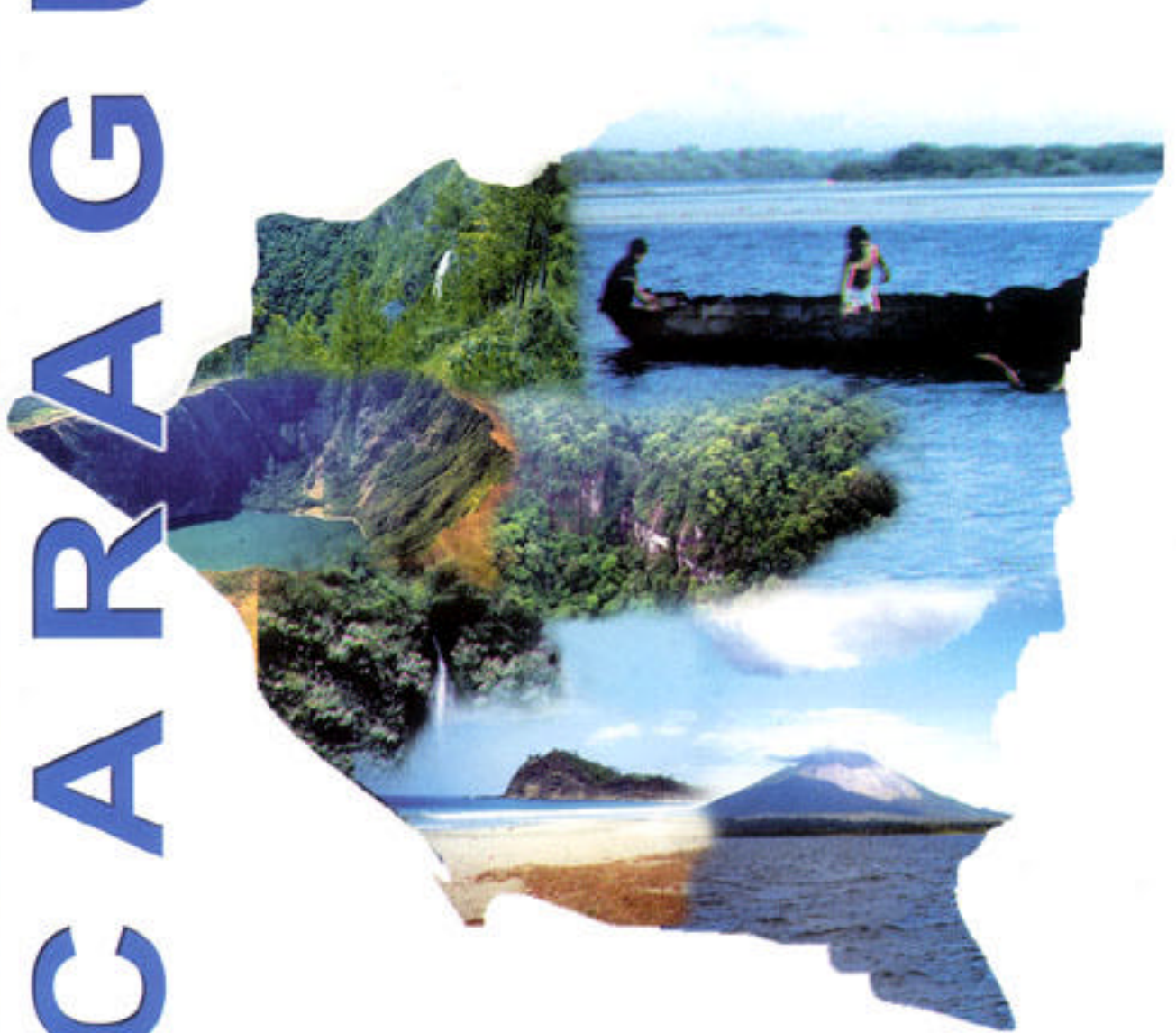


# N I C A R A G U A



República de Nicaragua

## Primera Comunicación Nacional



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

Managua, Marzo 2001

# 1. RESUMEN EJECUTIVO

## 1.1. Circunstancias Nacionales

### **Geografía:**

La República de Nicaragua está ubicada en América Central, entre Honduras y Costa Rica, y se extiende entre las latitudes 10° 45' y 15° 15' Norte y las longitudes 83° 00' y 88° 00' Oeste. El área total del territorio nicaragüense es de 130,374 km<sup>2</sup>, correspondiendo 120,340 km<sup>2</sup> a tierra firme y 10,034 km<sup>2</sup> a lagos y lagunas costeras. Estas características convierten a Nicaragua en el país más extenso y menos densamente poblado de América Central. El 63% de la superficie terrestre de Nicaragua es plana o ligeramente ondulada y solamente el 17% alcanza alturas de 501 a más de 1500 m.s.n.m.

La hidrografía de Nicaragua está formada por dos grandes vertientes: la del Pacífico y la del Caribe, conformadas por todos los ríos que descargan sus aguas en el Océano Pacífico o en el Mar Caribe. Nicaragua posee 21 cuencas hidrográficas (13 en la vertiente del Caribe y 8 en la del Pacífico), siendo las más extensas, la del Río San Juan y el Río Coco. El territorio de la República de Nicaragua se divide en 15 departamentos y 2 regiones autónomas. Los departamentos se dividen en municipios, los cuales suman en la actualidad 147.

### **Clima:**

De acuerdo a la clasificación de Köppen en el territorio nacional se presentan cuatro tipos de clima. El clima tropical de pluvioselva, es representativo del extremo sudeste de la región Atlántica, con precipitaciones medias anuales superiores a 4,000 mm y temperaturas medias entre 25° y 29°C. El clima monzónico de selva, se presenta en la llanura del Caribe, con un período lluvioso de 9 a 10 meses (2,000 a 3,000 mm anuales) y la temperatura media anual es de 27°C.

En la Región del Pacífico predomina el clima tropical de sabana, con una estación relativamente seca de 6 meses de duración (noviembre – abril) y otra lluviosa de igual extensión (mayo – octubre). La precipitación anual varía entre 700 y 2,000 mm y la temperatura media entre 25°C en las partes más elevadas y 29°C en las llanuras y costas. El clima subtropical de montaña es representativo de la regiones Norte y Central, en lugares situados a más de 1,000 m.s.n.m. La temperatura media oscila entre 10° y 25°C y la precipitación es mayor a 1,000 y menor a 2,000 mm.

### **Recursos naturales:**

En el territorio nicaragüense se encuentran las extensiones boscosas más grandes de Centroamérica. Nicaragua da cobertura a más de veinte ecosistemas distintos, ricos en biodiversidad; además ocupando tan sólo el 0.13% de la superficie terrestre mundial es

poseedora de una diversidad faunística, florística y geográfica equivalente al 7% del planeta (TWSC, 1990). Nicaragua abarca el 31% de la superficie total del Corredor Mesoamericano y el 50.2% del territorio nacional. El Sistema Nacional de Áreas Protegidas, cuenta con 76 áreas legalmente establecidas y comprenden una extensión de 2,242,193 hectáreas, equivalentes al 17% de la superficie del territorio nacional.

### **Demografía**

La población total de la República de Nicaragua en 1994 era de 4,298,900 habitantes, con una densidad aproximada de 33 hab/km<sup>2</sup> (INEC, 1995). La tasa bruta de natalidad se estima en 3.8%, superior al promedio latinoamericano de 2.9% y al promedio mundial de 2.7%; mientras que la tasa bruta de mortalidad se estima en 0.9%, ligeramente superior al promedio latinoamericano de 0.7%. La población nicaragüense en su mayoría es mestiza. La composición étnica de la Región Atlántica está integrada por poblaciones indígenas: Sumos, Misquitos, Ramas y Garífonas, así como población negra y diversos mestizajes.

### **Agropecuario**

Este sector constituye el eje de la economía nacional. Durante el quinquenio 1990-1994 su crecimiento estuvo por debajo de su potencial, debido a condiciones climáticas adversas. El sector tuvo un crecimiento de 10.5% con respecto al ciclo 1990-1993, determinado por los resultados obtenidos en los subsectores agrícola y pecuario, los cuales crecieron en 16.1% y 2.5% respectivamente. En 1994, este sector generó el 25% del PIB, el 65% de las exportaciones y más del 40% del empleo en el país (BCN, Informe anual 1994).

### **Energía**

Nicaragua posee tres fuentes de energías primarias nacionales: biomasa, hidráulica y geotérmica. También es un importador neto de petróleo y de sus derivados. La oferta interna bruta de energía para 1994 fue de 85,583 Terajulios, en donde la leña es la que tiene mayor preponderancia en la oferta, seguida del petróleo y sus derivados. La estructura sectorial del consumo final de energía indica que el sector residencial es el mayor consumidor de energía (60.75%), seguido por el sector transporte (18.05%) que es un consumidor neto de derivados del petróleo (INGEI, 1994).

### **Economía**

En 1994 el Producto Interno Bruto de Nicaragua (PIB), alcanzó un valor de 1,871.1 millones de dólares, lo que equivale a un PIB per cápita de \$435.2/hab. De un total de 4,298.9 miles de habitantes, la población con edades mayores a 10 años alcanzaba 2,943.9 miles; de los cuales la Población Económicamente Activa (PEA) era de 1,479.3 miles y el total ocupados de 1,176.6 miles (BCN, Informe anual 1994). De éstos el 40.12% estaban ocupados en actividades primarias, el 12.89% en secundarias y el 46.99% en actividades terciarias. La relación PEA/Población ocupaba el 33%, la Tasa de ocupación alcanzó el 82.9% y el desempleo el 17.1% y

la Tasa de subempleo 12.2%. Dos características explican la situación actual de Nicaragua, primero es un país de postguerra y el grado de destrucción alcanzado tiene impactos duraderos difíciles de resolver a corto plazo. Segundo se trata de un país altamente endeudado.

## 1.2. Inventario nacional de gases de efecto invernadero

El primer inventario de Nicaragua sobre fuentes y sumideros de gases de efecto invernadero (INGEI), fue preparado de acuerdo a las guías metodológicas del Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), versión revisada de 1996. El inventario está referido a los tres gases de efecto invernadero directo: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ); así como a los gases de efecto invernadero indirecto que son precursores del ozono troposférico: monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) y compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM). También se incluyó el dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), el cual no es gas de efecto invernadero directo sino un aerosol precursor. Por falta de datos no se incluyeron los hidrofluorocarbonos (HFC), los hidrocarburos perfluorados (PFC) y el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

El INGEI permitió cuantificar las emisiones de GEI por categorías de fuentes y sumideros en cinco sectores. El Cuadro 1.1, presenta un resumen nacional por emisión y absorción anual neta de GEI para el año de referencia 1994. Las emisiones netas de  $\text{CO}_2$  indican que el sector energía es uno de los principales emisores de este gas, con 2,375.54 Gg. Sin embargo, debido a la regeneración natural de la cobertura boscosa y al abandono de las tierras cultivadas durante los últimos 20 años en el sector cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS), se obtuvo una fijación anual neta de 12,055.71 Gg de  $\text{CO}_2$  en 1994.

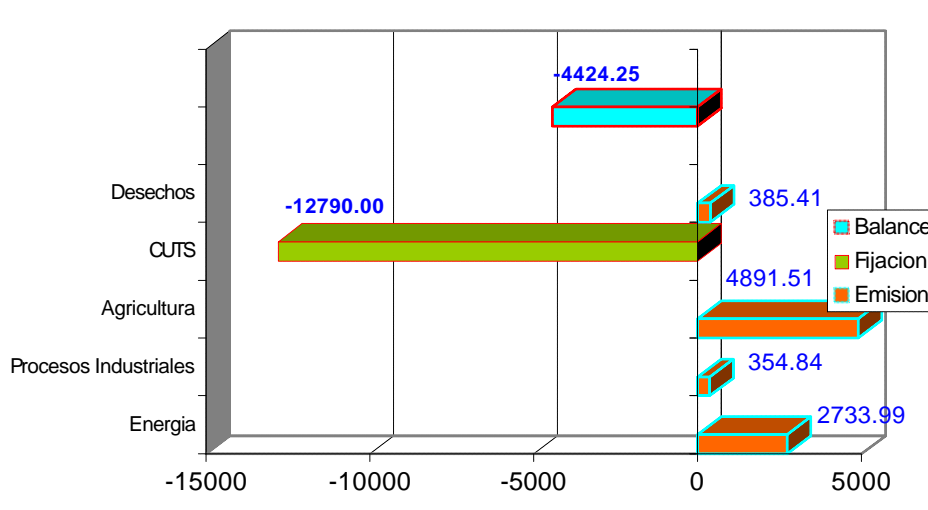
La emisión de metano fue de 271.39 Gg, el 63.1% se debió a las actividades agrícolas, 27.5% por el cambio de uso del suelo y el 9.4% restante distribuido entre los sectores desechos y energía. Las emisiones de óxido nitroso totalizaron 3.07 Gg, siendo el principal contribuyente el sector agrícola con 71%, el 29% restante se distribuyen entre los otros cuatro sectores.

**Cuadro 1.1.** Resumen de la emisión y absorción anual neta de gases de efecto invernadero en Gg, Nicaragua 1994.

Sectores	Gases						
	$\text{CO}_2$	$\text{CH}_4$	$\text{N}_2\text{O}$	CO	$\text{NO}_x$	COVDM	$\text{SO}_2$
Energía	2,373.54	12.10	0.20	250.05	16.97	31.85	-
Procesos Industriales	354.84	-	-	-	-	9.31	4.59
Agricultura	-	171.18	2.18	54.58	1.61	-	-
CUTS	-14,784.09	74.73	0.51	653.86	18.57	-	-
Desechos	-	13.38	0.18	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>-12,055.71</b>	<b>271.39</b>	<b>3.07</b>	<b>958.49</b>	<b>37.15</b>	<b>41.16</b>	<b>4.59</b>

En la Figura 1.1 se presenta el balance de las emisiones y fijaciones de bióxido de carbono equivalente para el año 1994. Las emisiones de metano y óxido nitroso fueron convertidas a CO<sub>2</sub> equivalente por medio del potencial de calentamiento global, el cual es una medida del efecto radiativo de los diferentes GEI con respecto al CO<sub>2</sub>. Como resultado se obtuvo una capacidad de fijación de 4,424.25 Gg.

**Figura 1.1.** Balance de emisiones y fijaciones de CO<sub>2</sub> equivalente en Gg. Nicaragua 1994.



A pesar de que el Sector CUTS fijó una considerable cantidad de CO<sub>2</sub> que sitúa a Nicaragua en la posición de país fijador de GEI, de continuarse con la situación actual “ sin implementar ningún tipo de medida de mitigación”, la cantidad de emisiones de GEI será mayor que la capacidad de fijación actual, debido principalmente al avance de la frontera agrícola y a la deforestación, la cual fue estimada en 120 mil hectáreas al año para el período 1993-1995.

Las incertidumbres del INGEI, son parte de las características de un país en vía de desarrollo como Nicaragua. Ejemplo de ello es que el inventario sectorial del CUTS presenta un 52% de incertidumbres, debido principalmente a la carencia de un inventario forestal, ausencia de investigaciones puntuales acerca del crecimiento y desarrollo de las distintas formaciones boscosas presentes en el país y como consecuencia se adolece de factores de emisiones de GEI propios del sector, no obstante; las incertidumbres actuales servirán como indicadores para profundizar en futuros estudios relacionados con los sectores que presentan mayores imprecisiones.

### 1.3. Impactos del cambio climático en Nicaragua

La evaluación de los probables impactos del cambio climático requieren de dos elementos fundamentales; primero fue necesario elaborar los escenarios de cambio climático probables a diferentes horizontes de tiempo, de tal manera que permitan prever la posible intensidad de las variaciones del clima. En segundo lugar, se requiere formular hipótesis admisibles sobre la sociedad que enfrentará dichos cambios. La sociedad del próximo siglo no será idéntica a la

actual, en términos de población, riqueza producida, consumo de electricidad, agua potable, etc. Tales proyecciones se presentan en los Escenario Climáticos y Socioeconómicos para el Siglo XXI en Nicaragua.

#### a. Escenarios climáticos

Los escenarios climáticos permitieron proyectar el comportamiento futuro de las principales variables climáticas en Nicaragua para los próximos 100 años, sobre la base de la elaboración de tres escenarios: pesimista (IS-92a), moderado (IS-92d) y optimista (IS-92c), fundamentados en los escenarios de emisiones del IPCC.

Los resultados de las simulaciones del clima en el territorio muestran las variaciones de las principales características del tiempo atmosférico (temperatura, precipitación y nubosidad), a tres horizontes de tiempo y tres escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero en las vertientes Atlántica y Pacífica de Nicaragua. Los datos presentados en el Cuadro 1.2, son promedios anuales de las variables meteorológicas analizadas.

**Cuadro 1.2.** Proyecciones del clima futuro de Nicaragua para el siglo XXI.

Horizonte de tiempo	ESCENARIOS					
	Pesimista IS-92a		Moderado IS-92d		Optimista IS-92c	
	PACÍFICO	CARIBE	PACÍFICO	CARIBE	PACÍFICO	CARIBE
<b>PRECIPITACIÓN EN %</b>						
2010	-8.4	-8.2	-7.9	-7.7	-7.9	-7.7
2050	-21.0	-20.5	-16.9	-16.5	-16.2	-15.8
2100	-36.6	-35.7	-25.3	-24.7	-21.0	-20.5
<b>TEMPERATURA EN °C</b>						
2010	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7
2050	2.1	1.9	1.7	1.5	1.6	1.5
2100	3.7	3.3	2.6	2.3	2.1	1.9
<b>NUBOSIDAD EN %</b>						
2010	-3.6	-4.0	-3.4	-3.7	-3.4	-3.7
2050	-9.0	-9.9	-7.2	-7.9	-6.9	-7.6
2100	-15.6	-17.2	-10.8	-11.9	-9.0	-9.9

Al comparar los escenarios climáticos pesimista y optimista para las tres variables climáticas (precipitación, temperatura y nubosidad) en las vertientes del Pacífico y Atlántico de Nicaragua, se observa que la precipitación media anual disminuirá desde  $-8.4\%$  ( $-7.9$ )<sup>1</sup> hasta  $-36.6\%$  ( $-21.0$ ) en la vertiente del Pacífico, y de  $-8.2\%$  ( $-7.7$ ) a  $-35.7\%$  ( $-20.5$ ) en la del Atlántico; mientras que la temperatura media anual aumentará en el Pacífico de  $0.9^\circ$  ( $0.8$ ) a  $3.7^\circ\text{C}$  ( $2.1$ ), y de  $0.8^\circ$  ( $0.7$ ) a  $3.3^\circ\text{C}$  ( $1.9$ ) en el Atlántico. Al mismo tiempo se espera que disminuya el campo nuboso medio de  $-3.6\%$  ( $-3.4$ ) a  $-15.6\%$  ( $9.0$ ) en el Pacífico, y de  $-0.4\%$  ( $-3.7$ ) a  $-17.2\%$  ( $-9.9$ ) en el Atlántico, para los años 2010 y 2100 respectivamente.

<sup>1</sup> Entre paréntesis se muestran los resultados del escenario optimista.

Los incrementos en la temperatura media anual producirían impactos importantes en los diferentes sectores productivos y actividades humanas, debido a que influyen en gran medida en la capacidad productiva de muchos cultivos, determinan el confort humano, la salud de la población, y podrían en alguna medida limitar la adaptación de la biota en el territorio nacional.

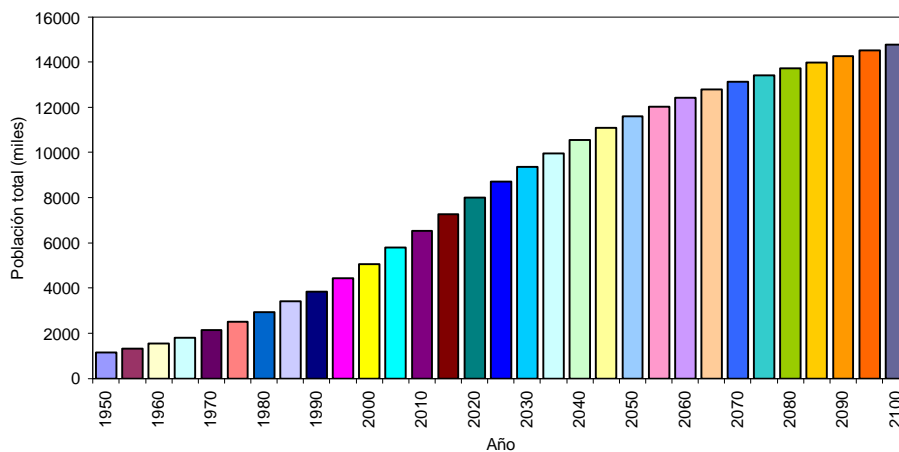
Los cambios más significativos en el campo de la precipitación media anual se esperarían en regiones que actualmente son relativamente secas, como la región norte del territorio y la de los municipios del norte de Chinandega y León. Bajo condiciones de un clima cambiado, estas zonas recibirían anualmente menos de 500 mm, lo cual tendría repercusiones importantes en las actividades agrícolas y ganaderas. La mayor parte de la región del Pacífico Central y Sur, podría pasar de 1400 - 1800 mm/año a 800 - 1000 mm/año; aumentando consecuentemente el área de las zonas secas de Nicaragua. De tal forma que los municipios considerados actualmente como zonas secas, se tornarían más secos para el año 2100.

## b. Escenarios socioeconómicos

Para la proyección de la población de Nicaragua se consideraron los resultados del censo realizado en 1995 y una revisión efectuada en 1998 en base a los resultados de una encuesta nacional de demografía y salud, de los cuales se obtuvieron los factores básicos de la evolución demográfica (fecundidad, mortalidad, esperanza de vida y migraciones). La proyección de la tasa global de fecundidad a partir de 1990-95, muestra que irá descendiendo hasta el período 2030—2035, donde se estabilizaría hasta el final del período de la proyección con valores de 2.1.

En la Figura 1.2 se muestra como la población aumentaría de casi 5 millones para el año 2000, hasta aproximadamente 14.7 millones para el 2100. El acelerado crecimiento de la población implicará mayor presión sobre los recursos naturales del país, los cuales podrían verse afectados por los cambios climáticos. Especial atención merecen los recursos hídricos, donde las probabilidades de competencia podrían ser cada vez mayores entre el consumo humano, la irrigación y la producción de energía eléctrica.

**Figura 1.2.** Evolución de la población en Nicaragua, censada (1950-1995) y proyectada (2000-2100)





El Producto Interno Bruto (PIB), se incrementaría en el transcurso del siglo XXI, de igual forma el PIB per cápita presenta un ritmo de crecimiento positivo, aunque menor, tendiendo a decrecer durante la segunda mitad de éste. La participación del sector agrícola en el PIB decrece continuamente durante el período de proyección. Sin embargo, el valor agregado total sigue creciendo, por el aumento de las áreas cosechadas en algunos casos, y sobre todo, por el progreso tecnológico que trae consigo mejores rendimientos.

Las proyecciones muestran que la dotación de agua potable en el medio urbano disminuye con el tiempo, mientras que en el medio rural aumenta. Se considera que para los diferentes horizontes de tiempo el uso del agua será más racional. En la población rural, sería causado por el mejoramiento en el nivel de vida y cambios de costumbres de la población.

Evaluaciones realizadas al consumo energético del país demuestran que el PIB es directamente proporcional al PIB per cápita y al consumo energético del país, lo que significa que al incrementarse el PIB aumentan también las demás variables analizadas. Las proyecciones demuestran que la participación de los gastos en salud en el PIB disminuirán de 14.1% en el 2000 hasta el 4% para el 2100; mientras que el gasto per cápita aumentará desde C\$686.00 hasta C\$1506.00 córdobas.

### **c. Sector energético. Proyecto hidroeléctrico El Carmen**

El efecto del cambio climático en el sector energético se estimó utilizando como patrón el proyecto hidroeléctrico El Carmen, ubicado en la cuenca del río Grande de Matagalpa. Esta ocupa un área de 18,450 km<sup>2</sup> hasta su desembocadura en el Mar Caribe. Según el Plan Maestro de Energía Eléctrica (INE, 1980), el potencial hidroeléctrico del país comercialmente explotable es del orden de los 2000 MW. Los datos obtenidos del estudio de la cuenca El Carmen podrían ser transferidos a otros proyectos.

Para la simulación de los escenarios climáticos futuros y la respuesta de la cuenca a los mismos se utilizó el modelo hidrológico CLIRUM3, el cual fue calibrado con los datos de la estación hidrométrica de Paiwas, por su ubicación cercana a la sub-cuenca del proyecto. Para el año 2100 las variaciones de la precipitación media anual alcanzaría valores de -20.81%, -25.03% y -36.23% para los escenarios optimista, moderado y pesimista respectivamente. Para ese mismo horizonte de tiempo (2100), la escorrentía media anual en los diferentes escenarios presentaría variaciones del orden de -36.88%, -43.27% y -57.24%. La disminución de la escorrentía crearía situaciones de competencia con otros usuarios del recurso hídrico, lo que provocaría mayores problemas al sector hidroeléctrico.

En las condiciones climáticas actuales la producción media anual del proyecto hidroeléctrico El Carmen es de aproximadamente 400 GWH, lo cual se corresponde con un factor de planta de 0.57. Las variaciones en la producción de energía debido a los cambios climáticos para el horizonte de tiempo 2010 son bastante similares y del orden del 12% (con valores entre 363.48 y 359.57 GWH) en los tres escenarios. Por el contrario para el año 2100 se advierten reducciones drásticas en la producción de energía, desde -34% (270.97 GWH) hasta -60% (165.18 GWH)



para los escenarios optimista y pesimista respectivamente (Cuadro 1.3). Los efectos del cambio climático incidirían en la viabilidad de los proyectos hidroeléctricos creando condiciones adversas para su desarrollo y restándoles competitividad en relación con las fuentes térmicas.

**Cuadro 1.3.** Producción de energía total y variación de la producción (V.P.) en % respecto al escenario base 1961-1990 (GWH) del proyecto El Carmen.

Horizonte de tiempo	Optimista		Moderado		Pesimista	
	GWH	V.P. %	GWH	V.P. %	GWH	V.P. %
BASE	412.92	V.P. %	412.92	V.P. %	412.92	V.P. %
2010	363.48	-12.0	363.36	-12.0	359.57	-12.9
2030	332.50	-19.5	331.57	-19.7	317.09	-23.2
2050	304.65	-26.2	298.48	-27.7	271.25	-34.3
2070	270.97	-34.4	238.91	-42.1	165.18	-60.0

La evaluación económica del Proyecto El Carmen indica, una reducción drástica en la generación por lo que no sería atractivo para inversionistas a partir del año 2010 para todos los escenarios; dejando de ser económicamente viable para ser desarrollado por el Estado a principios del año 2050, ya que tendría una tasa interna de retorno en los tres escenarios menor del 12%. En el caso del escenario pesimista, el proyecto dejaría de ser atractivo para el Estado a partir del año 2030 y para el horizonte del año 2100 la tasa de descuento no alcanza ni la de los proyectos sociales (6%). Bajo las condiciones del año 2010 y para cualquiera de los tres escenarios, la probabilidad de que un inversionista construya este proyecto hidroeléctrico es mínima. Si esta situación se generalizara a todos los sitios potenciales de desarrollo hidroeléctrico, podría ser aun más crítica, si se considera que El Carmen es uno de los proyectos más atractivos.

#### **d. Sector ecosistemas forestales**

El análisis de la sensibilidad de las zonas de vida de Holdridge<sup>2</sup> en Nicaragua en función del cambio climático, fue realizado para cada uno de los horizontes de tiempo y escenarios climáticos mencionados (pesimista, moderado y optimista). Se elaboraron mapas de distribución de las zonas de vida de Holdridge y el área de estudio fue dividido en dos grandes regiones: Atlántica y Pacífica.

Se definieron un total de 15 zonas de vida las cuales se presentan en el mapa actual de zonas de vida según Holdridge (Mapa 1.1). En la actualidad el 44.43% del territorio nacional pertenece a la zona de vida “Bosque húmedo Tropical, al Bosque Muy húmedo Tropical le corresponde el 39.33%, al Bosque húmedo Subtropical, 3.84%; mientras el 5.53% está ocupado por Bosque Seco Tropical y el 2.70% por Bosque húmedo Tropical con transición a seco; la zona de vida Bosque Muy húmedo Tropical con transición a húmedo ocupa el 1.61%; el resto de las zonas de vida abarcan un total de 2.55%.

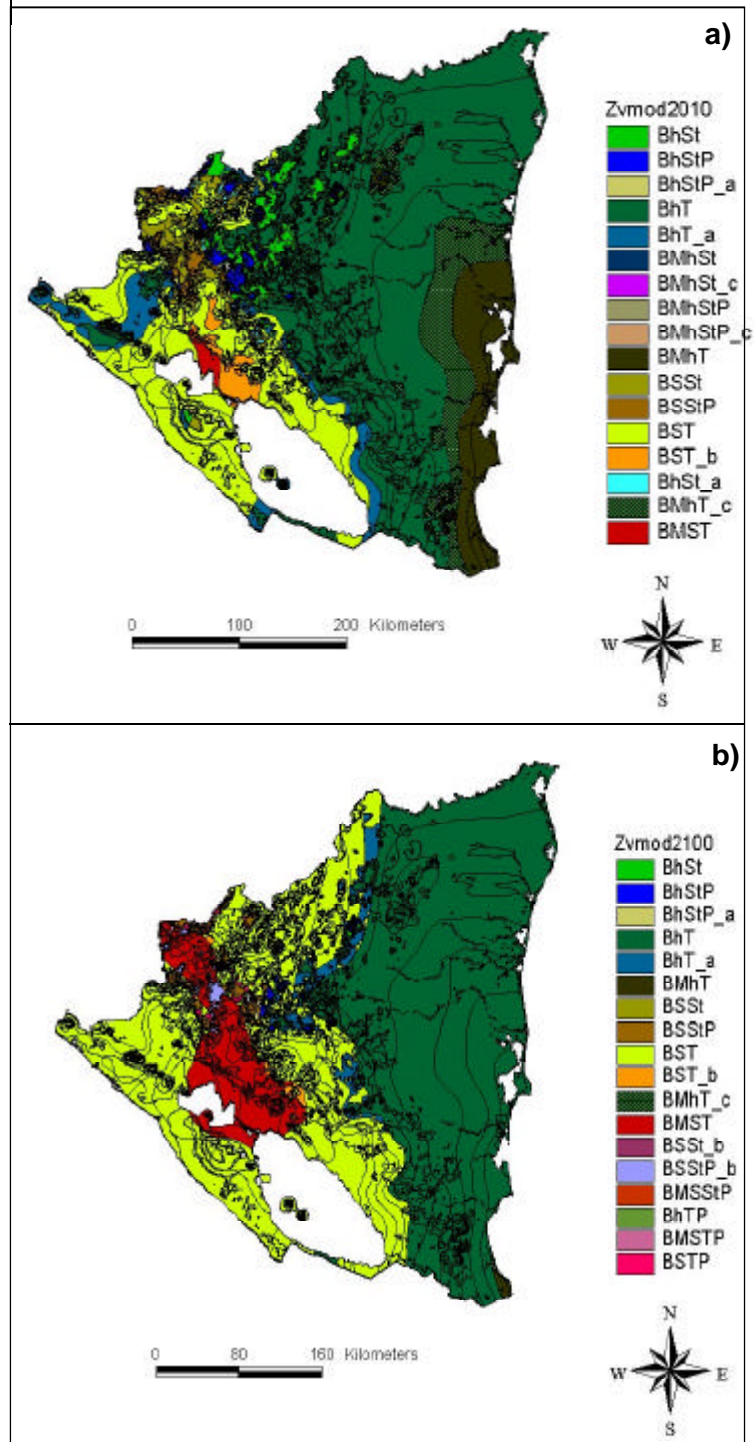
<sup>2</sup> En los mapas, el nombre de las zonas de vida se presenta de forma abreviada, por ejemplo, BhSt—Bosque húmedo Subtropical; mientras que las letras a,b,c significan transición a seco, muy seco y húmedo respectivamente. Zv—zonas de vida.

Para el escenario moderado del horizonte de tiempo 2010 (Mapa 1.1 a) se presentan dos nuevas zonas de vida: el Bosque Seco Tropical\_b y el Bosque Muy Seco Tropical. Bajo un escenario pesimista, se espera que desaparezcan las zonas de vida “Bosques Muy húmedos Subtropicales\_c y Bosques Muy húmedos Subtropicales Premontanos. Bajo el mismo escenario y el año 2050, habrían variaciones en número y tipos de zonas de vida, registrándose incrementos en la zona de vida BhT de hasta el 162%, debido principalmente a la reducción de las zonas de vida BMhT y BhSt. Ante un escenario pesimista podría incrementarse la zona de vida BMST.

De acuerdo a las simulaciones realizadas para el escenario moderado del año 2100, el 67.79% del territorio nacional estaría ocupado por BMhT, BhT y BSt; mientras en el 30.79% estarían presentes las zonas de vida BST, BMST y BSS respectivamente. Bajo un escenario pesimista, es probable que desaparezcan las zonas de vida BMhSt, BMhSt\_c, BMhStP, BMhStP\_c, BhSt\_a y BMhT\_c (Mapa 1.1 b).

El análisis de la cantidad de cambios que experimentarían las zonas de vida ante los tres escenarios hasta el año 2100 muestra, que aproximadamente un 72% del territorio nacional experimentaría un cambio en sus zonas de vida y solo el restante 18% no sufriría ningún cambio

**Mapa 1.1.** Distribución espacial de las zonas de vida de Holdridge bajo un escenario de cambio climático moderado y dos horizontes de tiempo a) 2010 y b) 2100).



**e. Sector salud humana**

El cambio climático puede tener impactos en la salud humana por muchas razones, relacionadas directamente con el aumento de la temperatura del aire lo que incrementaría el área de incidencia de la malaria (IPCC, 1996), o indirectamente por modificación de la dieta y cambios en la incidencia de enfermedades. En Nicaragua, se decidió enfocar el estudio sobre esta enfermedad, por varios motivos:

- † Tiene incidencia alta en la población nicaragüense, y repercute en altos costos en el sistema nacional de salud;
- † Se tienen registros históricos continuos sobre su incidencia y sobre las acciones tomadas para combatir la enfermedad;
- † El vector tiene mucha incidencia en el área rural y las poblaciones son menos influenciadas por los programas de control, por lo que las series de datos son más “limpias” que en el caso del dengue.

El área de este estudio abarco tres departamentos con diferentes condiciones climáticas y localización geográfica: Chinandega en la región del Pacífico, Jinotega en la región montañosa Central y la RAAN en la Costa Atlántica.

Para eliminar el efecto causado por la diferencia en la cantidad de habitantes de los municipios considerados, se calculó el índice de casos de malaria ( $I_m$ , porcentaje de personas afectadas). Las relaciones entre el  $I_m$  y los parámetros de la temperatura y la precipitación media anual se cuantificaron en las ecuaciones [1] y [2].

$$I_m = a * e^{b * T} \quad [1]$$

$$I_m = a * e^{-b * \left( \frac{P}{100} \right)} \quad [2]$$

P= Precipitación media anual.                      a y b, son parámetros a estimar.

T= Temperatura media anual.                      a, p<sub>0</sub> y b, son parámetros a estimar.

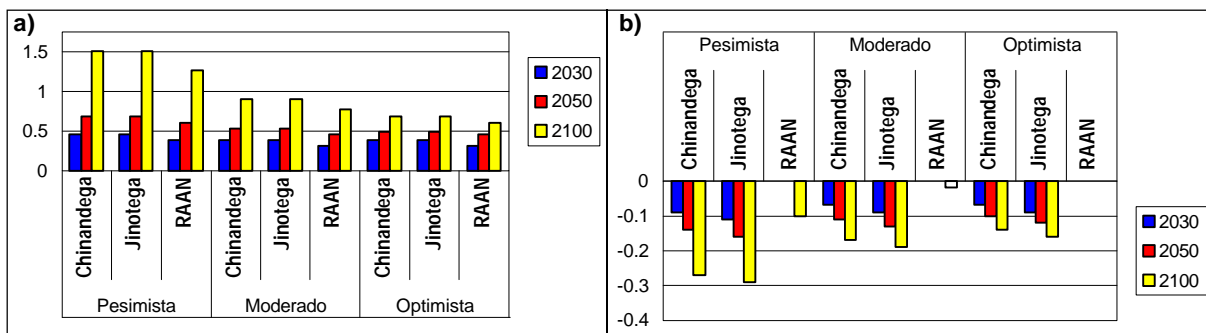
Los datos obtenidos a nivel de municipios para los tres departamentos indicados, muestran la variabilidad del número de casos de malaria registrados, en función de los habitantes de cada municipio. El índice de malaria ( $I_m$ ) para el departamento de Chinandega varía entre 0.004 en el municipio de San Pedro del Norte y 0.063 en Puerto Morazán, que significa que actualmente entre 0.4 y 6.3% de la población de esos municipios es anualmente afectada por malaria. En Jinotega el porcentaje de la población afectada por malaria es menor respecto a la de Chinandega, con porcentajes entre 0.2% en Yalí y 2.1% en Wiwilí. En la RAAN los porcentajes oscilan entre 0.9% en Puerto Cabezas hasta 2.5% en Rosita.

El índice de casos de malaria aumenta exponencialmente con el aumento de la temperatura. Esto indica que un pequeño aumento en la temperatura tiene un efecto importante en el aumento

del índice de malaria. En el caso de la precipitación la situación es diferente. Aparentemente existe un nivel máximo en el índice de casos de malaria para promedios anuales de precipitación de 2200 mm. Esto indica que la disminución de la precipitación puede causar un aumento o una disminución en la probabilidad de casos de malaria, dependiendo del nivel inicial de la precipitación y de la magnitud de la disminución.

Los escenarios del impacto del aumento de la temperatura producen un incremento entre 38 y 150% en el índice de malaria, dependiendo del escenario y la región geográfica (figura 1.3.a). El aumento acentuado es debido a la relación exponencial entre la temperatura y el  $I_m$ . Los escenarios del impacto de la disminución de la precipitación indican un menor impacto en términos de cambios en el  $I_m$ . Generalmente se espera una disminución de 10 hasta 25% en el  $I_m$ , pero en algunas regiones, como por ejemplo en la RAAN, no hay mucha diferencia entre los escenarios y la línea base (Figura 1.3b).

**Figura 1.3. a)** Impacto del aumento de la temperatura y **b)** de la disminución de la precipitación en el índice de malaria ( $I_m$ ) bajo tres escenarios climáticos y diferentes horizontes de tiempo. Los datos indican cambios con relación a la situación de la línea base (1968-1998).



Los escenarios del impacto del cambio climático indican que valores máximos del  $I_m$  pueden aumentar de su nivel actual de 0.02-0.06 (de 2 a 6% de la población afectada) a un nivel de 0.03-0.09 (de 3 a 9% de la población afectada) en el año 2030, a un nivel de 0.03-0.10 (de 3 a 10% de la población afectada) en el 2050, y a un nivel de 0.05-0.15 (de 5 a 15% de la población afectada) en el 2100.

Evidentemente, la proyección de incremento de la incidencia de malaria repercutirá en costos para el estado nicaragüense. Estos costos estarían relacionados con el costo directo del tratamiento de los enfermos adicionales y con el costo del tiempo de subsidio de los trabajadores enfermos, lo cual afectaría la economía global del país.

#### 1.4. Vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos

La evaluación de la vulnerabilidad de los Recursos Hídricos se desarrolló en base al análisis aplicado del concepto del ciclo hidrológico, utilizando los modelos hidrológicos CLIRUM3 y Visual Modflow para la evaluación de las aguas superficiales y subterráneas respectivamente. Dichos modelos fueron calibrados en distintas cuencas hidrográficas representativas de las regiones Pacífico (río Tamarindo), Central (río Viejo y Guanias en río Coco) y Atlántica (Paiwas en río Grande de Matagalpa).

El potencial del país en cuanto a recursos hídricos se refiere, tanto de aguas subterráneas como de superficiales se presenta en Cuadro 1.4, detallado por sectores de usuarios, incluyendo la demanda y la disponibilidad total; siendo la región del Atlántico la que posee mayor disponibilidad. En la región del Pacífico, el sector que consume más agua es el riego seguido del doméstico, a diferencia de la región Central donde el sector energía consume cantidades considerables de este recurso.

**Aguas superficiales:** El análisis de la distribución de la escorrentía superficial muestra que las cuencas de El Tamarindo, Río Viejo y Guanias son altamente vulnerables en los tres escenarios y para los horizontes de tiempo del 2050 y 2100. La cuenca de Paiwas es parcialmente vulnerable bajo los escenarios pesimista y moderado del año 2100, sobre todo en la parte alta de la cuenca. La región del Atlántico no es vulnerable en ninguno de los tres escenarios, los impactos se deberán principalmente a las inundaciones. En la región del Pacífico por las características físico – químicas del suelo, la deforestación observada en el último siglo, la mayor concentración de la población y las áreas potenciales para riego, la vulnerabilidad de la misma estaría asociada con la agricultura y el suministro de agua para consumo doméstico. En la región Central, además de la agricultura se verían afectadas las plantas hidroeléctricas.

**Cuadro 1.4.** Potencial y demanda de agua por sector usuario en millones de metros cúbicos por año (MMC/Año).

Regiones	Potencial, MMC		Demanda de sectores usuarios, MMC						Demanda total MMC	Disponibilidad MMC
	Agua Sup.	Agua Subt.	Riego	Doméstico	Ganadería	Industria	Energía	Ecología		
Pacífico	4,023.0	2,868	977.8	218.0	29.3	12.0	0.0	288.0	1,525.1	6,891.0
Central	18,798.0	172,3	522.0	72.0	45.0	0.0	481.0	535.0	1,655.0	18,970.3
Atlántico	72,194.0	30.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	17,681.0	17,686.0	72,224.0

**Aguas subterráneas:** Se observa una tendencia bien marcada de reducción de la recarga para todos los escenarios a partir del año 2050. En el escenario pesimista y para el año 2050, el flujo base reflejado como salida del acuífero es cuatro veces menor con respecto al actual, y para el año 2100 representaría sólo el 10% del actual. Bajo un escenario moderado, la recarga en el año 2050 podría ser muy similar a la descarga determinada por el bombeo de los pozos, esta situación se agravaría para los horizontes 2070 y 2100, cuando la extracción por bombeo se tornaría superior a la recarga. En el escenario optimista, se espera que la recarga varíe con respecto a la actual desde 81% en el año 2010 hasta 57% en el 2100. Las extracciones por bombeo respecto al actual, se incrementarán en 2.5 y 4 veces para los años 2050 y 2100 respectivamente. Para los horizontes 2070 y 2100, el bombeo sería superior a la recarga en 1.25 y 1.72 veces.

**Vulnerabilidad:** Se estimó el Índice de Escasez<sup>3</sup> como indicador de la vulnerabilidad de los recursos hídricos o de la presión de la demanda sobre la oferta hídrica, en base a los resultados de las simulaciones de los modelos tanto de agua superficial como subterránea, para distintos escenarios de cambio climático (pesimista, moderado y optimista) y horizontes de tiempo. Este índice presenta valores altos, medios y bajos, los cuales se corresponden con una vulnerabilidad mayor en la región del Pacífico, menor en la región Central y baja en la región del Atlántico, la que posee excedentes del recurso agua (Cuadro 1.5).

Importantes centros poblacionales de las regiones del Pacífico y Central presentan altos índices de escasez, consecuentemente tienen un nivel de vulnerabilidad alta. En la región del Pacífico, se puede asociar a las ciudades de Managua, Masaya, Granada, Rivas, Chinandega y León, así como los municipios de Posoltega, Chichigalpa y Quezalguaque. También se incluyen áreas dedicadas al desarrollo del riego, como las de occidente y la planicie de Tipitapa – Malacatoya.

**Cuadro 1.5.** Estimación del índice de escasez como indicador de la vulnerabilidad actual.

Región	Potencial (P) en MMC/Año	Demanda (D) MMC/Año	Afectación al Potencial (AP) en %	Oferta Neta (ON) Igual a Potencial –% afectación (AP) en MMC/Año	Índice de Escasez (IE) $IE = (D/ON) \times 100$	Categoría de Vulnerabilidad según Índice de Escasez
Pacífico	6,891.0	1,237.1	30	4,823.7	25.6	Alta
Central	18,970.3	1,120	20	15,176.2	7.3	Moderada
Atlántico	72,224.0	5	10	65,000.0	0.76	Baja

En la región Central, la mayor vulnerabilidad correspondería a las ciudades de Boaco, Matagalpa, Jinotega, Estelí, Somoto y Ocotol; lo mismo que en zonas con un uso intensivo de agua para riego, con frecuente aplicación de agroquímicos y sobre todo donde existe conflicto entre los usuarios, como el Valle de Sébaco.

