



Resumen Ejecutivo

PRIMERA COMUNICACION NACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO

REPUBLICA DE EL SALVADOR

FEBRERO DE 2000

Indice



1. El Salvador: Geografía y Ecología
2. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero
3. Medidas para la Aplicación de la Convención:
 - 3.1. Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético
 - 3.2. Arreglos Institucionales
 - 3.3. Proyectos de Mitigación
4. Vulnerabilidad y Adaptación:
 - 4.1. Escenarios Climáticos
 - 4.2. Evaluación de los Impactos
 - 4.3. Proyectos de Adaptación
5. Referencias

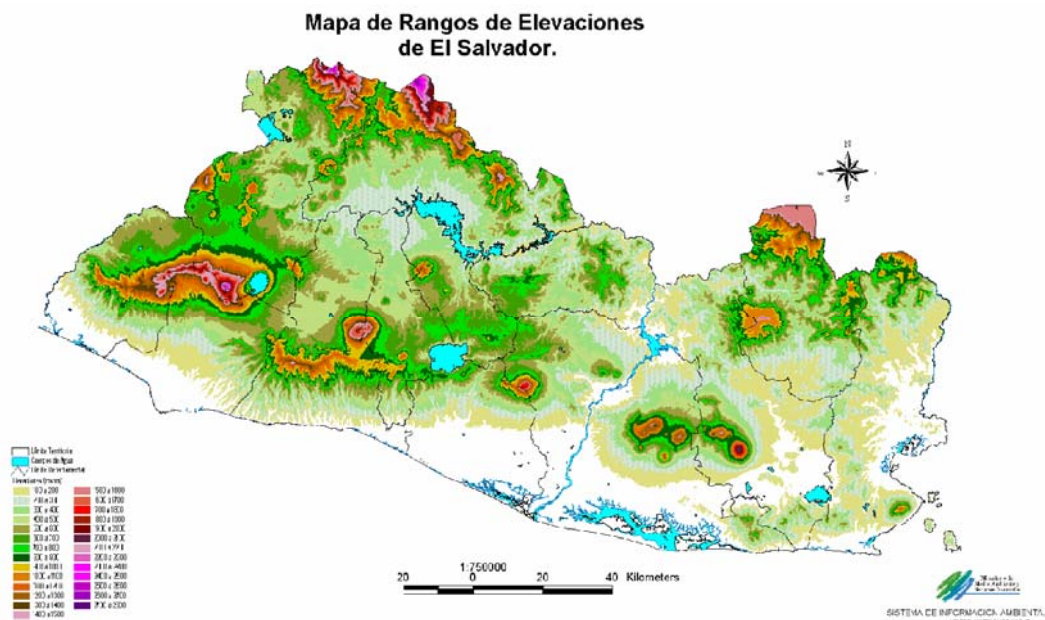
1. El Salvador: Geografía y Ecología.

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 tropical (Holdridge, 1975). 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°C (Centella, et al. 1998).

Debido a su posición geográfica, El Salvador ha experimentado 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 por ciento de la precipitación y el 10 por ciento restante en la estación seca. En su conjunto estos aspectos geográficos, ecológicos y climatológicos del país, están firmemente interconectados, forman un solo cuerpo e influyen en forma determinante en la vida nacional.



2. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

En El Salvador, la dinámica de la degradación ambiental ha estado íntimamente ligada a la producción de gases de efecto invernadero (GEI), 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 GEI.

Emisión Anual Neta de Gases de Efecto de 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			

Resulta interesante hacer notar que las emisiones de CH₄ y N₂O podrían llegar a tener, al cabo de 20 años, una contribución relativa al Calentamiento Global, del 40.25% y 17.90% respectivamente. Esto cobra mayor importancia al momento de identificar y priorizar las medidas de mitigación de los GEI.

