salvador, 169-208.

Holdridge L. R. 1975: Zonas de Vida Ecológicas de El Salvador, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, FAO, 94p.

ICAP/OPS, 1994: Documento de la Reunión Centroamericana sobre Seguridad Alimentaria y Nutricional, Guatemala, 14 y 15 de junio de 1994.

IPCC, 1990: Climate Change: the IPCC Scientific Assessment. (eds) Houghton J. T., Jenkins G. J. and Ephiraums J. J. Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 364p.

IPCC, 1992: Climate Change 1992: the supplementary report to the IPCC scientific assessment (eds) Houghton J. T., Callander B. A. and Varney S. K. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 200p.

IPCC, 1995: Climate Change 1995: The Science of Climate Change, p.383-385. (eds) Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattemberg, A. and Maskell, K. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

IPCC, 1996: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Vol. 1: Reporting Instructions. (eds) Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J., & Callander, B.A., United Kingdom, 1997.

IPCC, 1996: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Vol. 2: Workbook. (eds) Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J., & Callander, B.A. OECD, IEA & IPCC. United Kingdom, 1997.

IPCC, 1996: Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Vol. 3: Reference Manual. (eds) Houghton, J. T., Meira Filho, L. G., Lim, B., Tréanton, K., Mamaty, I., Bonduki, Y., Griggs, D.J., & Callander, B.A. UNEP, OECD, IEA & IPCC. United Kingdom, 1995.

Leger Sivard, R. et al. 1991: World Military and Social Expenditures. Washington, 1991.

Leggett et al, 1992: Emission Scenarios for the IPCC: an update pp 75-95. In Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment (eds) Houghton J. T., Callander B. A. and Varney S. K. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 200p.

Lindarte, E. y Benito, C. 1993: Sostenibilidad y Agricultura de laderas en América Central. Cambio tecnológico y cambio institucional. IICA. San José, Costa Rica. 118 p.

Merino, G. 1999: Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en la Seguridad Alimentaria de El Salvador. Proyecto GEF/ELS/97/G32, Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Reporte Técnico, 44p.

MIPLAN, 1992-1994. Encuestas de Hogares de Propósitos Múltiples.

Molina, 1999: La Canícula. Patrones de comportamiento para El Salvador con base en el análisis de datos diarios de precipitación para el período 1985-1997. Tesis Ingeniero Agrónomo. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. San Salvador.

Naranjo L.R., Centella A. 1996: Interannual variations in the meteorological fields over the Caribbean and Gulf of Mexico. Part I: Sea level pressure and 500 hPa. Heights. Scientific Report, National Climate Center, Institute of Meteorology, Cuba, 25p.

OAPA/MAG, 1998. Revista Coyuntura. El Salvador.

Perry, M. & T. Carter, 1998: Climate Impact and Adaptation Assessment. A Guide to the IPCC approach. Earthscan Publication, London, 166p.

Romano, L.E. 1997: Efectos Económicos y Sociales de las Sequías en El Salvador. CEPRODE. San Salvador, 55p.

Sánchez, I.A., et al, 1998: Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de El Salvador: año de referencia 1994. Proyecto GEF/ELS/97/G32, Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Reporte Técnico, 73p.

SEMA, 1992: Agenda Ambiental y Plan de Acción 1992, 28-29.

Tejo, P. 1996: Escenarios de la Agricultura y el Comercio Mundial hacia el año 2020. CEPAL. Santiago, Chile. Desarrollo Productivo No. 38, 46p.

Tobar, M. 1999: Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en el Sector Agropecuario de la Zona Costera de El Salvador. Proyecto GEF/ELS/97/G32, Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Reporte Técnico, 105p.

Umaña, C. 1998: Escenarios Socioeconómicos para la evaluación de los impactos de cambio climático en El Salvador. Proyecto GEF/ELS/97/G32, Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, Reporte Técnico, 43p.

Vinner, D. y Hulme, M., 1992: Climate Change Scenarios for Impact Studies in the U.K. Climatic Research Unit, UEA, U.K.

Vinner, D. y Hulme, M., 1998: Construction of climate change scenarios by linking GCM and STUGE output. Technical Note No. 2, Climate Impacts LINK Project, Climate Research Unit, University of East Anglia, 20p.

Wei, W.W.S., 1994: Time Series Analysis. Univariate and multivariate methods. Addison-Wesley, United States, 478p.

Abreviaturas y Acrónimos.

AMSS	Area Metropolitana de San Salvador
ATSM	Anomalías de la Temperatura de la Superficie del Mar
Bbl/día	Barriles por día
BM	Banco Mundial
CADESCA	Comité de Apoyo al Desarrollo Económico y Social de Centroamérica, adscrito al Sistema Económico Latinoamericano (SELA).
CC	Ciclo Combinado
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CC:TRAIN	Programa de Capacitación para apoyar la aplicación de la CMCC, administrado por UNITAR.
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
CELADE	Centro Latinoamericano de Demografía
CENTA	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPREDENAC	Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central
CEPRODE	Centro de Protección para Desastres.
CERs	Certified Emission Reductions (certificados de reducción de emisiones)
CH ₄	Metano
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CRRH:	Comité Regional de Recursos Hidráulicos
DGEA	Dirección General de Economía Agropecuaria
ECHAM3TR	Modelo Atmosférico de 19 niveles acoplado con un modelo oceánico de 11 niveles, desarrollado en Alemania, por el Instituto Max Planck.