La región del Atlántico presentaría una vulnerabilidad baja, por cuanto existe un volumen considerable de agua disponible y una demanda muy baja de uso consuntivo; sin embargo el impacto en la calidad del agua se asocia a ciudades como Puerto Cabezas, Bluefields, Laguna de Perlas, El Rama, así como ríos tributarios influenciados por la contaminación del sector minero.

**Medidas de adaptación:** Con base a la determinación de zonas con diferentes niveles de vulnerabilidad por efecto del futuro cambio climático, se identificaron las siguientes medidas de adaptación para ser implementadas en el marco de un plan integral de acción de los recursos hídricos:

<sup>3</sup> Método implementado por UNESCO para las condiciones de América Latina.

- † Implementar un plan de conservación y manejo de cuencas hidrográficas en las áreas más vulnerables ante el impacto del cambio climático.
  - Desarrollar proyectos de trasvase de agua hacia zonas con alta vulnerabilidad.
  - Proteger y desarrollar cuencas hidrográficas con potencial hidroeléctrico.
- † Prevenir la deforestación en las áreas más vulnerables de las cuencas hidrográficas.
  - Implementar un programa de protección de las zonas de recarga de los acuíferos y márgenes de ríos.
- † Reducir y prevenir la contaminación de cuerpos de agua y acuíferos por aguas residuales doméstica, industriales y de zonas de uso de agroquímicos.
- † Incluir dentro de los planes de ordenamiento territorial ambiental, con énfasis en el uso actual de la tierra, el componente de las evaluaciones del impacto del cambio climático.
- † Definir un marco legal que establezca la forma de administrar y usar de forma sostenible y racional los recursos hídricos.
  - Definir la Autoridad del Agua como una institución autónoma.
- † Implementar el uso y aprovechamiento planificado, eficiente y sostenible del recurso hídrico.
  - Implementar el Plan de Acción de Recursos Hídricos.
  - Descentralizar la administración del recurso agua, a nivel de cuencas y promover su uso integral.
- † Mejorar, actualizar o definir las regulaciones y procedimientos administrativos en materia de calidad del agua.
  - Establecer un sistema de monitoreo de la calidad del agua.
  - Regular y controlar los vertidos de aguas residuales.

## **1.5. Opciones de mitigación**

### **a. Áreas protegidas**

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Nicaragua cuenta con 76 áreas las cuales ocupan 2,242,193 hectáreas (has.), equivalentes al 17% del territorio nacional distribuidas en ocho categorías de manejo. El estudio “Opciones de Mitigación del Cambio Climático en Áreas Protegidas” fue realizado con el objetivo de contabilizar la cantidad de carbono almacenado en las principales áreas protegidas del país y su potencial de fijación en un horizonte de 15 años, e identificar las áreas que por su ubicación geográfica, cantidad de ecosistemas que albergan y los riesgos de extinción de éstos, podrían ser consideradas para desarrollar programas dirigidos



a la conservación de dichas áreas e implementación de la venta de servicios ambientales, considerándose éstas como opciones de mitigación del cambio climático en dichas áreas.

Se identificaron tres posibles líneas de mitigación, tales como: **evitar** y **reducir** emisiones a través de la protección de bosques y suelos, protección contra incendios e invasiones y **secuestro** de carbono mediante la recuperación de suelos de vocación forestal, entre otras. Dichas acciones podrían ser implementadas mediante las dos opciones siguientes: propuesta de **áreas piloto** y **demostrativas**. Las áreas protegidas con potencial para el desarrollo de proyectos pilotos para la mitigación de gases de efecto invernadero son: BOSAWAS, CERRO SILVA, INDIO MAÍZ, WAWASHAN, LOS GUATUSOS, y COSIGÜINA .

Las seis áreas propuestas totalizan 1,665,545 has., con una ventaja comparativa de importancia, todas ellas enlazan y se articulan con ecosistemas y territorios de importancia nacional e internacional, y además coinciden con las prioridades de atención que tiene el Corredor Biológico del Atlántico (CBA) que es la parte nicaragüense del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM).

En el Cuadro 1.6 se presentan los datos básicos de la propuesta de **proyecto piloto** de la reserva de la Biosfera Bosawas. La relación Beneficio – Costo del Proyecto Piloto Bosawas indica, que de implementarse proyectos de mitigación del cambio climático en áreas protegidas, los beneficios serían lo suficientemente grandes para proteger el bosque y aliviar la pobreza en que se encuentran sumergidos los habitantes de las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas.

**Cuadro 1.6.** Proyecto Area Piloto Reserva de la Biosfera Bosawas.

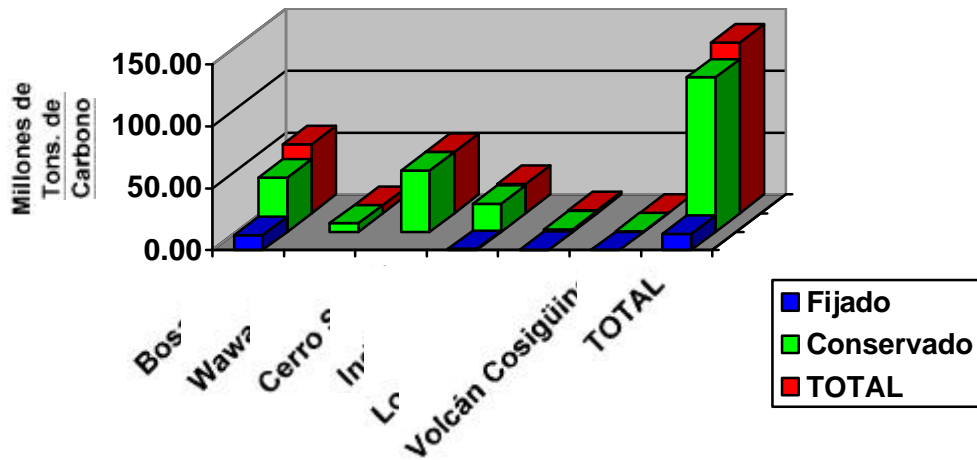
<b>Tipo de proyecto:</b>	Conservación forestal y energía alternativa: fijación, reducción y mitigación de emisiones de carbono, en área núcleo y de amortiguamiento.
<b>Ubicación:</b>	Al norte de Nicaragua, frontera con Honduras, comprende parte de los Departamentos de Jinotega y la RAAN.
<b>Área del proyecto:</b>	730,000 hectáreas
<b>Marco ecológico:</b>	Bosque Tropical, siempreverde, latifoliado, de zonas altas y bajas. Estacional y semideciduo. Sistemas agropecuarios con diferentes grados de pendientes.
<b>Perfil de diversidad</b>	Existen algunos estudios dendrológicos y faunísticos, sin embargo aún falta completar la información.
<b>Socios en el Proyecto</b>	El gobierno de Nicaragua a través de MARENA, ONGs internacionales (Alistar, GTZ, etc.) y organizaciones locales
<b>Financiación del proyecto</b>	Aún por definirse
<b>Duración del proyecto:</b>	Quince años a partir de la fecha de negociación.
<b>Opciones prioritarias de mitigación</b>	Conservación de Carbono: estabilización de la zona de Amortiguamiento y protección del área núcleo (fomento de agroecología, ecoturismo y control de incendios y de invasiones).
<b>Total de beneficios de carbono estimados</b>	Hasta 12,598,578.59 de toneladas métricas de carbono (estimación preliminar)

La propuesta de **área demostrativa**, consiste en formular un proyecto de mitigación del cambio climático en las áreas del CBA, en donde las opciones de Ecoturismo, Secuestro y conservación de Carbono, Bioprospección y energía no convencional e hidroeléctrica; encuentren verdaderas oportunidades en el mercado de Carbono, de manera que los costos de transacción sean bajos por la extensión territorial que comprende.

En la Fig. 1.4, se muestra la cantidad potencial de carbono que puede ser conservado si se implementaran proyectos de mitigación que enfrenten las principales intervenciones en las áreas protegidas (deforestación, incendios forestales y el avance de la frontera agrícola). La cantidad de carbono evitada sería de 124.41 millones de toneladas. La fijación de carbono por los bosque secundarios de las áreas protegidas sería de 13.23 millones de toneladas, y se obtendrían un beneficio neto por no emisión y secuestro a la atmósfera de 137.7 millones de toneladas.

Sin proyectos específicos de mitigación, financiados por el mercado de carbono, será casi imposible que países como Nicaragua puedan preservar los bosques de las áreas protegidas; debido a que en las condiciones actuales el gobierno no tiene capacidad para ofrecer alternativas económicas a los “deforestadores”. Los proyectos de mitigación de GEI representarían una contribución importante a los objetivos de desarrollo sostenible y reducción de la pobreza en el país. En lo general posibilitarían el aprovechamiento económico de los servicios ambientales, lo que a su vez sería una forma de ampliar la economía local y nacional.

**Figura 1.4.** Potencial de carbono que puede ser conservado en áreas protegidas priorizadas de Nicaragua bajo un proyecto de mitigación de GEI (10<sup>6</sup> toneladas).



**b. Sector energético nacional**

La demanda de energía se estimó utilizando el modelo de tipo técnico – económico, conocido como LEAP (Long Range Energy Alternative) , con el cual se realizaron las proyecciones de demanda a partir de un año base, estimándose por sectores y usos finales de la energía e incorporándose como variable exógenas, indicadores como la eficiencia del equipamiento utilizado por el usuario final, la diversificación de fuentes energéticas, y la evolución del consumo per – cápita.

En Nicaragua se utilizan cinco fuentes de energía primaria: hidroenergía, geoenergía, hidrocarburos, residuos vegetales y leña, de los cuales solamente los hidrocarburos no son propios del país. La leña es la única fuente de energía primaria que se consume a nivel final. Las fuentes de energía secundaria, son el carbón vegetal, el gas licuado de petróleo (GLP), gasolina motor, kerosene, diesel oil, fuel oil y la electricidad. El consumo final de energía eléctrica se caracteriza por ser altamente dependiente de la leña, la cual representa más del 50% desde 1965, siguiéndole los derivados del petróleo con más del 30% y luego, en orden de prioridad, los residuos vegetales (bagazo de caña y algo de cascarilla de arroz), electricidad y carbón vegetal.

Las fuentes de energía primaria locales son todas menos el petróleo, el cual representa el 27% después de la leña que ocupa el 48%. Este comportamiento ha sido similar desde 1970, a excepción de 1975 donde el petróleo y la leña participaron con igual porcentaje. El uso de la geoenergía inició en 1983 y el de la hidroenergía en 1965. La participación de la hidroenergía es de apenas 4% y la de la geoenergía es del 12%.

Nicaragua posee tres sistemas de generación eléctrica, el Sistema Interconectado Nacional (SIN), los ingenios azucareros y los sistemas aislados. El principal abastecedor nacional de energía es el SIN, constituido por 13 centrales generadoras, con una capacidad nominal de 545 MW y 480 MW efectiva. De éstas, siete son plantas convencionales que queman derivados de petróleo, dos son hidroeléctricas, una es geotérmica y la última es de cogeneración en base a la quema de bagazo de caña y/o leña. El 67% de la capacidad total instalada corresponde a la generación térmica en base a la quema de combustibles fósiles derivados del petróleo. El total de generación térmica, que incluye las plantas geotérmicas y de cogeneración, representa un 81.7% de la capacidad total instalada.

**Escenario energético de referencia:** El escenario energético de referencia se elaboró sobre la base del consumo final de energía en los diferentes sectores analizados y la participación de cada una de las fuentes según el Balance Energético Nacional de 1995. Los resultados de la estimación de la demanda para el escenario de referencia durante el período 1995-2020, se presentan en el Cuadro 1.7, éstos indican que:

La demanda de energía se incrementará durante el período 1995-2020 en 196% tomando como base el año 1995. El sector residencial disminuirá su participación dentro del total, pasando del 60% que tenía en 1995 al 40% en el año 2020. El *sector industrial* incrementará su participación de 13% en 1995 a 23% en el año 2020. La tasa de crecimiento de la demanda en este sector para los próximos 20 años es mucho mayor que en los sectores residencial y transporte.

El *sector transporte* disminuirá su participación pasando de 19% en 1995 a 14% en el 2020. Se espera que la demanda de combustibles para el período 1995-2020 se incrementará en un 136%. El *sector comercio y servicios* repuntará significativamente pasando de 6% en 1995 a 16% en el 2020; al igual que el *sector agricultura* que pasará de 1.2% a 6%.

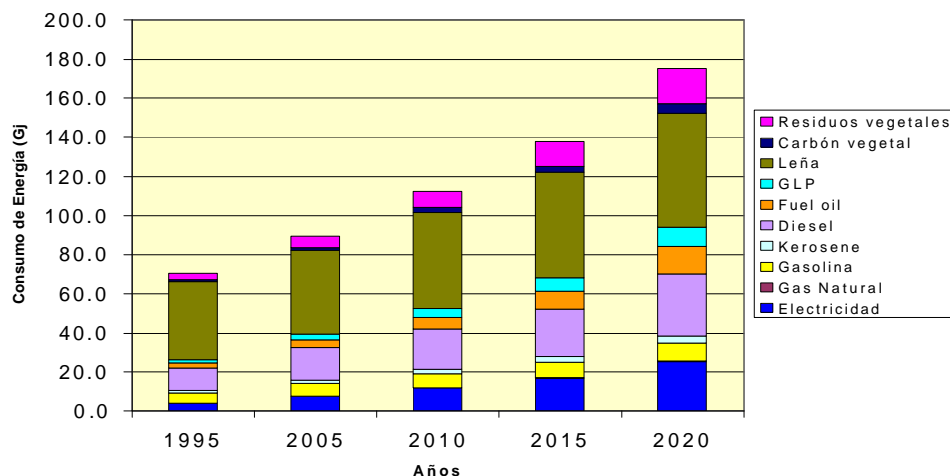
**Cuadro 1.7. Demanda de energía para diferentes horizontes de tiempo por sectores de consumo (Gj). Escenario Base: 1995-2020.**

SECTOR	1995		2005		2010		2015		2020	
Residencial	42.52	60.1%	58.28	54.4%	69.50	51.3%	75.47	45.5%	82.94	39.6%
Transporte	13.51	19.1%	19.05	17.8	22.63	16.7%	26.87	16.2%	31.92	15.2%
Industria	9.30	13.2	17.36	16.2	24.20	17.9%	34.25	20.6%	49.27	23.5%
Comercio	4.51	6.4%	9.95	9.3	14.79	11.0%	22.04	13.3%	32.78	15.7%
Agricultura	0.85	1.2	2.48	2.3	4.24	3.1%	7.24	4.4%	12.41	6.0%
<b>TOTAL</b>	<b>70.69</b>	<b>100.0%</b>	<b>107.12</b>	<b>100%</b>	<b>135.36</b>	<b>100.0%</b>	<b>165.86</b>	<b>100.0%</b>	<b>209.32</b>	<b>100%</b>

**Escenario energético de mitigación:** Se basa en la implementación de una serie de medidas, acciones y políticas, incluyendo las opciones tecnológicas y legales que permitirán modificar los actuales niveles de emisión de los GEI en Nicaragua. Las opciones de mitigación que se proponen, han sido identificadas en base a las condiciones del futuro desarrollo del país, tomando en cuenta sus particularidades económicas, sociales y ambientales. La demanda total producto del escenario de mitigación aplicado a los sectores de consumo, indica que ésta se incrementara en 149% durante el período 1995 –2020, tomando como base el año 1995 (Fig. 1.5).

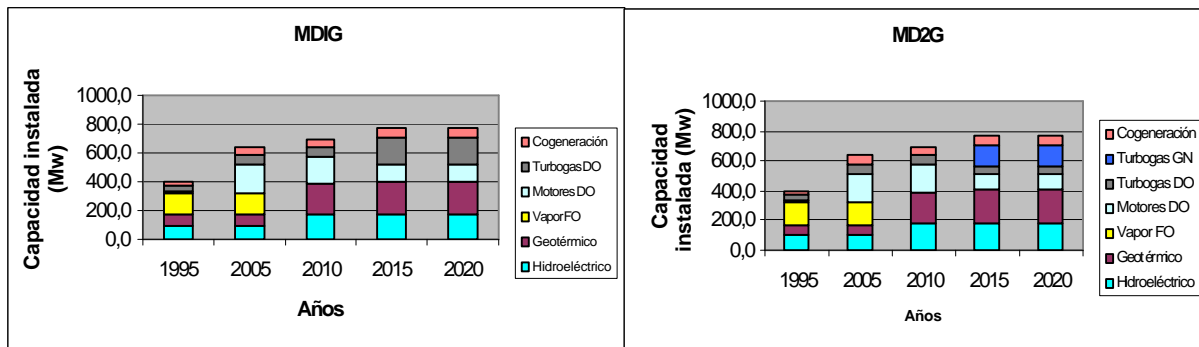
La participación sectorial en la demanda de energía muestra cambios en su estructura, el consumo del sector industrial incrementará su participación de 13% en 1995 a 23% en el 2020. Tanto la electricidad como fuel el oil No. 6 aumentarán su participación , de 6% a 15% y de 3% al 8% respectivamente. El consumo de los sectores residencial y transporte disminuirían su participación dentro del total, el primero variaría de 60% en el año base al 37% en el año 2020; y el segundo de 19% a 14%. Se espera que el sector comercio y servicios incremente su participación de 6% en 1995 a 17% en el 2020; al igual que el sector agricultura que pasará de 1.2% a 7.0%.

**Figura 1.5.** Evolución del consumo energético nacional por fuentes para el escenario de mitigación. Período 1995 – 2020.



La evolución temporal de la capacidad instalada del sector para las alternativas de mitigación se presentan en la Fig. 1.6, donde la diferencia se refleja en la alternativa MD2G a partir del año 2015, que es cuando se introduce el uso de gas natural en sustitución de petróleo; por tal razón la capacidad en plantas a petróleo se reduce de 39% que tendría en el escenario MD1G a 20% en el MD2G.

**Figura 1.6.** Evolución de la capacidad instalada por recurso para los escenarios de mitigación. a) MD1G y b) MD2G, para el período 1995 – 2020.



### Opciones potenciales de mitigación:

#### Sub-sector residencial:

Disminución del consumo específico o intensidad energética de la leña, en base a la penetración de cocinas mejoradas en el 60% de la población urbana y rural. Sustitución del consumo de leña por GLP en 456,000 familias urbanas; y de la refrigeración ineficiente en 181,000 hogares, clientes del sistema interconectado nacional (SIN). Sustitución de la iluminación incandescente de 60w y 40w en 230,000 hogares, clientes del SIN.

#### Sub-sector industrial

Sustitución del proceso de producción de cemento de vía húmeda a vía seca. Utilización de gas natural para la generación de vapor en sustitución del FO No. 6, a partir del 2010 en las industrias de alimentos, bebidas y químicos. Sustitución de motores ineficientes de 50 Kw o más y mejorar en 10% la eficiencia de las calderas a diesel oil. Implementación de guías energéticas para la normación de equipos eléctricos.

#### Sub-sector transporte

También se esperan cambios importantes en las políticas y administración del transporte, incluyendo mejoras en el servicio del transporte colectivo, para que la población en general utilice más éste. Se desarrollan planes y proyectos de infraestructura vial a nivel nacional. Se mejorará el rendimiento de los vehículos terrestres de carga y pasajeros en 10% y 30% respectivamente, de tal forma que un vehículo liviano de pasajero mejora su rendimiento de 45 a 60 Km./galón.

## **Sub-sector comercio y servicios**

Las medidas de mitigación están orientadas al uso eficiente de la energía, como la sustitución de la iluminación fluorescente convencional por fluorescente ahorradora mayor de 25 Kw/mes. Se prevé sustituir la climatización ineficiente por ahorradora; y se mejora en 10% la eficiencia de las calderas a diesel oil. Diseño y construcción de edificios incorporando medidas de eficiencia energética.

## **Sub-sector agricultura y otros**

Entre las medidas de mitigación está la implementación de tecnologías de riego más eficientes desde el punto de vista de consumo de energía.

### **1.6. Plan de acción nacional ante el cambio climático**

La formulación del Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático (PANCC) surge de la necesidad de identificar y proponer lineamientos estratégicos que sirvan para orientar acciones que ayuden a reducir la problemática del cambio climático, mediante la identificación de opciones de mitigación y estrategias de adaptación con el propósito de que los sectores involucrados se apropien de los resultados de dicho plan.

Entre los sectores de gran interés para la orientación de acciones está el de Cambios en el Uso de la Tierra y Silvicultura, en el cual se analizaron los ecosistemas forestales, identificando medidas de mitigación tanto en el ámbito de objetivos como acciones específicas, las que se resumen en la conservación de sumideros y la fijación de CO<sub>2</sub>.

Las áreas protegidas de Nicaragua representan sitios potenciales para la mitigación y conservación de CO<sub>2</sub>, en particular las que se localizan en el marco del Corredor Biológico Mesoamericano. Se propone una iniciativa piloto para la ejecución de proyectos de mitigación de GEI en seis áreas protegidas que suman un total de 1,665,545 has, con un potencial de conservación de 124,418,094.69 toneladas (ton.) para un horizonte de 15 años y una fijación de 13,235,293.32 ton., totalizando 137,653,308.01 ton. entre conservación y fijación de CO<sub>2</sub>.

Estas acciones promueven un cambio de cultura en las localidades, que articule los aspectos de conservación con producción, así como la formulación de programas socioeconómicos que sirvan para enfrentar el problema de la pobreza y la reversión del cambio climático.

En el sector agricultura el PANCC propone fortalecer los sistemas de registros y monitoreo de fenómenos meteorológicos que sirvan de insumos a los estudios de impacto del cambio climático orientados a los cultivos de importancia económica del país, con la finalidad de poder adaptar los cultivos a través de la diversificación, en base a técnicas eficientes en el manejo, e implementando el uso de semillas mejoradas. En términos generales, se persigue inducir la sostenibilidad de los recursos agua y suelo.

El país dentro del marco energético es altamente dependiente de los derivados del petróleo (25.31%) y de la leña (60.56%). Es latente la necesidad del desarrollo de un nuevo esquema energético sostenible y menos dependiente de importaciones de combustibles, para dar paso a la utilización de las fuentes renovables que tiene el país.

Por medio de los estudios de opciones de mitigación se ha podido determinar diferentes ámbitos de acción que incentiven el uso de energía más eficiente y limpia que la actual. Las principales líneas de acción están orientadas a diversificar las fuentes de energía primaria, promoviendo proyectos de cogeneración para poder satisfacer la demanda, así mismo, el desarrollo de la electrificación rural siempre bajo la perspectiva de eficiencia y el uso de fuentes renovables.

El sector Recursos Hídricos juega uno de los principales papeles en el desarrollo del país, como el componente de mayor importancia en la vida nacional. La propuesta del Plan de Acción se orienta en el marco de la planificación nacional, considerando los resultados de los estudios de evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos ante el cambio climático, identificándose acciones orientadas al desarrollo de planes estratégicos de conservación y manejo de cuencas hidrográficas en las áreas más vulnerables, así como evitar la deforestación en zonas de recarga, impulsando el uso eficiente del recurso por medio de la prevención de la contaminación.

En cuanto al marco legal e institucional, el PANCC identifica necesidades relativas al marco de la legislación ambiental, de forma tal que se establezca una administración eficiente y sostenible de los recursos naturales, así como establecer normas que regulen, a través de procedimientos administrativos, la calidad del agua. También, se deben establecer incentivos para las acciones de conservación del recurso forestal y la energía renovable y establecer políticas y estrategias de mercadeo con el fin de promover la transformación tecnológica en los sistemas de producción agroforestales eficientes y sostenibles. Una acción concreta sería impulsar la reglamentación de la venta de servicios ambientales en las áreas protegidas.

### **1.7. Desarrollo institucional y sensibilización pública**

El MARENA es la institución gubernamental encargada de la normación, control y regulación del uso sostenible de los recursos naturales y del ambiente. Cuenta con una amplia experiencia acumulada en la ejecución de proyectos en el sector del medioambiente con financiamiento externo, lo cual ha sido beneficioso para los proyectos de cambio climático que MARENA ejecuta. Entre las funciones que la ley le confiere al MARENA están la de monitorear y darle seguimiento a las Convenciones Internacionales en lo referente a los recursos naturales y el medioambiente, en estrecha coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores.

Nicaragua suscribió la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambios Climáticos en la Cumbre de la Tierra el 9 de mayo de 1992, siendo esta ratificada por la Asamblea Nacional el 29 de septiembre de 1995 entrando en vigor el 24 de octubre de 1995.



Para cumplir con los compromisos adquiridos por el país ante la Convención, ha sido necesario desarrollar una serie de acciones encaminadas al fortalecimiento institucional y la creación de capacidades internas, entre las que se destacan las siguientes:

- 1- Creación de la Comisión Nacional de Cambios Climáticos, la cual se constituye en el principal instrumento gubernamental de gestión y ejecución de las acciones inherentes a la aplicación de la Convención (Resolución Ministerial N° 014.99).
- 2- Fortalecimiento del punto focal de Cambio Climático.
- 3- Aprovechamiento de los esfuerzos de cooperación para crear las capacidades internas necesarias para continuar con el cumplimiento de dicha Convención.
- 4- Preparación nacional ante la problemática del cambio climático, así como el cumplimiento de los principales compromisos adquiridos: elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y de los escenarios climáticos y socioeconómicos, preparación de los estudios de impacto, vulnerabilidad y adaptación ante el cambio climático en distintos sectores socioeconómicos del país.
- 5- Publicación, divulgación y capacitación en temas de cambio climático en el ámbito nacional, con el objetivo de informar y sensibilizar a tomadores de decisiones y a la sociedad nicaragüense acerca de los impactos de éste.
- 6- Desarrollo de actividades docentes sobre cambio climático en la Universidad Centroamericana y la Universidad Nacional Agraria, en las cuales se incorporó la asignatura de cambio climático, además de brindársele apoyo a veinte estudiantes de pregrado para que desarrollaran sus tesis relacionadas con este tema.
- 7- Creación del Centro de Información en Cambio Climático, integrado en el Centro de Documentación de MARENA.
- 8- Actualización del programa de observación climatológica y meteorológica de la red nacional de observación en superficie y aire superior.
- 9- En 1999 se creó el sitio web sobre cambio climático en MARENA ([http://www.marena.gob.ni/cambio\\_climático/](http://www.marena.gob.ni/cambio_climático/))

Además se han desarrollado actividades de sensibilización pública encaminadas a la difusión de los temas referentes a los cambios climáticos, con el objetivo de crear conciencia en la población y los sectores socioeconómicos involucrados en las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero.

Esta tarea fue desarrollada a través de publicaciones de libros, revistas, trípticos, artículos en periódicos, así como revistas y la realización de talleres dirigidos a profesionales y tomadores de decisiones.

## 2. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

### 2.1. Introducción

Nicaragua es un país ubicado en una región que es frecuentemente afectado por fenómenos naturales, lo cual constituye una permanente amenaza a la población. Esta vulnerabilidad se ha incrementado en los últimos años, debido principalmente a los inadecuados patrones de ocupación y uso de la tierra y al deterioro ambiental (deforestación, erosión, contaminación, y otros). Los principales riesgos están asociados al vulcanismo, sismicidad y a fenómenos meteorológicos peligrosos (huracanes, inundaciones, sequías).

Desde 1990 Nicaragua ha impulsado un proceso de estabilización y ajuste estructural de la economía orientado a liberalizar el mercado. El estado se ha propuesto asumir un rol de facilitador y regulador de las actividades privadas. En términos migratorios se observaron tres tendencias: una hacia las ciudades principales, otra dirigida a la expansión de la frontera agrícola (desmovilizados de los conflictos bélicos), y la tercera hacia los países vecinos, especialmente a Costa Rica.

### 2.2. Geografía

Nicaragua está ubicada en el centro del istmo centroamericano, sirviendo de puente a las dos grandes masas continentales de norte y Sudamérica (Mapa 2.1), separando a su vez al Océano Pacífico del Mar Caribe.

De acuerdo a su posición geográfica Nicaragua es un país tropical, ya que está ubicada entre el Ecuador y el Trópico de Cáncer, en el hemisferio Norte, justamente entre los 11° y 15° de latitud Norte y los 83° y 88° de longitud Oeste.

#### a. Límites y extensión territorial

Nicaragua limita al Norte con Honduras, al Sur con Costa Rica, al Este con el Mar Caribe y al Oeste con el Océano Pacífico. La forma del territorio nicaragüense es la de un trapecio irregular cuyo perímetro imaginario está limitado por los siguientes lados:

Frontera con Honduras: tiene una extensión de 530 km. que va desde el Golfo de Fonseca hasta Cabo Gracias a Dios.

Mar Caribe: línea costera de 551 km. de longitud, extendiéndose desde el Cabo Gracias a Dios hasta Punta Castilla en la desembocadura del Río San Juan.

Océano Pacífico: línea costera de 410 km. de extensión, desde la Bahía de Salinas Hasta el Golfo de Fonseca.

**Mapa 2.1.** Ubicación de Nicaragua en Centroamérica.



El área total del territorio nicaragüense es de 130,374 km<sup>2</sup>, correspondiendo 120,340 km<sup>2</sup> a tierra firme y 10,034 km<sup>2</sup> a lagos y lagunas costeras. Posee además una extensa plataforma continental submarina (200 m) que ocupa 72,700 km<sup>2</sup> adicionales<sup>4</sup>. Estas características convierten a Nicaragua en el país más extenso y menos densamente poblado de América Central.

**b. Orografía**

Las elevaciones en el territorio nacional oscilan entre 0 y 2107msnm. El 63% de la superficie terrestre de Nicaragua es plana o ligeramente ondulada, y solamente el 17% alcanza alturas de 501 a más de 1500 msnm.

Las alturas más notables del país son: el cerro Mogotón en la sierra de Dipilto departamento de Nueva Segovia, con una altura de 2107 m.s.n.m.; el cerro Jesús en Jalapa, Nueva Segovia

<sup>4</sup> Incer, J. Geografía Dinámica de Nicaragua, Managua, Hispamer, 1998.

alcanza una altura de 1793 m.s.n.m.; el cerro Kilambé en el departamento de Jinotega - 1750 msnm y el volcán San Cristóbal en Chinandega - 1745 m.s.n.m. entre otros.

La hidrografía de Nicaragua está formada por dos grandes vertientes: la del Pacífico y la del Caribe, conformadas por todos los ríos que descargan sus aguas en el Océano Pacífico o en el Mar Caribe. En los lagos Xolotlán (Managua) y Cocibolca (Nicaragua) vierten sus aguas numerosos ríos, los que a su vez utilizan el Río San Juan para desaguar en el mar Caribe.

En Nicaragua existen numerosas cuencas hidrográficas, siendo las mas extensas, la del Río San Juan y el Río Coco. Los Ríos de la vertiente Atlántica son mucho más caudalosos que los del Pacífico, debido principalmente a su extensión, a la frecuencia y alta pluviosidad de la Región. De las aguas superficiales el 96% drenan hacia el Caribe, y el 4% en el Pacífico. El mayor potencial de aguas subterráneas se encuentra en la Región del Pacífico, principalmente en la zona de León y Chinandega.

### c. División política administrativa

El territorio de la República de Nicaragua se divide en 15 departamentos y 2 regiones autónomas (Mapa. 2.2), cuyas extensiones territoriales varían desde 590 km<sup>2</sup> (Masaya), hasta 32,159 km<sup>2</sup> (Región Autónoma del Atlántico Norte, RAAN).

Los departamentos se dividen en municipios, los cuales en la actualidad suman 147; su número por departamento varía desde 4 para Granada, hasta 13 para los departamentos de Chinandega y Matagalpa. El municipio más pequeño del país es Corn Island, isla de apenas 9 km<sup>2</sup> de extensión; el más grande es Waspán, con 8,133 km<sup>2</sup>.

**Mapa 2.2.** División Política Administrativa de Nicaragua.



#### **d. Características fisiográficas**

Por sus características climáticas, edafológicas y topográficas Nicaragua se divide en tres grandes regiones naturales: Pacífica, Central y Atlántica.

##### **Región Pacífica**

Representa el 19% de la superficie del territorio nacional, es la más desarrollada y densamente poblada (132 hab./km<sup>2</sup>), aportando al Producto Interno Bruto el 75% del mismo. Esta Región posee suelos de alta fertilidad, distribuidos sobre extensas planicies. El clima es sub-húmedo, con dos estaciones muy bien definidas, una lluviosa y la otra seca con seis meses de duración; la precipitación media anual presenta valores entre 1000 y 2000 milímetros (mm).

##### **Región Central**

Ocupa el 39% de la superficie del territorio nacional con una densidad poblacional de 31 hab/km<sup>2</sup> y aporta al país el 24% del PIB. Se caracteriza por su relieve accidentado pequeños valles intramontanos donde las elevaciones oscilan entre los 400 y 1500 m.s.n.m., presenta un clima húmedo y fresco, con una estación lluviosa prolongada y suelos de alto potencial productivo.

##### **Región Atlántica**

Comprende aproximadamente el 42% del territorio nacional. Su topografía presenta pendientes que van de suaves a planas, con suelos ácidos y de baja fertilidad debido a los procesos de lixiviación provocados por las altas precipitaciones y temperaturas que ocurren durante casi todo el año.

Los problemas edafoclimáticos, la ausencia de vías de comunicación y la baja densidad poblacional (8hab/km<sup>2</sup>), son entre otras las principales limitantes para el desarrollo de la Región. El aporte al PIB es del 1%.

#### **e. Clima**

Las características climáticas de Nicaragua están definidas por su posición geográfica ístmica, su relieve y la circulación general de la atmósfera.

##### **Régimen de precipitación**

Los vientos "Alisios" y el relieve de las regiones naturales del país, originan una estación lluviosa en la Región Atlántica que dura de 9 a 11 meses; en la Región Central se extiende entre 6 y 8 meses, mientras que en la Región del Pacífico se observan dos estaciones climáticas bien definidas, con una duración de 6 meses cada una: el "verano" o estación relativamente seca, que predomina entre noviembre y abril y el "invierno" o estación lluviosa, que se prolonga de mayo a octubre. Durante la estación lluviosa se presentan dos máximos mensuales de precipitación en los meses de junio y septiembre; y una reducción estacional de la precipitación

entre julio y agosto, conocida como “canícula”. La región más lluviosa de Nicaragua se localiza en el extremo sudeste del territorio nacional en San Juan del Norte, donde las precipitaciones medias anuales alcanzan los 5000 mm; mientras que en los llanos más secos del Pacífico y valles intramontanos de la Región Central la precipitación anual varía entre 700 y 900 mm.

### **Régimen térmico**

El régimen térmico en Nicaragua es muy variado debido a los accidentes geográficos que presenta el territorio. Las temperaturas máximas absolutas oscilan entre 30.6 y 42.0°C. Las temperaturas medias anuales varían entre los 20.0 y 29.0°C. En la Región del Pacífico la temperatura media anual oscila entre 24.4 y 28.6°C. En la Región Central – Norte, la variación anual de la temperatura está comprendida entre 21.0 y 26.0°C. En la Región Atlántica, la temperatura media presenta un comportamiento uniforme a lo largo del año, oscilando entre 25.0 y 26.5°C. Las temperaturas mínimas absolutas anuales presentan un comportamiento diferente en cada región: en el Pacífico, oscilan entre 10.0 y 18.0°C, mientras que en la Región del Atlántico la oscilación es menor, variando de 15.4 hasta 16.0°C.

### **Humedad relativa**

La humedad relativa media anual varía en la Región del Pacífico de 63 a 79%. En la Región Central entre 63 y 83%. Presentándose los mayores valores de humedad relativa media anual en las llanuras del Atlántico, donde alcanzan valores entre 85 y 88%.

### **Régimen de vientos**

La dirección predominante del viento, está en función de la circulación general de la atmósfera y de algunos factores locales. En la costa Atlántica predomina el flujo Noreste variando hacia el Este; en la parte Sur del país predominan los vientos del Este con ligeras variaciones hacia el Sudeste. En la Región Norte los vientos de dirección Norte presentan mayor frecuencia, mientras que en la Región Central el rumbo Noreste es el dominante con alguna variación del Este. En el extremo noroccidental de la Región del Pacífico la dirección varía en los distintos rumbos del cuadrante Sur.

## **c. Medioambiente y biodiversidad**

Los recursos naturales constituyen la base potencial para el desarrollo del país y de continuarse con el modelo de aprovechamiento actual, el crecimiento económico significaría un mayor deterioro y agotamiento de dichos recursos.

### **Medioambiente**

El Gobierno de Nicaragua preparó en 1994 el “Plan de Acción Ambiental” para contar con una política y estrategia ambiental que armonice los intereses económicos con el medioambiente. El Plan de Acción Ambiental es el instrumento necesario para propiciar el desarrollo sostenible y posibilitar la toma de decisiones en la materia. Identifica beneficios para mejorar la calidad de

vida de las presentes y futuras generaciones así como para la economía en general, lo que implica el uso adecuado de los recursos naturales tomando en cuenta sus potencialidades, restricciones y la protección ambiental.

Además del Plan de Acción Ambiental, el país cuenta con un plan de Acción Forestal los que en su conjunto tienen significado especial debido a las características actuales de Nicaragua, estas son: pobreza extrema , gran parte del territorio nacional no ha sido intervenido por el hombre, problemas con los derechos de propiedad (tenencia de la tierra) y baja densidad poblacional. Esta problemática aunada a la existencia de grandes áreas vírgenes son los elementos principales del avance de la frontera agrícola hacia los bosques húmedos tropicales, ocasionando destrucción forestal, disminución de la fertilidad del suelo, contaminación de los recursos hídricos, y destrucción de los hábitat naturales, flora y fauna.

Los recursos naturales de Nicaragua ofrecen una gran diversidad biológica y otros potenciales naturales importantes que pueden ser utilizados para elevar el nivel de vida de la población y mejorar la economía en general, si estos son manejados de acuerdo a normas científicas en el presente.

## **Biodiversidad**

Nicaragua esta situada en el centro de la Provincia Biológica de Centroamérica, que constituye a nivel mundial una región de megadiversidad. Las aguas continentales y marinas de Nicaragua comprenden 130,000 km<sup>2</sup>, donde los ambientes marinos de ambos océanos poseen una gran riqueza biológica.

En el territorio nicaragüense se encuentran las extensiones boscosas más grandes de Centroamérica. La posición tropical privilegiada de Nicaragua le permite dar cobertura a más de veinte ecosistemas distintos, ricos en biodiversidad; además ocupando tan sólo el 0.13% de la superficie terrestre mundial es poseedora de una diversidad faunística, florística y geográfica equivalente al 7% del planeta (TWSC, 1990).

Nicaragua abarca el 31% de la superficie total del Corredor Mesoamericano y el 50.2% del territorio nacional. Este Proyecto contribuirá a través de un sistema de ordenamiento territorial compuesto de áreas naturales bajo regímenes de administración especial a promover el uso sostenible de los recursos naturales, elevando de esta forma el nivel de vida de los habitantes de la región<sup>5</sup>.

El Gobierno de Nicaragua ha suscrito convenios y tratados regionales e internacionales en aras de la conservación de la biodiversidad y el uso racional de los recursos naturales del país; además se conformo el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, el cual cuenta con 76 áreas legalmente establecidas y comprenden una extensión de 2,242,193 hectáreas, equivalentes al 17% de la superficie del territorio nacional.

---

<sup>5</sup> MARENA, PANIF, Biodiversidad en Nicaragua: Un estudio de país. Managua, 1999.



## 2.3. Economía

### Población

La población total de la República de Nicaragua en 1994 era de 4,298,900 habitantes<sup>6</sup>, con una densidad aproximada de 33 hab/km<sup>2</sup>.

Datos del Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC) muestran que la población de Nicaragua para 1995 era de 5,357,099 habitantes, con una densidad de 35.9 hab/km<sup>2</sup> y una tasa de crecimiento de 3.2%, habiéndose duplicado la población en los últimos 24 años. La población urbana para este año ocupaba el 53.05%, y la rural el 46.95%

La tasa bruta de natalidad se estima en 3.8%, superior al promedio latinoamericano de 2.9% y al promedio mundial de 2.7%; mientras que la tasa bruta de mortalidad se estima en 0.9%, ligeramente superior al promedio latinoamericano (0.7%).

### Características socioculturales

La población nicaragüense en su mayoría es mestiza, consecuencia de la mezcla de razas y culturas indígena y española que datan desde la presencia colonial española en el Pacífico y Región Central del país. La composición étnica de la Región Atlántica está integrada por poblaciones indígenas: Sumos, Misquitos, Ramas y Garífonas, así como población negra y diversos mestizajes. Esta diversidad de pueblos y razas convierten a Nicaragua en un país multiétnico y con una gran riqueza cultural. El estado no tiene religión oficial, sin embargo la población nicaragüense es mayoritariamente católica. El idioma oficial es el español.

### Características económicas

Nicaragua es un país eminentemente forestal (60% del territorio nacional es de vocación forestal), pero está sustentada por el sector agropecuario. Gran parte del área agrícola es utilizada para la ganadería y el cultivo de granos básicos (arroz, frijoles, maíz, hortalizas, etc.), para lo cual se emplean métodos tradicionales de cultivo y recolección; a diferencia de los cultivos exportables (algodón, caña de azúcar, banano, etc.) que utilizan métodos mecanizados de cultivo y recolección. La ganadería es una de las actividades económicas más importantes por ser una de las principales fuentes generadoras de divisas.

Para el año 1994 el Producto Interno Bruto<sup>7</sup> (PIB) de Nicaragua alcanzó un valor de 1,871.1 millones de dólares presentando un crecimiento del 3.2% con respecto a los años anteriores, siendo varios los factores que contribuyeron a dicho incremento económico, entre estos: el alza en el precio internacional del café, la implementación del programa económico ESAF<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Banco Central de Nicaragua, Informe Anual 1999

<sup>7</sup> BCN, Informe anual 1994.

<sup>8</sup> Servicio Financiero Reforzado de Ajuste estructural.

apoyado por organismos multilaterales que facilitó el flujo de recursos financieros a la economía nacional, el control monetario y fiscal, privatización de empresas estatales entre otros.

El país ha experimentado un incremento acumulado en el Producto Interno Bruto PIB de 13.29% en los últimos 6 años; de acuerdo a datos del Banco Central de Nicaragua, la participación del Sector Primario en el PIB para 1993 fue del 24.99% y para 1994 del 26.80%.

Evaluando las actividades económicas por sector, se destaca al sector primario por sus mayores aportes a la economía nacional; la industria aún no es competitiva a nivel de la región centroamericana.

### **Sector agropecuario**

El sector agropecuario constituye el eje de la economía nacional. Sin embargo, durante el quinquenio 1990-1994 su crecimiento estuvo por debajo de su potencial debido a condiciones adversas como atrasos tecnológicos, deterioro de los precios internacionales de los principales productos, sequías y tormentas tropicales durante el período.

El sector en su conjunto tuvo un crecimiento de 10.5% con respecto al ciclo 1990-1993, determinado por los resultados positivos obtenidos en los subsectores agrícola y pecuario, los cuales crecieron en 16.1% y 2.5% respectivamente. Además este sector generó el 25% del PIB, el 65% de las exportaciones y más del 40% del empleo en el país (BCN, Informe anual 1994).

### **Sector energía**

En 1990, el 60% de la energía eléctrica producida en Nicaragua fue generada por plantas geotérmicas e hidroeléctricas que aprovechaban fuentes renovables de energía. Menos del 40% de la electricidad consumida era generada por la combustión de petróleo y sus derivados. En 1998, la producción nacional de electricidad se incrementó un 39% con respecto a 1990. El 77% de la electricidad fue producida por la quema de combustibles fósiles. Actualmente, la generación hidroeléctrica y geotérmica aporta sólo el 23% del total generado en el país.

El país posee un enorme potencial para generar "energía limpia". El potencial fotovoltaico, eólico e hidroeléctrico de Nicaragua se estima en más de 7,000 MW, lo cual podría satisfacer a mediano y largo plazo las necesidades del desarrollo nacional, llevando la electricidad a toda la población nicaragüense.

### **Sector forestal**

La actividad silvícola no está desarrollada y no es importante en términos económicos, contrariamente a su alto potencial de producción. Los suelos de vocación forestal ocupan un área aproximada de 6.2 millones de hectáreas. El país tiene una capacidad instalada para el procesamiento de la madera de 300,000m<sup>3</sup>, no obstante en 1994 la producción fue de 150,000 m<sup>3</sup> lo que indica una capacidad ociosa entre el 50 al 60% (BCN, 1994-1995).

De todas las fuentes energéticas del país el consumo de leña para el año 1990 era del 49% y el corte anual de árboles para usos energéticos domésticos, industriales y comerciales fue de alrededor de 3.7 millones de metros cúbicos, lo que indica que en Nicaragua la leña es el principal uso asignado al bosque.