Efecto Equivalente de las Emisiones de Gases de Efecto de Invernadero. El Salvador 1994				
Gases	Emisión Neta (Gg)	Factor PCG 20 años	Emisiones CO ₂ Equivalentes	Contribución Relativa %
CO ₂	8,644.94	1 Gg CO ₂ /1 Gg CO ₂	8,644.94	41.85
CH ₄	148.50	56 Gg CO ₂ /1 Gg CH ₄	8,316.00	40.25
N ₂ O	13.21	280 Gg CO ₂ /1Gg N ₂ O	3,698.80	17.90

3. 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 cápita (en US\$ de 1990) de alrededor de US\$1,200. Ese marco de referencia, es un claro referente sobre 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, 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.

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

3.1. Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético.

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 futura 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.

A efectos del estudio energético de mitigación, se convino en utilizar como referencia un escenario socioeconómico tendencial, el cual presupone que la tendencia manifestada en los últimos años se mantendrá o variará muy poco.

Indicadores Demográficos Proyectados					
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

Para la proyección de los indicadores sociales se considera: alfabetismo, escolaridad, tipo de vivienda, servicios de la vivienda, mortalidad infantil, grado de pobreza, entre otros. Los más importantes indican las siguientes tendencias.

Indicadores Sociales Proyectados					
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

Indicadores Económicos Proyectados					
Indicador	Unidad de Medida	Años de Corte			
		2005	2010	2020	2025
PIB US\$ 1990	Millones de US\$	9,505	11,524	16900	20,533
Tasa de crecimiento PIB	%	3.9	3.9	3.9	3.9
PIB per capita	US\$ de 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

Dentro del escenario energético de referencia, y para determinar la demanda energética de los sectores socioeconómicos, se consideraron las pautas siguientes:

- La penetración de nuevas fuentes energéticas, como el gas natural y la energía solar.
- La modificación de la tendencia histórica de participación de las diferentes fuentes en los distintos usos.
- Una mejora de los consumos específicos de energía en los usos finales.
- 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 la misma crecerá, en cuanto a 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.

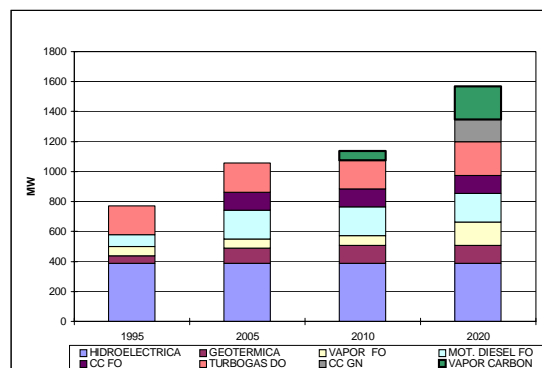
La demanda total de energía bajo un escenario energético de referencia, respondería al siguiente patrón:

- 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 estima un crecimiento en su demanda de energía del 18.8%. Este pequeño incremento comparado con el del Sector Transporte obedece a la introducción de gas licuado de petróleo (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%.

Demanda Anual de Energía por Sectores (PJ)								
Sectores	1995		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%

Fuente: Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético de El Salvador, 1998.

Se ha considerado, que dadas las condiciones del nuevo marco regulatorio del sector energía eléctrica, el abastecimiento de la energía será realizado con recurso eminentemente térmico.



Evolución de la capacidad instalada del parque generador, Escenario de Referencia

En el siguiente cuadro se consolida, para el período 1995–2020, la proyección de las emisiones de GEI para el sistema energético de El Salvador; y en el cuadro posterior, se 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.

El mayor consumo de petróleo y la disminución del consumo de leña, indicado anteriormente, se refleja en el incremento de las emisiones No Biogénicas y la disminución de las Biogénicas. Las primeras experimentan un incremento de aproximadamente 201%, mientras que las segundas disminuyen en un 10%.

