

## **INSTITUCIONES INVOLUCRADAS**

### **Consejo Interinstitucional del Cambio Climático**

La ENI fue aprobada por el CICC, conformado por:

Neisa Roca (Viceministra de Medio Ambiente Recursos Naturales y Desarrollo Forestal)  
Marianela Curi y Verónica López (LIDEMA)  
Cecilia Suaznabar (Cámara de Hidrocarburos)  
Ramiro Guillén (Ministerio de Agricultura)  
Erwin Ortiz (Ministerio de Relaciones Exteriores)  
Jairo Escobar (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)  
Ivan Rodríguez (Viceministro de Inversión Pública y Financiamiento Externo)  
Andrés Trepp (Academia de Ciencias de Bolivia)  
Rodolfo Barriga (Viceministerio de Energía)

### **EDITORES**

Ing. José Luis Carvajal Palma  
Ministro de Desarrollo Sostenible y Planificación

Neisa Roca Hurtado  
Viceministra de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal

Oscar Paz Rada  
Coordinador General Programa Nacional de Cambios Climáticos

### **PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS**

Oscar Paz Rada (Coordinador)  
Javier Hanna Figueroa (Consultor)  
Freddy Tejada Miranda (Consultor)  
David Cruz Choque (Consultor)  
Javier Gonzales Iwanciw (Consultor)  
Sergio Paz-Soldán Martinic (Consultor – Administración)  
Jessica Miranda (Secretaría)  
Gerardo Pablo Saca (apoyo)

## RESUMEN EJECUTIVO

### 1. INTRODUCCION

Bolivia ha firmado la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático –CMNUCC- en 1992, en ocasión de la Cumbre de la Tierra (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo), en Río de Janeiro, habiéndola ratificado el 25 de julio de 1994, bajo el decreto Ley N°1576, aprobado por el Congreso Nacional y el Ejecutivo. Posteriormente en noviembre de 1994 la Secretaría de la Convención recibe dicha ratificación.

A principios de 1995 crea el Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC), que hoy depende del Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, para iniciar acciones tendientes a cumplir las obligaciones contraídas ante la CMNUCC y desarrollar las primeras investigaciones sobre esta temática.

En 1996 el PNCC incorpora la posibilidad de desarrollar el Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático, estudios complementarios de Inventarios de Emisiones con las nuevas metodologías del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (PICC, IPCC en inglés) y la Estrategia Nacional de Implementación (ENI) de la CMNUCC.

Este informe de país, plantea un análisis minucioso sobre los niveles de emisión de gases de efecto invernadero del año 1994, tomando como metodología comparativa las Guías del IPCC de 1996, y se rige en las Guías para la Preparación de Comunicaciones Iniciales de las Partes no incluidas en el Anexo 1 (Documento FCCC/CP/1996/L.12), y en la decisión 10 de la Segunda

Conferencia de las Partes (10/CP2). Incluye análisis de Escenarios Climáticos, de Vulnerabilidad de algunos ecosistemas, de opciones de mitigación, de medidas que podrían desarrollarse para enfrentar el cambio climático, así como las necesidades nacionales para la implementación de proyectos.

La Comunicación Nacional es un esfuerzo más del gobierno de Bolivia por colaborar con la implementación de la Convención del Clima y en demostrar a la comunidad internacional que pese a las grandes limitaciones de orden económico, científico, tecnológico y recursos humanos que soporta, cumple con los compromisos contraídos y espera que los países denominados del Anexo I den ejemplo de reducción de emisiones de GEI y cumplimiento de la CMNUCC.

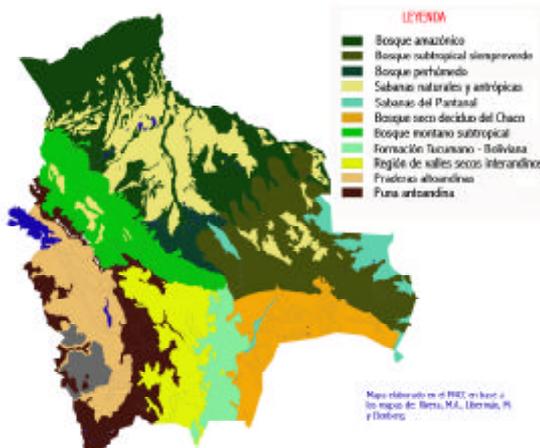
Adicionalmente, Bolivia como una muestra más de su deseo de luchar contra las implicaciones negativas del cambio climático, y como país altamente vulnerable, viene de Ratificar el Protocolo de Kioto, a través de Ley de la República No.1988 de 22 de julio de 1999, y depositar oficialmente en la Secretaria de la Convención dicha ratificación el 30 de noviembre de 1999.

El apoyo del GEF y UNITAR - PNUD, del Reino de los Países Bajos por medio del Netherlands Climate Studies Assistance Programme comisionado por el Netherlands Development Assistance (NEDA), quien nombra como administrador al Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Libre de Amsterdam, y la Cooperación del U.S. Country Studies, significaron un respaldo importante para la realización de los estudios nacionales y la

preparación de ésta Comunicación Nacional.

## 2. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

Bolivia esta situada entre 57°26' y 69°38' de longitud Oeste y 9°38' y 22°53' de latitud Sur y cuenta con una superficie de 1.098.000 Km<sup>2</sup> (ver mapa a continuación).