### **Sector salud**

La atención sanitaria gratuita es un derecho constitucional en Nicaragua. El Ministerio de Salud (MINSa) es el organismo rector y principal proveedor de servicios. Además diversas entidades internacionales, privadas, y comunitarias brindan contribuciones valiosas al respecto. El MINSa dispone de 996 unidades sanitarias, de las cuales el 48.3% se concentran en la región del Pacífico. Cuenta con 31 hospitales, 11 de los cuales funcionan en Managua<sup>9</sup>.

Según el Instituto Nicaragüense de Seguridad Social (INSS), en el país existen 51 clínicas médicas previsionales, con 327 médicos generales, 848 especialistas y 314 enfermeras para la prestación de servicios de salud a los asegurados (MINSa – OPS, 2000:94). En 1998, el INSS brindaba cobertura sanitaria a cerca de 300,000 habitantes, universo equivalente al 17% de la Población Económicamente Activa (PEA), a través de 42 Empresas Médicas Previsionales en todo el país.

Según los datos de la Encuesta Nacional de Demografía y Salud de 1998, el 8.5% de la población de Nicaragua no tiene acceso a servicios de salud<sup>10</sup>. Esta situación se manifiesta de manera desigual en las distintas zonas del país: menos del 1% en la zona urbana y casi el 20% en el área rural<sup>11</sup>.

### **Resumen económico**

Después de una década de decrecimiento y estancamiento, el Producto Interno Bruto (PIB) global y per cápita registró progresos a partir de 1994.

Los cambios en las políticas económicas ejecutados en las últimas décadas, se han sucedido sobre una estructura productiva que se ha mantenido relativamente constante. El sector agropecuario no sólo continúa siendo el principal motor en términos del PIB; de la ocupación de la PEA y de la generación de divisas por exportación, sino que incluso ha consolidado su posición de liderazgo. Sus exportaciones siguen sustentadas por los productos que tradicionalmente ha exportado, procedentes del sector agropecuario (Neira, 1999).

El sector industrial por su parte, es de escaso desarrollo y poco vinculado al resto de la economía. El sector terciario, si bien en la década pasada inició un proceso activo de modernización, continúa dominado por el sector informal.

<sup>9</sup> (MINSa – OPS, 2000:98).

<sup>10</sup> PNUD, UNION EUROPEA, Estado de la Región en Desarrollo Humano Sostenible, San José, PNUD/Unión Europea, 1999.

<sup>11</sup> PNUD, El Desarrollo Humano en Nicaragua 2000 / PNUD. – 1ª. ed. – Managua: PNUD, 2000. 196p.

Dos características explican la situación actual de Nicaragua, primero es un país de postguerra y el grado de destrucción alcanzado tiene impactos duraderos difíciles de resolver a corto plazo. Segundo se trata de un país altamente endeudado.

La economía nicaragüense para el año 1994 puede resumirse de la siguiente manera: el PIB de Nicaragua alcanzó un valor de 1,871.1 millones de dólares, siendo el PIB per cápita de \$435.2/hab.

De un total de 4,298.9 miles de habitantes, la población con edades mayores a los 10 años alcanzaba los 2,943.9 miles; de los cuales la Población Económicamente Activa (PEA) era de 1,479.3 miles y el total ocupados de 1,176.6 miles. De éstos el 40.12% estaban ocupados en actividades primarias, el 12.89% en secundarias y el 46.99% en actividades terciarias.

La relación PEA/Población ocupaba el 33%, la Tasa de ocupación alcanzó el 82.9% y el desempleo el 17.1% y la Tasa de subempleo 12.2%.

### 3. INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

#### 3.1. Introducción

Uno de los principales compromisos que tienen los estados partes ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) es la elaboración, actualización periódica, publicación y facilitación a la Conferencia de las Partes, inventarios nacionales de las emisiones antropógenas por las fuentes y de la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal.

Durante el proceso de elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) se encontraron algunos obstáculos para la aplicación de la metodología establecida, principalmente por falta de datos (datos de las actividades y factores de emisiones locales en los sectores más relevantes), recurriéndose en estos casos al “juicio de expertos”. Ejemplo de ello fue la falta de sistematización de los datos del sector forestal, por carecer éste de un inventario forestal, por lo que para cuantificar el avance de la frontera agrícola, cantidad de tierras en abandono, etc., fue necesario realizar un taller nacional de consulta con la participación de expertos nacionales del sector. También, se utilizaron factores de emisiones por defecto proporcionados por las guías metodológicas del IPCC<sup>12</sup>.

El INGEI evalúa la situación particular del país ante los problemas de deterioro ambiental causantes del cambio climático, a fin de identificar medidas de mitigación y adaptación a ser consideradas en el establecimiento de políticas nacionales encaminadas fundamentalmente a la aplicación del Mecanismos de Desarrollo Limpio.

El INGEI fue revisado por el Centro de Colaboración de la UNEP sobre medio Ambiente y Energía con sede en Dinamarca, por gestiones del Programa de Apoyo a las Comunicaciones Nacionales del GEF/PNUD. Las observaciones realizadas por este centro, fueron consideradas en el documento final. Este fue elaborado con base a las directrices metodológicas del IPCC (versión revisada 1996) y presenta de la mejor manera posible las emisiones y absorciones de los GEI de la República de Nicaragua, para el año de referencia 1994.

El Gobierno de Nicaragua, a través del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), en cumplimiento de sus compromisos ante la CMNUCC, presenta la primera referencia para el año 1994 sobre las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en los sectores: Energía, Procesos Industriales, Desperdicios, Agricultura, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura.

#### 3.2. Emisión y absorción anual neta de gases de efecto invernadero

El INGEI cuantifica las emisiones de GEI por categorías de fuentes y sumideros en los siguientes sectores: Energía, Procesos Industriales, Desperdicios, Agricultura, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura (CUTS). El Cuadro 3.1, muestra el resumen de la emisión y absorción anual neta de GEI para cada uno de los sectores incluidos en el INGEI.

<sup>12</sup> Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.

**Cuadro 3.1** Emisión y absorción anual neta de GEI (Gg.). Nicaragua, 1994

Sectores	GASES						
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVDM	SO <sub>2</sub>
Energía	2,373.54	12.10	0.20	250.05	16.97	31.85	-
Procesos Industriales	354.84	-	-	-	-	9.31	4.59
Agricultura	-	171.18	2.18	54.58	1.61	-	-
CUTS	-14,784.09	74.73	0.51	653.86	18.57	-	-
Desechos	-	13.38	0.18	-	-	-	-
<b>Total Nacional</b>	<b>-12,055.71</b>	<b>271.39</b>	<b>3.07</b>	<b>958.49</b>	<b>37.15</b>	<b>41.16</b>	<b>4.59</b>

Debido a que el bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) influyen con distinta capacidad en el balance energético del sistema Tierra-Atmósfera, se ha establecido la contribución relativa de cada uno de ellos al efecto total en distintos escenarios de tiempo. Para tal fin se determinó el parámetro Potencial de Calentamiento Global, el cual relaciona las emisiones de CO<sub>2</sub> necesaria para crear el mismo efecto de calentamiento global que provocaría la emisión de la unidad masa de dicho gas para un período de tiempo determinado.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, pueden tener al cabo de 100 años un efecto equivalente de las emisiones de 24.5 veces y 320 veces respectivamente de CO<sub>2</sub>. En el Cuadro 3.2, se presenta el resumen de las emisiones y absorciones de los tres GEI principales en Gigagramos de CO<sub>2</sub> equivalente en 100 años.

**Cuadro 3.2.** Resumen de emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> equivalente de los principales gases de efecto invernadero, para el año 1994 (Gg).

Sectores	GEI			TOTAL CO <sub>2</sub> equivalente (100 años)	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Emisión	Absorción
Energía	2,373.54	296.45	64.00	2,733.99	
Procesos Industriales	354.84			354.84	
Agricultura		4,193.91	697.60	4,891.51	
CUTS	-14,784.09	1,830.89	163.20		-12,790.00
Desechos		327.81	57.60	385.41	
<b>BALANCE</b>	<b>-12,055.71</b>	<b>6,649.06</b>	<b>982.40</b>	<b>8,365.75</b>	<b>4,424.25</b>

### El bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Las emisiones de gases de efecto invernadero provocadas por las actividades de carácter antropogénico han afectado el balance entre fijaciones y emisiones aumentando la concentración de este gas en la atmósfera y provocando aumento en la temperatura media mundial en los últimos 150 años.

En Nicaragua las principales causas de emisiones de CO<sub>2</sub> son la deforestación como consecuencia de la expansión de la agricultura y la ganadería; los incendios forestales, la combustión de biomasa y, combustibles fósiles y los huracanes.

### 3.3. Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía

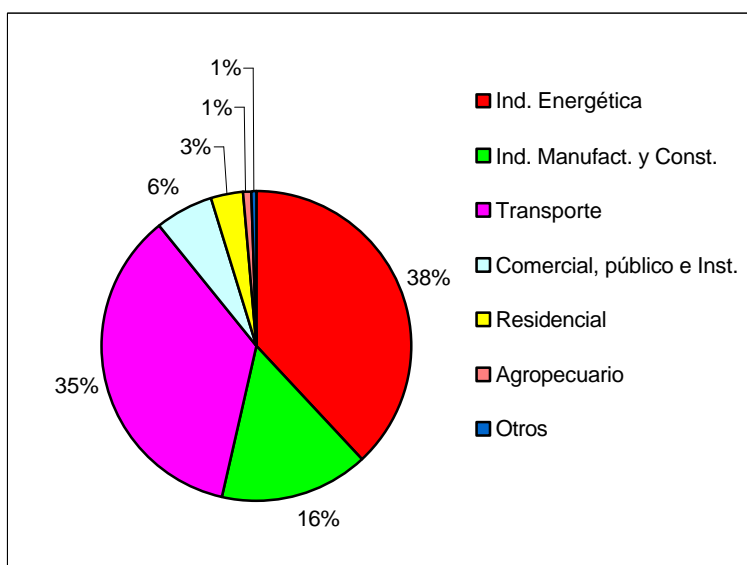
El total de emisiones de CO<sub>2</sub> (Cuadro 3.1) del sector Energía fue de 2,373.54 Gg emitidos por los siguientes subsectores: Industria Energética (902.62), Industria de Manufactura y Construcción (368.94), Transporte (841.57), Comercial, Público e Institucional (150.9), Residencial (75.06), Agropecuario (20.39) y Otros (14.06).

La Industria Energética emitió el 38% del total de emisiones del sector, producidas durante el proceso de generación de energía y la quema de combustibles fósiles para la transformación de energía primaria a secundaria (refinación del petróleo importado).

El transporte (35%) y la Industria Manufacturera y Construcción (16%) ocupan el segundo y tercer lugar en emisiones de gases de efecto invernadero, debido a la combustión de gasolina y diesel oil de vehículos automotores; y al consumo de hidrocarburos para el desarrollo de actividades propias de las diferentes industrias respectivamente.

El subsector Comercial, Público e Institucional generó el 6% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del Sector debido al uso de gasolina, diesel oil y gas licuado del petróleo. Los subsectores restantes residencial, agropecuario y otros ocupan el 5% del total de emisiones. Se excluyen las emisiones producto del consumo de leña por ser estas contabilizadas en el Sector Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura (CUTS). Ver Figura 3.1.

**Figura 3.1.** Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía por subsector (%) para 1994.



### 3.4. Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector procesos industriales

Las actividades industriales que contribuyeron a las emisiones de GEI en 1994 fueron: la producción de cemento, cal, piedra caliza, producción de asfalto, hormigón, carburo de calcio, pan y alimentos.



Las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en el sector Procesos Industriales fueron de 354.84 Gg, de las cuales la producción de cemento constituye la principal fuente de emisión con 336.67 Gg, las emisiones del resto de los subsectores antes mencionados alcanzaron en conjunto 18.17 Gg.

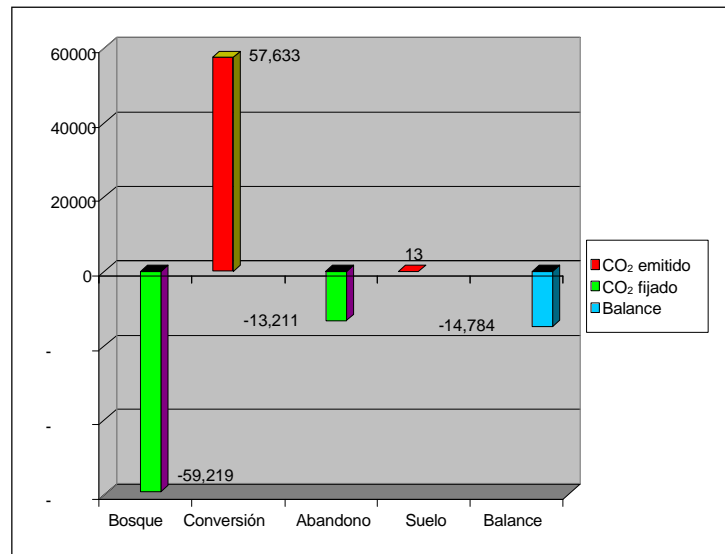
### 3.5. Emisión y absorción de CO<sub>2</sub> del sector cambio en el uso del suelo y silvicultura

La cubierta vegetal de carácter permanente constituye uno de los más importantes sumideros del carbono atmosférico, el cual es fijado en su estructura por fotosíntesis, liberándose simultáneamente oxígeno.

Este Sector se caracterizó por una emisión de 57,632.67 Gg de CO<sub>2</sub> por conversión de bosques en praderas, actividad mediante la cual se tala el bosque para transformar la tierra en áreas de pastoreo o agrícolas, más 12.97 Gg emitidos por la descomposición de material orgánico en los suelos, totalizan una emisión neta de 57,645.64 Gg de CO<sub>2</sub>.

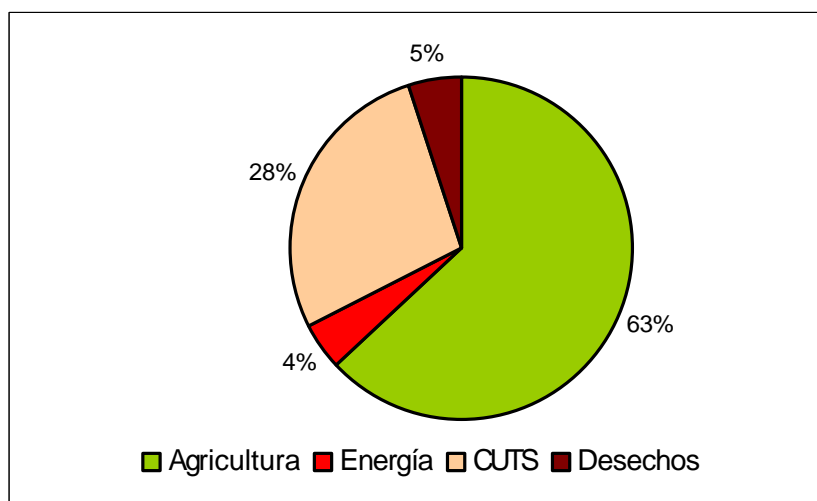
Por el contrario la fijación total de CO<sub>2</sub> se estimó en 72,429.73 Gg: de los cuales 59,218.65 Gg debido al crecimiento del bosque y consecuentemente al proceso fisiológico de la fotosíntesis de las plantas, por abandono de tierras cultivadas se fijaron 13,211.08 Gg de CO<sub>2</sub> debido a la regeneración natural en los suelos que han sido abandonados de la actividad agrícola. Resultando un balance de 14,784.09 Gg de CO<sub>2</sub> fijados en este Sector (Figura 3.2).

**Figura 3.2.** Balance de emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> del sector CUTS (Gg) para 1994.



### 3.6 Emisiones de metano (CH<sub>4</sub>)

Se estima que las emisiones netas de metano en Nicaragua para 1994 fueron de 271.39 Gg, siendo los Sectores emisores: Agricultura (171.18 Gg), CUTS (74.73 Gg), Desechos (13.38 Gg) y Energía (12.10 Gg). La Figura 3.3, muestra la distribución porcentual de las emisiones de metano por sectores.

**Figura 3.3.** Distribución de las emisiones de CH<sub>4</sub> por sectores (%) para 1994.

El Sector Agricultura participó con el 63% del total de las emisiones, el Sector CUTC fue la segunda fuente de emisión con el 28% del total, y los Sectores Desechos y Energía que contribuyeron con el 5 y 4% respectivamente.

Las principales causas de las emisiones de metano para los diferentes sectores en el ámbito nacional se presentan en el Cuadro 4.3.

**Cuadro 3.3.** Resumen de las principales fuentes de emisión de metano por sectores.

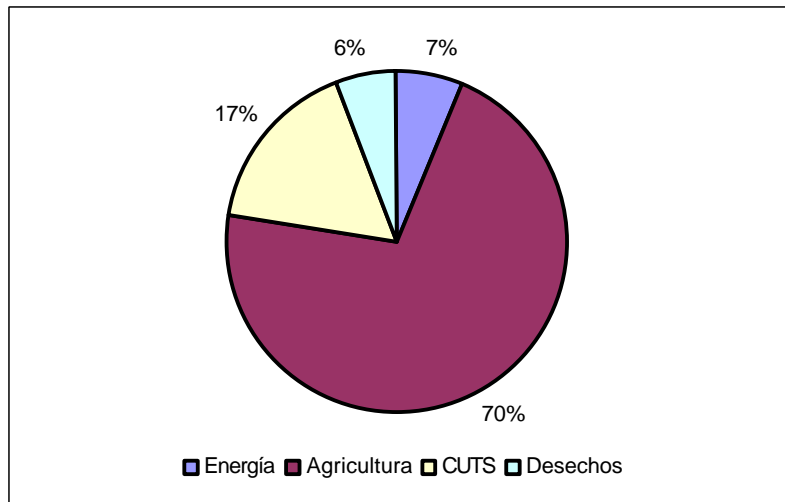
Sector	Causas de las emisiones de CH <sub>4</sub>
<b>Agricultura</b>	Es el principal emisor de metano a nivel nacional (171.18 Gg), proveniente casi exclusivamente de la fermentación entérica del ganado durante el proceso de alimentación – digestión, con 153 Gg; la segunda fuente en importancia es el cultivo de arroz por inundación con 9.81 Gg. En menor proporción contribuyen el manejo de estiércol (5.4 Gg), la quema de residuos agrícolas (1.8 Gg) y la quema prescrita de sabanas (0.64 Gg).
<b>CUTC</b>	El Sector Cambio del Uso del Suelo y Silvicultura liberó un total de 74.73 Gg de metano durante el año 1994 por conversión de bosques en praderas. Este gas es liberado fundamentalmente durante la quema de biomasa in situ.
<b>Desechos</b>	En este Sector se contabilizaron las emisiones de metano originadas en los vertederos de residuos sólidos (11.34 Gg) y aguas residuales domésticas e industriales (2.04 Gg).
<b>Energía</b>	Las emisiones de metano en este Sector dependen básicamente de las condiciones particulares en que son quemados los combustibles, el tipo de combustible utilizado, tecnologías de control, mantenimiento y tiempo de uso de los equipos. Siendo el total global de emisiones del Sector de 12.10 Gg.

### 3.7 Emisiones de óxido nítrico (N<sub>2</sub>O)

El fertilizante que no es removido por las plantas contribuye a las emisiones de N<sub>2</sub>O al ser arrastrado por las lluvias hacia los mantos acuíferos o cuerpos de agua superficiales, cuando es objeto de denitrificación. También, las malas prácticas agrícolas, la forma de aplicar los fertilizantes, altas cantidades de biomasa inmóvil y los desechos humanos provocan emisiones de N<sub>2</sub>O.

Nicaragua emitió en 1994 un total de 3.07 Gg de N<sub>2</sub>O distribuidos de la siguiente forma: Energía — 0.20; Agricultura — 2.18; CUTS — 0.51; y Desechos — 0.18 Gg respectivamente. El Sector Agricultura es la principal fuente de emisión de N<sub>2</sub>O con el 70% de las emisiones totales del país, siendo el responsable de éstas los cultivos en suelos agrícolas. El Sector CUTS ocupa el segundo lugar con 17% de las emisiones nacionales de dicho gas, debido a la quema de bosques. Los Sectores que producen menos emisiones de este gas son Energía (7%) y Desechos (6%); en el primer caso las emisiones están relacionadas con el sistema de quema de los combustibles y en el segundo por el consumo de proteínas de la población ( Fig. 3.4).

**Figura 3.4.** Distribución porcentual de las emisiones de N<sub>2</sub>O por sectores para 1994.

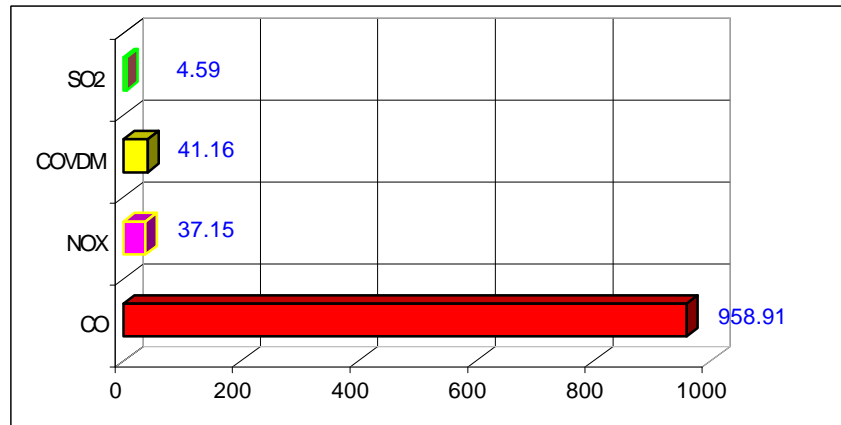


### 3.8 Emisiones de GEI (SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO) distintos a los principales

Además de realizar el inventario de los tres GEI principales y en función de la disponibilidad de la información nacional, se cuantificaron las emisiones de Monóxido de Carbono, Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>), Compuestos Orgánicos Volátiles Distintos al Metano (COVDM) y Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>). El total de emisiones de estos gases y su distribución por sectores se muestra en el Cuadro 3.1. La Fig. 3.5, presenta las emisiones netas de estos gases en Gg, para 1994.

Las mayores emisiones corresponden al monóxido de carbono con 958.91 Gg, provenientes principalmente del Sector CUTS (653.86) por la deforestación y quema de los bosques; y del Sector Energía (250.05 Gg) por la combustión incompleta de los combustibles, siendo el sub-sector residencial el mayor emisor, debido al uso de leña en los hogares en fogones abiertos.

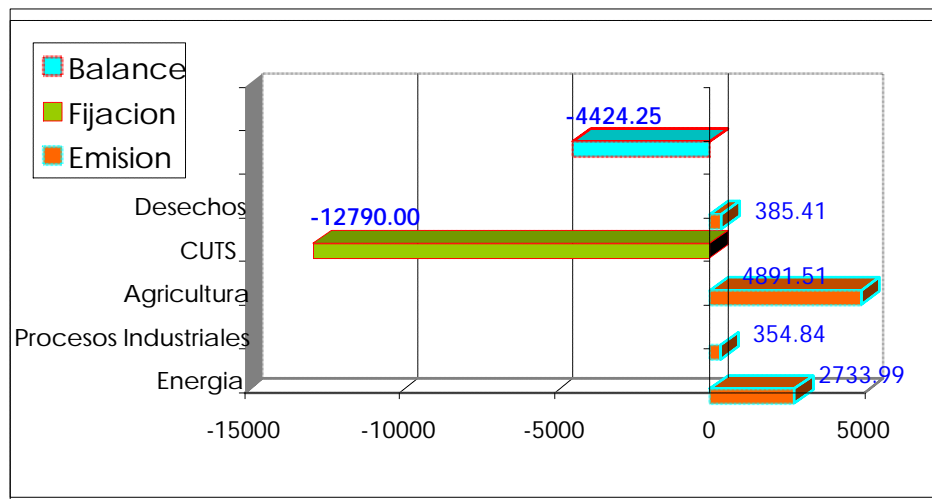
Figura 3.5. Emisiones de GEI distintos a los gases principales (Gg) para 1994.



### 3.9. Balance de emisiones y fijaciones de CO<sub>2</sub> equivalente

Nicaragua posee aún en relación con su territorio considerables extensiones boscosas, además de miles de hectáreas de suelos agrícolas en abandono, en algunos casos por más de 20 años; debido a estas circunstancias el país resultó ser fijador de GEI. De conformidad al balance de emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub>—equivalente (Fig. 3.6), el territorio nacional posee una capacidad de fijación de 4,424.25 Gg de CO<sub>2</sub> (4.42 millones de toneladas) para el año de referencia 1994.

A pesar de que el Sector CUTS fijó una considerable cantidad de CO<sub>2</sub> que sitúa a Nicaragua en la posición de país fijador de GEI, si se continúa con la situación actual sin medidas de mitigación, la cantidad de emisiones de GEI en un futuro próximo será mayor que la capacidad de fijación actual, debido principalmente al vertiginoso avance de la frontera agrícola y a la deforestación.

Figura 3.6. Balance de emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> equivalente (Gg) por sectores para el año 1994.

### 3.10 Incertidumbres del inventario nacional de gases de efecto invernadero

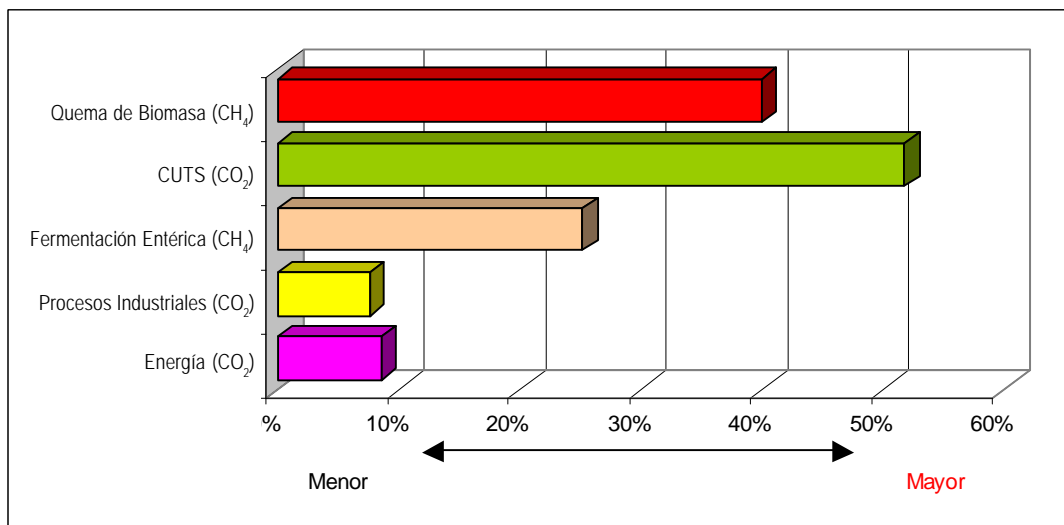
Las incertidumbres son inevitables en cualquier estimación nacional de emisiones y absorciones de GEI. Este módulo está destinado a la presentación del grado de confianza de los resultados del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

Para la realización de los cálculos de las emisiones de GEI de los diferentes sectores del inventario, se utilizaron factores de emisión tomados de las Directrices del IPCC; por lo que se concluye que las incertidumbres de los factores de emisión son las establecidas por defecto en dicho documento.

Las evaluaciones de metano presentan incertidumbres considerables, principalmente por la quema de biomasa (40%), disminuyendo con respecto a los gases emitidos por la fermentación entérica (25%).

Los cálculos de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Fig. 3.7) provenientes de la industria cementera en los procesos industriales son los de mayor confiabilidad (7.61%), seguidos de los cálculos realizados en el sector Energía que ocupan el segundo lugar con una incertidumbre del 8.6%.

Figura 3.7. Cuantificación de las incertidumbres del inventario en porcentaje (%).



Los resultados con mayores incertidumbres son los del Sector CUTS (52%), los cuales están relacionados con la emisión y fijación de CO<sub>2</sub>, por lo tanto éste se constituye en uno de los sectores prioritarios para mejorar el inventario en futuras evaluaciones.

El Inventario ha sido elaborado de la mejor forma posible y la valoración de las incertidumbres actuales, servirán como indicadores para profundizar en el estudio de los sectores con mayores imprecisiones.

## 4. IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### 4.1. Introducción

La preocupación mundial por los probables impactos que puedan ocasionar los cambios en el sistema climático global, y sus consecuentes perjuicios sobre las diferentes actividades humanas y los recursos naturales, ha creado la necesidad de que los países del mundo consideren la posibilidad de formular políticas e implementar acciones que contemplen reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, causantes del calentamiento atmosférico global y del cambio climático.

La evaluación de los probables impactos del cambio climático requieren de dos elementos fundamentales. En primer lugar, es necesario elaborar los escenarios de cambio climático probables a diferentes horizontes de tiempo, de tal manera que permitan descubrir la posible intensidad de las variaciones en el clima. En segundo lugar, los estudios de impacto necesitaban datos sobre la sociedad que tendrá que asumir o sufrir estos impactos, por lo tanto se realizó el estudio de los escenarios climáticos y socioeconómicos, que proporcionaron información valiosa sobre la sociedad nicaragüense del siglo XXI. La sociedad del próximo siglo no será idéntica a la actual, en términos de población, riqueza producida, consumo de electricidad, agua potable, etc. Tales proyecciones se presentan en los Escenarios Climáticos y Socioeconómicos para el Siglo XXI en Nicaragua.

### 4.2. Escenarios Climáticos y Socioeconómicos de Nicaragua para el siglo XXI

#### 4.2.1. Escenarios climáticos

El valor teórico—práctico de los resultados de los escenarios climáticos es la posibilidad que estos brindan de ser utilizados para valorar los impactos del cambio climático en diferentes horizontes de tiempo y para distintos sectores (recursos hídricos, agricultura, bosques, etc.), permitiendo de esta forma insertar los resultados de estos estudios en los planes de desarrollo del país, ajustados a las nuevas condiciones impuestas por los cambios climáticos.

El objetivo de los escenarios climáticos fue el de proyectar el comportamiento futuro de las principales variables climáticas en Nicaragua para los próximos 100 años, sobre la base de la elaboración de tres escenarios: pesimista, moderado y optimista, los cuales están interrelacionados con los escenarios de emisiones de GEI desarrollados por el IPCC para sus diferentes reportes de evaluación de impactos.

Los modelos utilizados fueron el MAGICC para la generación de los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero, y el SCENGEN para la generación de escenarios climáticos (ambos modelos creados por la Universidad de East Anglia, Reino Unido). Los futuros patrones temporales y espaciales del clima fueron obtenidos mediante la utilización de modelos de circulación general tales como HADCM2, vinculados con las salidas del modelo MAGICC,

obteniéndose de esta forma un patrón de cambio normalizado, es decir, cambio de una variable por grado de calentamiento global.

Los escenarios climáticos utilizados se fundamentan en los escenarios de emisiones del IPCC: IS-92a, IS-92d e IS-92c (pesimista, moderado y optimista, respectivamente). Los horizontes de tiempo seleccionados fueron 2010, 2030, 2050, 2070 y 2100. Las proyecciones se realizaron con respecto a la serie climática 1961—1990, utilizada ampliamente por la Organización Meteorológica Mundial.

Los resultados de las simulaciones del clima en el territorio de la República de Nicaragua, muestran las variaciones de las principales características del tiempo atmosférico (temperatura, precipitación y nubosidad), para cada uno de los escenarios de emisiones de GEI para el siglo XXI, a tres horizontes de tiempo, y en las dos vertientes de Nicaragua. Los datos presentados en el Cuadro 4.1, son promedios anuales de las variables meteorológicas analizadas.

**Cuadro 4.1.** Proyecciones del clima futuro de Nicaragua para el siglo XXI.

Horizonte de tiempo	ESCENARIOS					
	Pesimista IS-92a		Moderado IS-92d		Optimista IS-92c	
	Pacífico	Caribe	Pacífico	Caribe	Pacífico	Caribe
<b>PRECIPITACIÓN EN %</b>						
2010	-8.4	-8.2	-7.9	-7.7	-7.9	-7.7
2050	-21.0	-20.5	-16.9	-16.5	-16.2	-15.8
2100	-36.6	-35.7	-25.3	-24.7	-21.0	-20.5
<b>TEMPERATURA EN 0C</b>						
2010	0.9	0.8	0.8	0.7	0.8	0.7
2050	2.1	1.9	1.7	1.5	1.6	1.5
2100	3.7	3.3	2.6	2.3	2.1	1.9
<b>NUBOSIDAD EN %</b>						
2010	-3.6	-4.0	-3.4	-3.7	-3.4	-3.7
2050	-9.0	-9.9	-7.2	-7.9	-6.9	-7.6
2100	-15.6	-17.2	-10.8	-11.9	-9.0	-9.9

Comparando los dos extremos de los escenarios climáticos (pesimista y optimista) para las tres variables climáticas (precipitación, temperatura y nubosidad) en las vertientes del Pacífico y Atlántico de Nicaragua, se observa que la precipitación media anual disminuirá desde – 8.4% (-7.9)<sup>13</sup> hasta –36.6% (-21.0) en el Pacífico, y de -8.2% (-7.7) a –35.7% (-20.5) en el Atlántico; mientras que la temperatura media anual aumentará en el Pacífico de 0.9° (0.8) a 3.7°C (2.1), y de 0.8° (0.7) a 3.3°C (1.9) en el Atlántico. Al mismo tiempo se espera que disminuya el campo nuboso medio de –3.6% (-3.4) a –15.6% (9.0) en el Pacífico, y de –0.4% (-3.7) a –17.2% (-9.9) en el Atlántico, para los años 2010 y 2100 respectivamente.

<sup>13</sup> Entre paréntesis se muestran los resultados del escenario optimista.

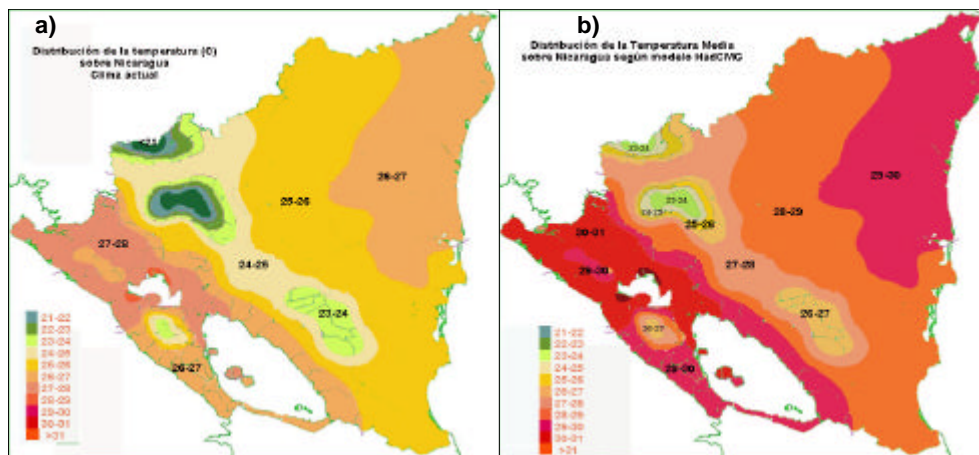
### a. Temperatura

En el Mapa 4.1a se presenta la distribución espacial de la temperatura media anual en las condiciones del clima actual, según INETER. El Mapa 4.1b, muestra la simulación de la distribución espacial de la temperatura del aire en condiciones de un clima cambiado y bajo un escenario pesimista (IS-92a) utilizando el modelo HADCM2 para el año 2100.

En la vertiente del Caribe, en la zona que comprende la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN), la temperatura actual es de 26 - 27°C cambiando de acuerdo a la simulación realizada a 29 - 30°C, mientras que en el sector sur en la mayor parte de la Región Autónoma del Atlántico Sur (RAAS), ésta variaría desde 25 - 26°C hasta 28 - 29°C.

Sobre la vertiente del Pacífico, la modificación cuantitativa más importante se registraría en la parte noroeste de la Región, en particular sobre los municipios del norte de Chinandega y León, donde la temperatura media anual aumentaría aproximadamente desde 27 - 28°C hasta 30 - 31°C.

**Mapa 4.1. a)** Campo de la temperatura media anual para la climatología actual en °C. **b)** Campo de la temperatura media anual simulado para el año 2100 (escenario pesimista).



Los incrementos en la temperatura media anual producirían impactos importantes en los diferentes sectores productivos y actividades humanas, debido a que en gran medida influyen en la capacidad productiva de muchos cultivos, determinan el bienestar humano, la salud de la población, y podrían en alguna medida limitar la adaptación de la biota en el territorio nacional.

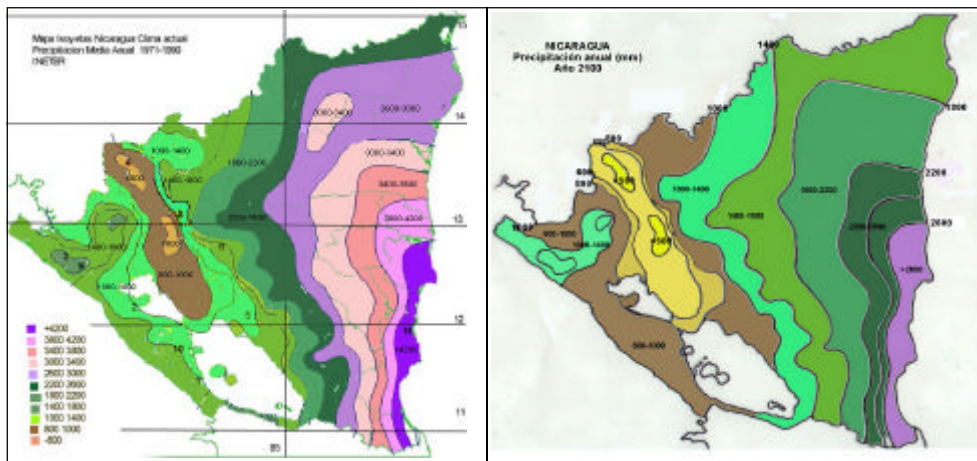
### a. Precipitación

La distribución espacial actual y simulada del campo de la precipitación media anual en Nicaragua se presenta en el Mapa 4.2 a y b. Comparando la distribución actual de la precipitación media anual y la posible distribución para el año 2100 (escenario pesimista), se observa que en el país se produciría una reducción importante en los totales anuales. Para el año 2100 las reducciones son bastante similares para ambas vertientes. Sobre la vertiente del Caribe es de aproximadamente 35.7%, y en el Pacífico de 36.6%.



Los cambios más significativos se esperarían en regiones que actualmente son relativamente secas, como la región norte del territorio y la de los municipios del norte de Chinandega y León. Bajo condiciones de un clima cambiado, estas zonas recibirían anualmente menos de 500 mm, lo cual tendría repercusiones importantes en las actividades agrícolas y ganaderas. La mayor parte de la región del Pacífico Central y Sur, podría pasar de 1400-1800 mm/año a 800-1000 mm/año; aumentando consecuentemente el área de las zonas secas de Nicaragua. De tal forma que los municipios considerados actualmente como zonas secas, se tornarían más secos para el año 2100.

**Mapa 4.2. a)** Campo de la precipitación media anual para la climatología actual en mm. **b)** Campo de la precipitación media anual simulado para el año 2100 (escenario pesimista).



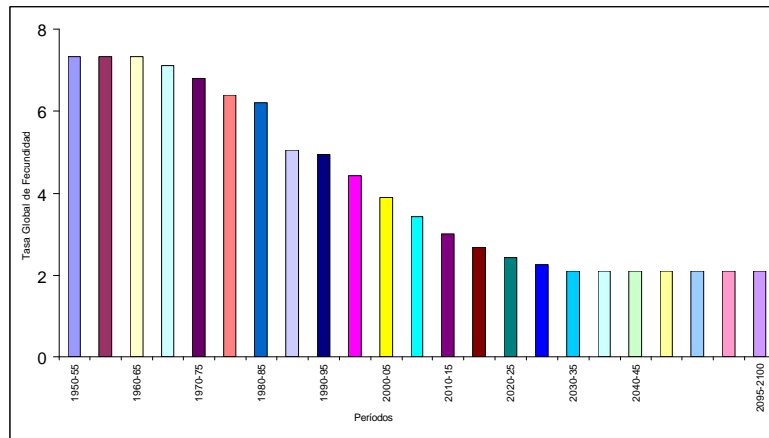
#### 4.2.2. Escenarios socioeconómicos

Los escenarios socioeconómicos constituyen el segundo elemento indispensable para la realización de estudios de impacto del cambio climático en el ámbito nacional, ya que proporcionan la información necesaria sobre la sociedad nicaragüense del siglo 21, para prepararse ante los desafíos del cambio climático.

Los escenarios socioeconómicos fueron construidos analizando las siguientes variables: población, demanda energética, demanda de agua y de salud, y Producto Interno Bruto. Cabe mencionar que no se trató de realizar predicciones certeras, sino de estructurar escenarios que prevén tener un acercamiento plausible a las condiciones de desarrollo de nuestro país.

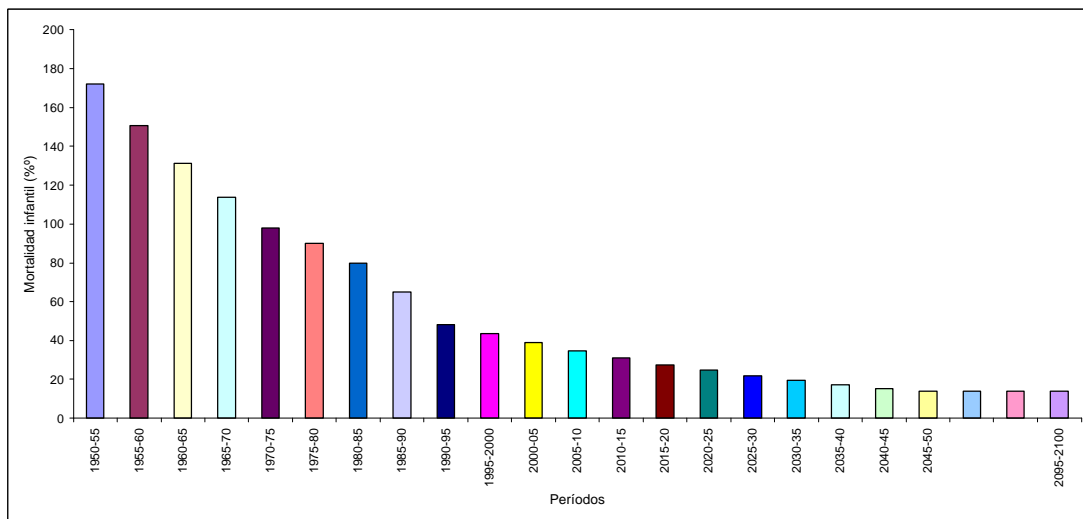
##### a. Población

Para la proyección de la población de Nicaragua se consideraron los resultados del censo realizado en 1995 y una revisión efectuada en 1998 sobre la base de los resultados de una encuesta nacional de demografía y salud, de los cuales se obtuvieron los factores fundamentales de la evolución demográfica (fecundidad, mortalidad, esperanza de vida y migraciones). Los resultados de las proyecciones de la tasa global de fecundidad se muestran en Fig. 4.1.

**Figura 4.1.** Evolución medida y proyectada de la tasa global de fecundidad 1950 — 2100.

La proyección de la tasa global de fecundidad a partir de 1990-95, muestra que irá descendiendo hasta el período 2030—2035 donde se estabilizaría hasta el final del período de la proyección, con un valor de reemplazo de 2.1.

Para proyectar la mortalidad infantil fue utilizada la información del Censo de Población de 1995 sobre hijos nacidos vivos e hijos sobrevivientes y a partir de este año se asumió una evolución por una función logística con un valor final de 13.8 en 2050 (Fig. 4.2), coherente con el que muestran otros países de la región como Honduras y Guatemala. Este valor se conservó para los años siguientes hasta el final de la proyección.

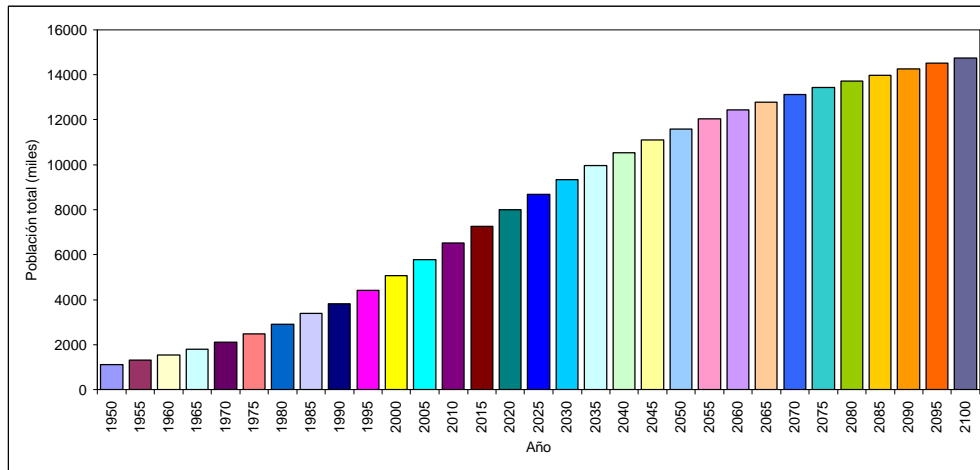
**Figura 4.2.** Evolución de la mortalidad infantil para el período 1950 - 2100.