Emisiones Totales de GEI (Gg) Escenario Energético de Referencia				
Gases de Efecto de Invernadero	1995	2005	2010	2020
Dióxido de carbono (CO ₂)				
No Biogénico	4,364.24	6,617.08	8,333.32	13,130.00
CO ₂ Biogénico	9,416.10	9,476.78	9,381.78	8,452.75
Monóxido de carbono (CO)	482.73	547.17	566.00	638.47
Metano (CH ₄)	33.20	32.67	31.79	27.72
Oxido de Nitrógeno (NO _x)	37.37	66.52	73.52	91.34
Oxido Nitroso (N ₂ O)	0.24	0.23	0.22	0.18

Fuente: Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético de El Salvador, 1998.

Evolución de las Emisiones de CO ₂ por Sector (Gg) Escenario Energético de Referencia								
	1995		2005		2010		2020	
DEMANDA	No Biog.	Biogénic	No Biog.	Biogénic	No Biog.	Biogénic	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

Fuente: Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético de El Salvador, 1998.

Considerando que los diferentes GEI, producto de la quema de los combustibles, tienen diferente capacidad de influir en el balance energético del sistema atmósfera-tierra, es importante comparar la contribución relativa de cada uno de ellos sobre una base común. Al considerar el efecto del Potencial de Calentamiento Global (PCG), las emisiones totales de CO₂ de origen No-Biogénico se habrán incrementado, para el año 2020, en aproximadamente 114%.

Emisiones Totales de CO ₂ (Gg) Considerando el Potencial de Calentamiento Global para 20 años Escenario Energético de Referencia				
Gases de Efecto de Invernadero	1995	2005	2010	2020
Dióxido de Carbono, (CO ₂)				
No – Biogénico	4,364.2	6,617.1	8,333.3	13,130.0
Monóxido de Carbono (CO)	3,379.1	3,830.2	3,962.0	4,469.3
Metano (CH ₄)	2,058.4	2,025.7	1,970.9	1,718.6
Oxidos de Nitrógeno (NO _x)	5,606.0	9,977.7	11,000.0	13,700.0
Oxido Nitroso (N ₂ O)	68.7	65.7	62.8	51.7
Total	15,476.5	22,516.4	25,329.0	33,039.6

Fuente: Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético de El Salvador, 1998.

Para la definición del escenario energético de mitigación, se establecieron pautas generales y sectoriales. 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 ha tomado en consideración aquellos procesos que por razones económicas, sociales o ambientales es razonable esperar que sean impulsados en el futuro próximo, considerándose las pautas sectoriales siguientes:

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 de la energía solar se estima que ésta tendrá una penetración limitada a los estratos de mayores ingresos de la población urbana, especialmente para el calentamiento de agua. Para los usos eléctricos se ha estimado que en todo el sector residencial se utilizará exclusivamente la energía eléctrica, en tanto que el uso actual de kerosene para iluminación se reducirá a niveles insignificantes.

En cuanto a los rendimientos de las fuentes, se ha asumido 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 2020.

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 del 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 gas natural comprimido (GNC); la participación del diesel y la gasolina, que 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% respecto del año de referencia, a una tasa promedio anual del 3.6%

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, puede observarse cambios en la estructura del consumo, que reflejan la penetración del GN cuya participación en el consumo de energía final será del 8.7 %, y el incremento en el uso de fuel oil, cuya participación alcanzará el 39 %, en tanto que las restantes fuentes disminuirán su participación.

Sector Resto:

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 de comercio y servicios, pues se espera que ésta sea utilizada en estas actividades para el 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.