ECOCROP 1 y 2	The crop environmental adaptability information database and the crop environmental response information database. Land and Water Development Division, FAO.
EE	Escenario de Emisión
EEUU	Estados Unidos de América.
ENOS	El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur
IEA	International Energy Agency/Agencia Internacional de Energía
ESANES	Evaluación de la Situación Alimentaria y Nutricional de El Salvador. Encuesta de hogares, 1998.
FAO	Food and Agriculture Organization/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
FUSADES	Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEF/FMAM	Global Environment Facility/Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GLP	Gas Licuado de Petróleo (propano-butano)
GNC	Gas Natural Comprimido
HADCM2	Experimento de respuesta transitoria realizado en el Centro Hadley, utilizando un modelo atmosférico de 11 niveles acoplado con un modelo oceánico de 20 niveles, desarrollado en la Oficina de Meteorología del Reino Unido.
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INCAP	Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá
IPC	Indice de Precios al Consumidor
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático
IS92 a-f	Conjunto de escenarios de emisión elaborados por el IPCC (Leggett et al, 1992), cuya gama comprende desde el escenario IS92a hasta el IS92f
LEAP	Long-range Energy Alternatives Planning System. Stockolm Environment Institute-Boston Center at the Tellus Institute.
LP	Línea de Pobreza
MAGICC	Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change, es un modelo climático unidimensional que ofrece estimaciones internamente consistentes de las concentraciones de gases de efecto invernadero, temperatura media global y elevación del nivel del mar entre los años 1990 y 2100.
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MCG/MCS	Modelos de Circulación General/Modelos de Circulación Simple
MDL/CDM	Mecanismo de Desarrollo Limpio/Clean Development Mechanism
MIPLAN	Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social (El Salvador)
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
NCSP	National Communications Support Programme
N ₂ O	Oxido nitroso
NO _x	Oxidos de nitrógeno
NOAA	National Oceanic & Atmospheric Administration.
OAPA/MAG	Oficina Asesora de Planificación Agropecuaria/Ministerio de Agricultura y Ganadería

OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OPS	Organización Panamericana de Salud
PDF-B	Project Development Fund, Block B.
PCG/GWP	Potencial de Calentamiento Global/Global Warming Potential
PIB	Producto Interno Bruto
PU/PT	Población Urbana/Población Rural
PM/PF	Población Masculina/Población Femenina
$P_{(7,18)}$	Población Total entre 7 y 18 años
$PE_{(7,18)}$	Población Escolar entre 7 y 18 años
RIN	Reservas Internacionales Netas
SCENGEN	SCENario GENerator, combina los resultados de MAGICC y los de un grupo de MCG para producir escenarios de cambio climático regional tomando en cuenta un grupo de variables climáticas.
SEMA	Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente
SICA	Sistema de la Integración Centroamericana
SIEPAC	Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central.
SIG	Sistema de Información Geográfica
STUGE	Sea-level and Temperature Greenhouse Effect.
TG/MG	Temperatura Global/Incremento del nivel del mar
UKHI	Experimento de equilibrio realizado en el Reino Unido, utilizando un modelo atmosférico de la Oficina de Meteorología del Reino Unido, acoplado con un modelo oceánico de capa mezclada.
UNDP/PNUD	United Nations Development Programme/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
UNEP/PNUMA	United Nations Environment Programme/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
UNFCCC/CMCC	United Nations Framework Convention on Climate Change/Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
UNITAR	United Nations Institute for Training and Research.
USAID	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.
USCSP	United States Country Studies Programme
USGS	United States Geological Survey.

Unidades de Medida.

Unidades de Medida		
Símbolo	Nombre	Definición
Pg	Petagramo	$g \times 10^{15}$
Tg	Teragramo	$g \times 10^{12}$
Gg	Gigagramo	$g \times 10^9$ (10^3 ton)
Mg	Megagramo	$g \times 10^6$
PJ	PetaJulio	$J \times 10^{15}$
TJ	TeraJulio	$J \times 10^{12}$
GJ	GigaJulio	$J \times 10^9$
cal	Caloría	4,1868 J
Tcal	Teracaloría	$cal \times 10^{12}$
GWh	Gigavatio hora	$W \times 10^9$
MWh	Megavatio hora	$W \times 10^6$
Ton	Tonelada corta	909 kg (20 qq)
TM	Tonelada métrica	1,000 kg
ha	hectárea	$10^4 m^2$
qq	quintal	46 kg