Las tendencias de migración internacional de la población nicaragüense, principalmente a Costa Rica y Estados Unidos han creado la necesidad de revisar el flujo migratorio; el cual ha sido motivado principalmente por razones económicas.

En la proyección se asumieron flujos migratorios negativos de 70,000 personas por quinquenio para 1991—1995 y 1996—2000, reduciéndose a 20,000 en los dos quinquenios siguientes hasta el 2010, después de los cuales el flujo migratorio no fue proyectado por las dificultades que presenta este parámetro.

La proyección de la población total de Nicaragua (Fig. 4.3), se realizó sobre la base de la evolución demográfica antes descrita. De esta figura se deduce que la población podría aumentar de casi 5 millones para el año 2000 hasta 14.7 millones aproximadamente para el 2100.

**Figura 4.3.** Evolución de la población en Nicaragua, censada (1950—1995) y proyectada (2000—2100).



En el Cuadro 4.2 se muestra la tendencia de crecimiento de la población de Nicaragua desde 1950 hasta el año 2100. Este indica que la población ha crecido vertiginosamente en los últimos 50 años, aumentándose en 4.5 veces con respecto al año 1950; del año 2000 al 2050 la población puede duplicarse, es decir será 2.3 veces superior, mientras en el año 2100 los habitantes de Nicaragua serían 1.3 veces más que en el 2050.

**Cuadro 4.2.** Crecimiento de la población en Nicaragua.

Años	1950	2000	2050	2100
Población, miles	1133.6	5074.2	11600.1	14759.6
Crecimiento/veces	-	4.5	2.3	1.3

El acelerado crecimiento de la población implicará mayor presión sobre los recursos naturales del país, los cuales podrían verse afectados por los cambios climáticos. Especial atención merecen los recursos hídricos, donde las probabilidades de competencia podrían ser cada vez mayores entre el consumo humano, la irrigación y la producción de energía eléctrica. Además de la población total, variará en gran medida su estructura para tres períodos de proyección (2000, 2030 y 2100) en cuanto a la distribución de la población por grupos de edades, se presenta en la Figura 4.4.

Obsérvese que para el año 2000 (Fig. 4.4) la población nicaragüense de ambos sexos es predominantemente joven, ocupando la población menor de 20 años más del 50%; por el contrario para el año 2100 alcanzará no más del 25%, debido a su envejecimiento producto de la disminución de la fecundidad y el aumento de la esperanza de vida al nacer.

#### b. Producto Interno Bruto

La proyección del Producto Interno Bruto (PIB) y otros elementos económicos se muestra en Cuadro 4.3. Se observa que el PIB se incrementa en el transcurso del siglo XXI, de igual forma el PIB per cápita presenta un ritmo de crecimiento positivo, aunque menor, tendiendo a decrecer durante la segunda mitad de éste.

La participación del sector agrícola en el PIB decrece continuamente durante el período de proyección. Sin embargo, el valor agregado total sigue creciendo, por el aumento de las áreas cosechadas en algunos casos y, sobre todo, por el progreso tecnológico que trae consigo mejores rendimientos.

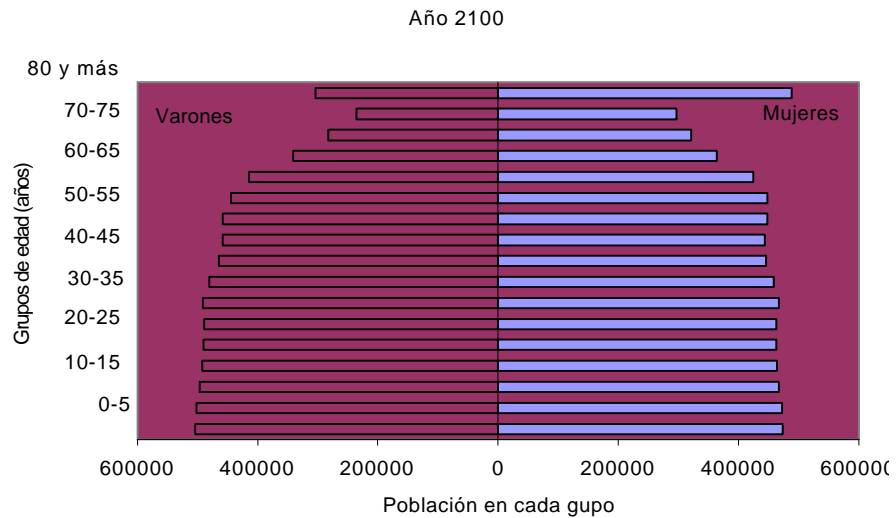
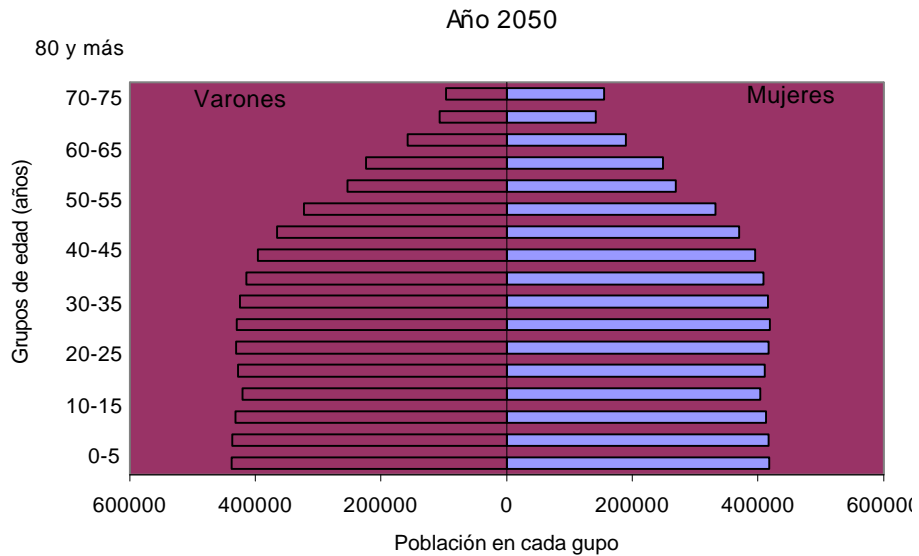
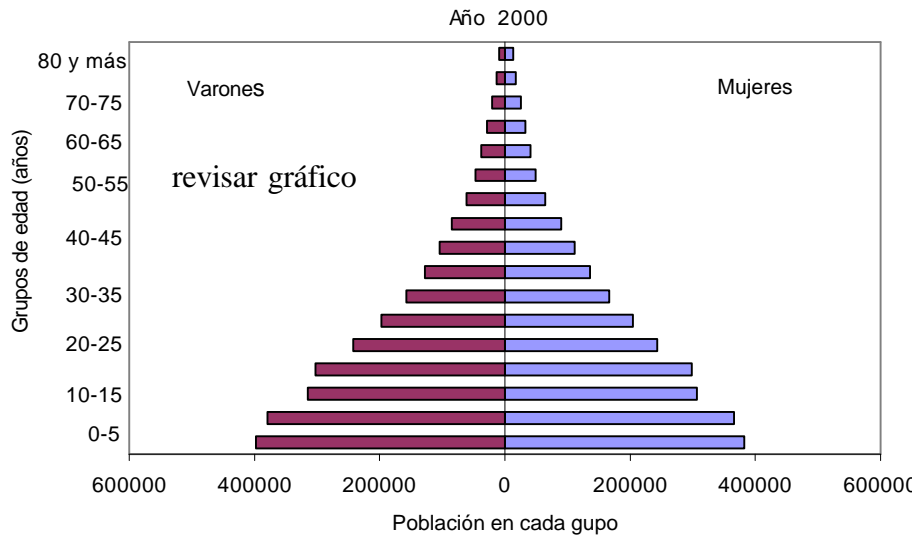
#### c. Demanda de agua

El Cuadro 4.4, presenta la dotación de agua a los usuarios abastecidos por conexiones domiciliarias y la dotación a usuarios de escasos recursos, los cuales son abastecidos por puestos públicos.

**Cuadro 4.3.** Proyección del PIB.

Año	PIB (Mill. CS 1980)	PIB (Mill. US\$1980)	Crecimiento anual medio del período	Población	PIB per capita (Miles de C\$ 1980)	Valor agregado Sector Agrícola (Mill. C\$ 1980)	Participación Agricultura en el PIB
1990	18124.4	1812.44		3827.4	4.74	2887.1	15.9%
1995	19518.2	1951.82	1.5%	4425.7	4.41	3205.7	16.4%
2000	24666.4	2466.64	5.3%	5074.2	4.86	5059.2	20.5%
2010	39561.9	3956.19	6.0%	6529.4	6.06	7990.4	20.2%
2030	105947.0	10594.7	8.4%	9353.2	11.33	12563	11.9%
2050	278440.8	27844.08	8.1%	11600.1	24.00	14062.2	5.1%
2070	421327.2	42132.72	2.6%	13119.8	32.11	14732.3	3.5%
2100	556881.6	55688.16	1.1%	14759.6	37.73	15280.6	2.7%

**Figura 4.4.** Distribución de la población por grupos de edades para los años 2000, 2050 y 2100.



**Cuadro 4.4.** Dotaciones de agua potable (litros/habitantes/día).

Año	Urbano		Rural
	Conexión domiciliar	Puestos públicos	
2010	210	38	68
2030	200	38	82
2050	190	38	90
2070	180	38	100

Las proyecciones muestran que la dotación de agua potable en el medio urbano disminuye con el tiempo, mientras que en el medio rural aumenta. Se considera que para estos horizontes de tiempo el uso del agua será más racional, debido a la instalación de micro medidores por parte de las Empresas Operadoras del Servicio. Referente a la población rural sería causado por el incremento en el nivel de vida y cambios de costumbres de la población.

En la actualidad el porcentaje de la población abastecida por puestos públicos es relativamente alto, esperándose que disminuya en las próximas décadas como consecuencia de la estabilización económica del país.

Las pérdidas de agua en los sistemas de distribución del país alcanzan en la actualidad cerca del 45% del agua producida, esperándose que para los años 2030—2050 éstas disminuyan hasta un 15%, por efectos del mejoramiento en los sistemas administrativos.

#### d. Demanda de energía

Para realizar las proyecciones de consumo energético y eléctrico en el país, se realizó un análisis de regresión lineal en función de la evolución del PIB per cápita, utilizando para tales fines datos de consumos energéticos de los países latinoamericanos e inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero de algunos países europeos. Mediante la aplicación de las ecuaciones generadas a los datos de proyecciones del PIB y de población, se proyectó la demanda energética del país para el siglo XXI, los cuales se presentan en el Cuadro 4.5.

**Cuadro 4.5.** Proyecciones del consumo energético en Nicaragua para el siglo XXI.

Año	Población (miles)	PIB (Mill. C\$ 1980)	PIB (Mill.US\$)	PIB per cap. (US\$ /hab.)	Consumo de energía (PJ)	Consumo (PJ) per cap (TJ/hab.)	Consumo electricidad per cap (TJ/hab.)
1990	3827	18142	1814.2	474	68.9	0.018	0.00113
2000	5074	24666	2466.6	486	91.2	0.018	0.00120
2010	6529	39561	3956.1	606	122.1	0.019	0.00133
2030	9353	105947	10594.7	1133	204.9	0.022	0.00193
2050	11600	278441	27844.1	2400	343.8	0.030	0.00336
2070	13120	420000	42000.0	3201	453.0	0.035	0.00427
2100	14760	556881	55688.1	3773	561.1	0.038	0.00491

#### e. Demanda de servicios de salud

El tema de la demanda de los servicios de salud fue abordado mediante dos tipos de proyecciones cuya coherencia mutua no fue posible verificar; se realizó una proyección de la demanda de atención curativa ambulatoria (consultas de primer nivel), las cuales tendrán un costo variable pero fue difícil estimar su evolución; en búsqueda de soluciones a este problema se realizaron proyecciones por gastos generales de salud, los que están plasmados en el Cuadro 4.6.

**Cuadro 4.6.** Proyección de los gastos en salud de Nicaragua para el siglo XXI.

Años	Gasto en Salud (Mill. C\$ 1980)	PIB (Mill. C\$ 1980)	Parte del PIB gastado en salud	Población (en miles)	Gasto en salud per cápita (C\$ 1980)
1995	2538.41	19518.2	13.0%	4425.7	574
2000	3480.59	24666.4	14.1%	5074.2	686
2010	5364.96	39561.9	13.6%	6529.4	822
2030	9133.69	105947.0	8.6%	9353.2	977
2050	12902.42	278440.8	4.6%	11600.1	1112
2070	16671.16	421327.2	4.0%	13119.8	1271
2100	22224.26	556881.6	4.0%	14759.6	1506

Las proyecciones demuestran que la participación de los gastos en salud en el PIB disminuirán de 14.1% en el 2000 hasta el 4% para el 2100; mientras que el gasto per cápita aumentará desde C\$ 686 hasta C\$1506 Córdobas.

#### 4.3. Impacto del cambio climático en el sector hidroenergético

##### Proyecto hidroeléctrico El Carmen

El efecto del cambio climático en el sector energético se estimó utilizando como patrón el proyecto hidroeléctrico El Carmen, ubicado en la cuenca del río Grande de Matagalpa. Esta ocupa un área de 18,450 km<sup>2</sup> hasta su desembocadura en el Mar Caribe.

Según el Plan Maestro de Energía Eléctrica (INE, 1980), el potencial hidroeléctrico del país que puede ser comercialmente explotable es del orden de los 2000 MW. Los datos obtenidos del estudio de la cuenca El Carmen podrían ser transferidos a otros proyectos debido a que ésta se ubica en la Región Central del País donde se localiza el mayor potencial de este tipo de energía eléctrica. Para la simulación de los escenarios climáticos futuros y la respuesta de la cuenca a los mismos se utilizó el modelo hidrológico CLIRUM3, el cual fue calibrado con los datos de la estación hidrométrica de Paiwas por su ubicación cercana a la sub-cuenca del proyecto.

### a. Generación de series de caudales y de escorrentía para diferentes escenarios

A partir de las proyecciones de series de caudales y de lluvia en El Carmen y demás parámetros climáticos que intervienen en la evapotranspiración potencial, se generaron las series para los diferentes escenarios y horizontes de tiempo. El Cuadro 4.7 muestra las variaciones de la precipitación y de la escorrentía media anual para cinco horizontes de tiempo.

**Cuadro 4.7.** Variaciones de la precipitación y la escorrentía media anual en %.

Horizonte de tiempo	Precipitación media anual, %			Escorrentía media anual, %		
	Optimista	Moderado	Pesimista	Optimista	Moderado	Pesimista
2010	-7.79	-7.80	-8.36	-15.01	-15.04	-16.05
2030	-12.24	-12.38	-14.33	-22.95	-23.17	-26.52
2050	-16.07	-16.71	-20.78	-29.41	-30.57	-36.83
2070	-18.73	-20.37	-27.07	-33.65	-36.20	-45.87
2100	-20.81	-25.03	-36.23	-36.88	-43.27	-57.24

El valor porcentual de las precipitaciones para el horizonte de tiempo 2010 presenta variaciones prácticamente iguales en los escenarios optimista y moderado (-7.80%), con un ligero incremento para el pesimista (-8.36%); mientras que para el año 2100 las variaciones serían superiores, con valores de -20.81, -25.03 y -36.23% para los tres escenarios respectivamente.

La escorrentía media anual en los diferentes escenarios del horizonte de tiempo 2010 presenta variaciones del orden del -15%, alcanzando valores de -36.88, -43.27 y -57.24% para los escenarios optimista, moderado y pesimista respectivamente en el año 2100. De lo anterior se deduce que la sub-cuenca El Carmen no sólo disminuiría su caudal por menor pluviosidad, sino que su rendimiento se reduciría aportando menores caudales para una misma cantidad de lluvia, lo que impactaría directamente la producción energética (Cuadro 4.8).

Esta situación desde el punto de vista del uso del recurso hídrico para generación de energía es negativa, ya que incentiva la competencia entre los diferentes usuarios, reduciendo la posibilidad del uso del recurso hídrico para energía. La disminución de la escorrentía debido al cambio climático creará situaciones de competencia, que en la actualidad no existen en la cuenca de El Carmen.

**Cuadro 4.8.** Producción de energía total y variación de la producción (V.P.) en % respecto al escenario base 1961-1990 (GWH) del Proyecto El Carmen.

Horizonte de tiempo	Optimista		Moderado		Pesimista	
	V.P.	%	V.P.	%	V.P.	%
ESC. BASE	412.92	V.P.%	412.92	V.P.%	412.92	V.P.%
2010	363.48	-12.0	363.36	-12.0	359.57	-12.9
2030	332.50	-19.5	331.57	-19.7	317.09	-23.2
2050	304.65	-26.2	298.48	-27.7	271.25	-34.3
2070	285.80	-30.8	274.15	-33.6	225.13	-45.5
2100	270.97	-34.4	238.91	-42.1	165.18	-60.0



## b. Variación de la generación bajo condiciones de un clima cambiado

Se evalúa la energía producida por una planta hidroeléctrica de 80 MW en el sitio El Carmen, en las condiciones climáticas actuales y su variación bajo diferentes escenarios climáticos.

En las condiciones climáticas actuales la producción media anual del proyecto hidroeléctrico El Carmen es aproximadamente de 400 GWH, lo cual se corresponde con un factor de planta de 0.57. Las variaciones (Cuadro 4.8) en la producción de energía debido a los cambios climáticos para el horizonte de tiempo 2010 son bastante similares y del orden del 12% (con valores entre 363.48 y 359.57 GWH) en los tres escenarios. Por el contrario para el año 2100 se advierten reducciones drásticas en la producción de energía, desde -34% (270.97 GWH) hasta -60% (165.18 GWH) para los escenarios optimista y pesimista respectivamente.

## c. Impacto económico en la sociedad nicaragüense

Los efectos del cambio climático incidirían en la viabilidad de los proyectos hidroeléctricos creando condiciones adversas para su desarrollo y restándoles competitividad en relación con las fuentes térmicas.

Se realizó la evaluación económica del Proyecto utilizando para esto la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio—costo (B/C), siendo los resultados para el período base los siguientes: TIR:=15.4%, VAN= -5.54%, B/C=0.0962. Este proyecto en las condiciones actuales se encuentra en el límite de rentabilidad mínima, para ser atractivo a los inversionistas, reduciéndose ésta en el transcurso de los horizontes y escenarios futuros estudiados, como se muestra en el Cuadro 4.9 donde se presentan los índices económicos para los diferentes escenarios.

**Cuadro 4.9.** Resumen de los índices económicos (tasa de descuento 16%).

Horizonte de tiempo	Optimista		Moderado		Pesimista,	
	TIR	VAN	TIR	VAN	TIR	VAN
Base	15.44%	-5.54	15.44%	-5.54	15.44%	-5.54
2010	13.71%	-22.5	13.70%	-22.54	13.57%	-23.84
2030	12.59%	-33.13	12.56%	-33.45	12.02%	-38.42
2050	11.56%	-42.69	11.33%	-44.80	10.30%	-54.15
2070	10.85%	-49.15	10.41%	-53.15	8.48%	-69.97
2100	10.29%	-54.24	9.03%	-65.24	5.91%	-90.54

Este proyecto deja de ser atractivo para inversionistas privados a partir del período 2010 para todos los escenarios; dejando de ser económicamente viable para ser desarrollado por el Estado a principios del año 2050 ya que tendría una tasa interna de retorno en los tres escenarios menor del 12%. En el caso del escenario pesimista, el proyecto dejaría de ser atractivo para el Estado a partir del año 2030 y para el horizonte del año 2100 la tasa de descuento no alcanza ni la de los proyectos sociales (6%).

Bajo las condiciones del año 2010 y para cualquiera de los tres escenarios, la probabilidad de que un inversionista privado desarrolle este proyecto hidroeléctrico es mínima. Si esta situación se generalizara a todos los sitios potenciales de desarrollo hidroeléctrico, podría ser aun más crítica, si se considera que El Carmen es uno de los proyectos más atractivos.

La demanda de energía eléctrica proyectada para el año 2100 asciende a 20,131 GWH. El aumento de los costos a la sociedad nicaragüense de tener una distribución equitativa por fuentes, le daría a los recursos hidroeléctricos una participación del 28%, sin embargo mantener este balance bajo condiciones climáticas cambiadas significaría una variación de costos muy amplia (Cuadro 4.10).

En el escenario optimista el incremento de costo variaría de 5.3 (13.6%) en el 2010 a US\$169 (52.2%) millones de dólares de los Estados Unidos de Norteamérica en el año 2100. En el escenario moderado las cifras iniciales son semejantes al del optimista, mientras en el 2100 el incremento del costo unitario es de US\$234 millones (72.8%) En el pesimista, las cifras en el año 2010 son parecidas, sin embargo en el horizonte 2100, el incremento del costo unitario varía el 150% y el costo total a US\$482 millones de dólares.

**Cuadro 4.10.** Incremento de los costos de energía eléctrica.

Horizonte de tiempo	Costo US\$/Kwh	Incremento US\$/Kwh	Incremento Porcentual	Aumento Anual(10 <sup>6</sup> US\$) <sup>14</sup>
<b>ESCENARIO OPTIMISTA</b>				
Base	0.0571			
2010	0.0648	0.0078	13.6%	5.24
2050	0.0774	0.0203	35.5%	61.50
2100	0.0870	0.0299	52.4%	168.54
<b>ESCENARIO MODERADO</b>				
2010	0.0649	0.0078	13.6%	5.26
2050	0.0790	0.0219	38.3%	66.34
2100	0.0987	0.0416	72.8%	234.34
<b>ESCENARIO PESIMISTA</b>				
2010	0.0655	0.0085	14.8%	5.72
2050	0.0869	0.0298	52.2%	90.37
2100	0.1427	0.0856	150.0%	482.52

<sup>14</sup>Dólares de los Estados Unidos de Norteamérica referidos a 1999.

#### 4.4. Impactos del cambio climático en los ecosistemas forestales

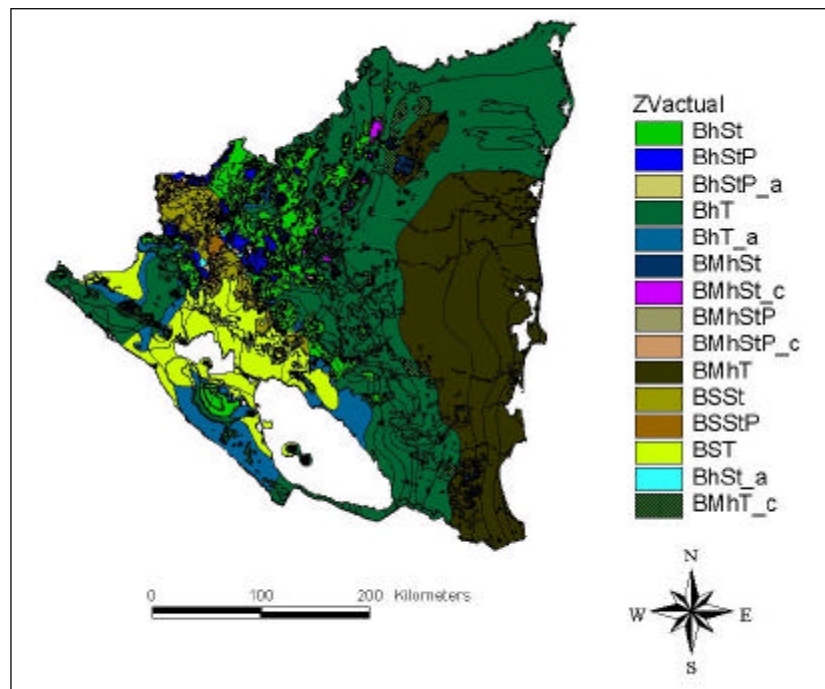
Análisis de la sensibilidad de las zonas de vida de Holdridge en Nicaragua en función del cambio climático

El análisis de sensibilidad de las zonas de vida de Holdridge<sup>15</sup> en Nicaragua en función del cambio climático, fue realizado para cada uno de los horizontes de tiempo y escenarios climáticos mencionados (pesimista, moderado y optimista). Se elaboraron mapas de distribución de las zonas de vida de Holdridge y el área de estudio fue dividido en dos grandes regiones: Atlántica y Pacífica.

Los mapas de zonas de vida fueron elaborados en el Sistema de Información Geográfica ArcView, el cual permite realizar variaciones en las temperaturas y las precipitaciones, utilizando para tales fines el diagrama de Holdridge y los distintos escenarios climáticos. Se definieron un total de 15 zonas de vida las cuales se presentan en el Mapa 4.3.

En la actualidad (Cuadro 4.11) el 44.43% del territorio nacional pertenece a la zona de vida “Bosques Muy húmedos Tropicales, al Bosque húmedo Tropical le corresponde el 39.33%, al Bosque húmedo Subtropical— 3.84%; el 5.53% está ocupado por Bosque Seco Tropical y el 2.70% por Bosque húmedo Tropical con transición a seco; la zona de vida Bosque Muy húmedo Tropical con transición a húmedo ocupa 1.61%; el resto de las zonas de vida abarcan un total de 2.55%.

**Mapa 4.3.** Zonas de vida de Holdridge bajo condiciones actuales.



<sup>15</sup> En los mapas, el nombre de las zonas de vida se presenta de forma abreviada, por ejemplo, BhSt—Bosque húmedo Subtropical; mientras que las letras a,b,c significan transición a seco, muy seco y húmedo respectivamente. Zv—zonas de vida.

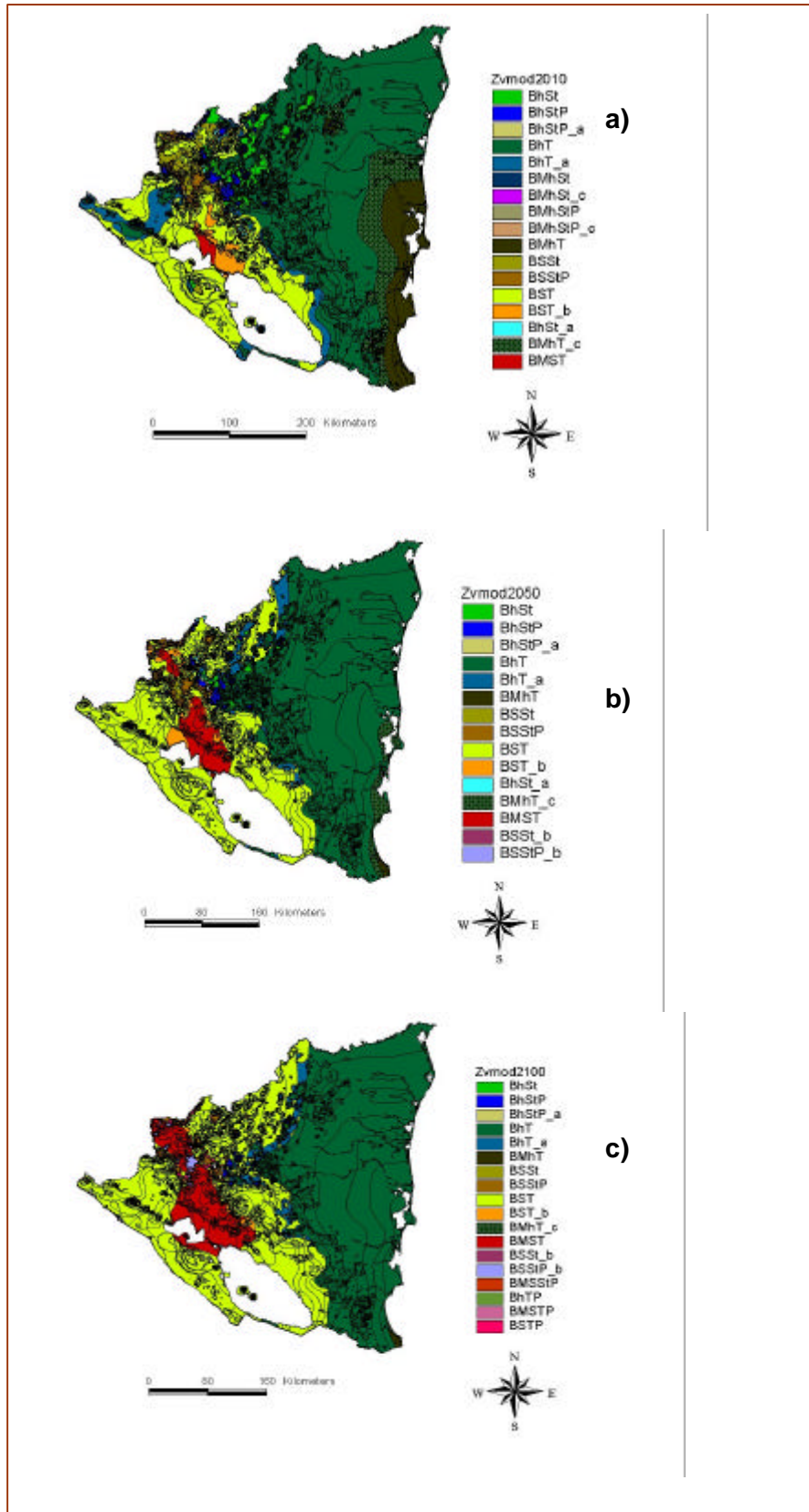
Para el escenario moderado y el horizonte de tiempo 2010 (Mapa 4.4A) se presentan dos nuevas zonas de vida: el Bosque Seco Tropical\_b y el Bosque Muy Seco Tropical. Bajo un escenario pesimista desaparecerían las zonas de vida “Bosques Muy húmedos Subtropicales\_c y Bosques Muy húmedos Subtropicales Premontanos. Bajo un escenario moderado del año 2050 (Mapa 4.4B), habrían variaciones en el número y tipos de zonas de vida, registrándose incrementos en la zona de vida BhT de hasta un 162%, debido a la reducción de las zonas de vida BMhT y BhSt. Ante un escenario pesimista se espera que se incremente la zona de vida BMST.

De acuerdo a las simulaciones del escenario moderado y el año 2100 (Mapa 4.4C), se espera que el 67.79% del territorio nacional estaría ocupado por BMhT, BhT y BSt y en el 30.79% estarían presentes las zonas de vida BST, BMST y BSS respectivamente. Bajo un escenario pesimista para el horizonte 2100, es probable que desaparezcan las zonas de vida BMhSt, BMhSt\_c, BMhStP, BMhStP\_c, BhSt\_a y BMhT\_c. El análisis de los cambios que experimentarían las zonas de vida ante los tres escenarios hasta el año 2100 muestra, que aproximadamente un 72% del territorio nacional experimentaría un cambio en sus zonas de vida y solo el restante 28% no sufriría ningún cambio.

**Cuadro 4.11.** Area que ocupan las zonas de vida de Holdridge para distintos horizontes de tiempo y bajo un escenario moderado ( en Km.<sup>2</sup> y porcentaje).

Zonas de Vida	Actual		2010		2050		2100	
	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>
Bosque húmedo Subtropical	3.84	4,992	0.63	819	0.12	156	0.01	13
Bosque húmedo Subtropical_a	0.10	130	0.09	117	0.08	104		
Bosque húmedo Subtropical Premontano	0.30	390	0.22	286	0.16	208	0.02	26
Bosque húmedo Subtropical Premontano_a	0.06	78	0.08	104	0.05	65	0.02	26
Bosque húmedo Tropical	44.43	57,759	61.48	79,924	72.27	93,951	67.56	87,828
Bosque húmedo Tropical_a	2.70	3,510	3.92	5,096	1.70	2,210	1.41	1,833
Bosque húmedo Tropical Premontano							0.05	65
Bosque Muy húmedo Subtropical	0.71	923	0.06	78				
Bosque Muy húmedo Subtropical_c	0.29	377	0.01	13				
Bosque Muy húmedo Subtropical Premontano	0.02	26	0.008	1				
Bosque Muy húmedo Subtropical Premontano_c	0.008	1	0.01	13				
Bosque Muy húmedo Tropical	39.33	51,129	7.77	10,101	0.15	195	0.15	195
Bosque Muy húmedo Tropical_c	1.61	2,093	12.98	16,874	2.26	2,938		1
Bosque Muy Seco Subtropical Premontano							0.008	1
Bosque Muy Seco Tropical			0.06	78	1.91	2,483	3.84	4,992
Bosque Muy Seco Tropical Premontano							0.09	117
Bosque Seco Subtropical	0.96	1,248	0.61	793	0.35	455	0.01	13
Bosque Seco Subtropical_b					0.03	39	0.01	13
Bosque Seco Subtropical Premontano	0.11	143	0.18	234	0.27	351	0.05	65
Bosque Seco Subtropical Premontano_b					0.01	13	0.02	26
Bosque Seco Tropical	5.53	7,189	10.63	13,819	20.30	26,390	26.35	34,255
Bosque Seco Tropical_b			1.27	1,651	0.36	468	0.18	234
Bosque Seco Tropical Premontano							0.24	312

**Mapa 4.4.** Distribución espacial de las zonas de vida de Holdridge para un escenario de cambio climático moderado y tres horizontes de tiempo :a)2010, b)2050 y c)2100).



#### 4.5. Impacto del cambio climático en el sector salud humana

El Cambio climático puede tener impactos en la salud humana por muchas razones, relacionados directamente con el aumento de la temperatura del aire lo que incrementaría el área de incidencia de la malaria (IPCC, 1996), o indirectamente por modificación de la dieta y cambios en la incidencia de enfermedades. La malaria es una de las enfermedades tropicales más comunes, registrándose anualmente de 300 a 500 millones de casos en diferentes partes del mundo.

En Nicaragua, se decidió enfocar el estudio sobre esta enfermedad, por varios motivos:

- † Tiene incidencia alta en la población nicaragüense, y repercute en altos costos en el sistema nacional de salud;
- † Se tienen registros históricos continuos sobre su incidencia y sobre las acciones tomadas para combatir la enfermedad;
- † El vector tiene mucha incidencia en el área rural y las poblaciones son menos influenciadas por los programas de control, por lo que las series de datos son más “limpias” que en el caso del dengue.

El cambio climático puede incidir en diferentes vías sobre el ciclo de la enfermedad, por ejemplo:

- † La temperatura tiene efectos directos tanto sobre el ciclo del vector como sobre el ciclo del parásito que provoca la enfermedad. Entre más alta la temperatura, más rápido el ciclo. Además, se sabe que el área de presencia del vector está determinado en buena parte por la temperatura, ya que el vector no sobrevive a temperaturas muy bajas.
- † La precipitación tiene su efecto también: las larvas de los mosquitos requieren de agua líquida para crecer, ya que la malaria es una enfermedad de zonas húmedas.

El desarrollo de la enfermedad está relacionado, además, con muchos factores ajenos al ambiente, como las migraciones humanas (que transportan el parásito hacia otras zonas donde puede estar el vector), los programas de tratamiento de enfermos (que disminuyen la presencia del parásito disponible para futuras infecciones), o los rociados de casas para evitar la infección. El ciclo del parásito tiene que pasar en forma obligada por el hombre y el mosquito, por lo que la densidad de población es otro elemento que incide en la enfermedad.

El área de este estudio abarcó tres departamentos con diferentes condiciones climáticas y localizados en cada una de las tres macroregiones en que está dividido el territorio nacional: Chinandega en la región del Pacífico, Jinotega en la región montañosa Central y la RAAN en la Costa Atlántica. En calidad de información básica se utilizaron los números de casos de malaria registrados mensualmente por los centros de salud en cada municipio durante el período 1968 – 1998. Los promedios mensuales de precipitación y temperatura para el mismo período fueron proveídos por INETER.

Para eliminar el efecto causado por la diferencia en la cantidad de habitantes de los municipios considerados, se calculó el índice de casos de malaria ( $I_m$ , porcentaje de personas afectadas):

$$I_m = \text{Número de casos de malaria/número de personas} \quad [1]$$

Para formalizar la relación entre  $I_m$  y la temperatura, se probaron varios modelos no lineales. El mejor ajuste se obtuvo con el siguiente modelo:

$$I_m = e^{a(T-b)}, \text{ donde} \quad [2]$$

$I_m$  = Índice de casos de malaria (% de personas afectadas)

T = Temperatura promedio anual en grados Celcius (°C)

a y b son parámetros a estimar.

La relación entre  $I_m$  y la precipitación puede ser cuantificada con el modelo de la distribución gaussiana:

$$I_m = a + e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{P - p_0}{b} \right]^2} \quad [3]$$

Donde:

$I_m$  = Índice de casos de malaria (% de personas afectadas)

P = Precipitación anual (mm)

a,  $p_0$  y b son parámetros a estimar.

Una vez establecidos los parámetros de estas relaciones, se simuló el efecto que podría tener el Cambio Climático, introduciendo en estas relaciones los valores de temperatura y precipitación proyectados en los distintos escenarios. Se consideró una población estable, por lo que no se consideró el efecto del aumento de la población sobre la epidemia.

### a. Resultados

Los datos obtenidos a nivel de municipios para los tres departamentos indicados, muestran la variabilidad del número de casos de malaria registrados, en función de los habitantes de cada municipio. El índice de malaria ( $I_m$ ) para el departamento de Chinandega varía entre 0.004 en el municipio de San Pedro del Norte y 0.063 en Puerto Morazán, que significa que actualmente entre 0.4 y 6.3% de la población de esos municipios es anualmente afectada por malaria. En Jinotega el porcentaje de la población afectada por malaria es menor respecto a la de Chinandega, con porcentajes entre 0.2% en Yalí y 2.1% en Wiwilí. En la RAAN los porcentajes oscilan entre 0.9% en Puerto Cabezas hasta 2.5% en Rosita.

El índice de casos de malaria aumenta exponencialmente con el aumento de la temperatura. Esto indica que un pequeño aumento en la temperatura tiene un efecto importante en el aumento del índice de malaria. Oaks y otros (1991), indican que la temperatura mínima para que inicie el ciclo del vector de la malaria es de 16 °C y el rango óptimo es entre 20 y 30 °C; lo cual se confirma en el presente estudio.

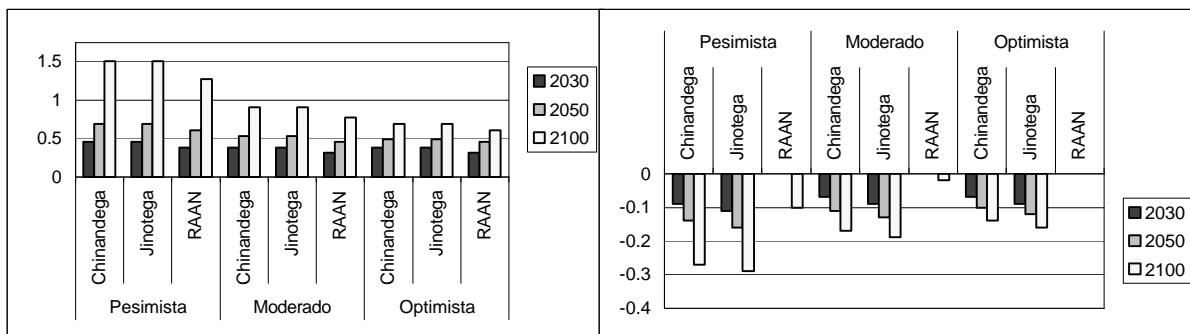
En el caso de la precipitación la situación es diferente. Aparentemente existe un nivel máximo en el índice de casos de malaria para promedios anuales de precipitación de 2200 mm. Esto indica que la disminución de la precipitación puede causar o un aumento o una disminución en la probabilidad de casos de malaria, dependiendo del nivel inicial de la precipitación y de la magnitud de la disminución.

Las relaciones encontradas explican una pequeña parte de la variabilidad observada en la incidencia de la enfermedad. Las causas de esta dispersión pueden buscarse en la calidad misma de los registros (datos no verificados, resultantes de agregación de muchos datos, con probables errores acumulados; la intensidad del seguimiento de la enfermedad probablemente varió con el tiempo, así como la intensidad de los esfuerzos de control; la movilidad de la población es muy distinta según los municipios) así como en la realidad de la relación que se busca.

### b. Impacto del cambio climático

Los escenarios del aumento de la temperatura producen un incremento de entre 38 y 150% en el índice de malaria, dependiendo del escenario y región (figura 4.5.a). El aumento acentuado es debido a la relación exponencial entre la temperatura y el  $I_m$ .

**Figura 4.5. a)** Impacto del aumento de la temperatura y **b)** de la disminución de la precipitación en el índice de malaria ( $I_m$ ) bajo tres escenarios climáticos y diferentes horizontes de tiempo. Los datos indican cambios con relación a la situación de la línea base (1968-1998).



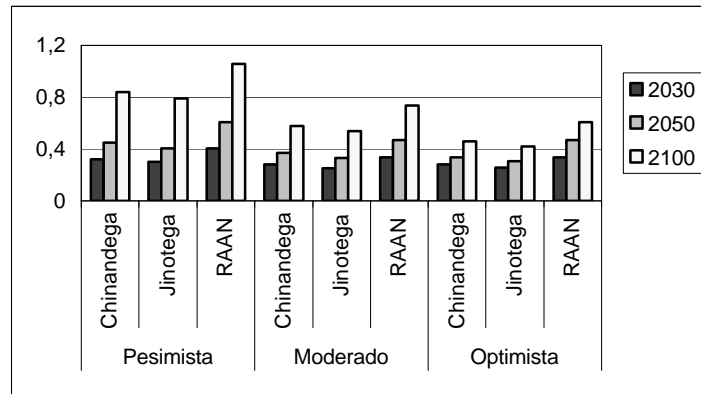
Los escenarios del impacto de la disminución de la precipitación indican un menor impacto en términos de cambios en el  $I_m$ . Generalmente se espera una disminución de 10 hasta 25% en  $I_m$ , pero en algunas regiones, como por ejemplo en la RAAN, no hay mucha diferencia entre los escenarios y la línea base (Figura 4.5b).

Para determinar el impacto global del Cambio climático en el índice de malaria, se supuso que los efectos relativos de la temperatura y de la precipitación son multiplicativos. Por ejemplo, un aumento del  $I_m$  por la temperatura de 30% (factor 1.30) y una disminución del  $I_m$  por la precipitación de 10% (factor 0.9) producen un aumento global de 17% (factor  $1.17=1.3 \times 0.9$ ). Estos escenarios muestran un aumento en la  $I_m$  (Figura 4.6).



Los escenarios del impacto del cambio climático indican que valores máximos del  $I_m$  pueden aumentar de su nivel actual de 0.02-0.06 (de 2 a 6% de la población afectada) a un nivel de 0.03-0.09 (de 3 a 9% de la población afectada) en 2030, a un nivel de 0.03-0.10 (de 3 a 10% de la población afectada) en 2050, y a un nivel de 0.05-0.15 (de 5 a 15% de la población afectada) en 2100.

**Figura 4.6.** Impacto global (aumento de la temperatura y disminución de la precipitación) en el índice de malaria ( $I_m$ ) bajo tres escenarios climáticos y diferentes horizontes de tiempo. Los datos indican cambios con relación a la situación de la línea base (1968-1998).



A pesar de la proyección de reducción del campo medio de la precipitación, estos resultados preliminares muestran un incremento muy significativo de la incidencia de la malaria, el cual estaría relacionado con el crecimiento demográfico proyectado para el siglo XXI, lo que podría agudizar aún más esta situación.

Evidentemente, la proyección de incremento de la incidencia de malaria repercutirá en costos para el estado nicaragüense. Estos costos estarían relacionados con el costo directo del tratamiento de los enfermos adicionales y con el costo del tiempo de subsidio de los trabajadores enfermos, lo cual afectaría la economía global del país.

## 5. VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

### 5.1. Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos de Nicaragua

Tomando como base los resultados de los “Escenarios Climáticos y Socioeconómicos de Nicaragua para el siglo XXI”, estudio mediante el cual queda demostrada la tendencia de incremento de la temperatura y la evaporación, y la disminución de la nubosidad y las precipitaciones en el transcurso de las próximas décadas, se ha llegado a la conclusión de que dichas variaciones podrían impactar negativamente el Sector Recursos Hídricos en lo referente a la disponibilidad, cantidad y calidad del agua. Por lo tanto se han desarrollado estudios de vulnerabilidad y adaptación del sector ante un futuro cambio climático, con el objetivo de que el país cuente con herramientas que le permitan reducir los efectos negativos de la variabilidad climática en la vida cotidiana de la nación e identificar los sectores de uso más vulnerables, la estrategia de aprovechamiento sostenible del recurso y las posibles medidas de adaptación.