Por sus características fisiográficas Bolivia tiene una variedad de climas los cuales son determinados por la influencia húmeda tropical de la Corriente Ecuatorial Amazónica y las masas de aire frío de la Corriente Austral, por el gradiente latitudinal y por el gradiente altitudinal de Occidente a Oriente.

Bolivia tiene actualmente un Producto Interno Bruto estimado de \$US 8.5 miles de millones, con tasas de crecimiento estables desde 1986 entre 4 y 5%. Las proyecciones del crecimiento vegetativo del PIB muestran la siguiente tendencia: El PIB alcanzaría a 9 mil millones para el año 2000, y a

aproximadamente 42 mil millones para el año 2030.

Las principales exportaciones de Bolivia en 1994 se centraron en los productos tradicionales entre ellos la minería (36%) y los hidrocarburos (10%), habiéndose producido un importante crecimiento en las exportaciones de los denominados productos no tradicionales (47%) y las reexportaciones (7%).

Según el "MAPA DE LA POBREZA" (1995) una parte considerable de la población tiene insatisfechas sus necesidades esenciales al no contar con acceso adecuado a los servicios e insumos básicos. salud y/o vivienda. En el área rural la pobreza afecta al 94% de los hogares.

Bolivia se ha caracterizado por ser un país productor de hidrocarburos lo que ha hecho que el marco energético en el cual se desenvuelve el país se torne vital para la economía nacional. Las fuentes energéticas para la producción de energía en el país son en su mayoría combustibles fósiles. La estructura de producción de energía al año 1995 esta compuesta de gas natural (64.5%), hidroenergía (5.7%), petróleo crudo (18.9%) y biomasa (11%). Otras fuentes energéticas como la energía solar y geotérmica son todavía escasamente explotadas. La estructura de consumo de energía se compone de la siguiente manera: industrial (33%), transporte (32%), residencial (27%), comercial (7%) y agropecuario (0.2%).

Bolivia es un país con una densidad demográfica del orden de 7.0 habitantes por kilómetro cuadrado, y con altos niveles de biodiversidad: 319 especies de mamíferos (Beck. S.. et al. 1993). 1.274 especies de aves (PNUD (c).

1996) y aproximadamente 17.000 especies de plantas mayores.



Bolivia tiene un total de 18 áreas protegidas con gestión dentro del SNAP<sup>1</sup> de categoría UICN I a V que hacen un total de 13.71% del territorio nacional. Dentro de este sistema de áreas protegidas se cuenta con 435.000 ha de reserva de la biosfera y un total de 15 millones de hectáreas declaradas áreas protegidas y 15 millones de hectáreas en tierras de protección y reservas de inmovilización (INRA. 1997). La superficie de Bosques es de 53.45 Millones de hectáreas lo que significa el 48.7% de la superficie total del país, la mayor parte se encuentra en los llanos del este y norte boliviano.



Los recursos hídricos en varios lugares amazónicos se encuentran, en su régimen, afectados por la erosión lo cual se intensifica por efectos de la deforestación. Por otra parte muchos arroyos y ríos que cruzan por centros

poblados menores y medianos, que no cuentan con sistemas efectivos de alcantarillado y recolección de residuos, sufren las sobrecargas de la contaminación urbana (principalmente biológica).

No existen problemas generalizados de contaminación de aire en Bolivia. Esta contaminación se da en algunos meses del año por ciertas prácticas culturales. Otra fuente de contaminación del aire son las quemadas durante las épocas de chaqueo<sup>2</sup> en los meses de Julio a Septiembre, cuando el humo dificulta la navegación aérea y constituye una amenaza para la salud con la aparición de enfermedades respiratorias.

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

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y las remociones por los sumideros para el año 1994, han sido calculadas siguiendo las guías metodológicas revisadas de 1996 del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (PICC - IPCC en inglés)) para la elaboración de Inventarios Nacionales de GEI.

Las actividades relacionadas con el cambio en el uso de la tierra y silvicultura, se constituyen en las más importantes contribuyentes de gases de efecto invernadero con 38.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, seguida del sector energético con 7.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. (método bottom-up) y el sector de los procesos industriales contribuye 0.4 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

<sup>1</sup> Sistema Nacional de Áreas Protegidas

<sup>2</sup> Actividad de habilitación de tierras para la agricultura, mediante la tala y quema.

El dióxido de carbono emitido por el sector Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura, es preponderante debido en gran parte a la conversión de bosques y praderas, lo que implica que el avance de la frontera agrícola, junto a la colonización espontánea, es una de las mayores actividades generadoras de emisiones de GEI en Bolivia. Las emisiones del CO<sub>2</sub> por cambio en bosques y otra biomasa leñosa llegan a 5.6 millones de toneladas; por conversión de bosques y praderas a 32.9 millones de toneladas, siendo que el abandono de tierras cultivadas produce una remoción de 4.5 millones de toneladas de dióxido de carbono.

En el sector energético, el sector del transporte incide con mayor fuerza en las emisiones, significando el 29.7% del total, en tanto que la quema de gas en campos de explotación significa el 29.3%, las industrias de la energía el 18%, la industria manufacturera 10.7%, y el uso residencial de energía 9.1%.