Emisiones de GEI provenientes de la demanda de energía final. (Gg)				
Escenario Energético de Mitigación				
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

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 cuanto a las carteras para inversión extranjera. Se ha considerado que para el año 2005, se habría 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 con la capacidad instalada en San Marcos Lempa en 80 MW para el año 2010.
- 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, el balance exportaciones-importaciones se mantiene equilibrado.
- El recurso de plantas de Vapor a fuel oil, no presenta alteración alguna hasta el año 2005, a partir del 2010 se reconvierte la planta a GN y se incrementa la capacidad con una máquina de 100 MW, con la misma tecnología en el año 2020.
- Los ciclos combinados de fuel oil, aparecen en el año 2000 con 120 MW, y se reconvierten a GN en el año 2005 para el resto del período. El factor de planta cuando usa fuel oil es de 30.4 %, incrementado su participación notablemente cuando se cambian las unidades a gas natural.
- Para los autoprodutores, en este escenario se considera que la alternativa fotovoltaica empieza a tener participación a partir del año 2005 y se incrementa un poco en el resto del período.

- g) Con respecto al recurso de generación impulsados por motores de combustión interna que utilizan fuel oil, el desarrollo del recurso hace que se utilicen la capacidad plena de los existentes actualmente en la Central de Nejapa y se incrementen 112 MW para el año 2000, de aquí en adelante no se tienen mayores expansiones en 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 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.

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 FO.	60	63	0	0
Motores Diesel FO	80	192	192	192
Turbogas GN.	0	194	254	254
Turbogas DO.	194	0	0	0
CC. 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

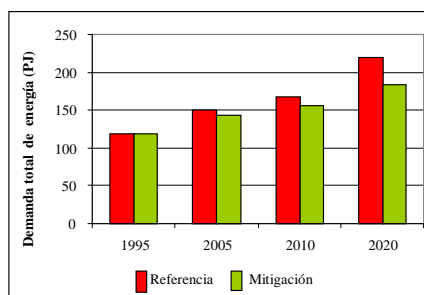
Emisiones Totales de GEI de las centrales termoeléctricas Escenario Energético de Mitigación					
GEI	Años				Unidad
	1995	2005	2010	2020	
CO ₂ No Biogénico	1,368.1	1,538.8	1,271.0	1,254.2	Gg
CO	1.6	5.0	5.1	4.1	Gg
CH ₄	173.2	459.1	472.6	830.4	Mg
NO _x	7.8	23.7	23.6	19.6	Gg

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 en las emisiones de GEI por cada unidad de energía consumida en El Salvador.

Emisiones Totales de GEI (Gg) Escenario Energético de Mitigación				
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

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 del escenario de referencia.
- La demanda de leña en el escenario de mitigación es considerablemente menor que en el escenario de referencia; para el año 2020 ésta sería inferior en un 37% a la estimada para el escenario de referencia.
- 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 de las cantidades observadas para el escenario de referencia.
- La penetración del GN y de la energía solar, aunque suponen una diversificación de las fuentes utilizadas, no representan una diferencia significativa respecto del escenario de referencia.



Comparación de la demanda de energía para los escenarios de Referencia y Mitigación
Fuente: Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético de El Salvador, 1998.

Como puede apreciarse en el cuadro siguiente, la disminución en 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.

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	-4431.4	-33.8%
CO ₂ Biogénico	8,452.8	5,671.5	-2781.3	-32.9%
CO	638.5	429.4	-209.0	-32.7%
CH ₄	27.7	17.0	-10.7	-38.6%
NO _x	91.3	64.8	-26.5	-29.0%
N ₂ O	1.8x10 ⁻¹	9.6x10 ⁻²	-8.2x10 ⁻²	-46.2%

Como puede apreciarse, 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.

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 ; GWP 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%

3.2. Arreglos Institucionales.

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 (MARN), los arreglos institucionales necesarios para la continuidad y efectividad de las acciones en el área de cambio climático.

Para tal efecto, se requiere diseñar y activar mecanismos institucionales especializados en cambio climático, como garantía para lograr:

- Un 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.
- 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.
- 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.
- Un enlace con los niveles locales¹ 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:

- La creación de una oficina o unidad de cambio climático dentro del MARN, la cual coordinaría la institucionalización y desarrollo de un Programa Nacional de Cambio Climático.
- La consolidación de un Comité/Comisión Nacional de Cambio Climático.
- La creación de un Comité Científico Nacional de Cambio Climático.