La evaluación de la V&A de los Recursos Hídricos se ha desarrollado basándose en el análisis aplicado del concepto del ciclo hidrológico, utilización de los modelos hidrológicos CLIRUM3 y Visual Modflow para la evaluación de las aguas superficiales y subterráneas respectivamente. Dichos modelos fueron calibrados en distintas cuencas hidrográficas representativas de las regiones Pacífica, Central y Atlántica, simulando correctamente los distintos parámetros de las cuencas objeto de estudio.

Se estimó el Índice de Escasez<sup>16</sup> como indicador de la vulnerabilidad de los recursos hídricos o de la presión de la demanda sobre la oferta hídrica, en base a los resultados de las simulaciones de los modelos tanto de agua superficial como subterránea, para distintos escenarios de cambio climático y horizontes de tiempo.

La diferencia entre el potencial natural y el porcentaje de deterioro de la calidad del agua se utilizó para obtener la oferta neta, que incluye la suma del potencial de agua superficial (escorrentía) y agua subterránea (recarga) multiplicado por el área de influencia.

### 5.2. Potencial y demanda de los recursos hídricos

Los principales sectores usuarios del recurso hídrico en Nicaragua son: doméstico, riego, hidroeléctrico, industrial, ganadería y demanda ecológica. De la relación entre potencial, demanda y disponibilidad actual de los recursos hídricos por sectores de usuarios, es posible identificar la vulnerabilidad de estos por categoría de usuarios, desde la perspectiva del estrés causado por la reducción de la disponibilidad real; a lo que debe sumársele el efecto de la reducción potencial debido al riesgo de contaminación, tomando en cuenta la relación entre la vulnerabilidad natural y la carga contaminante.

---

<sup>16</sup> Método implementado por UNESCO para las condiciones de América Latina.

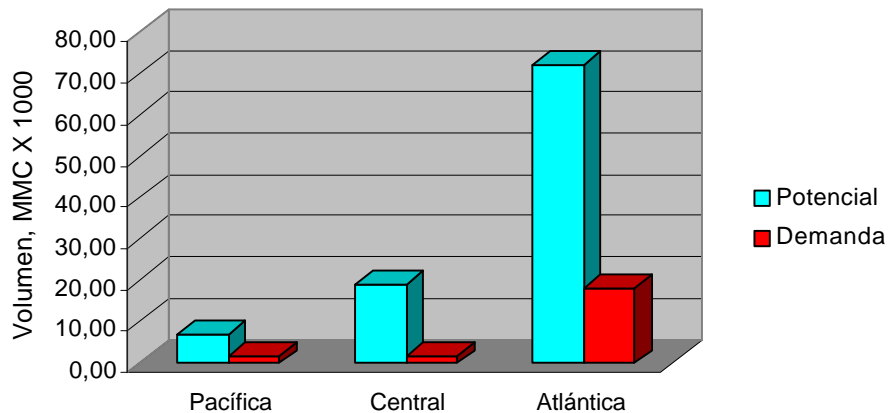
El potencial del país en cuanto a recursos hídricos se refiere, tanto de aguas subterráneas como de superficiales se presenta en Cuadro 5.1 donde además se desglosa por sectores de usuarios y una sumatoria de la demanda y la disponibilidad total; siendo la región del Atlántico la que posee mayor disponibilidad y mayor demanda del recurso debido exclusivamente a la demanda ecológica la cual no afecta la vulnerabilidad, por ser parte integrante del balance hidrológico natural y no representa un estrés en su disponibilidad. En la región del Pacífico la situación es distinta, el sector que consume más agua es el riego seguido del doméstico, a diferencia de la región central donde el sector energía consume cantidades considerables de este recurso.

**Cuadro 5.1.** Potencial y demanda de agua por sector usuario en millones de metros cúbicos por año (MMC/Año).

Regiones	Potencial, MMC		Demanda de sectores usuarios, MMC						Demanda total MMC	Disponibilidad MMC
	Agua Sup.	Agua Subt.	Riego	Doméstico	Ganadería	Industria	Energía	Ecología		
Pacífico	4,023.0	2,868	977.8	218.0	29.3	12.0	0.0	288.0	1,525.1	6,891.0
Central	18,798.0	172,3	522.0	72.0	45.0	0.0	481.0	535.0	1,655.0	18,970.3
Atlántico	72,194.0	30.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0	17,681.0	17,686.0	72,224.0

En general la disponibilidad de agua en el país es suficiente para satisfacer la demanda actual, la figura 5.1 ilustra el alto potencial hídrico del país y la reducida demanda actual del recurso.

**Figura 5.1.** Disponibilidad del recurso agua por regiones.



### 5.3. Vulnerabilidad por efecto de la demanda actual

Bajo condiciones del clima actual los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, tienen un nivel variable de vulnerabilidad para las distintas regiones, el que depende del régimen pluviométrico, condiciones fisiográficas, efecto de la demanda e impacto de los diferentes usuarios tanto en la cantidad y como en la calidad. La vulnerabilidad actual desde el punto de vista de la disponibilidad, es mayor en la región Pacífica, menor en la región Central y muy baja en la región del Atlántico.

La vulnerabilidad actual en la región del Pacífico, no se origina por la disponibilidad en términos de cantidad del recurso, sino por el posible efecto de la calidad del agua por usos domésticos y de riego (actividad agrícola); aunque sus demandas son importantes y aún no superan la disponibilidad del recurso, son las principales fuentes de contaminación tanto por aguas residuales como por agroquímicos, lo que consecuentemente significa una reducción de agua disponible, principalmente para uso potable.

Entre las principales fuentes de contaminación están la industrial, agroquímica, deforestación erosión y residual doméstica. En Nicaragua los principales factores que influyen directamente en la vulnerabilidad de los recursos hídricos son: la cercanía de centros poblacionales con respecto a las fuentes naturales de agua, nivel de desarrollo industrial, la erosión de los suelos, el nivel de manejo de las fuentes de agua, desechos sólidos y la educación sanitaria; el nivel de manejo y aplicación de plaguicidas.

#### **5.4. Evaluación del impacto del cambio climático en los recursos hídricos**

La falta de información hidrométrica en algunas cuencas hidrográficas del territorio nacional, limitó la evaluación de la vulnerabilidad del recurso hídrico a las cuencas de Guanas, Río Viejo, Paiwas y El Tamarindo. Sin embargo para solventar esta limitación se seleccionaron cuencas representativas para cada una de las macroregiones: Pacífico, Central y Atlántica. Para la región del Pacífico se escogió la cuenca del río Tamarindo; para la región Central, las cuencas del río Viejo y Guanas en el río Coco; y para la región Atlántica, la estación de Paiwas en la cuenca del río Grande de Matagalpa.

En base a los resultados del estudio de los Escenarios Climáticos y Socioeconómico para el siglo XXI y a las proyecciones calculadas para las variables climáticas, la precipitación media anual tiende a reducirse e incrementarse la evapotranspiración en los diferentes escenarios y horizontes de tiempo. Estas reducciones serán más evidentes en la cuenca del río Tamarindo que representa a la región del Pacífico, y en la cuenca del río Viejo, representativa de las zonas secas de las regiones Norte y Central. Bajo un escenario pesimista y para el horizonte 2100, se observa que en ambas cuencas la reducción de la precipitación podría ser de  $-36.6\%$ ; mientras que el incremento de la evapotranspiración variaría desde  $12.15\%$  en la cuenca del río Tamarindo a  $25.0\%$  en la cuenca del río Viejo.

Para la cuenca de Guanas, la variación anual probable sería de  $-39.3\%$  con respecto a la precipitación del período base 1961-1990, probablemente durante el período seco (noviembre a abril) ocurrirían las variaciones más importantes con valores entre  $-45\%$  y  $-77.8\%$ .

#### **Aguas superficiales**

Con el modelo CLIRUM3 se simuló las series de escorrentía en milímetros por día (mm/día) para cada una de las cuatro cuencas seleccionadas, referidas a los distintos escenarios climáticos (Cuadro 5.2).

**Cuadro 5.2.** Resultados de la escorrentía media anual simulada por cuencas (mm).

AÑO	PESIMISTA	MODERADO	OPTIMISTA
<b>GUANAS EN RÍO COCO</b>			
2030	313	331	331
2050	259	293	299
2100	156	227	260
<b>TAMARINDO EN RÍO TAMARINDO</b>			
2030	488	506	507
2050	434	467	473
2100	309	397	433
<b>MOJARRAS EN RÍO VIEJO</b>			
2030	155	174	396
2050	128	145	338
2100	99	113	128
<b>PAIWAS EN PAIWAS</b>			
2030	584	606	607
2050	516	559	565
2100	372	474	515

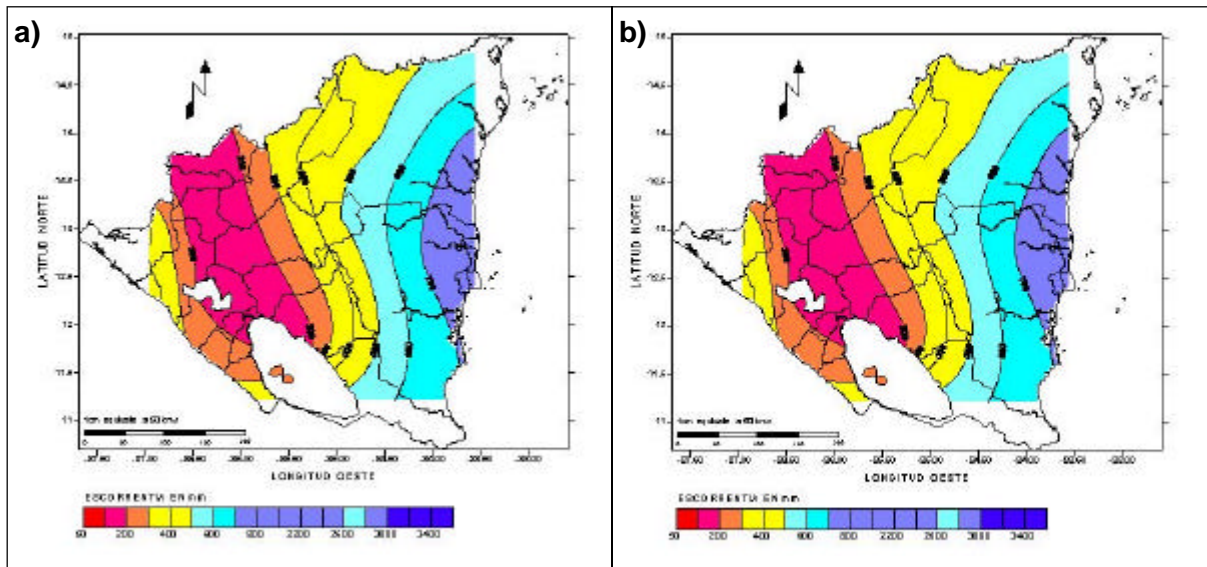
Estos resultados se utilizaron en el mapa de zonas de vida de Holdridge para el cálculo de las isopletras de escorrentía superficial disponible, mediante la extrapolación de valores a otras zonas con características similares, adoptando que el coeficiente de escorrentía encontrado en la calibración de cada punto de interés es válido para una zona de vida determinada.

De la relación entre el coeficiente de escorrentía por cuencas con los valores de precipitación a nivel nacional, se estimaron las isolíneas de escorrentía superficial disponible referidas al escenario moderado (Mapa 5.1 a y b).

El análisis de la distribución de la escorrentía superficial muestra que las cuencas de El Tamarindo, Río Viejo y Guanas son altamente vulnerables en los tres escenarios y para los horizontes de tiempo del 2050 y 2100. La cuenca de Paiwas es parcialmente vulnerable bajo los escenarios pesimista y moderado del año 2100, sobre todo en la parte alta de la cuenca.

La región del Atlántico no es vulnerable en ninguno de los tres escenarios, los impactos se deberán principalmente a las inundaciones. En la región del Pacífico por las características físico – químicas del suelo y por la deforestación observada en el último siglo, la vulnerabilidad de la misma estaría asociada a condiciones de poco escurrimiento. Considerando que la mayor concentración de la población y las áreas potenciales para riego se ubican en esta región, la vulnerabilidad estaría relacionada con la agricultura y el suministro de agua para consumo doméstico. En la región Central, además de la agricultura se verían afectadas las plantas hidroeléctricas.

**Mapa 5.1.** Escorrentía superficial media anual disponible bajo un escenario moderado: **a)** para el año 2030, **b)** para el año 2100.



### Aguas subterráneas

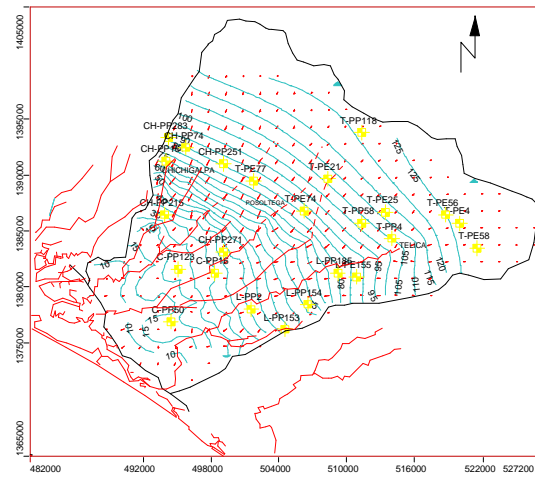
Con el modelo numérico Visual Modflow se simuló el campo de aguas subterráneas de la subcuenca Oriental Acuífero Chinandega – León. Los valores de recarga utilizados en el análisis de sensibilidad oscilaron entre 0.001 a 0.0026 metros/día para los planos horizontales y para el plano vertical de 0.05 a 2 metros/día.

En la Fig. 5.1, se muestra la reproducción de la superficie freática por el modelo, condicionada por los valores de los parámetros utilizados, partiendo de los datos del monitoreo de niveles estáticos georeferenciados en m.s.n.m para 1999.

Se realizó el balance hídrico del sistema de agua subterránea en  $m^3/día$ , obteniéndose que el sistema de agua subterránea se abastece principalmente por recarga directa procedente de la precipitación (95% del total), y en forma secundaria por percolación en el lecho de los ríos (5% del total); el acuífero se descarga mediante los ríos como flujo base (75% respecto al total), por extracción de los pozos (23.6%) y el resto descarga directamente al mar; así mismo el bombeo actual no produce aún, efecto de entrada de agua salina procedente del mar. El balance dio como resultado, que el potencial de agua subterránea es de 441 MMC/Año ( $1.2 m^3/día \times 10^6$ ) aproximadamente.

Se simuló el efecto de la reducción potencial de la recarga causado por el cambio climático para tres escenarios (pesimista, moderado y optimista) y cinco horizontes de tiempo (Cuadro 5.3). Se observa una tendencia bien marcada de reducción de la recarga para todos los escenarios a partir del año 2050.

Fig. 5.2. Superficie freática, vectores de velocidad y pozos de observación.



En el escenario pesimista y para el año 2050, el flujo base reflejado como salida del acuífero es cuatro veces menor con respecto al actual, y para el año 2100 representaría sólo el 10% del actual, lo que implicaría una imperceptible conexión hidráulica entre el agua subterránea y superficial.

Bajo un escenario moderado, la recarga en el año 2050 podría ser muy similar a la descarga determinada por el bombeo de los pozos, esta situación se agravaría para los horizontes 2070 y 2100, cuando la extracción por bombeo se tornaría superior a la recarga. También se observa una tendencia en la disminución de descarga del acuífero al mar, la cual se acentúa cuando los pozos se ubican mas cerca de la costa, incrementando el riesgo de contaminación por intrusión salina.

En el escenario optimista, se espera que la recarga varíe con respecto a la actual desde 81% en el año 2010 hasta 57% en el 2100. Las extracciones por bombeo respecto al actual, se incrementarán en 2.5 y 4 veces para los años 2050 y 2100 respectivamente. Para los horizontes 2070 y 2100, el bombeo sería superior a la recarga en 1.25 y 1.72 veces.

**Cuadro 5.3.** Recarga simulada con respecto a la recarga actual.

Horizontes de Tiempo	Recarga simulada en %		
	Optimista	Moderado	Pesimista
2010	81.16	81.16	79.95
2030	72.66	72.50	69.00
2050	66.00	64.60	48.00
2070	61.00	57.70	47.80
2100	57.00	50.50	35.50

## 5.5. Vulnerabilidad de los recursos hídricos ante el cambio climático

La estimación de la vulnerabilidad de los recursos hídricos, se realizó a partir de la estimación del índice de escasez de dichos recursos, el cual se adaptó para las condiciones de Nicaragua; definiéndose como la relación de la demanda de agua, entre la oferta determinada por el potencial de las aguas superficiales y subterráneas.

A este potencial se le dedujo un volumen definido por el deterioro de la calidad del agua, estimándose que las regiones del Pacífico, Central y Atlántico están expuesta a un riesgo de contaminación alto, moderado y bajo respectivamente, lo que equivale a un 30, 20 y 10% de afectación volumétrica con respecto al potencial disponible.

La vulnerabilidad actual de los recursos hídricos, en base a la estimación del índice de escasez como indicador de la presión de la demanda sobre la oferta hídrica, presenta valores altos, medios y bajos, los cuales se corresponden con una vulnerabilidad mayor en la región del Pacífico, menor en la región Central y baja en la región del Atlántico, la que posee excedentes del recurso agua (Cuadro 5.4).

**Cuadro 5.4.** Estimación del Índice de Escasez como indicador de la vulnerabilidad actual.

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

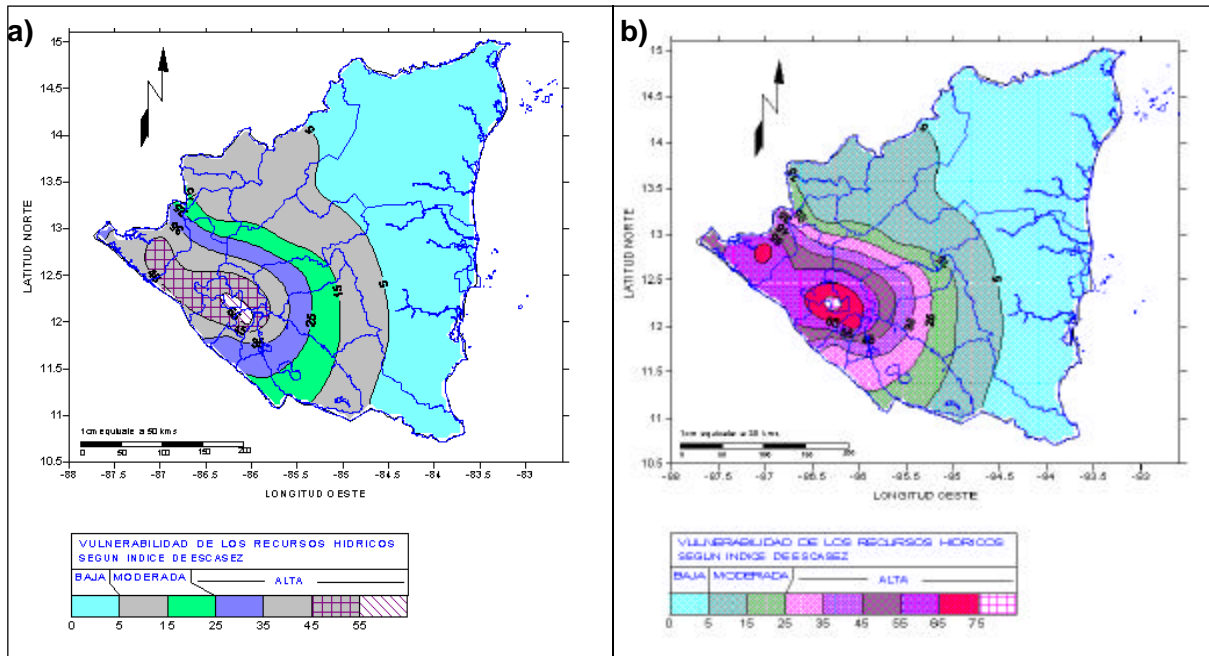
El volumen de la oferta asociada al área de influencia y la correspondiente demanda, fue referenciada a 16 puntos correspondientes al número de departamentos del país para asociarlo a la distribución geográfica de la demanda por los distintos usuarios, para obtener la relación del índice de escasez (oferta neta/demanda) y la correspondiente vulnerabilidad del cambio climático.

En los Mapas 5.2 y 5.3 se presenta la distribución espacial del índice de escasez correspondiente a los escenarios optimista y pesimista de los años 2030 y 2100 respectivamente; en los que las áreas comprendidas entre las isóneas de mayor valor se corresponden con los sectores de mayor vulnerabilidad.

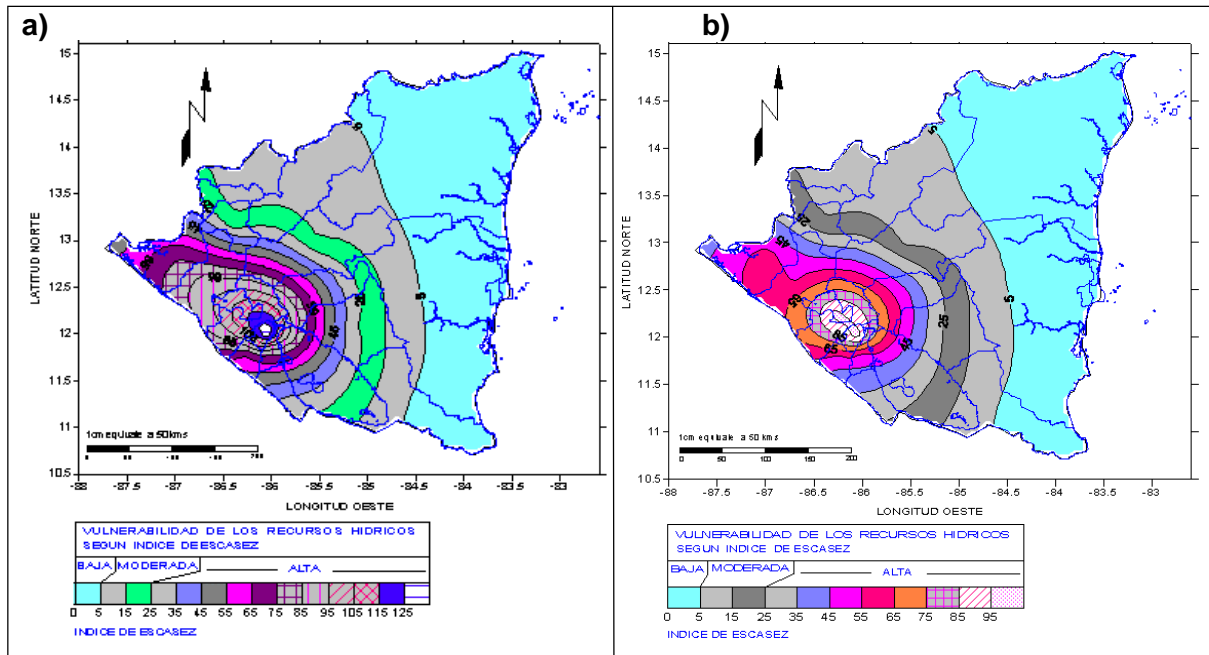
Importantes centros poblacionales de las regiones del Pacífico y Central presentan altos índices de escasez, consecuentemente tienen un nivel de vulnerabilidad alta. En la región del Pacífico, se puede asociar a las ciudades de Managua, Masaya, Granada, Rivas, Chinandega y León, así como los municipios de Posoltega, Chichigalpa y Quezalguaque. También se incluyen áreas dedicadas al desarrollo del riego, como las de occidente y la planicie de Tipitapa – Malacatoya.



**Mapa 5.2.** Vulnerabilidad de los recursos hídricos según índice de escasez para el año 2030. a) Escenario optimista, b) Escenario pesimista. *unificar colores de mapas*



**Mapa 5.3.** Vulnerabilidad de los recursos hídricos según índice de escasez para el año 2100. a) Escenario optimista, b) Escenario pesimista.



En la región Central, la mayor vulnerabilidad corresponde a las ciudades de Boaco, Matagalpa, Jinotega, Estelí, Somoto y Ocotal; lo mismo que en zonas con un uso intensivo de agua para riego, con frecuente aplicación de agroquímicos y sobre todo donde existe conflicto entre los usuarios, como el Valle de Sébaco.

La región del Atlántico presenta una vulnerabilidad baja, por cuanto existe un volumen considerable de agua disponible y una demanda muy baja de uso consuntivo; sin embargo el impacto en la calidad del agua se asocia a ciudades como Puerto Cabezas, Bluefields, Laguna de Perlas, El Rama, así como ríos tributarios influenciados por la contaminación del sector minero.

Con el tiempo el efecto de la disponibilidad de los recursos hídricos y el incremento de la demanda, probablemente incrementará el índice de escasez de las regiones más vulnerables bajo los diferentes escenarios y en condiciones de un clima cambiado.

## **5.6. Medidas de adaptación de los recursos hídricos ante el cambio climático**

Con base a la determinación de zonas con diferentes niveles de vulnerabilidad por efecto del futuro cambio climático, se identificaron las siguientes medidas de adaptación para ser implementadas en el marco de un plan integral de acción de los recursos hídricos:

† Implementar un plan de conservación y manejo de cuencas hidrográficas en las áreas más vulnerables ante el impacto del cambio climático, que incluya:

- Un programa de prevención y protección de las riveras de los ríos y zonas de mayor vulnerabilidad, con la perspectiva de reforestar de forma sostenible los bosques ribereños para prevenir que la erosión de los suelos azolven el cauce de los ríos y así mantener el curso natural histórico de las aguas. Un costo estimado según PROLEÑA, es de US\$150 y \$250 por hectárea, con y sin el uso de Eucalipto respectivamente.
- Promover y auspiciar la construcción de pequeñas represas sin revestimiento, orientadas al incremento de la recarga de acuíferos en zonas altas, a fin de utilizarlas en períodos de escasez del recurso agua.
- Priorizar el desarrollo de determinadas cuencas hidrográficas y definir la preservación de otras, con el propósito de implementar estrategias de zonificación de áreas orientadas a establecer el balance con respecto a los diferentes usuarios.
- Proteger y desarrollar cuencas hidrográficas con potencial hidroeléctrico.

† Establecer criterios ambientales e implementar con base en los mismos un plan de prevención y control de la calidad del agua. Considerando que la prevención tiene mucho menor costo que la descontaminación, si consideramos que un tratamiento de agua con aplicación común, como la cloración del agua tiene un costo inferior a los costos de tratamiento de enfermedades hídricas. El proceso de descontaminación del agua tiene costos muy superiores a los de abastecimiento de agua (C\$4.0 x M<sup>3</sup> de agua abastecida), según JICA /INAA(1993).

- El plan de control de calidad del agua debe ser extensivo a la mitigación y/o reducción de la contaminación de aguas residuales domésticas, industriales y de zonas con manejo

de agroquímicos. Esto último amerita un plan de manejo de agroquímicos con enfoque participativo a nivel de todos los actores.

- Implementar un plan de control y prevención de enfermedades hídricas en períodos proyectados según la afectación del cambio climático.
- † Incluir dentro de los planes de ordenamiento territorial ambiental, con énfasis en el uso actual de la tierra, el componente de las evaluaciones del impacto del cambio climático.
- † Implementar proyectos de trasvases de agua hacia zonas con alta vulnerabilidad ante el cambio climático, según los índices de escasez de los recursos hídricos.
- † La regulación del uso del agua, su aprovechamiento sostenible, la prevención de desastres y de la contaminación en los respectivos niveles de participación de usuarios y planificadores, debe contar con una autoridad del agua.
- † Establecer un marco legal de agua, como herramienta de adaptación de los recursos hídricos ante el cambio climático, ya que actualmente las leyes nicaragüenses no incluyen disposiciones que se refieran al impacto del cambio climático y a la vulnerabilidad de este recurso, por lo que se hace necesario considerar la implementación de los siguientes aspectos:
  - Gestionar ante la Asamblea Nacional la discusión y aprobación del Ante Proyecto de Ley General de Aguas; así mismo en tanto no sea aprobada dicha ley, se hace necesario en algunos casos reformar las leyes actuales y reglamentar algunos aspectos de las mismas a fin de establecer el inicio de una administración integral y eficiente del agua, específicamente sería importante reglamentar del Título III, Capítulo II, De las Aguas, los artículos 72 al 94 inclusive; de la Ley General del Medio Ambiente.
  - En el contenido del Ante Proyecto de Ley General de Aguas, es necesario la definición de la Autoridad del Agua, la que por definición debe ser una institución autónoma, con suficiente independencia para no politizar sus decisiones y no sectorizarla.
  - El marco jurídico ya reformado debe abolir la legislación sectorial del recurso y establecer los instrumentos regulatorios de acuerdo a la realidad del sector (riesgos de contaminación, vulnerabilidad, y conflicto entre usuarios entre otros) y desde luego del país.
- † A corto plazo se deben mejorar los instrumentos legales existentes, a fin de incidir positivamente en la administración integral de los recursos hídricos:
  - Es necesario reformar las leyes que otorgan doble competencia sobre el recurso y establecer una instancia como encargada de administrar éste.
  - Reglamentar la Ley General sobre la Explotación de las Riquezas Naturales, a fin de agilizar el procedimiento de otorgación, cancelación y finalización de concesiones, licencias y permisos.

- Inicialmente para solucionar los conflictos existentes y los potenciales que se puedan presentar, se debería solicitar a MARENA que dichas zonas de conflicto sean declaradas “zonas de reserva”; una vez que está declaración entre en vigor, MARENA reglamentaría su uso y determinaría una distribución racional del recurso, sobre la base de los artículos 61 y 77 de la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (LGMARENA). Una vez reglamentada la distribución, es facultad del MIFIC la administración del uso de dichas aguas, así como de garantizar el cumplimiento de las asignaciones a cada usuario, establecidas por MARENA.
  - Como la LGMARENA no establece los mecanismos necesarios para la solución de conflictos entre los diferentes usuarios del recurso, es preciso establecer estos mecanismos partiendo de la facultad otorgada a la Comisión Nacional de Recursos Hídricos y actualmente trasladada a AdAguas (Arto. 2, literal j del decreto N°249); de tal forma que en calidad de instancia de solución se podrían usar los servicios de los mediadores y arbitros recién nombrados por la Corte Suprema de Justicia.
- † Considerando el nivel de vulnerabilidad ante el cambio climático de las zonas identificadas a través del índice de escasez y su relación con los usuarios, es importante enfocar los esfuerzos hacia una reglamentación que implemente políticas objetivas y coherentes respecto al impacto del cambio climático; que considere criterios técnicos y legales con visión de conjunto en la estrategia de planificación, aprovechamiento y manejo de los recursos hídricos.
- † Mejorar la eficiencia de la gestión de los recursos hídricos, considerando la descentralización de la administración del recurso agua a nivel de cuenca, a fin de garantizar su uso equitativo.
- † Preparar normas técnicas que regulen la ubicación de pozos en las zonas costeras, no permitiendo que el radio de influencia de éstos se extienda por debajo de la cota de 30 m.s.n.m, y que el descenso máximo de los niveles de agua subterránea sea superior al nivel medio del mar, con el fin de evitar la contaminación por intrusión salina.
- † Crear e implementar programas de capacitación dirigidos a las instituciones relacionadas con el tema y a la población en general que enfrentará el reto que se nos avecina, así como para adecuar las estructuras organizativas de los organismo involucrados.

## 6. MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

### 6.1. Opciones de mitigación en áreas protegidas

Según el IPCC el sector forestal puede contribuir a la mitigación del Cambio Climático por dos vías: a) aumentando la capacidad de fijación de carbono, creando o mejorando los sumideros y b) previniendo o reduciendo la tasa de liberación del carbono ya fijado en los sumideros existentes. Las actividades de fijación de carbono podrían incluir tratamientos silviculturales, agroforestería, aforestación, reforestación y restauración de áreas degradadas. La no emisión enmarca actividades de conservación y manejo forestal sostenible incluyendo la protección del bosque.

El estudio “Opciones de Mitigación del Cambio Climático en Áreas Protegidas” fue realizado con el objetivo de contabilizar la cantidad de carbono almacenado en las principales áreas protegidas del país y su potencial de fijación en un horizonte de 15 años, e identificar las áreas que por su ubicación geográfica, cantidad de ecosistemas que albergan y los riesgos de extinción de estos, podrían ser consideradas para desarrollar programas dirigidos a la conservación de las áreas protegidas e implementación de la venta de servicios ambientales, considerándose éstas como opciones de mitigación del cambio climático en dichas áreas.

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Nicaragua cuenta con 76 áreas las cuales ocupan 2,242,193 hectáreas, equivalentes al 17% del territorio nacional distribuidas en las categorías de manejo presentadas en el Cuadro 6.1.

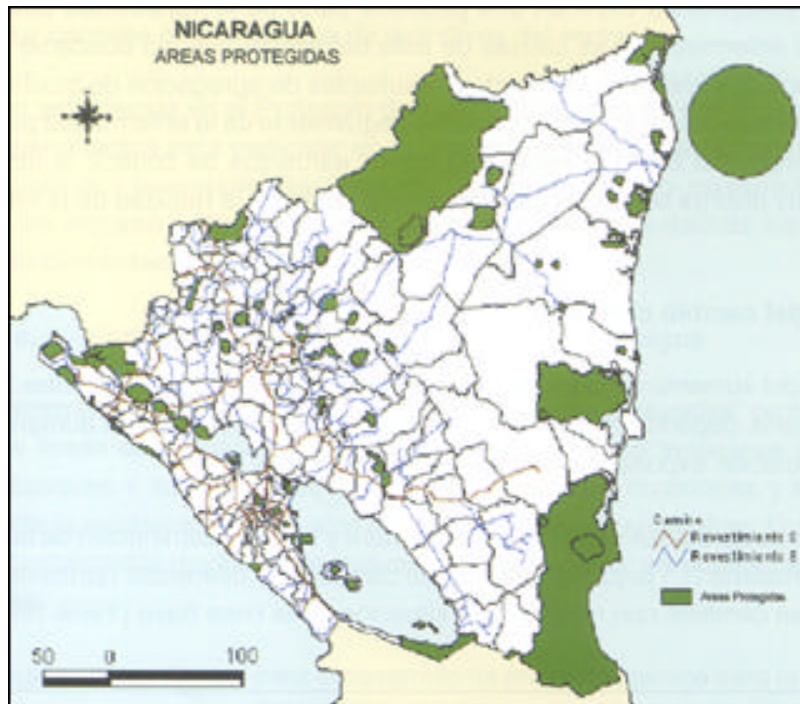
**Cuadro 6.1.** Superficie protegida por categoría de manejo.

Categorías de manejo	Numero de áreas	Extensión (hectáreas)
Reserva Natural	61	1,055,005
Parque Nacional	3	25,327
Reserva Biológica	2	313,980
Monumento Nacional	2	18,930
Monumento Histórico	1	375
Refugio de Vida Silvestre	4	92,350
Reserva de Biosfera	1	730,000
Reserva de Recursos Genéticos	2	6,226
<b>TOTAL</b>	<b>76</b>	<b>2,242,193</b>

Del cuadro anterior se deduce: a) que el 36.8% de la superficie total de las áreas protegidas pertenece a categorías de uso muy estrictas, permitiendo sólo investigación, recreación y turismo (reservas biológicas, parques nacionales, reservas de recursos genéticos, áreas naturales protegidas de interés nacional); b) el 62.3% permiten manejo forestal y su utilización por comunidades étnicas, manejo de fauna y turismo (refugios de vida silvestre, reservas forestales, reservas genéticas forestales, reserva nacional de recursos y reservas naturales); c) el 0.9% se utiliza exclusivamente para recreación y turismo (monumentos nacionales e históricos).

En el Mapa 6.1 se presenta la ubicación de las áreas protegidas de Nicaragua, las que encuentran distribuidas en las tres regiones naturales del país, no obstante las reservas mas grandes en territorio y biodiversidad están localizadas en la región Atlántica del país.

**Mapa 6.1.** Localización de las Areas Protegidas de Nicaragua.



La escasa sistematización de la información sobre el estado y calidad del recurso forestal, inclinó a los investigadores a utilizar el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge, sobre la base de las consideraciones siguientes:

- † La clasificación de las zonas de vida de Holdridge tiene reconocimiento mundial y es la más utilizada en la región, lo que permite estandarizar la información para los países centroamericanos.
- † Una zona de vida representa a un área geográfica en la que confluyen asociaciones de flora y fauna y se caracteriza por condiciones particulares de temperatura, precipitación y humedad, lo que permite asumir valores promedio de biomasa, ante la ausencia generalizada de datos.

#### a. Consideraciones metodológicas

Para el cálculo del carbono conservado, primero se determinó el área de los diferentes tipos de ecosistemas forestales existentes en cada área protegida, según el trabajo de georeferenciación de los mapas de ecosistemas MARENA/CBA (2000). Para cada ecosistema se asignó una cantidad de carbono existente según los datos y estudios realizados por reconocidos científicos en este campo, entre otros, Brown & Lugo (1982-1984), Olson (1982), FAO, Houghton (1983).

Para el cálculo del carbono en el suelo se utilizaron los datos de los estudios de Schlesinger (1984) y Buringh (1984).

Para las distintas áreas clasificadas se dividieron los bosques secundarios y primarios, además de las áreas de cultivo y ganadería a la cuales se les calculó la cantidad de carbono conservado en los bosques primarios. También se determinó la fijación de carbono que tendría lugar en los bosques secundarios por la futura regeneración natural a presentarse en un horizonte de tiempo proyectado de 15 años; así como la fijación producto de prácticas agroforestales y silvopastoriles en las áreas de cultivo y ganadería.

Para el cálculo del carbono en el suelo, se considero el criterio que en el cambio de uso del suelo se pierde un 60% del total del carbono existente (IPCC, 2000), lo cual está relacionado con el hecho de que solamente se pierde la materia orgánica superficial que representa el 60% del total del carbono almacenado en el suelo. La biomasa se calculó como valor promedio de la biomasa de las zonas de vida presentes en las Áreas Protegidas (utilizando a su vez el valor promedio de la biomasa por tipo de bosque y zonas de vida).

Asumiendo una tasa anual de deforestación para las áreas protegidas de 1.21%<sup>17</sup>, el carbono liberado sería de 18,712,188.18 toneladas en 15 años; mientras las emisiones evitadas totalizarían 35,938,611.07 toneladas. Por efectos de recuperación de suelos de vocación forestal dentro de las áreas protegidas a través de acciones de regeneración natural o reforestación, considerándose como promedio anual de incremento en biomasa 5 ton/ha/año, se produciría una fijación de 55,578,600.00 toneladas de carbono. La suma del carbono conservado por no emisión y el carbono fijado, da como resultado 91,517,211.07 toneladas de carbono para las seis áreas protegidas consideradas.

La metodología empleada permite la valoración de las áreas protegidas sin proyecto y con la implementación de proyectos, además del cálculo de los costos de oportunidad que deberían compensarse a las familias que habitan las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas.

## **b. Consideraciones legales**

Las áreas protegidas de Nicaragua, aunque cuentan con un marco legal definido, no poseen estructuras administrativas y operativas, ni los instrumentos de gestión adecuados (planes de manejo); siendo este un caso típico de los países en desarrollo los cuales carecen de los recursos financieros e institucionales indispensables para asumir a plenitud la responsabilidad de la protección de los bosques naturales. Producto de lo anterior las áreas protegidas enfrentan una serie de problemas que ponen en peligro su existencia, tales como: a) el avance de la frontera agrícola; b) los frentes de colonización; c) los incendios forestales; d) la expansión de cultivos a larga escala; e) el arraigo de patrones culturales y prácticas productivas no sostenibles y ; f) el incremento de la pobreza, entre otros.

---

<sup>17</sup> NITLAPAN 1996. Diagnóstico de la producción agropecuaria del interior del país.

Las necesidades insatisfechas acumuladas en países como Nicaragua, son inmensas en todos los campos y los servicios ambientales prestados por el bosque no son reconocidos por el mercado, apareciendo ante los agentes económicos como servicios carentes de precio, incapaces de generar ingresos a quienes los proporcionan, a diferencia de los usos alternativos del suelo que sí generan ingresos monetarios inmediatos; lo que indica que, para contener el cambio del uso del suelo en contra de los usos forestales, y corregir la falla de mercado, es preciso introducir cambios en el esquema de incentivos del sector.

De acuerdo a lo establecido en el Protocolo de Kyoto, Nicaragua ha desarrollado la primera fase de los requerimientos para participar en el mercado internacional de venta de carbono; con la realización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI); encontrándose en proceso la fase institucional – organizativa que definirá los mecanismos específicos de implementación y comercialización de los servicios.

### c. Potencial de las áreas protegidas de Nicaragua

El estudio “Opciones de Mitigación del Cambio Climático en Áreas Protegidas” centró su atención en tres posibles líneas de mitigación, tales como: **evitar** y **reducir** emisiones a través de la protección de bosques y suelos, protección contra incendios e invasiones y **secuestro** de carbono mediante la recuperación de suelos de vocación forestal, entre otras. Dichas acciones podrían ser implementadas mediante las dos opciones siguientes: propuesta de **áreas piloto** y **demostrativas**.

Las áreas protegidas con potencial para el desarrollo de proyectos pilotos para la mitigación de gases de efecto invernadero son: BOSAWAS, CERRO SILVA, INDIO MAÍZ, WAWASHAN, LOS GUATUSOS, y COSIGÜINA (Ver Mapa 6.1). En el Cuadro 6.2, se describen las principales características de las áreas protegidas seleccionada.

Estas fueron seleccionadas en base a los criterios siguientes:

- a) Satisfacer objetivos nacionales de conservación;
- b) Potencialidades para brindar bienes y servicios ambientales (conservación y fijación de Carbono);
- c) Representatividad de ecosistemas;
- d) Relación con poblaciones rurales;
- e) Posibilidad de establecer conectividades biológicas o socio ambientales;
- f) Presencia de bosques y ecosistemas naturales y
- g) Amenazas por acción antropogénica.

Las seis áreas propuestas totalizan 1,665,545 has. teniendo además una ventaja comparativa de importancia, todas ellas enlazan y se articulan con ecosistemas y territorios de importancia nacional e internacional, y además coinciden con las prioridades de atención que tiene el Corredor Biológico del Atlántico (CBA) que es la parte nicaragüense del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM).



**Cuadro 6.2.** Resumen de las principales generalidades de las áreas protegidas seleccionadas.

ÁREA PROTEGIDA	GENERALIDADES
BOSAWAS	<p>Área: 730,000 has. (MARENA, 1999).                      Cuenta con oficinas admin. en Managua y en la zona.                      Se ha contratado a personal de campo.                      Posee algún financiamiento.                      Diversidad de ecosistemas.                      Plan de manejo en proceso.                      Potencial de conservación de carbono en 15 años: 12,598,578.5 toneladas.</p>
CERRO SILVA	<p>Área: 286,000 has.                      Cuenta con programa de investigación.                      Diversidad de ecosistemas.                      Posee algún financiamiento.                      Enlaza importantes áreas en la región del Caribe de Nicaragua.                      Potencial de conservación de carbono en 15 años: 5,701,276.76 toneladas.</p>
INDIO MAÍZ  WAWASHAN	<p>Área: 361,875 has.                      Existen algunos estudios preliminares.                      Enlaza importantes ecosistemas y áreas protegidas de Nicaragua y de Costa Rica.                      Cuenta con algún financiamiento.                      Muy amenazada por invasiones.                      Potencial de conservación de carbono en 15 años: 4,434,363.70 toneladas.                      Área: 231,500 has.</p>
	<p>Existen algunos programas de investigación.                      Protege importantes ecosistemas.                      Potencial para enlazar importantes ecosistemas en la región del Caribe del país.                      Amenazada por minería forestal                      Potencial de conservación de carbono en 15 años: 3,888,761.26.</p>
LOS GUATUSOS	<p>Área: 43,750 has.                      Cuenta con Plan de Manejo.                      Tiene programas de investigación y parcelas de muestreo.                      Hay personal de campo contratado.                      Existe infraestructura para la investigación y administración.                      Conecta importantes ecosistemas del Caribe y el Pacífico de Nicaragua y Costa Rica.                      Posee algún financiamiento.                      Potencial de conservación de carbono en 15 años: 734,917.08 toneladas.</p>
COSIGÜINA	<p>Área: 12,420 has.                      Conecta y enlaza importantes ecosistemas de la cadena volcánica del Pacífico.                      Es una muestra representativa de los ecosistemas de altura del Pacífico.                      Cuenta con algún personal de campo                      Acceso fácil al área.                      Se encuentra dentro de áreas críticas y degradadas, con potenciales para la reforestación y secuestro de carbono.                      Potencial de conservación de carbono en 15 años: 134,097.84 toneladas.</p>

Para determinar los costos de mantenimiento se tomaron como referencia, planes de manejo elaborados en Nicaragua para las áreas protegidas siguientes: Refugio de Vida Silvestre de Los Guatusos, Refugio de Vida Silvestre del Río San Juan, Bosawas que está en proceso de elaboración; así como planes de manejo de otros países de Latinoamérica; con los cuales se obtuvo el costo promedio por hectárea como base para el cálculo de costos de mantenimiento de cada área.