Otros gases como el metano (CH<sub>4</sub>), significan un total de 0.65 millones de toneladas de emisión, de las cuales 0.089 millones corresponden al sector energético, 0.48 millones de toneladas al sector agricultura (básicamente en el área de la fermentación entérica), 0.05 millones de toneladas al sector cambio en el uso de la tierra, como los más importantes.

El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) emitido alcanza a 0.002 millones de toneladas, en tanto que el monóxido de carbono (CO) a 0.86 millones de toneladas, los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) a 0.11 millones de toneladas y los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVNM) 0.06 millones de toneladas. El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) emitido alcanza a 0.0054 millones de toneladas y los

Hidrofluorocarbonos (HFCs) son prácticamente nulos, con 0.00001 millones de toneladas.

La Tabla I resume todos los componentes del inventario de emisiones de GEI para 1994.

Esto representa, en términos del Potencial de Calentamiento Global (GWP), que el 76.28 % de las emisiones en Bolivia son contribuidas por el dióxido de carbono; 22.43 % por el metano; y el 1.28 % por el óxido nitroso. Esta contribución relativa también puede ser expresada para cada uno de los sectores. Se ha determinado que el potencial de calentamiento global para 1994 para el sector del cambio en el uso de la tierra y silvicultura representa el 65.21%, el sector energético el 15.66%, el sector agricultura el 17.68%, el sector residuos el 0.81% y el sector de los procesos industriales apenas 0.61%.

En materia de Bunkers internacionales, relacionados con la aviación internacional, se ha estimado que Bolivia en 1994 contribuyó con 173.57 Gg de CO<sub>2</sub>, 0.01 Gg de N<sub>2</sub>O, 0.87 Gg NO<sub>x</sub>, 0.39 Gg de CO, 0.24 Gg de COVNM y 0.06 Gg de SO<sub>2</sub>.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de Bolivia del sector energético, para el año 1994, que alcanzan a 7.64 millones de toneladas, representan apenas el 0.033% de las emisiones mundiales totales que significan 22,655 millones de toneladas (PNUD, Informe sobre desarrollo humano, 1998). En el sector forestal se estiman que las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> alcanzan a 6,600 millones de toneladas (Organización Internacional de Maderas tropicales, 1998), por tanto las emisiones de Bolivia, que alcanzan a 38.61 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>,

representan sólo el 0.58% de esas emisiones mundiales (ver Gráfico I).

Bolivia es por tanto un país en el cual su proceso de desarrollo industrial es aun incipiente, lo que significa que no se lo puede considerar como un país "contaminador", y menos coadyuvante del efecto invernadero.

**Tabla I**

Resumen General del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero - 1994											
Gg											
CATEGORIAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Remociones de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVNM	SO <sub>2</sub>	HCFs	PFCs	SF <sub>6</sub>
<b>Total de Emisiones y Remociones Nacionales</b>	46,657.21	4,537.42	653.48	2.53	107.95	857.98	58.15	5.46	0.01	NO	NO
<b>1 Energía</b>	7,646.20		89.05	0.20	37.64	322.43	54.09	5.19			
A Actividades de Combustión	7,646.20		7.86	0.20	37.55	322.30	46.11	3.85*			
Método de Referencia	8,385.74										
Método por Categorías Fuente	7,646.20		7.86	0.20	37.55	322.30	46.11	IOP			
1 Industrias de la Energía	1,374.75		0.03	0.00	4.14	0.52	0.13	IOP			
2 Industrias Manufactureras y Construcción	823.15		0.06	0.00	2.54	0.36	0.08	IOP			
3 Transporte	2,269.88		0.43	0.03	24.00	154.68	29.26	IOP			
4 Comercial / Institucional	16.00		0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	IOP			
5 Residencial	695.76		0.06	0.00	0.59	0.54	0.06	IOP			
6 Agricultura / Silvicultura / Pesca	106.75		0.01	0.00	1.93	1.61	0.32	IOP			
7 Minería / Metalurgia	30.87		0.00	0.00	0.09	0.01	0.00	IOP			
8 Otros Sectores	86.93		0.03	0.00	0.79	10.25	1.92	IOP			
9 Quema de Gas Natural en Campos	2,242.11										
10 Utilización de Biomasa			7.24	0.14	3.44	154.34	14.34				
B Emisiones Fugitivas			81.19	0.00	0.09	0.13	7.98	1.34			
1 Petróleo y Gas Natural			81.19								
2 Precursores del Ozono y SO <sub>2</sub> Provenientes de la Refinación del Petróleo					0.09	0.13	7.98	1.34			
<b>2 Procesos Industriales</b>	393.90		0.00	NO	0.00	0.01	3.95	0.27	0.01	NO	NO
A Productos Minerales No Metálicos	393.90				0.00	0.00	0.75	0.23			
B Otros Procesos	NO		0.00	NO	0.00	0.01	3.19	0.04	0.01	NO	NO
<b>3 Uso de Solventes y Otros Productos</b>							0.11				
A Productos Químicos							0.11				
<b>4 Agricultura</b>			489.27	1.73	56.75	57.04					
A Fermentación Entérica			462.54								
B Manejo de Estiércol			19.51	0.01							
C Cultivos de Arroz			5.04								
D Suelos Agrícolas				0.14							
E Quema Prescrita de Sábanas			2.16	0.03	0.97	56.67					
F Quema de Residuos Agrícolas en Campo			0.02	1.54	55.78	0.37					
<b>5 Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura</b>	38,617.11	4,537.42	54.67	0.38	13.56	478.51					
A Cambios en la Existencia de Biomasa en Bosques y Otra Vegetación Leñosa	5,629.38										
B Conversión de Bosques y Praderas	32,987.73		54.67	0.38	13.56	478.51					
C Abandono de Tierras Cultivadas		4,537.42									
D Emisiones o Absorciones de CO <sub>2</sub> en los Suelos	NE	NE									
<b>6 Residuos</b>			20.49	0.22							
A Disposición de Residuos Sólidos en Tierra			20.14								
B Manejo de Aguas Residuales			0.35								
C Emisiones de N <sub>2</sub> O Provenientes del Excremento Humano				0.22							
<b>Partidas Informativas:</b>											
<b>Búnkers Internacionales</b>	173.57		0.00	0.01	0.87	0.39	0.24	0.06			
Aviación	173.57		0.00	0.01	0.87	0.39	0.24	0.06			
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Provenientes del Uso de Biomasa</b>	3,112.38										