Dada la complejidad, el amplio ambito de acción, los alcances y el horizonte de tiempo requerido para la ejecución de un Programa Nacional de Cambio Climático, sería necesaria una Oficina o Unidad de Cambio Climático dentro del MARN, la cual estaría en íntima vinculación con las áreas afines al ámbito de acción de ésta.

Esta Oficina/Unidad de Cambio Climático (OCC), asumiría tres Puntos Focales: el de la Convención, el del IPCC² y el del MDL³, y realizaría la coordinación y seguimiento de la aplicación de los compromisos nacionales en esas materias.

El Programa Nacional de Cambio Climático comprendería dos componentes fundamentales: a) Componente de Mitigación y b) Componente de Vulnerabilidad y Adaptación. Asimismo, se crearía una base de datos de proyectos de mitigación y adaptación, la cual sería actualizada de manera permanente.

¹ Gobiernos locales, comunidades rurales, asentamientos humanos, etc.

² Panel Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático, es el organismo científico acreditado por la Convención.

³ Mecanismo de Desarrollo Limpio.

3.3. Proyectos de Mitigación.

Según los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de El Salvador, para el año de referencia 1994, los sectores que tienen una mayor participación en las emisiones totales nacionales de gases de efecto invernadero 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 potencial de calentamiento global (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 estudio Análisis de las opciones de mitigación de GEI en el sector energético de El Salvador, 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. Dicho análisis permitiría establecer sectorialmente, el grado de competitividad de los diferentes proyectos nacionales potenciales.

En esa línea, el MARN ha gestionado ante el GEF⁴ 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 desarrollará un PDF-B⁵ cuyos productos principales serían: a) Evaluación de las oportunidades de mercado para el desarrollo comercial de los proyectos de energías renovables, b) Evaluación del marco de política y legal relevante 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 un programa de capacitación.

Asimismo, se ha gestionado ante el Banco Mundial un proyecto para la creación de capacidades nacionales para la aplicación del Protocolo de Kioto. 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 elegibles dentro del MDL.

4. Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático.

4.1. Escenarios Climáticos.

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.

De acuerdo con los resultados de los tres modelos de circulación global (MCG), extraídos de la rejilla del SCENGEN⁶ dentro de la cual se localiza El Salvador, y considerando el escenario de emisión 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.

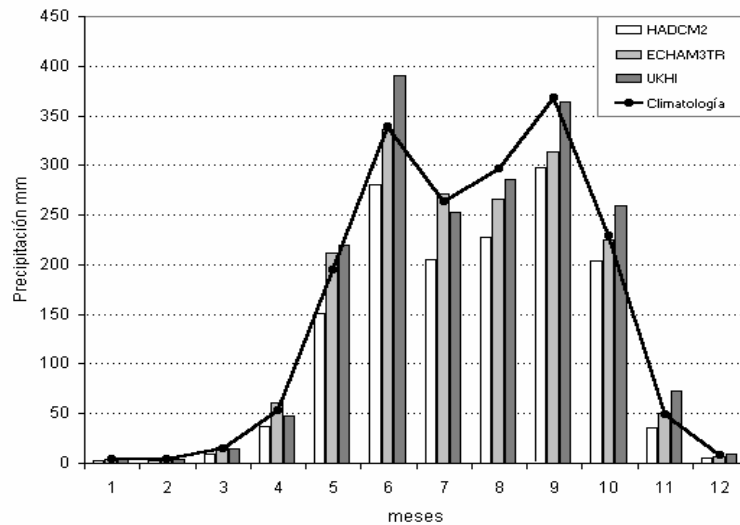
⁴ Global Environment Facility.

⁵ Project Development Fund, Block B.