Los valores base relativos a los beneficios potenciales que brindarían las áreas protegidas en función de la venta de servicios ambientales, fueron establecidos sobre la experiencia acumulada por otros países en similitud de condiciones con Nicaragua. Los costos de oportunidad se han definido en base a estudios realizados en las zonas rurales de Nicaragua y en el estudio están referidos a los costos de las opciones para la implementación de acciones de mitigación, tomando como criterio el costo unitario por hectárea de la implementación de un plan de manejo.

#### d. Relación área – costo en áreas protegidas pilotos

En el Cuadro 6.3 se sintetiza la relación área – costo en las áreas protegidas propuestas como proyectos piloto. El cálculo del porcentaje de área de los territorios municipales que participan en cada una de las áreas protegidas, se realizó por métodos cartográficos y los valores de la tabla corresponden a cifras que se tomaron de fuentes secundarias, como la población (INEC, 1995) y los datos por familia (Nittlapan, 1996).

**Cuadro 6.3.** Relación área – costo en áreas protegidas pilotos.

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Cerro Silva	Bluefields	0.60	3,514.00	84.34		200.14	260.18	460.32	38,821.89	
	Kukrahill	0.10	4,616.00	18.46		200.14	260.18	460.32	8,499.42	
	Rama	0.12	37,199.00	178.56	281.36	200.14	260.18	460.32	82,193.26	129,514.57
Cerro Wawashan	Cruz de Río Grande	0.30	12,641.00	151.69		200.14	260.18	460.32	69,827.48	
	Kukrahill	0.02	4,616.00	3.69		200.14	260.18	460.32	1,699.88	
	Laguna de Perlas	0.65	2,928.00	76.13	231.51	200.14	260.18	460.32	35,043.55	106,570.91
Los Guatusos Bosawas	San Carlos	0.17	19,824.00	134.80	134.80	200.14	260.18	460.32	62,053.16	62,053.16
	Bonanza	0.35	7,351.00	102.91		200.14	260.18	460.32	47,373.79	
	Wiwili	0.40	46,537.00	744.59		200.14	260.18	460.32	342,753.62	
	El Cua	0.60	54,560.00	1,309.44		200.14	260.18	460.32	602,766.74	
	Siuna	0.15	44,688.00	268.13		200.14	260.18	460.32	123,425.77	
	Waspan	0.30	29,781.00	357.37		200.14	260.18	460.32	164,506.93	
	Waslala	0.05	28,842.00	57.68	2,840.13	200.14	260.18	460.32	26,553.33	1,307,380.18
Indio Maíz	San Juan del Norte	1.00	33.00	1.32		200.14	260.18	460.32	607.63	
	El Castillo	0.45	9,402.00	169.24		200.14	260.18	460.32	77,903.40	
	Bluefields	0.25	3,514.00	35.14	205.70	200.14	260.18	460.32	16,175.79	94,686.82
Volcán Cosigüina	El Viejo	0.21	35,448.00	297.76	297.76	200.14	260.18	460.32	137,067.57	137,067.57
<b>TOTAL</b>				<b>3,991.26</b>	<b>3,991.26</b>					<b>1,837,273.21</b>

I. Áreas Protegidas, II. Municipios, III. % de área cubierta por municipio. IV. Población rural. V. Fracción de la población rural, VI. Suma de la fracción, VII. Costo de oportunidad según Nittlapan VIII. Costo de oportunidad indirecto, IX. Suma del costo directo e indirecto. X. Costo total (V x IX). XI. Suma del costo total por área protegida en dólares de los Estados Unidos de América.

En el Cuadro 6.4, se presentan las estadísticas básicas de la propuesta de Proyecto Piloto de la reserva de la biosfera Bosawas.

La relación Beneficio – Costo del Proyecto Piloto Bosawas (Cuadro 6.5) muestra que de implementarse proyectos de mitigación del cambio climático en áreas protegidas, los beneficios serían lo suficientemente grandes para proteger el bosque y aliviar la pobreza en que se encuentran sumergidos los habitantes de las zonas de amortiguamiento de las áreas protegidas.

**Cuadro 6.4.** Proyecto Piloto reserva de la Biosfera Bosawas.

Tipo de proyecto:	Conservación forestal y energía alternativa: fijación, reducción y mitigación de emisiones de carbono, en área núcleo y de amortiguamiento.
Ubicación:	Al norte de Nicaragua, frontera con Honduras, comprende parte de los Departamentos de Jinotega y la RAAN.
Área del proyecto:	730,000 hectáreas
Marco ecológico:	Bosque Tropical, siempreverde, latifoliado, de zonas altas y bajas. Estacional y semideciduo. Sistemas agropecuarios con diferentes grados de pendientes.
Perfil de diversidad	Existen algunos estudios dendrológicos y faunísticos, sin embargo aún falta completar la información.
Socios en el Proyecto	El gobierno de Nicaragua a través de MARENA, ONGs internacionales (Alistar, GTZ, etc.) y organizaciones locales
Financiación del proyecto	Aún por definirse
Duración del proyecto:	Quince años a partir de la fecha de negociación.
Opciones prioritarias de mitigación	Conservación de Carbono; estabilización de la zona de Amortiguamiento y protección del área núcleo (fomento de agroecología, ecoturismo y control de incendios y de invasiones).
Total de beneficios de carbono estimados	Hasta 12,598,578.59 de toneladas métricas de carbono (estimación preliminar)

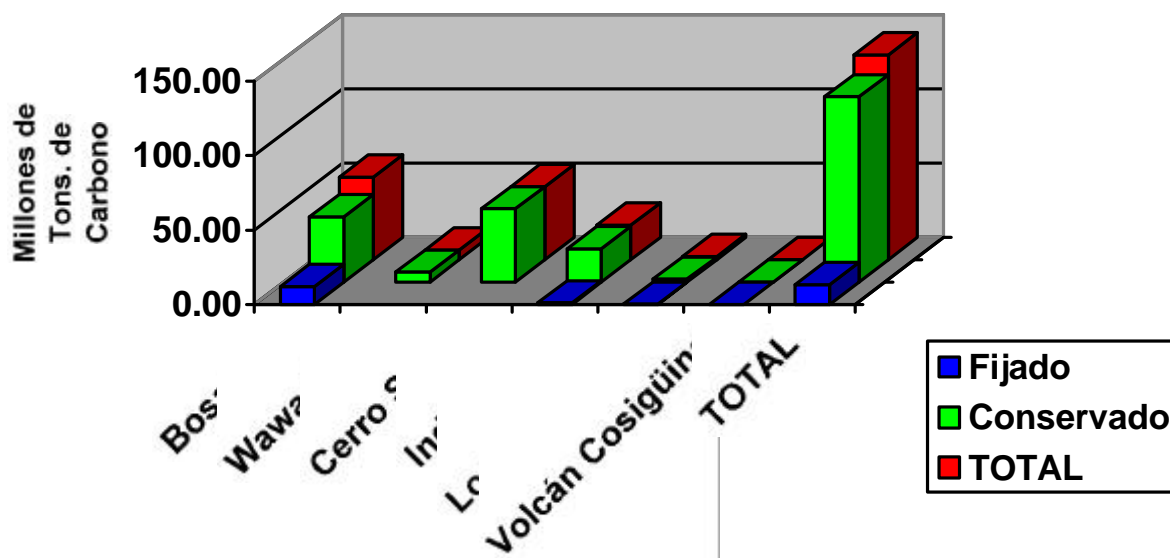
#### e. Opciones potenciales de mitigación en el sector áreas protegidas

Las opciones potenciales de mitigación propuestas, a través de la creación de áreas piloto como del área demostrativa y sus características se resumen en el Cuadro 6.6.

La propuesta de **área demostrativa**, consiste en formular un gran proyecto de mitigación del Cambio Climático en las áreas del CBA, en donde las opciones de Ecoturismo, Secuestro y conservación de Carbono, Bioprospección y energía no convencional e hidroeléctrica, principalmente, encuentren verdaderas oportunidades en el mercado de Carbono, de manera que los costos de transacción sean bajos por la extensión territorial que comprende. Para llevar a cabo esta opción urge la realización de estudios y actualización de la información con el objetivo de disminuir al máximo las incertidumbres de los cálculos actuales.

En la Fig. 6.1, se muestra la cantidad potencial de carbono que puede ser conservado si se implementaran proyectos de mitigación que enfrenten las principales intervenciones en las áreas protegidas, como es la deforestación, los incendios forestales y el avance de la frontera agrícola.

**Figura 6.1.** Potencial de carbono que puede ser conservado en áreas protegidas prioritizadas de Nicaragua bajo un proyecto de mitigación de GEI (10<sup>6</sup> toneladas).



**Cuadro 6.5.** Relación beneficio – costo del proyecto piloto reserva de la Biosfera Bosawas.

BENEFICIOS			COSTOS		
Financieros	Unitario		Financieros 3/	Unitario 4/	US\$
			Gestión y Administración	0.7	7,913,665.60
			Infraestructura y servicios	1.1	12,435,760.23
			Desarrollo sostenible	1.4	15,827,331.20
			Educación ambiental	0.35	3,956,832.80
			Investigación y Monitoreo	0.7	6,783,141.94
Sociales 1/	Unitario 2/	US\$	Sociales 5/	Unitario	US\$
Conservación y secuestro de Carbono	\$20.00	557,931,092.53	Costo de oportunidad comunidades		19,610,702.77
Protección de proyectos hidroeléctricos	\$17.50	11,305,236.57	Costo de oportunidad estado		
Otros beneficios hidrológicos	\$15.00	21,856,790.71			
Valores de existencia y opción	\$29.00	113,052.37			
Productos farmacéuticos de bioprospección	\$0.15				
<b>TOTALES</b>		<b>616,077,692.64</b>			<b>66,527,434.55</b>

Fuente: GEA, 2000.

1/ Los valores para el Carbono se obtienen de las matrices de cálculo y los demás se obtienen del producto del costo unitario por la superficie del área protegida. 2/ Dólares por tonelada para los beneficios del Carbono, el resto de ítems corresponde a dólares por hectárea. 3/ Los costos financieros se obtienen a partir del costo unitario por el área global y por el horizonte de 15 años. 4/ Dólares por hectárea. 5/ Los costos de oportunidad de las comunidades se estimaron utilizando como variable proxy, el valor bruto de producción anual por manzana (según Nittapan, 1996).

**Cuadro 6.6.** Propuesta opciones potenciales de mitigación para la creación de Proyectos Pilotos y Área Demostrativa.

ÁREAS PROTEGIDAS	ECOSISTEMAS	RELEVANCIA	OPCIONES	INSTRUMENTO
BOSAWAS	Bosque tropical latifoliado de altura, mosaicos agrícolas	Paisajes de altura y expresiones culturales, etnias. Dinámica de frontera agrícola, relaciones transfronterizas	Sumideros y secuestro de carbono, actividad forestal y ecoturismo. Transporte en balsa (rafting) y turismo de aventura.	Plan de Manejo. Normas técnicas. Proyectos
WAWASHAN	Humedales, bosque tropical latifoliado húmedo de bajura	Mosaico de paisajes boscosos y frontera agrícola, navegación por ríos	Secuestro de carbono y actividades forestales, mitigación y reforestación, ecoturismo	
CERRO SILVA	Vegetación costera, lagunar, bosque tropical latifoliado	Paisaje estuarino, planicies combinadas con alturas, etnias y frontera agrícola	Secuestro de carbono, reforestación, agroforestería, turismo de aventura. Actividad forestal	
INDIO MAÍZ	Bosque tropical latifoliado de zonas bajas, humedales	Paisaje boscoso, ríos y lagunas, influencia transfronteriza	Conservación de carbono, ecoturismo, investigación. No maderables	
LOS GUATUSOS	Humedales y vida silvestre	Paisajes de planicie y observación de fauna, influencia transfronteriza	Conservación de carbono, ecoturismo e investigación. No tradicionales, sitio Ramsar, manejo de humedales.	
COSIGÜINA	Bosque tropical seco, manglares y laguna cratérica	Paisaje agreste, volcanes y observación de larga distancia	Turismo de aventura, reforestación y secuestro de carbono, agro ecoturismo, agroforestería	
Corredor Biológico	Mosaico de ecosistemas, alturas y llanuras, Bosque Tropical húmedo y llanuras aluviales, riqueza en biodiversidad	Paisajes variados, mestizaje y etnias, cultura caribeña, mosaicos paisajísticos, grandes planicies, con alturas, coníferas con latifoliadas, humedales costeros y caudalosos ríos.	Gran proyecto de venta de servicios ambientales, fijación de carbono, turismo y ecoturismo: de aventura, de playa, cultural y de montaña. Investigación y prospección de biodiversidad, reforestación.	

Como se puede observar las cantidades de carbono evitadas son considerables para un país como Nicaragua (124.4 millones de toneladas), lo cual sería un modesto aporte a los esfuerzos internacionales por reducir el efecto del cambio climático.

En el Cuadro 6.7, se muestra la fijación de carbono dentro de las áreas protegidas proveniente de los bosques secundarios, la cual no representan un beneficio mayor de carbono (13 millones de toneladas), pero se debe considerar que sin un proyecto de mitigación, el remanente de estos tipos de bosques también se emitiría a la atmósfera. Por lo tanto, si se implementaran proyectos de mitigación en las áreas protegidas, se tendría un beneficio neto (no emisión y secuestro) a la atmósfera de 137.7 millones de toneladas de Carbono.

**Cuadro 6.7.** Resumen del potencial de carbono conservado y fijado en las áreas protegidas en un período de 15 años, con proyecto.

Area Protegida	Conservado (Toneladas)	Fijado (Toneladas)	Total (Toneladas)
Bosawas	43,771,912.26	12,021,196.99	55,793,109.25
Wawashan	6,726,636.57	0.00	6,726,636.57
Cerro Silva	49,309,689.48	0.00	49,309,689.48
Indio Maíz	22,361,327.08	1,050,870.46	23,412,197.54
Los Guatusos	2,081,620.30	158,125.50	2,239,745.80
Volcán Cosigüina	166,909.00	5,100.37	172,009.37
<b>Total</b>	<b>124,418,094.69</b>	<b>13,235,293.32</b>	<b>137,653,388.01</b>

Actualmente en Nicaragua existen varias iniciativas orientadas al desarrollo de proyectos específicos de mitigación en el sector forestal, los cuales han sido sometido a algunos países donantes. Sin embargo, para la posible ejecución de éstos se requieren acciones concretas, iniciativas y recursos para crear las condiciones que hagan de las áreas protegidas, verdaderas opciones para la venta de servicios ambientales y la mitigación del cambio climático.

Se deberán elaborar a la mayor brevedad posible los planes de manejo para aquellas áreas protegidas con potencial para la implementación de proyectos de mitigación de GEI. Sin proyectos específicos de mitigación, financiados por el mercado de carbono, será casi imposible que países como Nicaragua puedan preservar los bosques de las áreas protegidas; debido a que en las condiciones actuales el gobierno no tiene capacidad para ofrecer alternativas económicas a los “deforestadores”.

Los proyectos de mitigación de GEI representarían una contribución importante a los objetivos de desarrollo sostenible y reducción de la pobreza en el país. En lo general posibilitarían el aprovechamiento económico de los servicios ambientales, lo que a su vez sería una forma de ampliar la economía local y nacional.

## 6.2. Opciones de mitigación en el sector energético nacional

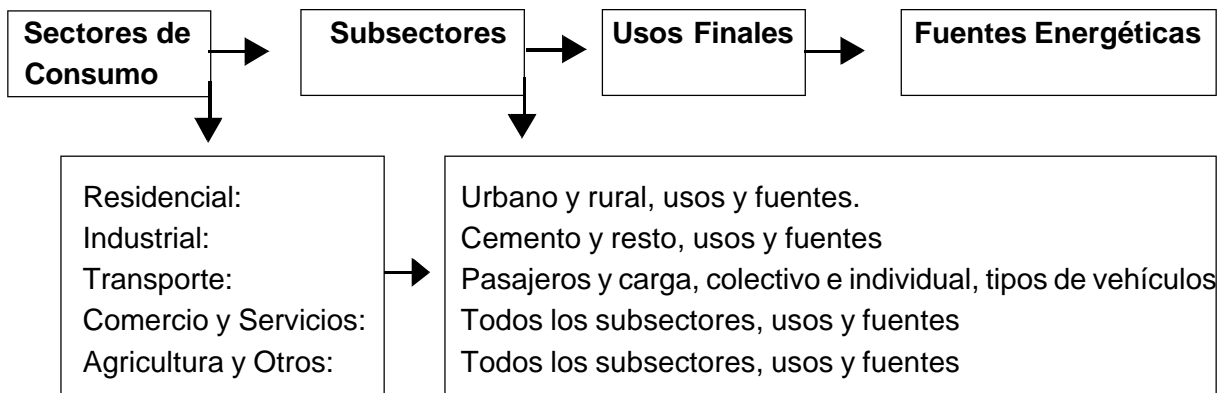
### 6.2.1. Consideraciones metodológicas

La demanda de energía puede ser estimada utilizando modelos de tipo econométrico o de tipo técnico – económico. En Nicaragua se utilizó el segundo tipo, Long Range Energy Alternative (LEAP), con el cual se realizan las proyecciones de demanda a partir de un año base, estimándose por sectores y usos finales de la energía e incorporándose como variable exógenas, indicadores como la eficiencia del equipamiento utilizado por el usuario final, la diversificación de fuentes energéticas, y la evolución del consumo per – cápita.

Este modelo ha sido ampliamente usado en países en vías de desarrollo para la planificación, proyección y uso de sus recursos energéticos. El LEAP, a partir de la estimación de la demanda, calcula la oferta necesaria para satisfacerla, generando escenarios de evolución; así mismo cuantifica las emisiones de GEI producto de la demanda y oferta de la energía. Sus resultados permiten disponer de una amplia base de datos para estimar el perfil futuro del consumo de energía y sus indicadores, acciones de uso eficiente y racional de energía; que contribuyen a modificar los patrones de consumo para disminuir la contaminación, sin poner en riesgo el desarrollo económico ni el nivel de vida esperado de los habitantes.

La demanda de energía de Nicaragua se estimó en base al esquema de la Figura 6.2, considerando los siguientes aspectos. El año base utilizado para todos los sectores fue 1995. Las proyecciones se hicieron quinquenal, iniciando en el año 2005 hasta el 2020. Se utilizaron dos escenarios, uno de Referencia sin opciones de mitigación (año base se mantiene igual durante el período en estudio con algunas variaciones); y un escenario de Mitigación, considerando medidas de eficiencia energética y sustitución entre fuentes.

**Figura 6.2.** Esquema de configuración de la demanda de energía. Modelo LEAP.



La estimación de la demanda se pudo desagregar a nivel de usos, fuentes y para algunos subsectores, utilizando la información disponible y obteniendo otras mediante encuestas para los sectores transporte, comercio y servicios.

### 6.2.2. Diagnóstico del sector energético nacional

En Nicaragua se utilizan cinco fuentes de energía primaria: Hidroenergía, Geoenergía, Hidrocarburos, Residuos vegetales y Leña, de los cuales solamente los hidrocarburos no son propios del país. La leña es la única fuente de energía primaria que se consume a nivel final. Las fuentes de energía secundaria, son el carbón vegetal, el gas licuado de petróleo (GLP), gasolina motor, kerosene, diesel oil, fuel oil y la electricidad.

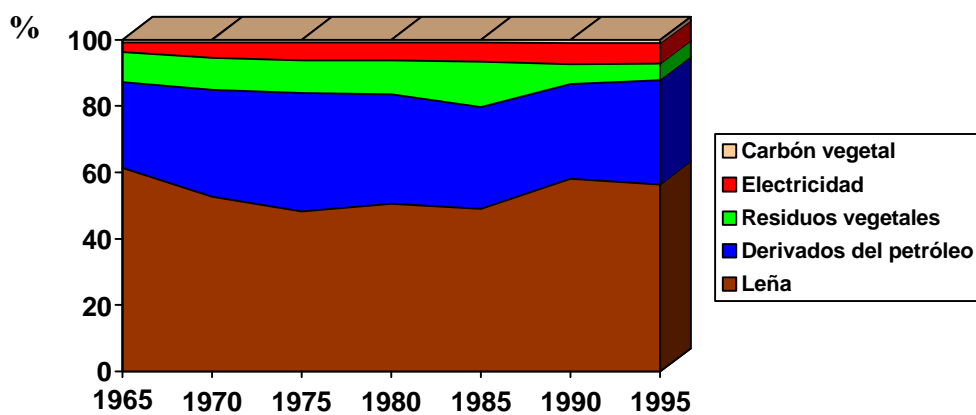
#### a. Consumo energético nacional

El consumo final de energía eléctrica se caracteriza por ser altamente dependiente de la leña, la cual representa más del 50% desde 1965, siguiéndole los derivados del petróleo con más del 30% y luego, en orden de prioridad, los residuos vegetales (básicamente bagazo de caña y algo de cascarilla de arroz), electricidad y carbón vegetal. La Fig. 6.3, presenta la evolución del consumo final de energía durante el período 1965-1995.

Aunque el consumo final se ha incrementado en 250% durante ese período, la participación de las fuentes energéticas es prácticamente la misma notando que las únicas fuentes que han cambiado significativamente su participación han sido, los residuos vegetales que bajó de 9% a 5%, incrementando su participación sólo en 16%; y la electricidad que subió de 3% a 6% incrementando su participación en casi 5 veces. Este comportamiento se debe a una evidente ausencia de implementación de programas a gran escala para la sustitución de energéticos durante 30 años.

El sector residencial es el de mayor participación con casi el 60% durante el período en análisis. La leña es el combustible que más se consume en este sector representando el 93.6%, la cual se utiliza para la cocción de alimentos en prácticamente 100% de los hogares rurales. El segundo energético que más se consume es la electricidad participando con el 3.3% y el resto es Gas Licuado de Petróleo (GLP) y Kerosene.

**Figura 6.3.** Evolución del consumo final de energía, 1965 – 1995.



Período: 1965 - 1995



El sector industrial ha mantenido el segundo lugar en cuanto a consumo de energía desde 1965, disminuyendo su porcentaje de participación en 1990 y 1995, lo que representa el 34% durante el período en estudio. El sector industrial junto con el agropecuario y otros, son los únicos sectores que en 1995 y en términos absolutos, consumen menos energía que en 1965.

Los combustibles que más se utilizan en este sector, son la biomasa (leña y bagazo de caña) con 44% y los derivados del petróleo con 47%; manteniendo esta participación desde 1979. El uso de la biomasa en el sector Industrial corresponde básicamente a los ingenios azucareros y trapiches y un porcentaje menor a la pequeña industria artesanal de pan, cal y otros. El 9% restante corresponde a la electricidad.

El sector transporte ocupa el tercer lugar con el 15%, manteniendo esta posición desde 1970, con un ligero incremento en 1975 y 1980 cuando alcanzó casi 18% y 17% respectivamente. Consume solo derivados del petróleo, diesel oil, gasolina motor y de aviación y kerojet. En 1970 el diesel representaba el 30%, la gasolina el 58% y el kerojet el 12%. En 1995, el diesel duplica su participación a 60%, la gasolina disminuye a 34% y el kerojet a 6%, lo que significó una “dieselización” del transporte.

El sector comercio y servicios representó en 1995 el 8% del consumo energético nacional; no obstante, su consumo se ha duplicado desde 1970. Sus principales fuentes energéticas son los derivados del petróleo, y en segundo orden la electricidad y el carbón vegetal.

El sector agropecuario y otros, representan los sectores con menos participación en el consumo energético. En 1970 incrementó su participación, pero decreció en 1995 a niveles inferiores que en 1965. Su principal fuente energética es la electricidad, pero también utiliza derivados del petróleo y residuos vegetales.

## **b. Oferta de energía**

Nicaragua tiene un gran potencial hidroeléctrico y geotérmico. En la región del Pacífico se estima un potencial geotérmico de casi 3,000 MW para generación eléctrica y solo se explota el 2.3%. Igualmente, el potencial hidroeléctrico económicamente explotable es de aproximadamente 1,700 MW y solo se explota el 6%. La energía solar tiene unos 5 KWH/m<sup>2</sup> y el potencial eólico se estima en unos 500 MW, que no se están aprovechando. Aún no se conoce si el país tiene reservas de petróleo económicamente explotables.

Las fuentes de energía primaria locales son todas menos el petróleo, el cual representa el 27% después de la leña que ocupa el 48%. Este comportamiento ha sido similar desde 1970, a excepción de 1975 donde el petróleo y la leña participaron con igual porcentaje. El uso de la geoenergía inició en 1983 y el de la hidroenergía en 1965. La participación de la hidroenergía es de apenas 4% y la de la geoenergía es del 12%.

### **c. Hidrocarburos**

Nicaragua no produce petróleo, carbón mineral y gas natural. La refinería existente es propiedad de la Esso Standard Oíl, con una capacidad instalada de 22,000 barriles/día. La carga efectiva promedio de crudo en 1999 fue de 16,894 barriles diarios lo que representa un incremento de 6% respecto a 1998.

La refinería no produce gasolina de aviación. El rendimiento por derivados en 1999 fue de 2.7% para el GLP, 13.4% para la gasolina, 6.4% para el keroturbo, 23.1% para el diesel oil, el 47.0% para el fuel oil y el resto para asfalto, solventes, gas de refinería y pérdidas. Los rendimientos son similares en los últimos años. La capacidad de almacenamiento de crudo y derivados a 1998 fue de 2,000 miles de barriles, de los cuales 46% corresponde a crudo y el resto a derivados

Las importaciones de petróleo crudo en 1998 fueron de 6,295 miles de barriles, un 18% más que en 1997. De estas importaciones, el diesel oil representó el 73.0%, el GLP el 13.4%, el 13% correspondió a gasolina (motor) y el resto a gasolina de aviación. En 1996, las importaciones de fuel oil representaron el 47% del total y el 7% en 1997. En 1998, no se importó fuel oil. Así mismo, las importaciones de GLP se han incrementado sustancialmente desde 1995.

El consumo de derivados del petróleo en 1998 fue de 4,991.1 miles de barriles, sin incluir 613.7 miles de barriles de diesel oil y 2,949.4 miles de barriles de fuel oil para generación eléctrica. El consumo se incrementó 6% respecto a 1997 y 16.6% en relación a 1996.

### **d. Generación eléctrica**

Nicaragua posee tres sistemas de generación eléctrica, el Sistema Interconectado Nacional (SIN), los Ingenios Azucareros y los Sistemas Aislados.

#### **Sistema Interconectado Nacional**

El principal abastecedor nacional de energía es el SIN, constituido por 13 centrales generadoras, con una capacidad nominal de 545 MW y 480 MW efectiva. De éstas, siete son plantas convencionales que queman derivados de petróleo, dos son hidroeléctricas, una es geotérmica y la última es de cogeneración en base a la quema de bagazo de caña y/o leña.

El 67% de la capacidad total instalada corresponde a la generación térmica en base a la quema de combustibles fósiles derivados del petróleo (turbinas a vapor, diesel/búnker/ turbinas a gas). El total de generación térmica, que incluye las plantas geotérmicas y de cogeneración, representa un 81.7% de la capacidad total instalada. Esto significa que Nicaragua es altamente dependiente de plantas térmicas y sensitiva al consumo de derivados de petróleo para la generación de energía eléctrica.

Según las proyecciones realizadas en el Plan de Expansión Indicativo de ENEL, la generación del SIN se incrementará en un 132.7% entre el año 2000 y 2014. La generación térmica en ese mismo período se reducirá en un 24.7%. Actualmente la generación térmica representa el 73.1% del total de la generación del SIN y, si se logran incorporar los proyectos geotérmicos, hidroeléctricos y de cogeneración incluidos en el plan de expansión, se reduciría hasta un mínimo de 12.7% en el año 2010 y un 23.7% en el año 2014. Si se implementan estas acciones se lograría reducir significativamente el consumo de combustible fósil.

La estructura del consumo de combustible en el período 2000-2010 se mantendrá prácticamente sin variaciones, lo que implica que aproximadamente el 97.7% del consumo será de Búnker y el 2.2. de Diesel. Actualmente, debido a su alto costo, el Diesel se usa al mínimo como combustible para generación en el SIN, y solamente en las turbinas de gas.

### **Ingenios azucareros**

El segundo abastecedor de energía eléctrica está conformado por seis Ingenios azucareros: Ingenio San Antonio, Timal, Azucarera del Sur, Monterosa, Fondoazúcar, Montelimar y Kukra Hill. Los ingenios cuentan con plantas de generación térmica al vapor que utilizan bagazo de caña como combustible, con una capacidad instalada total de aproximadamente 42 MW<sup>18</sup>. El combustible utilizado en los ingenios es el bagazo de caña, y para el caso de los Ingenios San Antonio y Timal, también madera y búnker.

Los ingenios presentan problemas de eficiencia y bajo rendimiento, debido a la práctica de quemar el bagazo de caña sin secar, a niveles de humedad del 45-50%, y a la utilización de equipos muy antiguos que generan un vapor de baja presión y sin sobrecalentamiento.

### **Sistemas aislados**

Los sistemas aislados de generación eléctrica comprenden pequeñas y medianas centrales de generación térmica que, funcionan a base de motogeneradores de combustión interna de diesel, con un total 11.15 MW de capacidad instalada. De las 23 centrales existentes, 12 se encuentran en la RAAN, 5 en la RAAS, 5 en la Región Norte y una en la Región Sur (Isla de Ometepe), caracterizándose por una baja eficiencia.

#### **e. Política energética y el proceso de transformación del sector**

La Comisión Nacional de Energía (CNE) es un órgano interinstitucional encargado de proponer al Poder Ejecutivo, las políticas sectoriales, estrategias y directrices generales de todo el sector energético, así como realizar la planificación indicativa y estrategia de desarrollo del sector energía incluyendo la promoción de la electrificación rural.

---

<sup>18</sup> Cálculo en base a los datos presentados en: "Opciones de mitigación de emisiones de GEI en generación y uso eficiente de la energía eléctrica", Multiconsult, Managua 2000. El único ingenio sobre el cual no hay información acerca de su capacidad nominal es Kukra Hill.

El Instituto Nicaragüense de Energía (INE) es un organismo autónomo del Estado encargado de la regulación, supervisión fiscalización del sector energía. El sector eléctrico de Nicaragua tiene un nuevo marco legal mediante la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) No. 272, de abril de 1998. El marco legal se complementa con un marco normativo que establece las reglas y procedimientos para cada actividad, existiendo siete normativas aprobadas por INE (operación, concesiones y licencias eléctricas, multas y sanciones, calidad del servicio, servicio eléctrico, tarifas, transporte).

La Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL) fue segmentada, *la generación* se dividió en tres empresas (GECSA, GEOSA e HIDROGESA); y *la distribución* en dos nuevas empresas (DISNORTE y DISSUR), las cuales fueron privatizadas en septiembre del 2000.

#### f. Diagnóstico ambiental

Según el Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de GEI de Nicaragua para el año 1994, las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del sector energético nacional a partir de la cantidad de carbón contenida en los combustibles fósiles fue de 2,373.53 Gg, consideradas como No-Biogénicas. Las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al uso de biomasa totalizaron 4,653.29 Gg. También se estimaron las emisiones de gases distintos al CO<sub>2</sub>, sobresaliendo el monóxido de carbono con 250.05 Gg, los compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) con 31.85 Gg y los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), con 16.97 Gg (Cuadro 6.8).

**Cuadro 6.8.** Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector Energía por subsectores. INGEI, 1994.

Sub - sectores	Emisiones de CO <sub>2</sub> (Gg)			
	Fósil	%	Biomasa	%
Industria energética	906.62	38.02		
Manufactura y construcción	368.94	15.54	355.36	7.64
Transporte	841.57	35.45		
Comercial, público, institucional	150.90	6.35	71.80	1.54
Residencial	75.06	3.16	4,212.50	90.52
Agropecuario	20.39	0.86	13.36	0.30
Otros sectores	14.06	0.60		
<b>TOTAL</b>	<b>2,373.54</b>	<b>100</b>	<b>4,653.29</b>	<b>100</b>

La industria energética es la principal fuente de emisiones de CO<sub>2</sub>, en cuanto a combustible fósiles se refiere, debido al consumo de fuel oil para la generación de energía eléctrica, además de diesel oil. El sub-sector transporte ocupa el segundo lugar en orden de importancia, por el consumo de gasolina y diesel como combustible del transporte terrestre.

Al sub-sector industria manufacturera y construcción. se le atribuyen las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas a partir de la generación de vapor y en otro uso, como el de hornos, en la

industria de cemento a partir del consumo de hidrocarburos. Ambos subsectores, producen emisiones a partir de la utilización de Fuel Oil y Diesel durante su operación.

En los subsectores comercial, público e institucional y Agropecuario, se incluyen las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por la quema de combustibles derivados del petróleo en diferentes actividades como en hospitales, hoteles, etc.

El porcentaje de emisiones del sub-sector otros, se trata de emisiones de GEI que no pueden ser contabilizados en los sectores principales y cuya aportación es prácticamente insignificante.

Las emisiones de GEI en el sector residencial, se deben básicamente al consumo de leña para cocción de alimentos y representan el 90% del total de emisiones debidas a la quema de biomasa.

### **6.3 Escenario energético de referencia**

El escenario de referencia se elaboró sobre la base del consumo final de energía en los diferentes sectores analizados y la participación de cada una de las fuentes según el Balance Energético Nacional de 1995. Los diferentes usos de los combustibles en los subsectores urbano y rural, se tomaron del proyecto Manejo de la Demanda y Uso Racional de Energía Eléctrica en el Istmo Centroamericano (INE-OLADE), de los resultados de la Encuesta Nacional de Hogares sobre Medición del Nivel Vida 1998, de la encuesta realizada por Multiconsult en julio 2000 y de la experiencia de los consultores nacionales en el tema.

#### **a. Demanda total de energía**

Los resultados de la estimación de la de la demanda para el escenario de referencia durante el período 1995-2020, se presentan en el Cuadro 6.9, éstos indican que:

- † La demanda de energía se incrementará durante el período 1995-2020 en 196% tomando como base el año 1995.
- † El *sector residencial* disminuirá su participación dentro del total, pasando del 60% que tenía en 1995 a 40% en el año 2020, debido a que la tasa de crecimiento de la población es menor que la tasa de crecimiento de las variables explicativas del resto de sectores. La tasa de crecimiento de la demanda de energía en este sector, es menor que en el resto. La demanda de las otras fuentes energéticas para los diferentes usos aumentarán, como GLP y electricidad, pero a un ritmo de crecimiento más lento, debido a los factores socioeconómicos considerados.
- † El *sector industrial* incrementará su participación de 13% en 1995 a 23% en el año 2020. La tasa de crecimiento de la demanda en este sector para los próximos 20 años es mucho mayor que en los sectores residencial y transporte. Se espera un mayor consumo de derivados del petróleo, de tal forma que en el año 2020 representará el 60% de la estructura. La electricidad mantiene un crecimiento anual aproximado de 8% y los residuos vegetales

del 6% en el año 2020. La leña tiende a descender hasta un 2.37% en el 2020. El consumo del sub-sector cemento podría llegar a representar el 59% del total del sector industrial, debido al consumo de Fuel Oil.

- † El *sector transporte* disminuirá su participación pasando de 19% en 1995 a 14% en el 2020. La variable explicativa en este sector es el parque vehicular, el cual crecerá a una tasa mayor que la población utilizada como variable explicativa en el sector residencial, pero menor que la tasa de crecimiento de las variables explicativas en el resto de sectores. Se espera para el período en estudio un crecimiento de 18.79% de la demanda de combustibles entre cada quinquenio; mientras la demanda de combustibles para el período 1995-2020 se incrementará en un 136%.
- † El *sector comercio y servicios* repuntará significativamente pasando de 6% en 1995 a 16% en el 2020; al igual que el *sector agricultura* que pasará de 1.2% a 6%. Estos son los sectores que tienen mayores tasas de crecimiento durante el período en estudio. Sus variables explicativas son el valor agregado, el cual se estima se incrementará a tasas promedio de 4.2% y 5.6% respectivamente. La electricidad y el diesel son los energéticos de mayor participación, representando el 32.0% y 30.5% respectivamente, seguidos del GLP y del carbón vegetal que suman el 33.0% y son utilizados para cocción.
- † La electricidad duplicará su participación pasando de 6% a 12%.
- † El Fuel Oil No. 6 triplicará su participación pasando de 3% a 12%.

**Cuadro 6.9.** Demanda de energía para diferentes horizontes de tiempo por sectores de consumo (Gj). Escenario Base: 1995-2020

SECTOR	1995		2005		2010		2015		2020	
Residencial	42.52	60.1%	58.28	54.4%	69.50	51.3%	75.47	45.5%	82.94	39.6%
Transporte	13.51	19.1%	19.05	17.8%	22.63	16.7%	26.87	16.2%	31.92	15.2%
Industria	9.30	13.2%	17.36	16.2%	24.20	17.9%	34.25	20.6%	49.27	23.5%
Comercio	4.51	6.4%	9.95	9.3%	14.79	11.0%	22.04	13.3%	32.78	15.7%
Agricultura	0.85	1.2%	2.48	2.3%	4.24	3.1%	7.24	4.4%	12.41	6.0%
TOTAL	70.69	100%	107.12	100%	135.36	100%	165.86	100%	209.32	100%

#### a. Emisiones totales de GEI

El Cuadro 6.10 resume la proyección de las emisiones de GEI del sistema energético nacional para el escenario de referencia y el período 1995-2020.

El Cuadro 6.11 presenta la evolución proyectada de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, para cada uno de los sectores que demandan energía y para la generación térmica de electricidad. En el sector residencial las emisiones de CO<sub>2</sub> Biogénico son las más relevantes al representar casi el 85% de las emisiones totales anuales a lo largo del período 1995-2020.

**Cuadro 6.10.** Emisiones totales de GEI (Gg). Escenario Base: 1995-2020

GEI	1995	2005	2010	2015	2020
CO <sub>2</sub> No Biogénico	2463.66	4118.00	4232.93	5818.35	8114.24
CO <sub>2</sub> Biogénico	3993.34	5726.45	6863.02	7748.65	8780.22
CO	2040.67	3410.95	4461.51	5680.58	7789.78
CH <sub>4</sub>	142.51	236.75	305.58	391.93	506.73
NO <sub>x</sub>	4.58	13.65	18.21	33.04	34.60

En el sector industria, la principal fuente de emisión de CO<sub>2</sub> No Biogénico es la producción de cemento; así mismo el subsector otras industrias muestra una tasa de crecimiento alta de las emisiones de CO.

En el sector transporte, como resultado de un incremento del 136% en la demanda de combustibles para el período en estudio, se espera que las emisiones de CO<sub>2</sub> No Biogénico se incrementen en 236% para el año 2020 respecto a 1995.

En el Sector comercio y servicios se prevé un considerable aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> como resultado de la evolución económica del sector; al igual que para el sector agricultura.

**Cuadro 6.11.** Evolución de emisiones de CO<sub>2</sub> por sector (Gg). Escenario Energético de Referencia.

Demanda	1995		2005		2010		2015		2020	
	N. B.	B.	N.B.	B.	N.B.	B.	N.B.	B.	N.B.	B.
Residencial	79.73	3490.65	96.12	4749.13	118.44	5533.94	146.39	6059.99	184.34	610.50
Transporte	913.19		1288.14		1529.90		1817.05		2158.08	
Industria	326.68	416.97	681.75	683.25	1007.44	874.62	1509.36	1119.59	2295.14	1433.17
Comercio y Servicios	173.84	62.74	392.03	136.98	588.72	201.97	884.09	304.15	1327.66	450.53
Agricultura y Resto	36.01	3.29	104.6	9.79	178.85	16.88	306.32	29.11	525.33	50.21
TRANSFORMACION										
Generación	845.02	19.69	1354.82	147.30	609.04	235.61	1155.14	235.61	1423.15	235.61
Refinación	89.19		200.54		200.54			0.20	200.54	
<b>TOTAL</b>	<b>2463.66</b>	<b>3993.34</b>	<b>4118.00</b>	<b>5726.45</b>	<b>4232.93</b>	<b>6863.02</b>	<b>5818.35</b>	<b>7748.65</b>	<b>8114.24</b>	<b>8780.22</b>

N.B.: No Biogénico.

B.: Biogénico.

## 6.4. Escenario energético de mitigación

Este escenario se basa en la implementación de una serie de medidas, acciones y políticas, incluyendo las opciones tecnológicas y legales que permitirán modificar los actuales niveles de emisión de los GEI en Nicaragua. Las opciones de mitigación que se proponen, han sido identificadas en base a las condiciones del futuro desarrollo del país, tomando en cuenta sus particularidades económicas, sociales y ambientales.

### a. Sector residencial

Las medidas de mitigación en este sector se han enfocado principalmente a la eficiencia del consumo específico o intensidad energética de la leña, en base a la penetración de cocinas mejoradas en el 60% de la población urbana y rural. También se pretende sustituir el consumo de leña por gas licuado de petróleo (GLP) en 456,000 familias urbanas. También se ha previsto la sustitución de la iluminación incandescente de 60w y 40w en 230,000 hogares, clientes del sistema interconectado nacional. La reducción anual esperada de las emisiones de CO<sub>2</sub> es de 35.5 Gg y el ahorro energético sería de 53,439 MWh y 39 MW.

En cuanto a la refrigeración ineficiente se ha previsto sustituir en 181,000 hogares, clientes del sistema interconectado nacional; opción que reduciría las emisiones anuales de CO<sub>2</sub> en 49.1 Gg.

Respecto al rendimiento de las fuentes, la proyección de la demanda en el sector residencial refleja claramente que la leña continuará siendo el principal energético utilizado. El GLP se incrementará en casi 4 veces de lo considerado en el escenario base, como resultado de una mayor penetración del mismo, en sustitución del uso de la leña en el área urbana. La electricidad incrementará su participación para satisfacer las necesidades de energía, iluminación y de refrigeración, producto del crecimiento natural del sector y del mejoramiento de la economía.

### b. Sector industrial

Considerando que la característica principal del escenario base, es la alta demanda de los derivados del petróleo, en particular por el crecimiento del sub-sector cemento, por lo tanto la estrategia de mitigación se debería enfocar a la reducción del uso de este recurso, mediante el cambio de proceso de producción de vía húmeda a vía seca, lo cual significaría un ahorro en el consumo de fuel oil No. 6 del 50%.

También se prevé la utilización de gas natural para generación de vapor en sustitución del fuel oil No. 6, a partir del año 2010 en las industrias de alimentos, bebidas y químicos. Igualmente se espera sustituir los motores ineficientes de 50 Kw y mejorar en 10% la eficiencia de las calderas a diesel oil.



### **c. Sector transporte**

En este escenario de mitigación, se espera que el parque vehicular se incremente, lo cual incidirá en el crecimiento de la demanda de los distintos combustibles, diesel, gasolina motor, y keroturbo (AV – JET). Para el año 2020 se prevé que se duplique la demanda de gasolina, diesel y kerosene. La demanda de diesel por parte de los vehículos individuales, será el combustible de mayor uso en el sector. También, la demanda de los diferentes combustibles se incrementará en un 100%.

Se esperan cambios importantes en las políticas y administración del transporte, brindando mayor seguridad vial a vehículos, conductores y peatones; incluyendo mejoras en el servicio del transporte colectivo, para que la población en general utilice más éste. Se desarrollan planes y proyectos de infraestructura vial a nivel nacional.

Se mejorará el rendimiento de los vehículos terrestres de carga y pasajeros en 10% y 30% respectivamente, de tal forma que un vehículo liviano de pasajero mejora su rendimiento del 45 a 60 Km./galón.

### **d. Sector comercio y servicios**

El energético de mayor evolución en este escenario de mitigación, es la energía eléctrica, la cual se incrementará en 7 veces respecto al año base 1995; y continúa siendo representativa del 33% del consumo total. El consumo del sector asciende a 31.59 millones de GJ, que corresponde a un incremento del 602%.

Las medidas de mitigación están orientadas al uso eficiente de la energía, como la sustitución de la iluminación fluorescente convencional por fluorescente ahorradora mayor de 25 Kw/mes. Se prevé sustituir la climatización (aire acondicionado) ineficiente por ahorradora; y se mejora en 10% la eficiencia de las calderas a diesel oil.

### **e. Sector agricultura y otros**

Se espera que el consumo de energía para el año 2020 se incremente en casi 20 veces respecto al consumo del año base, principalmente por el mayor uso de energía eléctrica y de residuos vegetales. Entre las medidas de mitigación está la implementación de tecnologías de riego más eficientes desde el punto de vista de consumo de energía.