\* Las emisiones de SO<sub>2</sub> provenientes por actividades de combustión en los diferentes sectores no han sido discriminadas.

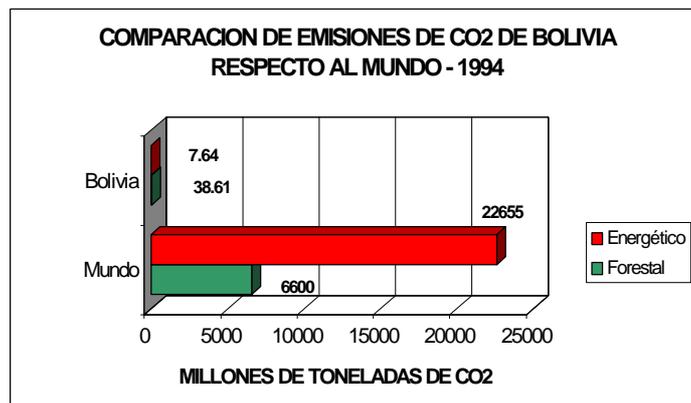
P = Emisiones potenciales basadas en el método de Grado I

NE = Emisiones no estimadas

IOP = Emisiones estimadas e incluidas en otra parte

NO = Emisiones que no ocurren en el país

**Gráfico I**



## 4.VULNERABILIDAD Y

### ADAPTACION

#### Escenarios Climáticos

El trabajo realizado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAEMI (1998) contempla tres escenarios de cambio climático: IS92a (considerado como escenario de referencia por el Comité de Negociaciones de la CMNUCC, estima un rango medio de emisiones futuras, asumiendo un grado modesto de intervención para reducir emisiones de GEI, se considera como escenario de referencia), IS92c (escenario optimista) y IS92e (escenario pesimista), respectivamente.

En base s estos escenarios globales, y otras suposiciones, los escenarios climáticos definidos para Bolivia con un horizonte de análisis al 2100 nos indican que:



Todos los escenarios muestran la misma tendencia en el aumento de temperaturas. El comportamiento del aumento de temperaturas es casi paralelo a la curva normal, en algunos casos los modelos muestran mayores aumentos de temperatura en los meses húmedos.

En cuanto a las precipitaciones el aumento absoluto de la precipitación es

mayor en los meses húmedos (Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero), mientras que en los meses secos ( Mayo, Junio, Julio, Agosto) la variación de la precipitación es baja en términos absolutos. En los meses secos se presentan tendencias hacia la disminución (valores negativos) de las precipitaciones sobre todo para las áreas I, IV y V, norte, oeste y sudeste del país, respectivamente. Para los tres escenarios IS92A, IS92C e IS92E muestran disminuciones de la precipitación en los meses de invierno (junio y julio), lo que se agudiza, a medida que la temperatura aumenta. Existe una leve tendencia en los escenarios de recorrer la época de mayores precipitaciones hasta mayo y la época seca hasta los meses de septiembre y octubre.

#### *Impactos*

Los impactos en los diferentes ecosistemas, como consecuencia de los cambios climáticos, afectarán en diversos grados en Bolivia. Según el PNCC (MDSMA, 1997) un aumento de la temperatura en 2°C y un aumento de 10% en las precipitaciones traería consigo un aumento del bosque húmedo tropical en hasta 65.27% en detrimento del bosque húmedo subtropical de hasta 59.72%. El mismo escenario muestra un incremento del bosque seco subtropical en 3.79% (MDSMA 1997, 1998). En el caso de presentarse un escenario de decremento de precipitación 10% y un aumento de 2°C se presentaría decremento del bosque húmedo subtropical en un 81%, siendo que en el bosque húmedo tropical no se generarían cambios y el bosque seco

tropical se incrementaría en más de 300%.

En el escenario IS92c (escenario optimista), los escenarios nacionales establecen que hasta el año 2010 se presentarían cambios en las zonas de desierto templado frío, estepa espinosa fría y bosque húmedo tropical, siendo que en el horizonte del 2050 no se presentarían zonas de alta vulnerabilidad. En el escenario IS92e (pesimista) en los escenarios nacionales se advierte que todas las zonas de vida resultan vulnerables a los cambios climáticos, tal el caso del Bosque húmedo tropical, bosque seco templado, bosque pluvial subtropical, bosque muy húmedo tropical, monte espinoso subtropical y desierto templado frío, que oscilaran en cambios de casi 100%.