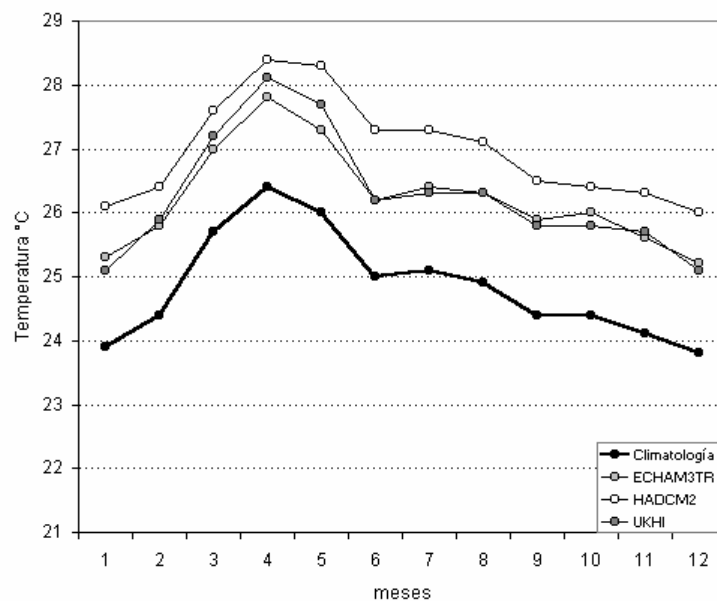
⁶

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 escenarios de emisión, 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.

Los gráficos siguientes representan 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. 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.

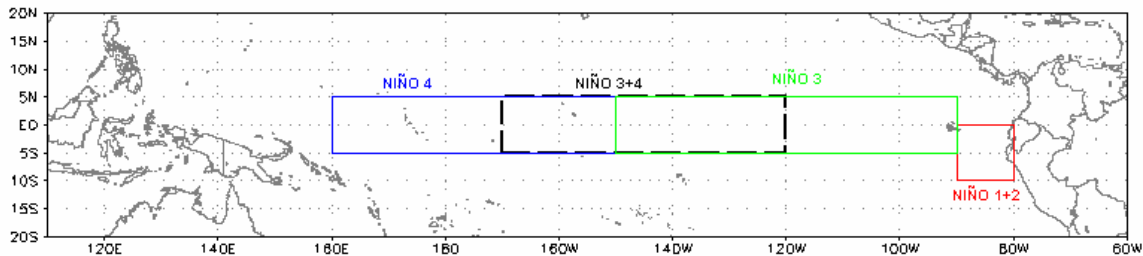


Patrón de variación anual de la precipitación para el año 2050, de acuerdo con la salida de los tres MCG y considerando el escenario de emisión IS92a.



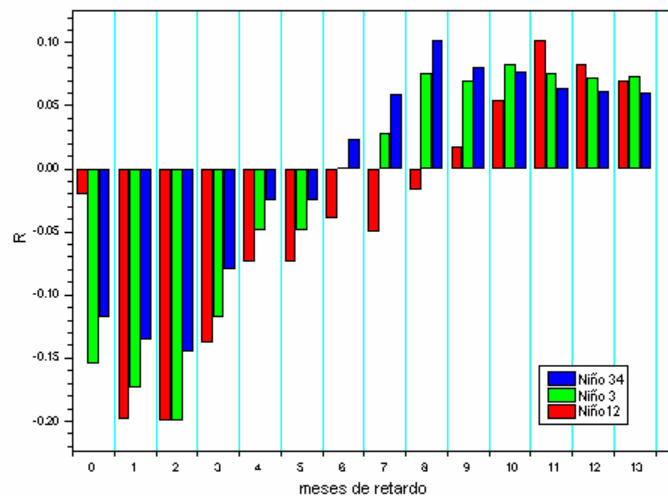
Patrón de variación anual de la temperatura para el año 2050, de acuerdo con la salida de los tres MCG y considerando el escenario de emisión IS92a.

Un análisis comparativo de las anomalías de los totales de precipitación, indica que los períodos de reducciones intensas en la cantidad anual de lluvia acumulada, estarían relacionados con aquellos años en que se desarrolló el evento El Niño/Oscilación del Sur (ENOS). 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.