## **6.5. Análisis de la demanda de energía**

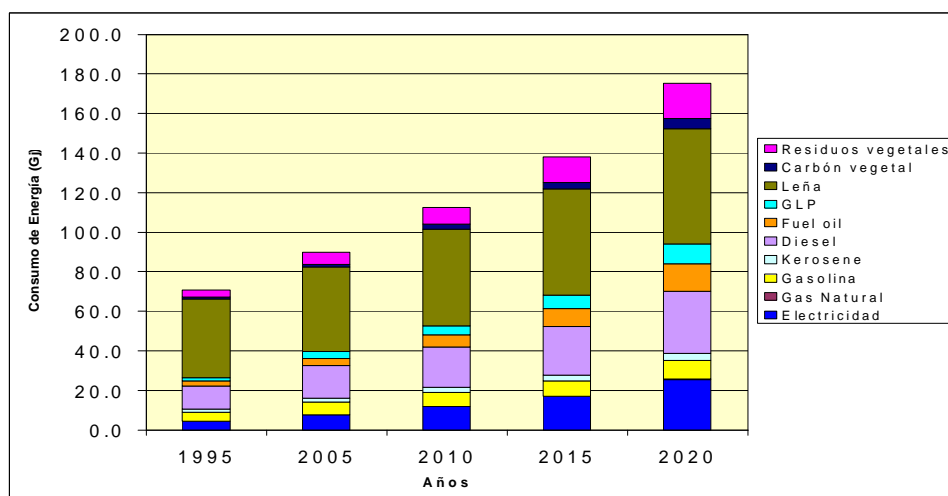
La demanda total producto del escenario de mitigación aplicado a los sectores de consumo, indica que ésta se incrementara en 149% durante el período 1995 –2020, tomando como base el año 1995 (Fig. 6.4).

La participación sectorial en la demanda de energía muestra cambios en su estructura, el consumo del sector industrial incrementará su participación de 13% en 1995 a 23% en el año

2020. Tanto la electricidad como fuel oil No. 6 aumentarán su participación, de 6% a 15% y de 3% al 8% respectivamente.

El consumo de los sectores residencial y transporte disminuirían su participación dentro del total, el primero variaría de 60% en el año base al 37% en el año 2020; y el segundo de 19% a 14%. Se espera que el sector comercio y servicios incremente su participación de 6% en 1995 a 17% en el 2020; al igual que el sector agricultura que pasará de 1.2% a 7.0%.

**Figura 6.4.** Evolución del consumo energético nacional por fuentes para el escenario de mitigación. Período 1995 – 2020.



Otro resultado de interés es que la leña disminuirá su participación en la demanda total, variando desde 57% en el año base hasta 33% en el 2020, sin embargo se espera que continúe siendo predominante en la estructura.

#### a. Emisiones de GEI de la demanda de energía final

En este escenario aun se observa un mayor consumo de leña que de petróleo, lo cual se refleja en que las emisiones del CO<sub>2</sub> Biogénico son mayores en un 66% que las de CO<sub>2</sub> No Biogénico.

En el sector residencial las emisiones CO<sub>2</sub> Biogénico representan el 85% de las emisiones totales, situación que se mantiene a lo largo del estudio. En el sector transporte las emisiones de CO<sub>2</sub> No Biogénico son las mayores, su crecimiento alcanzan el 60% en el año 2020 respecto al año base 1995. En el resto de sectores (comercio y servicios, agricultura y otros), se observa la misma tendencia de incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> Biogénico y No Biogénico, como resultado de la evolución económica de estos sectores.

## 6.6. Abastecimiento energético y sus emisiones

La oferta de energía fue calculada en base a los escenarios de demanda planteados (de Referencia y Mitigación) y está referida a las tres principales fuente de suministro como son, la generación eléctrica, la refinación de petróleo y la producción de carbón vegetal.

### a. Generación eléctrica

La generación eléctrica fue calculada utilizando los resultados de la estimación de la demanda de energía eléctrica de los dos escenarios de demanda. Las proyecciones de demanda para cada escenario y su correspondiente nivel de pérdidas, utilizadas para el cálculo de la expansión de la generación, se presentan en el Cuadro 6.12.

Para cada escenario, se utilizaron dos alternativas de expansión, las cuales se resumen a continuación:

**Escenario Base Demanda, Expansión 1 Generación (BD1G):** centrales geotérmicas, hidroeléctricas y térmicas a petróleo (incluyendo cogeneración con bagazo y fuel oil No. 6). En este escenario, se importa energía eléctrica a partir del 2015 mediante la red SIEPAC.

**Escenario Base Demanda, Expansión 2 Generación (BD2G):** centrales térmicas a petróleo (incluyendo cogeneración con bagazo y fuel oil No. 6). En este escenario, se importa energía eléctrica a partir del 2020 mediante la red SIEPAC.

**Escenario Mitigación Demanda, Expansión 1 Generación (MD1G):** centrales geotérmicas, hidroeléctricas y térmicas a petróleo (incluyendo cogeneración con bagazo y fuel oil No. 6). En este escenario, se importa energía eléctrica a partir del 2015 mediante la red SIEPAC.

**Escenario Mitigación Demanda, Expansión 2 Generación (MD2G):** centrales geotérmicas, hidroeléctricas y térmicas a petróleo (incluyendo cogeneración con bagazo y fuel oil No. 6, y dos centrales con gas natural a partir del 2015). En este escenario, se importa energía eléctrica a partir del 2015 mediante la red SIEPAC.

**Cuadro 6.12.** Demanda de energía eléctrica para los escenarios base y de mitigación (GWH). Período 1995 – 2020.

Año	Escenario Base	Pérdidas	TOTAL	Escenario Mitigación	Pérdidas	TOTAL
1995	1 195.83	512.50	1 708.33	1 195.83	512.50	1 708.33
2005	2 365.13	591.28	2 956.41	2 197.36	549.34	2 746.70
2010	3 391.64	376.85	3 768.49	3 285.32	365.04	3 650.36
2015	4 718.01	524.22	5 242.23	4 738.41	526.49	5 264.90
2020	6 709.05	745.45	7 454.50	7 082.80	786.98	7 869.78

## b. Capacidad instalada y generación

La capacidad instalada para el escenario base de demanda es igual para las dos alternativas de expansión (BD1G y BD2G) de la generación en el año 2005, siendo mayor a partir del 2010 en la alternativa BD2G, debido a que se instalarían centrales de generación térmica de mayor capacidad que las contempladas en la alternativa geotérmica e hidroeléctrica BD1G (Cuadro 6.13).

En la alternativa BD1G, la participación de la capacidad instalada hidroeléctrica se espera que disminuya en el año 2005, igualando su participación del 25% a la que tenía para el año base. La capacidad geotérmica, se incrementa considerablemente en el 2010 hasta alcanzar 31%. La capacidad térmica a petróleo disminuye de 51% a 39%, y la cogeneración incrementa moderadamente de 6 a 7.5%.

En el escenario BD2G, la participación es mayoritariamente térmica a petróleo, de 51% a 73%, disminuyendo la capacidad de las fuentes renovables desde 43% a 20%. La cogeneración crece de 6 a 7%. En los dos escenarios anteriores, la generación térmica con turbinas a vapor, desaparece a partir del 2010.

**Cuadro 6.13.** Capacidad instalada por tipo de fuentes (Mw) para las alternativas BD1G y BD2G. Período 1995 – 2020.

Tipo	1995		2005		2010		2015		2020	
	BD1G	BD2G	BD1G	BD2G	BD1G	BD2G	BD1G	BD2G	BD1G	BD2G
Hidroeléctrico	100.0	100.0	100.0	100.0	177.0	100.0	177.0	100.0	177.0	100.0
Geotérmico	70.0	70.0	70.0	70.0	206.0	70.0	239.0	70.0	239.0	70.0
Vapor FO	145.0	145.0	145.0	145.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Motores DO	16.1	16.1	201.8	201.8	189.8	389.8	112.8	312.8	112.8	312.8
Turbogas DO	40.0	40.0	66.0	66.0	66.0	266.0	190.0	290.0	190.0	290.0
Cogeneración	26.7	26.7	36.7	36.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7
<b>Total</b>	<b>397.8</b>	<b>397.8</b>	<b>619.5</b>	<b>619.5</b>	<b>697.5</b>	<b>884.5</b>	<b>777.5</b>	<b>831.5</b>	<b>777.5</b>	<b>831.5</b>

En el Cuadro 6.14 se presentan las alternativas de mitigación para la expansión de la capacidad instalada (MD1G y MD2G), la cual es la misma para ambas, con la diferencia que en la alternativa MD2G, se observa una penetración de generación térmica utilizando gas natural.

Las cuatro opciones presentadas, BD1G, BD2G, MD1G y MD2G, incluyen a partir de los años 2015 o 2020, importaciones de energía eléctrica a través de la interconexión centroamericana, una vez puesto en marcha, el Mercado Eléctrico Centroamericano utilizando la red del Sistema Interconectado Eléctrico Para América Central (SIEPAC).

La utilización del gas natural a partir del 2010, fue considerada tomando como base el proyecto del gasoducto por América Central que fue estudiado por la Comisión Económica para América

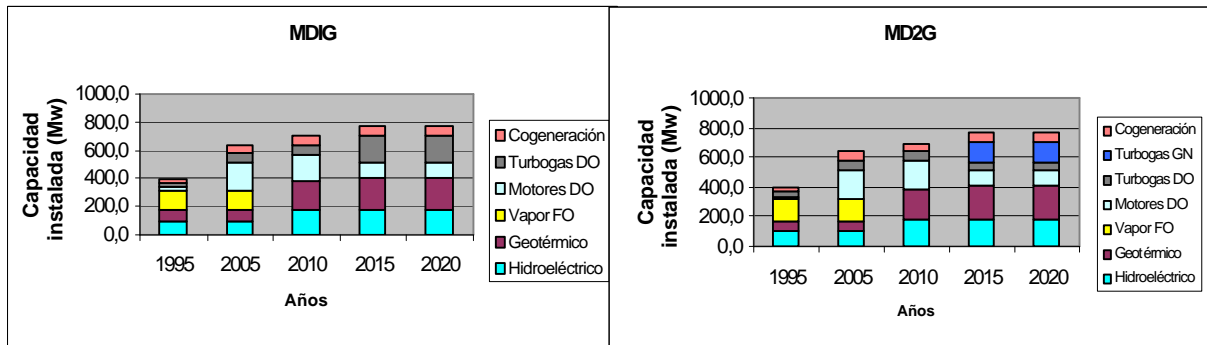
Latina (CEPAL), con sede en México. Este estudio determinó que a partir del 2005, podría utilizarse gas natural en Centroamérica importando petróleo de México, especialmente en los sectores de generación eléctrica y algunas industrias manufactureras.

**Cuadro 6.14.** . Capacidad instalada por tipo de fuentes (Mw) para las alternativas de mitigación MD1G y MD2G. Período 1995 – 2020.

Tipo	1995		2005		2010		2015		2020	
	MD1G	MD2G	MD1G	MD2G	MD1G	MD2G	MD1G	MD2G	MD1G	MD2G
Hidroeléctrico	100.0	100.0	100.0	100.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0	177.0
Geotérmico	70.0	70.0	70.0	70.0	206.0	206.0	229.0	229.0	229.0	229.0
Vapor FO	145.0	145.0	145.0	145.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Motores DO	16.1	16.1	201.8	201.8	189.8	189.8	112.8	112.8	112.8	112.8
Turbogas DO	40.0	40.0	66.0	66.0	66.0	66.0	190.0	40.0	190.0	40.0
Turbogas GN		0.0		0.0		0.0		150.0		150.0
Cogeneración	26.7	26.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7	58.7
Total	397.8	397.8	641.5	641.5	697.5	697.5	767.5	767.5	767.5	767.5

La evolución temporal de la capacidad instalada del sector para las alternativas de mitigación se presentan en la Fig. 6.5, donde la diferencia se refleja en la alternativa MD2G a partir del año 2015, que es cuando se introduce el uso de gas natural en sustitución de petróleo; por tal razón la capacidad en plantas a petróleo se reduce de 39% que tendría en el escenario MD1G a 20% en el MD2G.

**Figura 6.5.** Evolución de la capacidad instalada por recurso para los escenarios de mitigación. a) MD1G y b) MD2G, para el período 1995 – 2020.



En cuanto a la generación, los resultados para cada escenarios se presentan en el Cuadro 6.15.

**Cuadro 6.15.** Generación en GWH para los escenarios base y de mitigación.

Escenario	1995	2005	2010	2015	2020
Base	1708.33	2956.43	3734.85	4923.14	5285.89
Mitigación	1708.33	2746.69	3650.36	5210.90	5480.91

**c. Emisiones totales de gases de efecto invernadero**

Las emisiones de GEI, debidas a la generación eléctrica para abastecer los diferentes escenarios de demanda con las expansiones presentadas, se presentan a continuación:

**Cuadro 6.16.** Comparación de las emisiones de GEI originadas por la generación eléctrica para diferentes escenarios, en Gg. Periodo 1995 – 2020.

GEI	BD1G	MD1G	Diferencia	%	BD2G	MD2G	Diferencia	%
CO <sub>2</sub>	6,261.00	6,002.76	-258.24	4.12	8 244.60	5 473.08	-2771.52	33.6
CO	9.50	8.40	-1.10	11.6	15.50	7.60	-7.9	51.0
CH <sub>4</sub>	0.08	0.076	-0.004	5.0	0.03	0.079	-0.049	163.3
NO	41.60	37.02	-4.58	11.0	69.33	38.06	-31.27	45.1

El escenario de mitigación MD2G representa la menor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que incluye expansión de la generación con energías renovables (hidro y geotérmica), térmicas con gas natural y cogeneración, presentando los menores costos anualizados. Para el año 2020 se obtiene una reducción del 33.6% respecto a las emisiones esperadas en el escenario de referencia BD2G.

El escenario de mitigación MD1G, le sigue en orden de menor cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, debido a que incluye los mismos tipos de generación, excepto la térmica con gas natural y significa también costos anualizados mínimos.

En el escenario base de demanda, el BD1G, representa la menor cantidad de emisiones debido a que también es cubierto por centrales con energías renovables y térmicas.

**d. Refinación de Petróleo**

Dadas las características de la refinería nicaragüense, las alternativas de mejoramiento, ampliación o modificación son reducidas, de forma tal que los cambios que se pueden introducir son meramente operativos, por lo tanto, el escenario base y el de mitigación, no arrojan diferencias significativas.

Las consideraciones tomadas y que se aplican a ambos escenarios son:

- a. No existen incrementos en la capacidad productiva, iniciándose ésta, con una capacidad de 550,000 toneladas / año en el año base 1995, y continuando a partir del año 2000, con 1,124.2 toneladas /año.
- b. La eficiencia de la refinería se establece en un 90%, lo cual es típico dentro del régimen de trabajo.
- c. Para ambos escenarios base y de mitigación, no existen expectativas de incremento de la capacidad productiva de la refinería, excepto el incremento de 15,000 Bbls/día a 22,000 Bbls/día en el año 2000.
- d. El funcionamiento de la torre de refinación obedece a la premisa de sacar producto en relación a la capacidad disponible, orientándose en el modelo que toda sobreproducción sea considerada objeto de exportación para satisfacer la demanda y que la escasez de algún subproducto sea reportada como importación a satisfacer.

### **Emisiones de GEI**

Los resultados de las emisiones en refinación, para los dos escenarios de demanda y las tres alternativas de expansión de la generación se presentan en el Cuadro 6.17.

**Cuadro 6.17.** Emisiones de gases de efecto invernadero del sub-sector refinación de petróleo en Gg. Período 1995–2020.

<b>GEI</b>	<b>BD1G</b>	<b>BD2G</b>	<b>MD1G</b>	<b>MD2G</b>
CO2	788.92	891.35	732.00	827.00
CO	0.88	1.00	0.82	0.93
CH4	0.45	0.51	0.42	0.47
NOx	3.71	4.10	3.40	3.80

Las emisiones con el escenario MD1G son las menores de todas las opciones planteadas. Este escenario incluye las opciones de mitigación en demanda con expansión hidroeléctrica, geotérmica, térmica a petróleo incluyendo cogeneración. También se generan menos emisiones con el escenario BD1G, que corresponde a la demanda base suministrada con una generación idéntica a la anterior. Las emisiones mayores se presentan, lógicamente, con el escenario de demanda base y expansión de la generación eléctrica en base a petróleo.

### e. Carbón vegetal

El carbón vegetal aunque tiene poca participación en el consumo final de energía, su sistema de producción es ineficiente, pues utiliza parvas tradicionales donde la relación leña/carbón es 2:1.

Existen algunos proyectos que están iniciando y que tratan de mejorar la eficiencia de la producción de carbón mediante la utilización de hornos mejorados. Si hubiese una penetración a gran escala de los hornos mejorados, las emisiones en concepto de producción de carbón se reducirían, a como se presenta en el Cuadro 6.18.

**Cuadro 6.18.** Emisiones de GEI por producción de carbón vegetal en miles de Kg. Período 1995-2020.

GEI	Escenario Base Parvas tradicionales	Escenario de Mitigación Hornos mejorados reducción	Porcentaje
CO	31.67	7.76	75.5%
CH4	9.41	1.41	85.0%
NOx	2.43	2.24	7.8%

### f. Potencial de calentamiento global

Para medir el efecto a largo plazo de los diferentes escenarios de emisiones, se utiliza el efecto del potencial de calentamiento global, el cual uniformiza las emisiones de GEI para diferente horizontes de tiempo (20, 50, 100 años). En nuestro caso, hemos tomado el escenario de 20 años tomando como base el CO<sub>2</sub>, de tal forma que las principales emisiones de gases de efecto invernadero puedan compararse. Básicamente se realizó la comparación sobre los siguientes escenarios de expansión:

- † Escenario de Demanda Base, con una expansión de generación basado en energía hidroeléctrica, geotérmica y un parque térmico adicional al existente.
- † Escenario de Demanda Base, con una expansión de generación exclusivamente a base de plantas térmicas.
- † Escenario de Mitigación de demanda, con una expansión a cuenta de recursos renovables: hidroeléctricos, geotérmicos y un parque térmico adicional.
- † Escenario de Mitigación de demanda, con una expansión en base a recursos renovables, pero considerando la incorporación del gas natural como una diversificación de la oferta de energéticos.



### Los resultados indican que:

1. En todos los escenarios estudiados, el CO<sub>2</sub> No -Biogénico, representa el gas más contaminante, sobrepasando el 97 % del total de cada escenario, seguido por el CH<sub>4</sub> y de forma mínima por el NO<sub>x</sub>.
2. El escenario de Demanda Base con expansión térmica, dada sus características, implica un crecimiento de las emisiones totales de 8,310.13 miles de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub> a 9,296.83, debido fundamentalmente al incremento de la generación de CO<sub>2</sub> Biogénico. Dado que la tasa anual de incremento de este último pasa de 5.09 a 5.60%.
3. En cuanto a los escenarios de Mitigación, el escenario que incorpora en su expansión el gas natural, permite reducir las emisiones en el horizonte del estudio al pasar éstas de 6,609.08 a 6,338.33 miles de toneladas equivalente de CO<sub>2</sub>, debido principalmente a la reducción del CO<sub>2</sub> No Biogénico, al reducir su crecimiento anual de 4.10% a 3.91%, puesto que la introducción del gas natural permite diversificar la oferta de energéticos al utilizar un combustible menos agresivo al medio ambiente.
4. La conclusión fundamental para ambos escenarios, es que a largo plazo la diversificación de la oferta de energía, posibilita la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. En el escenario de mitigación, la expansión más amigable al medio ambiente requiere no solo la consideración de energías renovables (hidroenergía, geotermia) sino también la entrada del gas natural, que sustituiría el uso del Fuel Oil; además que abre la posibilidad a esquemas de generación eficientes térmicamente como pueden ser los ciclos combinados.

### 6.7. Principales barreras y obstáculos a las opciones de mitigación

Las opciones de mitigación presentadas deben ser consideradas como indicadores del potencial de reducción de emisiones que existe en el país, si se aplicaran las medidas y acciones propuestas en el escenario de mitigación del sector energético. Evidentemente, los diferentes actores económicos y sociales involucrados en la aplicación de las medidas de mitigación originarán criterios de decisión conflictivos, que incidirían en la implementación de las mismas. Así mismo estarían influenciadas por las futuras políticas de mitigación del cambio climático y el desarrollo económico social del país. Entre las principales barreras sobresalen:

- † Falta de una política gubernamental general y sectorial, que aborde el problema del consumo ineficiente de energía, así como estrategias claras y aplicables para solucionarlo en el mediano y largo plazo.
- † No hay incentivos fiscales que promuevan la introducción, fabricación y uso de equipos energéticos eficientes; así como para promocionar el uso de energías renovables en la generación eléctrica.

- † Fortalecer el marco legal para promover la generación con fuentes renovables y el uso eficiente de la energía.
- † Ausencia de un Plan Maestro de Desarrollo Hidroeléctrico y Geotérmico actualizado.
- † Dar a conocer a los consumidores las opciones para utilizar la energía eficientemente.
- † En el sector residencial, los niveles de pobreza son tan altos, que aun con proyectos rentables económicamente, la población no tiene capacidad para pagar las inversiones que mejoren el uso de la energía.
- † Falta de sostenibilidad de estudios e iniciativas realizadas para disminuir el consumo de leña, siendo los resultados básicamente investigativos y referidos a segmentos específicos de la población.
- † Bajo índice de cobertura eléctrica (más de la mitad de la población no tiene energía eléctrica) y la falta de incentivos gubernamentales para desarrollar proyectos de ampliación del suministro de energía, hacen que la rentabilidad de la electrificación rural sea difícilmente atractiva para desarrollarla a gran escala.
- † En los sectores industrial, comercio y servicios, no se priorizan inversiones para utilizar la energía eficientemente, sino para incrementar su capacidad productiva. Utilizan maquinaria obsoleta, renovada en la mayoría de los casos, con equipos de segunda mano.
- † En el sector transporte, la deficiente infraestructura de la red vial urbana y la rural está en pésimas condiciones; sólo el 15% de la infraestructura vial existente está pavimentada. El transporte colectivo importa mayoritariamente unidades usadas, con rendimientos inferiores a los modelos nuevos. Las unidades de transporte colectivo está en un estado deplorable y sin el mantenimiento adecuado. No existe una política de importación de vehículos.

## **6.8. Opciones potenciales de mitigación para el sector energético**

### **a. Sub-sector residencial**

- † Disminución del consumo específico o intensidad energética de la leña, en base a la penetración de cocinas mejoradas en el 60% de la población urbana y rural.
- † Sustitución del consumo de leña por GLP en 456,000 familias urbanas.
- † Sustitución de la refrigeración ineficiente en 181,000 hogares, clientes del sistema interconectado nacional (SIN).
- † Sustitución de la iluminación incandescente de 60w y 40w en 230,000 hogares, clientes del SIN.

**b. Sub-sector industrial**

- † Sustitución del proceso de producción de cemento de vía húmeda a vía seca.
- † Utilización de gas natural para la generación de vapor en sustitución del FO No. 6, a partir del 2010 en las industrias de alimentos, bebidas y químicos.
- † Sustitución de motores ineficientes de 50 Kw o más y mejorar en 10% la eficiencia de las calderas a diesel oil.
- † Implementación de guías energéticas para la normación de equipos eléctricos.

**c. Sub-sector transporte**

- † Mejorar la infraestructura vial a nivel nacional.
- † Implementar programas de educación vial a todos los niveles.
- † Implementar políticas de importación de vehículos de acuerdo al rendimiento de los mismos.
- † Mejorar el rendimiento de los vehículos terrestres de carga y pasajeros en 10% y 30% respectivamente.

**d. Sub-sector comercio y servicios**

- † Sustitución de la iluminación fluorescente convencional por fluorescente ahorradora en el comercio y servicios de más de 25 Kw/mes.
- † Sustitución de la climatización (aire acondicionado) ineficiente por ahorradora.
- † Promoción de incentivos fiscales a equipos eléctricos eficientes.
- † Diseño y construcción de edificios incorporando medidas de eficiencia energética.

**6.9. Proyectos potenciales de mitigación de GEI**

En Nicaragua existen varias iniciativas para desarrollar proyectos de mitigación, encontrándose la mayoría en la fase de análisis de elegibilidad. Los proyectos descritos en el Cuadro 6.19, han sido sometidos por MARENA al Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia, así como a otras instancias financieras nacionales e internacionales; sin embargo hasta la fecha ninguno ha sido aprobado. Para la posible ejecución de estos, queda pendiente la definición de las reglas y procedimientos que normaran en el ámbito internacional la elegibilidad de éstos en el marco del MDL.

Cuadro 6.19. **Proyectos de mitigación de GEI en Nicaragua.**

Título del proyecto	Sector	Medida de mitigación	Estado actual
Diseminación de cocinas ecológicas en la región del Pacífico de Nicaragua.	Energético	Reducir las emisiones de GEI mediante la utilización de cocinas más eficientes en 44, 616 hogares; así como reducir la deforestación y el consumo de leña.	Análisis de ligibilidad.
Generación de electricidad a partir de residuos de madera en Ocotol.	Energético	Incrementar la producción de energía eléctrica a partir de residuos forestales y agrícolas, mediante la operación de una planta eléctrica con una capacidad de 5 MW. Los beneficiarios serían 600 productores agrícolas.	Análisis de ligibilidad.
Programa piloto para la electrificación rural sostenible basado en plantas hidroeléctricas de pequeña escala.	Energético	Incrementar la participación de la hidroenergía a través de la construcción de dos hidroplantas con una capacidad total de 875 Kw. Los beneficiarios serían 7,100 personas.	Análisis de ligibilidad.
Rehabilitación hidrológica y captura de carbono para la sostenibilidad de la caicultura en las cuencas abastecedoras de agua de Matagalpa.	Cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS)	Servicios ambientales por prácticas de conservación de suelos y aguas; así como fijación de carbono. Los beneficiarios serían los caicultores y pobladores de la ciudad de Matagalpa (130,000 habitantes).	Análisis de ligibilidad.
Restauración y protección del bosque tropical húmedo en la reserva Esperanza Verde "Refugio de vida silvestre los Guatuzos – San Carlos, Río San Juan.	CUTS	Incrementar los sumideros de carbono de Nicaragua mediante la reforestación de 550 hectáreas (ha) y la protección de 1,200 ha de bosque secundario. Beneficio, conservación del único humedal de importancia internacional del país.	Análisis de ligibilidad.
Programa de reconversión técnica ganadera y fijación de carbono.	Agrícola	Servicios ambientales por fijación de carbono (101.52 Gg en 6 años) y revertir la degradación del suelo. Los beneficiarios serían 300 familias y 250 productores.	

## 7. PLAN DE ACCION NACIONAL ANTE EL CAMBIO CLIMATICO

El Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático (PANCC) en Nicaragua ha sido elaborado sobre la base de los estudios realizados en el marco de los proyectos “Primera Comunicación Nacional en respuesta a sus obligaciones ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, PNUD-NIC/98/G31-MARENA” y el proyecto “Apoyo a la Implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, PANIF/MARENA”.

Se tomaron en cuenta los resultados de diferentes estudios realizados, como son los Escenarios Climáticos de Nicaragua para el siglo XXI, los estudios de Vulnerabilidad, Impacto y Mitigación en los distintos sectores priorizados para el desarrollo del país, como es el sector Agricultura, el cual cuenta con estudios para los principales rubros del país como frijol, maíz y soya. Otro de los insumos utilizados en este plan son los estudios de impacto en el sector forestal y el de opciones de Mitigación en las áreas protegidas; de igual forma, se consideran los estudios de Opciones de Mitigación en el sector Energético de Nicaragua; Opciones de Mitigación en generación y uso eficiente de energía eléctrica; también contempla el estudio de vulnerabilidad y adaptación de los Recursos Hídricos.

Este plan de acción analiza los diferentes sectores como Cambios de Uso de la Tierra y Silvicultura, Agricultura, Energía y Recursos Hídricos, con el fin de poder identificar y proponer medidas generales que sirvan como lineamientos estratégicos tanto a los técnicos como a los tomadores de decisiones de cara a la problemática del cambio climático.

También puede ser considerado como la fase de inicio del proceso de planificación, el cual demanda de un mayor nivel de detalle y estrategias para su posterior inserción a los planes nacionales.

### **Objetivos**

El objetivo general fue el de elaborar una propuesta de Plan de Acción Nacional ante el Cambio Climático que, en el marco de la CMNUCC, represente una guía para la implementación de acciones orientadas a la reducción del impacto del cambio climático y la mitigación de sus efectos adversos. También se consideraron los siguientes objetivos específicos.

1. Contribuir a la reducción de los efectos negativos del cambio climático a través de medidas de adaptación implementadas en los sectores más vulnerables: agricultura y recursos hídricos.
2. Contribuir a la mitigación de gases de efecto invernadero mediante el control de emisiones, especialmente en el sector energía; así como la conservación y ampliación de sumideros en las zonas degradadas de las áreas protegidas.
3. Elaborar un plan de acción que sirva de guía para la elaboración de la Estrategia Nacional ante el Cambio Climático, con el propósito de que los sectores involucrados se apropien de los resultados de dicho plan.

## 7.1. Opciones y medidas de mitigación por sectores

### A. Sector cambio en el uso de la tierra y silvicultura

#### Objetivos y medidas de mitigación

##### Ecosistemas Forestales

1. *Ampliar el marco de la legislación ambiental con la definición de incentivos que valoricen el bosque y estimulen la conservación de las superficies naturales remanentes, la restauración ambiental de las tierras de laderas y el aprovechamiento forestal sostenible.*

† Contribuir a la aprobación de la Política y la Ley de Fomento y Desarrollo Forestal.

2. *Promover un ordenamiento territorial que adecue la explotación de la tierra a su vocación.*

† Implementar planes y programas de ordenamiento territorial, en cuanto a tenencia y uso.

† Invertir recursos para el establecimiento de sistemas productivos rentables y sostenibles que contribuyan a aliviar la pobreza y la presión sobre los reductos boscosos, desde un enfoque de respeto a los derechos comunitarios indígenas.

3. *Desarrollar políticas y mecanismos de mercado que promuevan la transformación tecnológica de las fincas hacia sistemas de producción agrosilvopastoriles eficientes y sostenibles.*

† Creación de la Oficina Nacional del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

† Introducir la tasa de pago por servicios ambientales, que permitiría un mejoramiento del ambiente, a la vez de contribuir a satisfacer las necesidades de la población.

4. *Evitar las quemadas e incendios forestales para garantizar la conservación de los sumideros y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.*

† Diseñar un plan estratégico nacional para el control de incendios forestales y la realización de quemadas prescritas de rastrojos y residuos vegetales.

#### Áreas protegidas

##### a. Territorial

1. *Proponer una iniciativa piloto de opciones de mitigación dentro del contexto del Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) cuya parte en Nicaragua se ha denominado Corredor Biológico del Atlántico (CBA).*

- † Propiciar y facilitar la realización de estudios básicos para el anteproyecto del CBA como proyecto piloto, con el objeto de completar en calidad y cantidad la información disponible.
  - † Elaborar los planes de manejo para las áreas protegidas consideradas prioritizadas para el inicio de proyectos pilotos de mitigación del cambio climático.
2. *Promover opciones orientadas a reducir las filtraciones en los proyectos de mitigación sobre Areas Protegidas.*
- † Promover el involucramiento, como actores claves, de las comunidades indígenas y/o campesinas presentes en las áreas protegidas y/o zonas de amortiguamiento.
  - † Promover la creación de alternativas económicas dirigidas a los sujetos sociales identificados como “deforestadores”, a fin de que pasen de ejercer presión sobre las zonas de amortiguamiento a garantizar un aprovechamiento sostenible.

**b. Económico**

3. *Promover una nueva cultura productiva en las localidades que articule los aspectos de conservación con los de producción.*
- † Preparar un programa nacional de venta de carbono, cuyos proyectos se dirijan a enfrentar el problema de la pobreza rural en los territorios de acción de los mismos, generando iniciativas económicas y productivas.
  - † Valorar los servicios ambientales en términos de costos – beneficios, y establecer tasas de pago por los mismos.

**c. Legal - institucional**

4. *Facilitar y reglamentar la venta de servicios ambientales en las áreas protegidas.*
- † Realizar una revalorización y readecuación de las categorías de uso de las áreas protegidas, de modo que no representen una limitante para la implementación de los mecanismos para la venta de servicios ambientales.
5. *Consolidar el status jurídico de la propiedad sobre las áreas protegidas.*
- † Revisar la legislación referida a las competencias de las diferentes instancias gubernamentales.
  - † Resolver las dificultades y ambigüedades existentes en cuanto a tenencia de la tierra.

- † Resolver las dificultades y ambigüedades existentes en cuanto a las concesiones mineras y forestales para la exploración y explotación.

## **B. Sector agrícola**

### **Objetivos y Medidas de Mitigación**

1. *Mejorar el sistema de registro y monitoreo de los fenómenos meteorológicos, así como de sus implicaciones para el sector.*

- † Ampliar la red de estaciones hidrometeorológicas de INETER y mejorar la eficiencia del sistema de recolección de datos y monitoreo a escala nacional, que permita optimizar la base de datos actual mejorando su precisión y contenido.

- † Mejorar la calidad y aumentar la cantidad de información climática disponible, para la utilización de modelos de simulación más complejos y eficientes, y aumentar de esta manera la fiabilidad y precisión de los futuros estudios.

- † Impulsar la creación de bancos de datos georeferenciados para automatizar el monitoreo agroforestal en las distintas zonas productivas.

2. *Realizar estudios sobre el impacto del cambio climático en los cultivos de importancia económica para el país, a fin de obtener elementos para la toma de decisiones.*

- † Realizar estudios de los principales cultivos con la utilización de los nuevos modelos de simulación y escenarios climáticos disponibles.

- † Calibrar los modelos de simulación para diferentes variedades de cultivos.

- † Estudiar la aplicación de estos modelos para la toma de decisiones en el manejo del cultivo (fechas de siembra, fertilización, control de plagas y otros).

3. *Diversificar la producción en las zonas más vulnerables donde los rendimientos potenciales no llegarían a cubrir los costos de producción.*

- † Promover sistemas de producción agroforestales, que permitan sustentar las necesidades nutricionales de los productores en las zonas que son afectadas por la disminución de su ingreso.

- † Promover la diversificación a nivel de fincas, la búsqueda de cultivos y/o rubros alternativos y el ordenamiento territorial de acuerdo a las condiciones agro - ecológicas prevalecientes en las diferentes zonas, adecuando los usos de la tierra a sus capacidades, de manera que los cultivos propuestos se adapten a las condiciones existentes.



- † Promover la elaboración y distribución de mapas agroecológicos, así como de publicaciones de carácter técnico, pero a nivel popular, para adecuar los cultivos a las condiciones existentes.
4. *Desarrollar e implementar técnicas más eficientes para el manejo de los cultivos.*
- † Planificar el inicio y duración de los eventos fisiológicos en función de las necesidades hídricas y energéticas del cultivo. El momento de siembra debe ser el más oportuno para evitar problemas de déficit hídrico, y debe definirse en dependencia del lugar y la variedad del cultivo (maíz).
  - † Sembrar variedades de ciclo corto y preferiblemente utilizar un marco de siembra moderado que evite la competencia del agua y nutrientes.
  - † Establecer un sistema de cultivo y de manejo adecuado a las condiciones agroecológicas existentes y propias de cada agricultor, de tal manera que prevalezca una agricultura alternativa y a bajo costo.
  - † Promover la siembra combinada de cultivos. Para el caso de la soya se propone sembrar el cultivo en asocio con otra leguminosa preferiblemente.
5. *Promover la utilización de semillas mejoradas, con caracteres genéticos que permitan mantener o aumentar los rendimientos de los cultivos*
- † Introducir variedades de maíz que se adapten a las zonas con mayor riesgo climático como San Isidro, Tipitapa, Estelí y Ocotal.
  - † Generar y/o adaptar variedades genéticas del frijol con características de tolerancia a la sequía y/o déficit hídrico.
  - † Utilizar variedades de soya resistentes a las condiciones de clima adverso, sobre todo en las zonas donde se prevén mayores impactos de la variación climática, como Nagarote.
6. *Potenciar el uso sostenible de los recursos agua y suelo a fin de mitigar los efectos esperados ante el cambio climático.*
- † Promover la implementación de medidas de conservación y manejo de suelos y agua, para contribuir a aminorar los efectos de reducción de la precipitación y/o de la capacidad de retención de humedad de los suelos.
  - † Implementar técnicas de riego complementario en zonas que cuenten con disponibilidad de agua (por ejemplo Jalapa y Pantasma), para prevenir los efectos de la reducción en las precipitaciones.

- † Desarrollar proyectos de riego en zonas con potencial edáfico y climático, que tengan limitaciones de precipitación debido a la influencia del cambio climático.

### C. Sector energía

#### Objetivos y medidas de mitigación

##### Generación de energía eléctrica

1. *Diversificar las fuentes de energía primaria para satisfacer la creciente demanda de energía eléctrica en base a un modelo sostenible.*

- † Implementar el Plan de Expansión de Mínimo Riesgo de ENEL, ofreciendo incentivos adecuados a los inversionistas para evitar que se incrementen las ventajas de las que actualmente gozan los proyectos térmicos.
- † Estudiar, seleccionar y priorizar las posibles alternativas (geotérmicas, hidroeléctricas, eólicas y biomasa) en base a los criterios de: capacidad de satisfacer la demanda, contribución a la reducción de emisiones de GEI y rentabilidad económica.
- † Proponer la utilización de gas Natural para la generación de vapor en sustitución del fuel oil No. 6, a partir del 2010 en las industrias de bebidas y químicos.

2. *Promover proyectos de cogeneración en los Ingenios Azucareros con un enfoque de eficiencia.*

- † Realizar seminarios sobre generación y uso eficiente de la energía eléctrica.
- † Realizar estudios de factibilidad para implementar proyectos de producción, uso eficiente y cogeneración de energía eléctrica en los ingenios.
- † Mejorar el control de combustión, e incrementar la eficiencia promoviendo el secado de la caña con el uso del calor residual de los gases de escape.

3. *Desarrollar la electrificación rural con una perspectiva de eficiencia y de uso de fuentes renovables en los sistemas aislados de generación energética*

- † Desarrollar la electrificación rural sobre la base de la ampliación de la red nacional del SIN.
- † Priorizar la utilización de sistemas de generación con fuentes renovables donde no sea posible la integración al SIN.
- † Promover la utilización de equipos de alto rendimiento, dimensionados adecuadamente, donde no sea aplicable la utilización de fuentes renovables.

4. *Lograr un uso más eficiente de la energía eléctrica (UEEE) en los sectores de mayor consumo.*

- † Promover la implementación de medidas de UEEE del Plan de Expansión de Mínimo Riesgo de ENEL.
- † Desarrollar un plan de ahorro de energía para el departamento de Managua (con mayor densidad poblacional y mayor demanda), orientado a los subsectores doméstico, comercio y servicios en los usos de iluminación, aire acondicionado y refrigeración; promoviendo el uso de las tarifas horario estacionales.
- † Elaborar e introducir normas o estándares para el montaje e instalación de sistemas de climatización, o adaptar oficialmente aquellas aplicadas a nivel internacional. Capacitar constantemente al personal dedicado al diseño e instalación de estos equipos.
- † Realizar estudios de factibilidad, para los futuros edificios a construir, sobre la pertinencia del uso de sistemas inteligentes que controlan, entre otras cosas, el consumo de energía, a fin de determinar su rentabilidad versus la disminución en el consumo de energía.
- † Incorporar en las construcciones de edificios medidas de eficiencia energéticas
- † Promover el cambio en el proceso de producción de vía húmeda a vía seca en la industria del cemento productora de clinker.
- † Impulsar la sustitución de motores ineficientes de 50 Kw o más.
- † Mejorar en 10% la eficiencia de las calderas a diesel oil en los sectores industrial, comercio y servicios.
- † Promover tecnologías de riego más eficiente desde el punto de vista de consumo de Energía.

**Aspectos legales**

5. *Incrementar la eficiencia en la generación y uso de la energía eléctrica en los sectores de generación y distribución.*

- † Normar el uso de indicadores de eficiencia en la generación y el uso de la energía eléctrica en las auditorías técnicas que INE realiza a los distribuidores y generadores de energía, para la otorgación de concesiones y licencias.

6. *Desarrollar incentivos fiscales orientados hacia la utilización de energías renovables, partiendo de la revisión de la legislación actual.*

- † Revisar la legislación actual en cuanto a la exoneración de impuestos a combustibles fósiles (LIE, Arto. 130).
- † Extender la exoneración de impuestos a la importación de maquinarias, equipos, materiales e insumos destinados a la generación y suministro de energía eléctrica, y reorientarla hacia la generación con fuentes alternativas (LIE, Arto. 131).
- † Proponer el restablecimiento de la exoneración de impuestos sobre la importación de los equipos y maquinarias definidas como tecnología limpia en uso, establecida en la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Arto. 45).

7. *Afinar los mecanismos legales que promuevan, mediante incentivos fiscales, actividades beneficiosas para el medio ambiente.*

- † Definir los criterios a utilizar para el uso de los incentivos fiscales establecidos en la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Artos. 39 y 41), para las actividades consideradas beneficiosas para el medio ambiente, así como otros mecanismos de concretización (procedimientos, requisitos).
- † Hacer uso de las normas técnicas de equipos eléctricos (guía energética).
- † Implementar medidas que puedan ponerse en práctica con respecto a la importación de vehículos automotores que estén acorde con las políticas y estrategias gubernamentales del país.

8. *Promover la introducción de equipos eficientes mediante la exoneración de impuestos.*

- † Promover la importación de maquinaria y equipo para la industria manufacturera y agricultura, que presente una mayor eficiencia energética, a través de la exoneración del IGV.
- † Promover la importación de cocinas eficientes en cuanto al consumo de hidrocarburos y sus derivados, así como de corriente eléctrica, mediante exoneración del IGV.
- † Impulsar el otorgamiento de incentivos fiscales a equipos eléctricos eficientes.
- † Sustitución del consumo de leña por gas licuado de petróleo en 456.000 familias urbanas.
- † Implementación de cocinas mejoradas para la población urbana y rural en un 60% de la población.

- † Impulsar la sustitución de leña residencial para cocción por Kerosene.
  - † Promover la sustitución de la iluminación fluorescente convencional por fluorescente ahorradora en el sector comercio y servicios de más de 25 Kw/ mes.
  - † Impulsar la utilización de aires acondicionados más eficientes ahorradores de energía.
  - † Promover la utilización de adaptadores ahorradores de energía en equipos de refrigeración domestica, fabricados antes de 1992.
  - † Utilizar controladores de velocidad variable en motores industriales.
  - † Sustitución de la iluminación incandescente de 60 w y 40 w en 230.000 hogares, usuarios del sistema Interconectado Nacional (SIN).
  - † Implementar equipos de refrigeración eficientes en 181.000 usuarios del SIN.
9. *Divulgar actividades y prácticas orientadas a la promoción del uso eficiente de energía, aplicando las leyes que lo faciliten.*
- † Aprovechar los espacios que ofrece la Ley de Defensa de los Consumidores al consignar a las autoridades competentes la realización de campañas y actividades educativas, con el fin de mantener informados a los consumidores sobre la calidad y eficiencia de los productos.
  - † Utilizar los espacios de los medios de comunicación aprovechando la existencia de créditos fiscales como mecanismos de pago (Arto. 43 Ley 257).
  - † Impulsar programas de capacitación en materia de eficiencia energética dirigidas a los consumidores e importadores de equipos para la selección de equipos más eficientes en el consumo de energía.

#### **D. Sector recursos hídricos**

##### **Objetivos y medidas de adaptación**

##### **Aspectos técnicos**

1. Desarrollar un plan de conservación y manejo de cuencas hidrográficas que parta de la definición de las áreas más sensibles ante el posible impacto del cambio climático.
- † Elaborar e implementar estrategias de zonificación de áreas, partiendo de la definición del uso diferenciado de las cuencas hidrográficas (concentrando el desarrollo en unas y definiendo otras para preservación), con el objeto de establecer el balance con respecto a los diferentes usuarios.

- † Implementar proyectos de trasvases de agua hacia zonas con alta vulnerabilidad, según los índices de escasez de los recursos hídricos.
  - † Promover la construcción de pequeñas represas sin revestimiento, orientadas al incremento de la recarga de acuíferos en zonas altas, para potenciar las reservas y utilizarlas en períodos de escasez.
  - † Proteger y desarrollar cuencas hidrográficas con potencial hidroeléctrico.
2. *Prevenir la deforestación en las áreas más vulnerables de las cuencas hidrográficas.*
- † Implementar un programa de protección de las zonas de recarga, de márgenes de ríos y zonas de mayor vulnerabilidad que apunte a la formación de bosques ribereños para prevenir la erosión de los suelos y mantener el curso natural histórico de las aguas.
  - † Implementar incentivos por conservación y reforestación.
3. *Reducir y prevenir la contaminación de cuerpos de agua y acuíferos por aguas residuales domésticas, industriales y de zonas de uso de agroquímicos.*
- † Implementar en base a criterios ambientales un plan de prevención y control de la calidad del agua.
  - † Implementar el plan de manejo de agroquímicos.