Se puede establecer que la totalidad de las regiones agrícolas del país sería afectada por el probable cambio climático, aunque ciertas zonas del país pueden ser consideradas como más vulnerables que otras. En los Valles interandinos existe la tendencia a la reducción de la precipitación pluvial e incremento de las temperaturas mínima y máxima, afectando al ciclo vegetativo de los cultivos. Por otro lado, en las zonas Altiplánicas se prevé la no existencia de variaciones en la precipitación pluvial, mientras que la temperatura mínima muestra un claro incremento. Las mismas tendencias presentan las zonas Tropicales de Santa Cruz y Trinidad (al oriente del país),

aunque existe cierta tendencia a que la temperatura máxima se mantenga constante o sufra un ligero descenso.

Los estudios de vulnerabilidad de los ecosistemas agrícolas al Cambio Climático en Bolivia, muestran que una probable elevación de la temperatura hasta 2° C, no se traducirían en serias lesiones al ecosistema cultivado en caso de ir acompañadas de incrementos de precipitaciones, e incluso como en el caso del Altiplano favorecería al desarrollo de los cultivos, siempre que se apoye con opciones de adaptación tales como la incorporación de sistemas de riego y mejoras de las actividades culturales. Sin embargo de producirse una disminución de la precipitación aún sin incremento de temperatura, los efectos negativos serían catastróficos no solo en forma directa e inmediata sobre la producción, sino con serias consecuencias a largo plazo tales como el deterioro irreversible del ecosistema.

Estudios de Vulnerabilidad de los recursos hídricos al cambio climático (PNCC, 1997; Instituto de Hidráulica e Hidrología UMSA, 1999), presentan variaciones importantes a nivel de los caudales de escurrimiento, en función del escenario climático global y nacional considerados (Incrementales, IS92A, IS92c e IS92e) y en función de la cuenca analizada y su ubicación. Esto significa impactos sobre los recursos hídricos que pueden a su vez implicar a los sistemas forestales, agrícolas y de consumo.

Los efectos directos e indirectos del Cambio Climático sobre la salud humana, ya son evidentes en Bolivia, entre los primeros son cada vez más frecuentes: las inundaciones (Santa Cruz), deslizamientos de tierra (La Paz), incendios, (Guarayos - Santa Cruz) y

tormentas (Cochabamba), incrementando la morbimortalidad de las personas. En cuanto a los indirectos, el estudio de la vulnerabilidad de la salud humana ante el cambio climático para la Malaria y la Leishmaniasis, para el escenario IS92a demostró que la Malaria es sensible a las variaciones y cambios en las tendencias del clima, mostrando un marcado crecimiento entre el periodo de la línea de base (1960 –1990) y la situación actual (1991-1999). El cambio en la incidencia (incremento) se manifestó a partir de marzo de 1993 para los casos producidos por *P. Falciparum* y a partir de abril de 1994 para los casos producidos por *Plasmodium Vivax*.

En cuanto a la Leishmaniasis, los resultados encontrados demuestran una alta vulnerabilidad a los cambios climáticos, lo que se acentuará más a medida que se evidencien incrementos en la humedad, temperaturas, etc., por lo tanto, al irse haciendo cada vez más cálida la Región de estudio, la incidencia se incrementara, particularmente en los meses de julio a septiembre, siendo agosto el mes que registrará los mayores efectos de acuerdo a las proyecciones realizadas para el 2010.

## ADAPTACION

Los estudios realizados por el PNCC (MDSMA. 1997) detallan los siguientes lineamientos estratégicos de adaptación para el sector forestal:

- Aprovechamiento forestal sostenible
- Elevar la eficiencia de los procesos de industrialización
- Identificar especies que puedan tolerar el cambio climático.
- Reducir la fragmentación del hábitat.

Las medidas de adaptación planteadas (PNCC,1998) para prevenir o reducir los efectos negativos del probable cambio climático, especialmente para los cultivos de importancia económica del país y de esta forma no afectar la seguridad alimentaria de la población, están referidos a:

- Manejo de suelos - aguas
- Investigación agrícola y
- Transferencia interactiva de tecnología.



En el sector ganadero y forrajero se plantean una serie de opciones de adaptación como:

- Identificación de pasturas tolerantes al cambio climático.
- Introducción de pasturas mejoradas
- Mejoramiento genético del ganado.
- Mejora en el manejo de Ganado.
- Dieta suplementaria.

Para los recursos hídricos estas medidas de adaptación se muestran de la siguiente manera:

- Planificación coordinada del uso del agua en una determinada cuenca
- Construcción de obras de regulación, riego y almacenamiento

- Adopción de políticas de conservación
- Control de calidad de los cuerpos de agua
- Sistemas de suministro controlado y remunerado
- Adopción de planes de contingencia
- Obras de transferencia de agua intercuenas
- Sistemas de predicción de inundaciones y sequías
- Capacitación y educación en manejo y consumo de agua.