Localización de regiones para las cuales se obtuvieron las anomalías de la temperatura superficial del mar.

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 de El Salvador, 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.



Correlaciones entre las anomalías de temperatura superficial del mar 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 notar 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. Pero considerando 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.

4.2. Evaluación de los Impactos del Cambio Climático.

Debido a la profundización de los efectos del fenómeno ENOS en las últimas décadas, los efectos de la sequía han sido estudiados con bastante atención en los últimos años 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 para el cultivo de maíz que podrían ascender a 3.1 millones de US\$ en el año 2025.

La posibilidad de que ocurra un incremento del nivel del mar en El Salvador constituiría el efecto más negativo en la zona costera, 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 salvadoreña, 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 el escenario socioeconómico tendencial, 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 a nivel social. Estas repercusiones se manifiestan en la salud, nutrición, educación y niveles 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.

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

En el cuadro siguiente se muestran los resultados del escenario de oferta de alimentos bajo el escenario climático que reduce la productividad de los granos básicos, identificándose problemas serios de abastecimiento de alimentos.

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

Brecha Alimentaria para los años 2020 y 2100 con Reducción de Productividad bajo Condiciones de Cambio Climático (en miles deTM)				
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, 1998. Aguilar, 1999.

Si se parte del hecho que los granos básicos forman parte importante del Producto Interno Bruto (PIB) agrícola, las modificaciones en la producción de éstos afectará directamente el comportamiento del PIB agrícola.

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 realizados (Romano, 1997) 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%. En consecuencia, 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 2020 (Tejo, 1996) equivalentes a US\$87 por tonelada de maíz y de US\$ 190 por tonelada de arroz, y las brechas alimentarias calculadas, se esperaría un incremento del valor de las importaciones de la magnitud señalada en el cuadro siguiente:

**Necesidades de Divisas para Importación de Maíz y Arroz. Año 2020
(miles de US \$)**

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: elaboración con base en brecha alimentaria. Tejo (1996), Merino (1999) y Aguilar (1999).

4.3. Proyectos de Adaptación.

Dentro del marco de la ayuda que la USAID⁸ 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 CCAD⁹.

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:

- 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 (río Lempa), ya sea entre entidades gubernamentales o de carácter privado o mixto.

- 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 del Lempa, 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.

- 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.

- 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 procedimientos para la gestión de la cuenca y la mitigación de los desastres. Desarrollo de un SIG¹⁰ 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.

⁸ Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

⁹ NOAA: National Oceanic & Atmospheric Administration, USGS: United States Geological Survey, SICA: Sistema de Integración Centroamericano, CRRH: Comisión Regional de Recursos Hídricos, CEPREDENAC: Centro de Prevención de Desastres Naturales de Centroamérica, y CCAD: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.

¹⁰ Sistema de Información Geográfica.

5. Referencias.

Los estudios cuyos resultados sirvieron de base para la elaboración de la Primera Comunicación Nacional de El Salvador, fueron realizados dentro del marco del Proyecto-GEF "Apoyo a la Creación de Capacidades Nacionales para la Elaboración de la Primera Comunicación Nacional", y son los siguientes:

1. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de El Salvador: año de referencia 1994. 1998.
2. Climatología de El Salvador: Escenarios Climáticos de Referencia, 1998.
3. Escenarios Climáticos para la Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en El Salvador, 1998.
4. Escenarios Socioeconómicos para la Evaluación de los Impactos del Cambio Climático y el Análisis de las Opciones de Mitigación de El Salvador, 1998.
5. Análisis de las Opciones de Mitigación del Sector Energético de El Salvador, 1999.
6. Lineamientos para una Estrategia de Mitigación en el Sector Energético de El Salvador, 1999.
7. Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en el Sector Agropecuario de la Zona Costera de El Salvador, 1999.
8. Evaluación de los Impactos del Cambio Climático en la Seguridad Alimentaria de El Salvador, 1999.