#### **Legal - institucional**

4. *Definir un marco legal que establezca la forma de administrar y usar de manera sostenible y racional los recursos hídricos, con el fin de dar inicio a una eficiente y adecuada administración integral del agua.*
- † Continuar las gestiones para la discusión y aprobación en la Asamblea Nacional del Ante Proyecto de Ley General de Aguas y su reglamento.
  - † Definir la Autoridad del Agua como una institución autónoma.
5. *Implementar el uso y aprovechamiento planificado, eficiente y sostenible del recurso hídrico.*
- † Implementar el Plan de Acción de Recursos Hídricos.
  - † Descentralizar la administración del recurso agua, a nivel de cuencas, y promover su manejo integral.

† Promover la creación y aplicación de un sistema de pago, tanto para el uso de aguas como para la contaminación.

6. *Mejorar, actualizar o definir las regulaciones y procedimientos administrativos en materia de la calidad del agua.*

† Establecer un sistema de monitoreo de la calidad del agua.

† Regular y controlar los vertidos de aguas residuales.

† Actualizar los procedimientos para las autorizaciones de extracción del agua (asignando los volúmenes correspondientes).

† Regular los límites, volúmenes y ubicación de los pozos para extracción de agua.

† Establecer un sistema de licitación pública para la asignación de derechos de aprovechamiento del agua.

## 8. DESARROLLO INSTITUCIONAL Y SENSIBILIZACIÓN PÚBLICA

### 8.1. Antecedentes institucionales

El MARENA es la institución gubernamental encargada de la normación, control y regulación del uso sostenible de los recursos naturales y del ambiente. Cuenta con una amplia experiencia acumulada en la ejecución de proyectos en el sector del medioambiente con financiamiento externo, lo cual ha sido beneficioso para los proyectos de cambio climático que dicha institución engloba.

Debido a la naturaleza multidisciplinaria del tema de cambios climáticos, ha sido indispensable una estrecha relación de cooperación entre MARENA e INETER, así como la integración de la información socioeconómica, científico-técnica y ambiental existente en estas instituciones y organizaciones no gubernamentales relacionadas con el tema.

En el ámbito de cambios climáticos el MARENA no cuenta con antecedentes relevantes por ser éste un tema nuevo y porque la institución se ha dedicado a proyectos y programas relacionados con el manejo, aprovechamiento y control de los recursos naturales.

En 1991 el MARENA e INETER ejecutaron el Proyecto Piloto para Nicaragua sobre respuestas de adaptación ante los impactos del Cambio Climático, desarrollado por las Universidades de Virginia y del Este de Inglaterra; el cual se fundamentó en el estudio de las zonas de vida de Holdridge, presentando la distribución de las zonas de vida en la actualidad y en el futuro bajo diferentes escenarios de aumentos de la temperatura y la precipitación media anual, de 2.5°C y 10% respectivamente.

Entre 1994 y 1996, la Agencia Norteamericana de Protección del Ambiente financió un proyecto centroamericano de estudio de los impactos del cambio climático en los recursos costeros, agricultura y recursos hídricos, el cual marcó los primeros pasos de Nicaragua en este novedoso campo, siendo ejecutado este proyecto por INETER.

De igual manera el Instituto Nicaragüense de estudios Territoriales (INETER) ejecutó el Proyecto Regional de Mejoramiento y Rehabilitación de los servicios Meteorológicos e Hidrológicos Centroamericanos financiado por el Gobierno de Finlandia entre 1991 y 1995, del cual se obtuvieron como resultados: la canalización de fondos hacia la inversión para la rehabilitación física y la construcción de nuevas estaciones meteorológicas e hidrológicas, la capacitación del personal a diferentes niveles y el mejoramiento de los bancos de datos hidrometeorológicos.

No obstante el Proyecto de Cambio Climático debió continuar el fortalecimiento iniciado por el proyecto regional para poder cumplir con los compromisos de la CMNUCC en desarrollar los sistemas de observación e investigación hidrometeorológicas.



## **8.2. Proyectos de cambio climático y el desarrollo institucional**

Nicaragua suscribió la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático en la Cumbre de la Tierra en junio de 1992, siendo esta ratificada por la Asamblea Nacional en octubre de 1995.

El Estado nicaragüense adquirió los compromisos que como país No Anexo 1 le conciernen y procedió a la búsqueda de agencias donantes para poder cumplir con las responsabilidades derivadas de la Cumbre de la Tierra; siendo Finlandia el país que decidió brindar patrocinio a Nicaragua a través del Proyecto de Apoyo a la Implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambios Climáticos y del Protocolo de Montreal.

En enero de 1998 los Gobiernos de Nicaragua y Finlandia firman un Convenio de Cooperación y en abril de ese mismo año inició operaciones dicho Proyecto.

Adicionalmente en mayo de 1998 el Fondo Global para el Medio Ambiente (GEF) a través del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) aprueba el Proyecto de Preparación de la Primera Comunicación Nacional de Nicaragua en respuesta a sus obligaciones ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, el cual complementa las acciones emprendidas por el Proyecto financiado con fondos finlandeses, siendo el MARENA en ambos casos la Institución ejecutora de las acciones para ambas Agencias donantes.

La Dirección General de Planificación del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales fue designada como contraparte nacional para la ejecución del Proyecto; sin embargo, producto de la reforma interna de la institución debido a la promulgación de la Ley de Organización, Competencias y Procedimientos del Poder Ejecutivo (Ley N° 290, publicada en agosto de 1998) fue creada la Dirección General de Biodiversidad y Recursos Naturales, donde el Proyecto ha tenido su contraparte institucional.

Entre las funciones que la ley le confiere al MARENA están la de monitorear y darle seguimiento a las Convenciones Internacionales en lo referente a los recursos naturales y el medioambiente, en estrecha coordinación con el Ministerio de Relaciones Exteriores.

## **8.3. Estrategia institucional de aplicación de la CMNUCC**

Para cumplir con los compromisos adquiridos por el país ante la Convención, ha sido necesario desarrollar una serie de acciones encaminadas al fortalecimiento institucional y la creación de capacidades nacionales, entre las que se destacan las siguientes:

1. Creación de la Comisión Nacional de Cambios Climáticos, la cual se constituye en el principal instrumento gubernamental de gestión y ejecución de las acciones inherentes a la aplicación de la Convención (Resolución Ministerial N° 014.99).
2. Fortalecimiento del punto focal de Cambio Climático.

3. Aprovechamiento de los esfuerzos de cooperación para crear las capacidades internas necesarias para iniciar con el cumplimiento de dicha Convención.
4. Preparación nacional ante la problemática del cambio climático, así como el cumplimiento de los principales compromisos adquiridos: elaboración del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y de los escenarios climáticos y socioeconómicos, preparación de los estudios de impacto, vulnerabilidad y adaptación ante el Cambio Climático en distintos sectores socioeconómicos del país.
5. Publicación, divulgación y capacitación en temas de Cambio Climático en el ámbito nacional, con el objetivo de informar y sensibilizar a tomadores de decisiones y a la sociedad nicaragüense acerca de los impactos de éste.
6. Desarrollo de actividades docentes sobre Cambio Climático en la Universidad Centroamericana y Universidad Nacional Agraria en las cuales se incorporó la asignatura de Cambio Climático además de brindársele apoyo a estudiantes (20) de pregrado para que desarrollaran sus tesis relacionadas con este tema.
7. Creación del Centro de Información en Cambio Climático, integrado en el Centro de Documentación de MARENA.
8. Actualización del programa de observación climatológica y meteorológica de la red nacional de observación en superficie y aire superior.
9. En 1999 se creó el sitio web sobre cambio climático en MARENA ([http://www.marena.gob.ni/cambio\\_climatico/](http://www.marena.gob.ni/cambio_climatico/))

#### **8.4. Sensibilización pública**

Las actividades de sensibilización pública están encaminadas a la difusión de los temas referentes a los cambios climáticos con el objetivo de crear conciencia en la población y los sectores socioeconómicos involucrados en las emisiones y absorciones de los gases de efecto invernadero.

Esta tarea fue desarrollada a través de publicaciones de libros, revistas, brochures, artículos en periódicos y revistas, y la realización de talleres dirigidos a profesionales y tomadores de decisiones. También se realizaron entrevistas en programas radiales sobre la temática del cambio climático.

En junio de 1999 se editaron 500 ejemplares del libro “Manual de Consideraciones sobre el Cambio Climático para Tomadores de Decisiones”. El contenido de este es una adaptación de la “Síntesis del Segundo Informe del IPCC sobre la información científica y técnica pertinente para interpretar el arto. 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático” publicado por el IPCC en su Segunda evaluación del Cambio Climático, 1995.

Los autores de este resumen enfocan las informaciones más aplicables para Nicaragua, además se incluyó información producida en el ámbito nacional concerniente directamente a la nación nicaragüense.

En noviembre de 1999 se publica el segundo libro titulado “Guía para comprender el Cambio Climático en Nicaragua”. Esta guía fue dirigida a la población en general y cuyo contenido abordaba las 25 preguntas más frecuentes sobre el tema, las cuales se contestan de la forma más popular posible en el marco de la rigurosidad científica que el tema de Cambios Climáticos exige. De estos fueron distribuidos 5000 ejemplares.

En marzo del 2000 los Proyectos de Cambios Climáticos ponen a disposición de la sociedad nicaragüense 1,000 ejemplares del libro “Escenarios Climáticos y Socioeconómicos de Nicaragua para el Siglo XXI”. Este contiene los escenarios de cambio climático probables a diferentes horizontes de tiempo (2010, 2030, 2050, 2070, 2100) y la hipótesis acerca de la sociedad que enfrentará estos en los horizontes de tiempo antes referidos.

También se editaron 500 ejemplares de una revista sobre los principales resultados del “Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero” (junio del 2000), la cual fue elaborada con el objetivo de que los tomadores de decisiones contaran con datos sólidos, que les sirvieran de elementos para llevar a cabo los debates concernientes al Cambio Climático.

En febrero del 2001, se publicó el libro “Los Impactos del Cambio Climático en Nicaragua, con una edición de 1,000 ejemplares. Este es una compilación de los estudios que se han realizado a través de consultorías, estudios de investigación y monografías de estudiantes universitarios.

Durante el año 1999 se desarrolló una campaña educativa que incluyó la emisión de calcomanías (2,000), pósters (2,500), gorras serigrafiadas (400) y camisetas con mensajes alusivos a la protección de la capa de ozono, con los mismos objetivos educativos se publicaron dos brouchures (2,000 ejemplares) en los cuales se presentan los conceptos básicos del cambio climático, los objetivos de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático, el Protocolo de Kyoto y los principales objetivos de los Proyectos de Cambio Climático.

Además fueron publicados más de 15 artículos en periódicos y revistas nacionales; se realizaron más de 30 talleres en los cuales se abordaron los temas sobre la ciencia del cambio climático, la CMNUCC, el Protocolo de Kioto, el MDL, gases de efecto invernadero, impacto, vulnerabilidad y adaptación del cambio climático en los distintos sectores socioeconómicos, además hubo participación activa en conferencias y seminarios relacionados con los cambios climáticos. Dichas actividades fueron dirigidas a diferentes auditorios: estudiantes universitarios, productores agrícolas y ganaderos, autoridades locales, ONG's, tomadores de decisiones, comisión de medio ambiente de la Asamblea Nacional, etc.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de Cooperación Internacional del Japón, 1993. INAA - Instituto Nicaragüense de Acueducto y Alcantarillado. «Proyecto de Abastecimiento de Agua en Managua».
2. M. E. Aguilar Sequeira, R. E. Amador, 1998. «Actualización Hidrogeológica del Area Ingenio San Antonio».
3. Amador, Martín 2000. “Evaluación del posible Cambio Climático sobre el rendimiento potencial del cultivo de la soya en la región central”, Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria., Managua.
4. Balladares Miguel A, 1998. Rellenos Sanitarios y Tratamiento de Residuos Líquidos de Mataderos Municipales. INIFOM.
5. Banco Central de Nicaragua. Informes Anuales 1992, 1993, 1994 y 1995.
6. BCN. Página WEB del Gobierno de Nicaragua. <http://www.bcn.gob.ni>. Gerencia de Estudios Económicos. Producción Agrícola de Exportación I y II. Producción de Granos Básicos. Producción Pecuaria.
7. Benioff, Ron; Ness, Erik; Hirst, Jessica (editors): “National Climate Change Action Plans: Interim Report for Developing and Transition Countries”, U.S. Country Studies Program, USA: 1997.
8. Benioff, Ron; Warren, John: “Steps in Preparing Climate Change Action Planas: A Handbook”, U.S. Country Studies Program, USA: 1996.
9. Campos, M., 1999: Escenarios Climáticos de Nicaragua para el siglo XXI. Informe de consultoría, Proyecto Primera Comunicación de Nicaragua en respuesta a sus obligaciones ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, PNUD-NIC/98/G31-MARENA, Nicaragua
10. CAM-PROFIM, 1995. Manejo de los Desechos, formulados por estudiantes para las ciudades de Rivas, Masatepe, Corinto, Masaya y Estelí.
11. CAM-PROFIM, 1995. Proyectos de Construcción de Relleno Sanitario formulados por estudiantes para las ciudades de Ciudad Darío, Chinandega.
12. CAM-PROFIM, 1995. Determinación de la Efectividad de Estabilización de los Residuos.
13. CATIE/UICN, 1997. Directorio de Estudios Ambientales en América Central. Turrialba, Costa Rica.
14. Centella, A., Gutiérrez, T. Limia M., Rivero, R., 1997: Climatic Change Scenarios for Impact Assessment in Cuba. Instituto de Meteorología de Cuba.
15. Chévez, M. y Mendoza, F. 2000. “Análisis de la Sensibilidad de las Zonas de Vida de Holdridge en Nicaragua en función del Cambio Climático”, Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria, Managua.
16. Ciesla, William 1997. Manejo de Incendios forestales.
17. Conn & Stumpf 1990 Limusa Bioquímica Fundamental. 3ra. Edición 8va. Reimpresión.
18. Constitución Política de la República de Nicaragua , 1995.
19. Custodio /Llamas, año 1993. «Hidrología Subterránea», (2<sup>da</sup>. Edición).
20. Cruz Meléndez, O., et. Al 2000: “Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación de los recursos hídricos de Nicaragua ante un cambio climático”, Managua.
21. O. Cruz, 1997 Universidad de Costa Rica, Modelaje del Acuífero Managua y su Rendimiento Sostenible.
22. Dirección General de Información y Apoyo al Productor-Gobierno de Nicaragua, Ministerio de Agricultura y Ganadería. (MAG), año 1997. “Nicaragua, Potencialidades y Limitaciones de sus Territorios”
23. ECOT-PAF, 1992. Resumen Ejecutivo, Esquema de Ordenamiento Ambiental. IRENA.
24. FAO, 1990. Evaluación de los Recursos Forestales. Nicaragua.
25. Fetter C.W. Applied Hidrogeology, año 1988. MACMILLAN, Inc. Pp 50, Tabla.
26. Foster, S. E Hirata R., año 1991. Determinación del Riego de Contaminación de las aguas Subterráneas 2.ed.rev. ,Lima Perú.
27. Foster, S. et al. año 1992. Estrategia para la Protección del Agua Subterránea Guía para su Implementación 91 pp.
28. Franz T. and Guiguer N., 1997. Visual Modflow Versión 8.1.2 three dimensional Aquifer Simulation Model. Waterloo Hidrogeologic Software. Waterloo, Ontario, Canada.
29. Ganong William F. 1980. Manual de Fisiología Médica. El Manual Moderno, México.
30. GEA, Centro para la Gestión y Estudios Ambientales, 1997. Estrategia para el Desarrollo Sostenible del Departamento de Boaco; Volumen I, Diagnóstico.
31. GEA, Centro para la Gestión y Estudios Ambientales, 2000. “Estudio para las opciones de mitigación del Cambio Climático en Areas Protegidas” informe de consultoria Proyecto Primera Comunicación de Nicaragua en respuesta a sus obligaciones ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático PNUD-NIC/98/G31-MARENA, Nicaragua.

32. Guía Agropecuaria 1997. El campo y el Agro en cifras.
33. Guía Agropecuaria 1998. El campo y el Uso de la Tierra.
34. Hadzen and Sawyer, 1964. Informe Sobre Fuentes de Abastecimiento de Agua Potable para Managua, preparado para La Empresa Aguadora de Managua.
35. Hecht, G. 1989. "Calidad de las aguas del Acuífero Regional las Sierras" INETER, Depto de Hidrogeología.
36. Hurtado Aguerrí A, año 1994. Estudio de fuentes superficiales para el abastecimiento de Agua potable de la localidad de Camoapa, departamento de Boaco., Managua, Nicaragua.
37. IECO – LACHMEYER, 1980. Plan Maestro para el Desarrollo Hidroeléctrico de Nicaragua (1977-2000) vol. 3. Hidrología.
38. IFA, International Fertilizer Industry Association. Base de datos de consumo de fertilizantes por país. Datos on - line por internet [www.fertilizer.org/IFADATA/Summary.htm](http://www.fertilizer.org/IFADATA/Summary.htm).
39. INAA-ENACAL, 1994. Datos de cobertura con alcantarillado sanitario.
40. INAA/JICA, 1993. Proyecto de Abastecimiento de agua en Managua. Informe final, Managua.
41. INCAE, 1998. Potencial de carbono y fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa, Nicaragua.
42. Incer Jaime, 1995. Geografía Dinámica de Nicaragua. Tomo I. Managua, Nicaragua.
43. INE, Instituto Nicaragüense de Energía, 1994. Balance Energético.
44. INEC, 1995. Censos Nacionales. Cifras Oficiales Finales.
45. INEC, 1996. VII Censo Nacional de Población y III de Vivienda.
46. INETER, 1995. Atlas Escolar de Nicaragua. Gobierno de la República de Nicaragua. Segunda Edición.
47. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 1998. Censo Preliminar Managua, Nicaragua.
48. IRENA / ECOT-PAF, 1992. "Plan de Acción Forestal de Nicaragua (PAF-NIC)", Documento Base. Managua.
49. IRENA, 1992. Esquema de Ordenamiento Ambiental del Territorio.
50. IRENA, 1993. Propiedades y Usos Potenciales de 100 maderas nicaragüenses.
51. IRENA, 1993. Plan de Desarrollo de la Cuenca del Río Dipilto, Managua, Nicaragua.
52. IRENA, 1982. Marco Geográfico y Características Generales del Lago de Managua.
53. Jacotín, E. J. R., 1998. Sólidos en Relleno Sanitario de Mateare.
54. Jepma, C.J.; Asaduzzaman, M.; Mintzer, I.; Maya, R.S; Al-Moneef, M. "A Generic Assessment of Response Options". En: "Climate change 1995- Economic and social Dimensions of Climate Change".
55. Keenan, Kleinfeter & Wood. Química General Universitaria. CECSA, 3<sup>ra</sup>. Edición en Español. 1986.
56. Krasny, J. 1989. Mapa Hidrogeológico de Nicaragua, 1: 250,000, Hoja Managua. INETER.
57. Kuang, J. 1971. Estudio Geológico del Pacífico de Nicaragua. División de Geología, Informe 3, Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Managua, Nicaragua
58. Ley General del Ambiente y su Reglamento, Publicada en Julio de 1996.
59. MAGFOR. Documento consolidado Encuesta Granos Básicos 1994/1995. Epocas de siembra.
60. MARENA, 1992. Informe Nacional de Nicaragua, Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Brasil 1992.
61. MARENA, 1992-1996. Boletín Estadístico Forestal. Página WEB. <http://www.marena.gob.ni/index.htm>.
62. MARENA, 1996. «MARENA: Visión y Misión», Managua.
63. MARENA, 1999. «Manual de Consideraciones sobre el Cambio Climático para los Tomadores de Decisiones». Proyecto de Apoyo a la Implementación de la Convención Marco de Cambio Climático y del Protocolo de Montreal, Managua.
64. MARENA, 1999. "Guía para comprender el Cambio Climático en Nicaragua", Proyecto de Apoyo a la Implementación de la Convención Marco de Cambio Climático y del Protocolo de Montreal, Managua.
65. MARENA-PANIF, 1999. "Biodiversidad en Nicaragua: un estudio de país", Managua.
66. MARENA-PANIF, 1999. "Reunión Forestal y Energética: Ayuda Memoria". Programa Apoyo a la Implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambios Climáticos, Managua.
67. MARENA, 2000. "Informe Nacional de la República de Nicaragua sobre implementación de la Convención de las Naciones Unidas de la Lucha contra la Desertificación (UNCCD)". Managua.
68. MARENA, 2000 «Escenarios Climáticos y Socioeconómicos para el Siglo XXI». Proyectos PNUD-NIC/98/G31-MARENA y PANIF/MARENA. Managua.
69. MARENA, 2000 "Plan Ambiental de Nicaragua (PAANIC)", Managua.

70. MARENA 2000/Vaughan, Mario A.: “Diagnóstico: Cambio climático y agricultura en Nicaragua, Plan de acción ambiental de Nicaragua (PAANIC)”, Managua.
71. MARENA-PANIF, 2000. “Estudio de Impacto del Cambio Climático en el Sector Energía”. Elmer Bervis y Asociados. Consultores.
72. MARENA-PNUD, 2000. «Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de gases de efecto invernadero de Nicaragua, año de referencia 1994», Resumen Ejecutivo. Proyecto Primera Comunicación de Nicaragua en respuesta a sus obligaciones ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, PNUD-NIC/98/G31-MARENA. Managua.
73. Marín, E. 1990. Estudio Agroecológico de Nicaragua III y IV. Región - Managua, Ticuantepe, Masaya y el Crucero.
74. Metcalf & Eddy, 1981. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. Editorial Labor. 2da. Edición.
75. Ministerio de Industria, MIFIC. 1997. Informe Nacional.
76. MINSA, 1993. Encuesta Nacional sobre Deficiencia de Micronutrientes en Nicaragua. USAID-OPS-INCAP.
77. Morales Carlos, 1996. Estudios de disposición final de residuos sólidos en Mateare y Acoyapa. INIFOM.
78. MULTICONSULT y Cia. Ltda., 2000. “Opciones de Mitigación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Generación y Uso Eficiente de la Energía Eléctrica”. Informe de Consultoría, Proyecto PANIF-MARENA, Programa Ambiental Nicaragua Finlandia, Managua.
79. MULTICONSULT y Cia. Ltda 2000, “Opciones de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Energético de Nicaragua.” Informe de Consultoría Proyecto Primera Comunicación Nacional en respuesta a sus obligaciones ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, PNUD – NIC/98/G31-MARENA, Managua.
80. OMM / UNESCO, año 1991. Informe sobre la Evaluación de Recurso Hídricos.
81. Página WEB: [WWW.Sicanet.Org.Sv/ccad/pta](http://WWW.Sicanet.Org.Sv/ccad/pta), 1998. Cobertura Forestal y Ubicación de los Fuegos. Nicaragua.
82. Peña Solano E, G.E. Rodríguez B., año 1996. «Evaluación de las Aguas Subterráneas del Ingenio Monte Rosa».
83. PIDMA – UNI, Misión Japonesa 1996. Manejo y Disposición Final de los Residuos Sólidos de la Ciudad de Managua.
84. MARENA, 1995. Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua, Gobierno de Dinamarca. “Area Focal Cuenca del Río Escondido RAAS - Chontales”.
85. PNUD 2000/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. – 1ª. Ed. – Managua. PNUD, 2000. “El Desarrollo Humano en Nicaragua 2000”: Equidad para superar la vulnerabilidad”, Managua.
86. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 1971. «Investigaciones de Aguas Subterráneas en la Región de la Costa del Pacífico de Nicaragua” (Zona de Chinandega).
87. Proyecto Protierra/MARENA, 1997. “Propuesta de Ordenamiento Ambiental del Territorio”.
88. Repúblicas de Nicaragua (MARENA), y de Costa Rica (MIRENME), 1995. Proyecto Manejo Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Cuenca del Río San Juan.
89. Rivas, Carlos 2000. “Evaluación del posible Cambio Climático sobre el rendimiento potencial del cultivo del maíz (Zea mays L.), en la región Central de Nicaragua”. Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria. Managua.
90. Rivera, Isaac 2000. “Evaluación del posible Cambio Climático sobre el rendimiento potencial del cultivo del frijol en la región del Pacífico”. Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria. Managua.
91. Salas Estrada, 1993. Arboles de Nicaragua. IRENA.
92. Sequeira Bravo E., A. G. Urbina Chavez, 1997. «Potencialidad y Calidad Química de las Aguas Subterráneas de la Cuenca; León - La Paz Centro - Nagarote para fines de Riego».
93. SUWAR/MARENA, 1996. Vulnerabilidad, Hidrogeología Managua, Tomo 1.
94. Tchobanoglous, Theisen y Vigil. Mc Graw - Hill, 1994. Gestión Integral de los Residuos Sólidos.
95. UNEP/IUC (United Nations Environment Programme’s Information Unit for Conventions): «Climate Change Information Kit»: 1999.
96. UNEP/IUC (United Nations Environment Programme’s Information Unit for Conventions): «El Protocolo de Kyoto de la Convención sobre el Cambio Climático», Francia: 1998.
97. U.S. Country Studies Program: “Workshop on the Preparation of Climate Change Action Plans”, Workshop Summary, Indonesia: 1997.
98. Vargas, Oscar René. 1998. Pobreza en Nicaragua: Un abismo que se agranda.
99. Vent T. Chown, 1969. Hand Book of Applied Hydrology. Mc.Graw – Hill New York pp 8-14.
100. World Conservation Monitoring Centre. Página WEB: [WWW.WCMC.or.UK](http://WWW.WCMC.or.UK). Forest GIS Coverage.

# Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1.1.</b> Emisión anual neta de gases de efecto invernadero en Gg: Nicaragua 1994. ....	3	<b>Cuadro 4.11.</b> Área que ocupan las zonas de vida de Holdridge para distintos horizontes de tiempo y bajo un escenario moderado ( en km. <sup>2</sup> y porcentaje). ....	55
<b>Cuadro 1.2.</b> Proyecciones del clima futuro de Nicaragua para el siglo XXI. ....	5	<b>Cuadro 5.1.</b> Potencial y demanda de agua por sector usuario en millones de metros cúbicos por año (MMC/Año). ....	62
<b>Cuadro 1.3.</b> Producción de energía total y variación de la producción (V.P.) en % respecto al escenario base 1961-1990 (GWH). ....	8	<b>Cuadro 5.2.</b> Resultados de la esorrentía media anual simulada por cuencas (mm). ....	64
<b>Cuadro 1.4.</b> Potencial y demanda de agua por sector usuario en millones de metros cúbicos por año (MMC/Año). ....	12	<b>Cuadro 5.3.</b> Recarga simulada con respecto a la recarga actual. ....	66
<b>Cuadro 1.5.</b> Estimación del índice de escasez como indicador de la vulnerabilidad actual. ....	13	<b>Cuadro 5.4.</b> Estimación del Índice de Escasez como indicador de la vulnerabilidad actual. ....	67
<b>Cuadro 1.6.</b> Proyecto Área Piloto Reserva de la Biosfera Bosawas. ....	15	<b>Cuadro 6.1.</b> Superficie protegida por categoría de manejo. ....	72
<b>Cuadro 1.7.</b> Demanda de energía para diferentes horizontes de tiempo por sectores de consumo (Gj). Escenario Base: 1995-2020. ....	18	<b>Cuadro 6.2.</b> Resumen de las principales generalidades de las áreas protegidas seleccionadas. ....	76
<b>Cuadro 3.1.</b> Emisión y absorción anual neta de GEI (Gg). Nicaragua, 1994. ....	33	<b>Cuadro 6.3.</b> Relación área – costo en áreas protegidas pilotos. ..	77
<b>Cuadro 3.2.</b> Resumen de emisiones y absorciones de CO <sub>2</sub> equivalente de los principales gases de efecto invernadero, para el año 1994 (Gg). ....	34	<b>Cuadro 6.4.</b> Proyecto piloto reserva de la Biosfera Bosawas. ....	78
<b>Cuadro 3.3.</b> Resumen de las principales fuentes de emisión de metano por sectores. ....	37	<b>Cuadro 6.5.</b> Relación beneficio – costo del proyecto piloto reserva de la Biosfera Bosawas. ....	79
<b>Cuadro 4.1.</b> Proyecciones del clima futuro de Nicaragua para el siglo XXI. ....	42	<b>Cuadro 6.6.</b> Propuesta opciones potenciales de mitigación para la creación de Proyectos Pilotos y Área Demostrativa. ....	80
<b>Cuadro 4.2.</b> Crecimiento de la población en Nicaragua. ..	46	<b>Cuadro 6.7.</b> Resumen del potencial de carbono conservado y fijado en las áreas protegidas en un período de 15 años, con proyecto. ....	81
<b>Cuadro 4.3.</b> Proyección del PIB. ....	47	<b>Cuadro 6.8.</b> Emisiones de CO <sub>2</sub> del sector Energía por subsectores. INGEI, 1994. ....	87
<b>Cuadro 4.4.</b> Dotaciones de agua potable (litros/habitantes/día). ....	49	<b>Cuadro 6.9.</b> Demanda de energía para diferentes horizontes de tiempo por sectores de consumo (Gj). Escenario Base: 1995-2020. ....	89
<b>Cuadro 4.5.</b> Proyecciones del consumo energético en Nicaragua para el siglo XXI. ....	49	<b>Cuadro 6.10.</b> Emisiones totales de GEI (Gg). Escenario Base: 1995-2020. ....	90
<b>Cuadro 4.6.</b> Proyección de los gastos en salud de Nicaragua para el siglo XXI. ....	50	<b>Cuadro 6.11.</b> Evolución de emisiones de CO <sub>2</sub> por sector (Gg). Escenario Energético de Referencia. ....	90
<b>Cuadro 4.7.</b> Variaciones de la precipitación y la esorrentía media anual en %. ....	51	<b>Cuadro 6.12.</b> Demanda de energía eléctrica para los escenarios base y de mitigación (GWH). Período 1995 – 2020. ....	94
<b>Cuadro 4.8.</b> Producción de energía total y variación de la producción (V.P.) en % respecto al escenario base 1961 – 1990 (GWH) del proyecto El Carmen. ....	51	<b>Cuadro 6.13.</b> Capacidad instalada por tipo de fuentes (Mw) para las alternativas BD1G y BD2G. Período 1995 – 2020. ....	95
<b>Cuadro 4.9.</b> Resumen de los índices económicos (tasa de descuento 16%). ....	52	<b>Cuadro 6.14.</b> Capacidad instalada por tipo de fuentes (Mw) para las alternativas de mitigación MD1G y MD2G. Período 1995 – 2020. ....	96
<b>Cuadro 4.10.</b> Incremento de los costos de energía eléctrica. ....	53	<b>Cuadro 6.15.</b> Generación en GWH para los escenarios base y de mitigación. ....	97
		<b>Cuadro 6.16.</b> Comparación de las emisiones de GEI originadas por la generación eléctrica para diferentes escenarios, en Gg. Período 1995 – 2020. ....	97

**Cuadro 6.17.** Emisiones de gases de efecto invernadero del sub-sector refinación de petróleo en Gg. Período 1995 – 2020. .... 98

**Cuadro 6.18.** Emisiones de GEI por producción de carbón vegetal en miles de Kg. Período 1995-2020. .... 99

**Cuadro 6.19.** Proyectos de mitigación de GEI en Nicaragua. .... 103

## Índice de Figuras

**Figura 1.1.** Balance de Emisiones y Fijaciones de CO<sub>2</sub> - equivalente en Gg. Nicaragua 1994. .... 4

**Figura 1.2.** Evolución de la población en Nicaragua, censada (1950 - 1995) y proyectada (2000 - 2100). .... 6

**Figura 1.3.a)** Impacto del aumento de la temperatura y **b)** de la disminución de la precipitación en el índice de malaria ( $I_m$ ) bajo tres escenarios climáticos y diferentes horizontes de tiempo. Los datos indican cambios con relación a la situación de la línea base (1968-1998). .... 11

**Figura 1.4.** Potencial de carbono que puede ser conservado en áreas protegidas priorizadas de Nicaragua bajo un proyecto de mitigación de GEI (10<sup>6</sup> toneladas). .... 16

**Figura 1.5.** Evolución del consumo energético nacional por fuentes para el escenario de mitigación. Período 1995 – 2020. .... 18

**Figura 1.6.** Evolución de la capacidad instalada por recurso para los escenarios de mitigación. a) MD1G y b) MD2G, para el período 1995 – 2020. .... 19

**Figura 3.1.** Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energía por sub-sector (%) para 1994. .... 35

**Figura 3.2.** Balance de emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> del sector CUTS (Gg) para 1994. .... 36

**Figura 3.3.** Distribución de las emisiones de CH<sub>4</sub> por sectores (%) para 1994. .... 37

**Figura 3.4.** Distribución porcentual de las emisiones de N<sub>2</sub>O por sectores para 1994. .... 38

**Figura 3.5.** Emisiones de GEI distintos a los gases principales (Gg) para 1994. .... 39

**Figura 3.6.** Balance de emisiones y absorciones de CO<sub>2</sub> equivalente (Gg) por sectores para el año 1994. .... 39

**Figura 3.7.** Cuantificación de las incertidumbres del inventario en porcentaje (%). .... 40

**Figura 4.1.** Evolución medida y proyectada de la tasa global de fecundidad 1950 – 2100. .... 45

**Figura 4.2.** Evolución de la mortalidad infantil para el período 1950 – 2100. .... 45

**Figura 4.3.** Evolución de la población en Nicaragua, censada (1950—1995) y proyectada (2000—2100). .... 46

**Figura 4.4.** Distribución de la población por grupos de edades para los años 2000, 2050 y 2100. .... 48

**Figura 4.5. a)** Impacto del aumento de la temperatura y **b)** de la disminución de la precipitación en el índice de malaria ( $I_m$ ) bajo tres escenarios climáticos y diferentes horizontes de tiempo. Los datos indican cambios con relación a la situación de la línea base (1968-1998). .... 59

**Figura 4.6.** Impacto global (aumento de la temperatura y disminución de la precipitación) en el índice de malaria ( $I_m$ ) bajo tres escenarios climáticos y diferentes horizontes de tiempo. Los datos indican cambios con relación a la situación de la línea base (1968-1998). .... 60

**Figura 5.1.** Disponibilidad del recurso agua por regiones. 62

**Figura 5.2.** Superficie freática, vectores de velocidad y pozos de observación. .... 66

**Figura 6.1.** Potencial de carbono que puede ser conservado en áreas protegidas priorizadas de Nicaragua bajo un proyecto de mitigación de GEI (10<sup>6</sup> toneladas). .... 79

**Figura 6.2.** Esquema de configuración de la demanda de energía. Modelo LEAP. .... 82

**Figura 6.3.** Evolución del consumo final de energía, 1965 – 1995. .... 83

**Figura 6.4.** Evolución del consumo energético nacional por fuentes para el escenario de mitigación. Período 1995 – 2020. .... 93

**Figura 6.5.** Evolución de la capacidad instalada por recurso para los escenarios de mitigación. a) MD1G y b) MD2G, para el período 1995 – 2020. .... 96

## Índice de Mapas

**Mapa 1.1.** Distribución espacial de las zonas de vida de Holdridge bajo un escenario de cambio climático moderado y dos horizontes de tiempo a) 2010 y b) 2100). .... 9

**Mapa 2.1.** Ubicación de Nicaragua en Centroamérica. .... 24

**Mapa 2.2.** División Política Administrativa de Nicaragua. 25

**Mapa 4.1.** a) Campo de la temperatura media anual para la climatología actual en °C. b) Campo de la temperatura media anual simulado para el año 2100 (escenario pesimista). .... 43



**Mapa 4.2.** a) Campo de la precipitación media anual para la climatología actual en mm. b) Campo de la precipitación media anual simulado para el año 2100 (escenario pesimista). ....44

**Mapa 4.3.** Zonas de vida de Holdridge bajo condiciones actuales. ....54

**Mapa 4.4.** Distribución espacial de las zonas de vida de Holdridge para un escenario de cambio climático moderado y tres horizontes de tiempo. a) 2010, b) 2050 y c) 2100. ....56

**Mapa 5.1.** Escorrentía superficial media anual disponible bajo un escenario moderado: a) para el año 2030, b) para el año 2100. ....65

**Mapa 5.2.** Vulnerabilidad de los recursos hídricos según índice de escasez para el año 2030. a) Escenario optimista, b) Escenario pesimista. ....68

**Mapa 5.3.** Vulnerabilidad de los recursos hídricos según índice de escasez para el año 2100. a) Escenario optimista, b) Escenario pesimista. ....68

**Mapa 6.1.** Localización de las áreas protegidas de Nicaragua. ....73

## Abreviaturas y acrónimos

<b>A</b>	
AdAguas	Administración del Agua
ATDER – BL	Asociación de Trabajadores de Desarrollo Rural – Benjamin Linder
<b>B</b>	
BCN	Banco Central de Nicaragua
BD1G	Escenario Base Demanda, Expansión 1 Generación
BD2G	Escenario Base Demanda, Expansión 2 Generación
Bbls/día	Barriles por día
BhSt	Bosque húmedo Subtropical
BhSt_a	Bosque húmedo Subtropical_a
BhStP	Bosque húmedo Subtropical Premontano
BhStP_a	Bosque húmedo Subtropical Premontano_a
BhT	Bosque húmedo Tropical
BhT_a	Bosque húmedo Tropical_a
BMhSt	Bosque Muy húmedo Subtropical
BMhSt_c	Bosque Muy húmedo Subtropical_c
BMhStP	Bosque Muy húmedo Subtropical Premontano
BMhStP_c	Bosque Muy húmedo Subtropical Premontano_c
BMhT	Bosque Muy húmedo Tropical
BMhT_c	Bosque Muy húmedo Tropical_c
BSSt	Bosque Seco Subtropical
BSStP	Bosque Seco Subtropical Premontano
BST	Bosque Seco Tropical
<b>C</b>	
CBA	Corredor Biológico del Atlántico
CBM	Corredor Biológico Mesoamericano
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y El Caribe
CNCC	Comisión Nacional de Cambio Climático
CONADES	Consejo Nacional de Desarrollo Sostenible
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CUTS	Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura
°C	Grados Centígrados
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
CO	Monóxido de Carbono
CH <sub>4</sub>	Metano

COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles diferentes al Metano
<b>D</b>	
DISNORTE	Distribución de energía a la región Nor – Occidental del país y parte occidental de Managua
DISSUR	Distribución de energía a la región Sur – Oriental del país y parte oriental de Managua
DO	Diesel Oil o Fue Oil No. 2
<b>E</b>	
ENEL	Empresa Nacional de Energía Eléctrica
ENACAL	Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados Sanitarios
<b>F</b>	
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FORESTAN	Forestadores Asociados de Nicaragua
FNI	Fondo Nacional de Inversiones
FUNDENIC	Fundación Nicaragüense para el Desarrollo Sostenible
FO	Fue Oil No. 6 o Búnker
<b>G</b>	
GEA	Centro para la Gestión y Estudios Ambientales
GECSA	Generadora Eléctrica Central, S.A.
GEOSA	Generadora Eléctrica Occidental, S.A.
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEF	Global Environment Facility / Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GLP	Gas Licuado de Petróleo
GTZ	Cooperación Técnica Alemana
GWH	Gigavatio hora ( 10 <sup>9</sup> vatios hora)
Gj	Gigajulio (J x 10 <sup>9</sup> )
Gg	Gigagramos (g x 10 <sup>9</sup> ) (10 <sup>3</sup> toneladas)
<b>H</b>	
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 y desarrollado por la Oficina de Meteorología del Reino Unido.

HFC	Hidrofluorocarbono		
HIDROGESA	Generadora Hidroeléctrica, S.A.		
<b>I</b>			
INAA	Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados		
INETER	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales		
INE	Instituto Nicaragüense de Energía		
INEC	Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos		
INGEI	Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero		
IGV	Impuesto General al Valor		
INSS	Instituto Nicaragüense de Seguridad Social		
I <sub>m</sub>	Índice de Casos de Malaria		
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático		
IS-92a	Escenario de Emisión de GEI, Pesimista		
IS-92c	Escenario de Emisión de GEI, Optimista		
IS-92d	Escenario de Emisión de GEI, Moderado		
<b>J</b>			
JICA	Agencia Internacional de Cooperación Japonesa		
<b>K</b>			
Kg.	Kilogramo		
Km.	Kilómetro		
Kwh	Kilovatio hora (10 <sup>3</sup> vatios hora)		
<b>L</b>			
LEAP	Long Range Energy Alternative Planning		
LIE	Ley de la Industria Eléctrica		
<b>M</b>			
MARENA	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales		
MAGFOR	Ministerio Agropecuario y Forestal		
MAGICC	Model for the Assessment of Greenhouse – gas Induced Climate Change. Es un modelo climático unidimensional que ofrece estimaciones de los gases de efecto invernadero, temperatura media global y elevación del nivel mar entre los años 1990 y 2100		
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio		
MMC	Millones de Metros Cúbicos		
MD1G	Escenario Mitigación Demanda, Expansión 1 Generación		
MD2G	Escenario Mitigación Demanda, Expansión 2 Generación		
MIFIC	Ministerio de Fomento Industria y Comercio		
MINREX	Ministerio de Relaciones Exteriores		
MINSA	Ministerio de Salud		
MW	Megavatio (10 <sup>6</sup> )		
mm/día	Milímetros por día		
mm/año	Milímetros por año		
		<b>N</b>	
N.B.	No Biogénico		
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrógeno		
N <sub>2</sub> O	Oxido Nitroso		
		<b>O</b>	
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía		
OPS	Organización Panamericana de la Salud		
ONG's	Organizaciones No Gubernamentales		
		<b>P</b>	
PANCC	Plan de Acción Nacional sobre Cambio Climático		
PANIF	Plan de Acción Ambiental Nicaragua Finlandia		
PEA	Población Económicamente Activa		
PIB	Producto Interno Bruto		
PIDMA	Programa de Investigación y Docencia en Medio Ambiente		
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo		
PNUD-NIC/98/	Proyecto Primera Comunicación Nacional en respuesta a sus obligaciones ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático		
G31-MARENA			
		<b>R</b>	
RAAN	Región Autónoma del Atlántico Norte		
RAAS	Región Autónoma del Atlántico Sur		
		<b>S</b>	
SIN	Sistema Interconectado Nacional		
SIEPAC	Sistema Interconectado Eléctrico para América Central		
SCENGEN	Escenario Generator, que combina los resultados de MAGICC y un grupo de modelos de circulación general de la atmósfera, para generar escenarios de cambio climático regional, considerando las variables climáticas de interés.		
		<b>T</b>	
TECHNOSERVE	Corporación Internacional dedicada al Desarrollo Empresarial Sostenible		
TIR	Tasa Interna de Retorno		
Tj	Terajulios (J x 10 <sup>12</sup> )		
		<b>U</b>	
UEEE	Uso Eficiente de la Energía Eléctrica		
UCA	Universidad Centroamericana		
UNA	Universidad Nacional Agraria		
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería		
UNICAFE	Unión Nicaragüense de Caficultores		
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura		
		<b>V</b>	
VAN	Valor Actual Neto		

*Fotografías cortesía de:* Dirección General de Areas Protegidas de MARENA y Frédéric Eveno.

*Dibujo de Contraportada:* Julio Sequeira Ugarte. Concurso de dibujo organizado por el Proyecto “Estrategia Nacional de Biodiversidad y su Plan de Acción”, PNUD-NIC/99/G31-MARENA.

**Nota:** La publicación de este libro ha sido realizada por el “Proyecto Primera Comunicación Nacional en respuesta a sus obligaciones ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático”, PNUD-NIC/98/G31-MARENA. No está autorizada la venta de este documento. Se puede reproducir este material citando la fuente. Si desea obtener copia de este documento, comuníquese a los teléfonos (505) 233 1868, telefax (505) 233 4690.

E-mail: comunac@ibw.com.ni / cambiocl@ibw.com.ni

Página Web del MARENA: <http://www.marena.gob.ni/index.htm>

Página Web del PNUD Nicaragua: <http://www.pnud.org.ni>

Página Web del GEF: <http://www.gefweb.org>

Diseño Gráfico: Proyecto Primera Comunicación Nacional

Realización Gráfica: Impresiones Helios, S.A.

Impresión: Impresiones Helios, S.A.  
Telefax: 249 4649 - Managua, Nic.

Primera Edición: 1000 ejemplares