Por su parte para el sector salud fueron identificadas las siguientes medidas de adaptación:

- Cuidado del medio
- Control químico
- Control de reservorios
- Control biológico
- Reducción del contacto vector ser humano
- Participación comunitaria
- Vigilancia epidemiológica / climática
- Educación sanitaria

## **5. PROYECCIONES, PLANES Y MEDIDAS**

### **Opciones de mitigación y su costo - Sector Energético**

Las medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para el sector energético estarían enmarcadas en tres procesos de mejora del suministro y uso de energía: (1) Mejorar la efectividad del consumo de energía, (2) Conversión fuentes de energía menos intensivas en carbono, y (3) Mayor uso de energías renovables.

Las evaluaciones realizadas han permitido establecer una serie de

medidas de mitigación en el sector Energético que reducirían los niveles de emisión de GEI y que pueden ser aplicadas en Bolivia, siempre y cuando se cuente con el apoyo técnico y económico internacional. Estas medidas se citan a continuación:

- Eficiencia en la Iluminación del Sector Residencial
- Eficiencia en cocinas que utilizan biomasa
- Eficiencia en la refrigeración del sector residencial
- Incremento del uso residencial del gas natural
- Incremento del uso de energía solar en el calentamiento de agua
- Electrificación rural sobre la base de energías renovables
- Eficiencia de iluminación en el sector comercial
- Eficiencia del uso comercial de la biomasa
- Conservación de energía eléctrica en los usos comerciales
- Conservación de la energía en la industria
- Incremento del uso del gas natural en el sector de transporte
- Reducción de la quema de gas natural en campos de explotación
- Redistribución de las opciones de expansión del sector de generación eléctrica

Por lo anteriormente expuesto, las emisiones de CO<sub>2</sub> no biogénico pueden ser reducidas en el escenario modesto aproximadamente en un 7.03% para el año 2005, en un 5.81% para el año 2010, en un 12.75% para el año 2020 y en un 15.07% para el año 2030, mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> biogénico pueden ser reducidas aproximadamente en un 2.30% para el año 2005, en un 4.07% para el año 2010, en un 6.14% para el año 2020 y

en un 6.96% para el año 2030. Paralelamente a éstas, también se registran reducciones en las emisiones de los otros GEI excepto el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O que registrarían aumentos no

significativos en sus emisiones.(ver tabla 1). Las medidas planteadas y su análisis de costo se presenta en la tabla 2 .

**Tabla 1. Reducción de las emisiones de GEI a la atmósfera, Escenarios de Mitigación respecto a Escenarios Base (Gg), 2005 -2030.**

Reducción Escenario Modesto					
EMISION / AÑO	2005	2010	2020	2030	TOTAL 2001 - 2030
DIOXIDO DE CARBONO , NO BIOGENICO	604.99	632.31	1,854.36	3,076.40	44,386.28
DIOXIDO DE CARBONO , BIOGENICO	102.93	205.86	414.22	622.59	9,625.09
METANO	6.38	0.67	-1.05	-2.76	35.43
OXIDO NITROSO	-0.02	-0.03	-0.06	-0.08	-1.34
MONOXIDO DE CARBONO	30.39	60.77	154.35	247.94	3,514.85
OXIDOS DE NITROGENO	28.95	57.90	661.92	23.34	12,918.19
HIDROCARBUROS VOLATILES	0.01	0.03	0.07	0.12	1.69
DIOXIDO DE AZUFRE	0.02	0.03	0.07	0.11	1.61
Reducción Escenario Alto					
EMISION / AÑO	2005	2010	2020	2030	TOTAL 2001 - 2030
DIOXIDO DE CARBONO , NO BIOGENICO	640.75	703.84	2,649.50	4,595.15	61,406.12
DIOXIDO DE CARBONO , BIOGENICO	130.10	260.20	559.17	858.15	12,913.62
METANO	6.05	0.01	-2.22	-4.44	7.98
OXIDO NITROSO	-0.02	-0.04	-0.07	-0.11	-1.74
MONOXIDO DE CARBONO	39.18	78.35	204.66	330.97	4,650.46
OXIDOS DE NITROGENO	29.71	59.41	666.76	32.45	13,027.48
HIDROCARBUROS VOLATILES	0.02	0.04	0.08	0.13	1.91
DIOXIDO DE AZUFRE	0.02	0.04	0.08	0.12	1.83

Fuente: Análisis de Opciones de Mitigación de GEI, sector energético. (PNCC, 1998)

## Medidas y costos – Sector Forestal y agrícola

En los sectores no-energéticos se proponen medidas de respuesta a los procesos de deterioro medio ambiental, aumento de la frontera agrícola y consecuente deforestación. Tomando en cuenta los criterios anteriormente señalados las medidas seleccionadas fueron las siguientes:

- Formación de masas boscosas.
- Regeneración natural de bosques
- Alternativas a la agricultura de corte y quema
- Apoyar a la implementación de la Nueva Ley Forestal
- Fortalecimiento de la capacidad de Planificación, Protección y Vigilancia de las áreas protegidas

En el caso de los sectores Agricultura y Ganadería, las medidas de mitigación además de reducir las emisiones de los principales Gases de Efecto Invernadero (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>), están dirigidas a mejorar la productividad y producción de los cultivos y de la ganadería, las mismas que establecen lo siguiente:

- Prevención y control de la degradación de tierras
- Incentivar la implementación de Sistemas Agroforestales
- Regeneración natural pastizales
- Mejorar las técnicas de producción animal.

Las medidas del sector forestal y agrícola que capturen de gases de efecto invernadero y sus costos se resumen en la Tabla 3.

**Tabla 2. Resultados del Análisis de Costos de Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub>, Escenarios Modesto y Alto.**  
**ESCENARIO MODESTO**

MEDIDA DE MITIGACION	Costo Nivelado de Ahorro de Energía \$US / GJ	Costo Total millones de \$US (1990)	Beneficio millones de \$US (1990)	Valor Presente Neto al 2030 millones de \$US	Relación Costo / Beneficio	Costo Nivelado de Reducción \$US (1990) / t CO2	Costo Anualizado Nivelado \$US / Año	Reducción de Emisiones Promedio 2001 - 2030 Gg CO2 / Año
Eficiencia en Iluminación del Sector Residencial	14.101	2.90	1.45	1.45	0.5003	5.09	157,540	42.27
Eficiencia en Cocinas que Utilizan Biomasa	0.197	0.45	9.02	-8.57	19.9790	-5.52*	-931,520	230.43*
Eficiencia en Refrigeración del Sector Residencial	62.267	51.45	4.81	46.64	0.0935	150.00	5,070,160	44.76
Incremento del Uso Residencial de Gas Natural	---	9.00	2.74	6.26	0.3042	20.00	680,600	46.89
Incremento del Uso de Energía Solar en el Calentamiento de Agua	---	12.06	1.86	10.20	0.1542	70.00 190.00*	1,108,870	22.33 8.18*
Electrificación Rural en base de Energías Renovables	---	14.96	6.93	8.03	0.4632	100.00	873,130	12.24
Eficiencia en Iluminación del Sector Comercial	1.39	0.29	1.35	-1.06	4.6619	-1.00	-115,160	52.01
Eficiencia en el Uso Comercial de Biomasa	0.259 leña 0.389 est.	0.22	3.03	-2.80	13.6199	-6.48*	-304,840	64.315*
Conservación de Energía Eléctrica en Usos Comerciales	13.238	14.06	6.37	7.69	0.4531	5.17	836,700	220.98
Conservación de Energía en la Industria	4.420 p.e. 0.518 p.t.	2.80	4.69	-1.89	1.6750	-1.90 -3.18*	-205,420	147.65 87.74*
Incremento del Uso de Gas Natural en el Transporte	---	59.28	119.06	-59.78	2.0084	-70.00	-6,480,000	120.34
Reducción de la Quema de Gas Natural en Campos de Explotación	---	0.00	18.34	-18.34	---	-9.48	-1,990,000	286.88
Redistribución de las Opciones de Expansión de Generación de Energía Eléctrica	---	19.42	68.38	-48.96	3.5211	-10.00 110.00*	-5,320,000	550.60 -67.99*

\* CO<sub>2</sub> biogénico  
est. : estiércol  
p.e. : procesos eléctricos  
p.t. : procesos térmicos

**TABLA No.3. Costo total y unitario de las medidas de mitigación planteadas para reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (Dióxido de carbono y Metano) en Bolivia, en los sectores Forestal, Agrícola y Ganadero.**

	AÑO 2000		AÑO 2010		AÑO 2020	
MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LOS TRES SECTORES	COSTO TOTAL 10 <sup>3</sup> US\$	COSTO UNITARIO US\$/Gg	COSTO TOTAL 10 <sup>3</sup> US\$	COSTO UNITARIO US\$/Gg	COSTO TOTAL 10 <sup>3</sup> US\$	COSTO UNITARIO US\$/Gg
<b>SECTOR FORESTAL:</b>						
Formación de masas boscosas.	3,044.00	1,576.80	4,204.00	884.20	5,364.00	624.00
Regeneración natural de bosques.	4,400.00	6,772.49	6,400.00	1,836.11	8,400.00	1,142.42
Alternativas a agricultura de corte y quema.	6,848.57	79,105.18	8,806.42	79,105.18	10,764.27	79,105.18
Apoyar a la implementación de la Nueva Ley Forestal.	3,307.50	1,372.68	5,387.56	1,372.68	8,775.78	1,372.68
Fortalecimiento de la capacidad de Planificación, Protección y Vigilancia de Áreas protegidas.	3,492.58	1,220.32	4,693.74	1,220.32	6,308.00	1,220.32
<b>SECTOR AGRICULTURA:</b>						
Prevención y control de la degradación de tierras:						
- Implementación de sistemas agroforestales.	2,420.00	29,540.11	6,276.85	10,341.86	16,280.54	8,269.74
- Regeneración natural de pastizales.	1,210.00	16,714.15	3,138.42	6,154.92	8,140.27	4,949.40
<b>SECTOR GANADERIA:</b>						
Mejorar las técnicas de producción animal.	16,945.00	950.39	19,287.00	954.02	21,629.00	956.89
<b>PRESUPUESTO ANUAL (US\$)</b>	<b>41,667.65</b>		<b>58,193.99</b>		<b>85,661.86</b>	

s/d: Sin determinar, debido a que no llega a completar la unidad de medida utilizada (Gigagram).

## 6. INFORMACION COMPLEMENTARIA

Bolivia ha iniciado una acción agresiva que permita coadyuvar a los países del Anexo I en la reducción de emisiones de GEI, según lo que estipula la CMNUCC y el Protocolo de Kioto, para ello sus políticas gubernamentales han involucrado la variable del cambio climático como un elemento importante que pueda coadyuvar en su desarrollo sostenible.



Haber conformado una estructura institucional liderada por el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación y haber desarrollado escenarios de mitigación de GEI en los sectores energético y forestal, que puedan ser implementados a través de diferentes proyectos, es una muestra de voluntad política que debe ser necesariamente

comprendida por la comunidad internacional.

El país en base a discusiones intersectoriales ha desarrollado un Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático, estableciendo acciones y prioridades que pueden realizarse en el país, con el financiamiento internacional, para lograr reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

La fase Piloto de la Implementación Conjunta sirvió para que en Bolivia se desarrollen varios proyectos con la cooperación de inversores de países que conforman el Anexo I de la CMNUCC. Estos proyectos servirán de base para la acumulación de experiencia en cuanto a procedimientos, metodologías, sistemas de monitoreo, sistemas de certificación y sistemas de distribución de Certificados de Reducción de Emisiones, lo que se implantará en una acción futura para aquellos proyectos que se enmarquen dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto.

Estos esfuerzos deben necesariamente ser comprendidos por la comunidad internacional, que tiene la obligación histórica, en cuanto a cambio climático se refiere, de apoyar a los países altamente vulnerables como Bolivia en mejorar su infraestructura de observación climática, procesamiento de datos que permitan medir los efectos del cambio climático, continuar la investigación relacionada a las emisiones de GEI, profundizar la construcción de capacidades nacionales a nivel institucional como humano y apalancar proyectos de adaptación en el sector agrícola.

## **ESTRATEGIA NACIONAL**

El Gobierno de Bolivia esta trabajando en el desarrollo de una Estrategia Nacional de Implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Dicha Estrategia pretende establecer una visión compartida entre los diferentes actores de su implementación. Asimismo, la Estrategia establecerá la misión institucional de los órganos que liderizan su implementación.

La Estrategia de Bolivia sobre el Cambio Climático pretende centrarse en cuatro pilares, los cuales a su vez responden a sus líneas de acción en el ámbito del Desarrollo Económico y Social:

- Promocionar el desarrollo limpio en Bolivia, a través del fomento de cambios tecnológicos en las prácticas agrícolas, forestales e industriales, que reduzcan emisiones pero que impacten positivamente al desarrollo del país.
- Coadyuvar a la conservación de carbono en bosques, humedales y otros ecosistemas naturales manejados.
- Aumentar la efectividad de la infraestructura y uso de energía, para disminuir riesgos de contingencias y mitigar los efectos de las emisiones de GEI.
- Incidir al aumento de la observación, entendimiento de los cambios ambientales en Bolivia para desarrollar respuestas efectivas.

Estos pilares buscaran como objetivos:

1. Coadyuvar con políticas de adaptación al cambio climático, a la transformación productiva y al cambio tecnológico en los diferentes

- sectores productivos a tiempo de introducir tecnologías limpias.
2. Aumentar los niveles de seguridad humana tanto desde el punto de vista de contingencia como de vulnerabilidad humana.
  3. Integrar la temática de cambio climático en los procesos educativos de la sociedad para inducir a su adaptación.
  4. Generar alianzas estratégicas necesarias para la implementación de la Estrategia Nacional.

## **7. NECESIDADES FINANCIERAS Y TECNICAS**

Existe una marcada necesidad financiera y tecnológica no sólo en Bolivia sino en la región, que permita la implantación de estrategias y líneas de acción para enfrentar las causas e implicaciones del cambio climático.

Se hace necesario recursos que mejoren la construcción de escenarios climáticos a escalas reducidas, debido a la considerable variación climática en las diferentes regiones de América Latina en general y Bolivia en particular, de manera tal que permita reducir el nivel de incertidumbres en todos los aspectos.

Similar necesidad existe en cuanto a la valoración de emisiones de GEI provocadas por los sectores del cambio en el uso de la tierra y silvicultura y algunos sectores particulares del área energética.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio, se presenta como un reto muy importante para los países en vías de desarrollo, sin embargo las desigualdades en cuanto a capacidades nacionales entre unos y otros, significaran desigualdades en la oportunidad de acceso a los proyectos y

financiamientos, por lo que se hace imprescindible un tratamiento justo por parte de la CMNUCC en esta materia, por lo que debe desarrollarse un apoyo decisivo a los países en materia de fortalecimiento de recursos humanos e institucionales, desarrollo de cartera de proyectos, construcción de escenarios de líneas de base, certificación, etc.

Finalmente, es imprescindible un apoyo efectivo por parte del Secretariado de la CMNUCC al fortalecimiento institucional del Programa Nacional de Cambios Climáticos de Bolivia, con la finalidad de garantizar y consolidar el proceso de implementación de la CMNUCC en el país.



## INTRODUCCION

La Comunicación Nacional de Bolivia provee una visión general de todas las actividades que Bolivia esta realizando en materia de acciones y políticas sobre el cambio climático. Estas acciones están destinadas a dar cumplimiento a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y más propiamente al artículo 4, en su primer párrafo y al artículo 12.1, de dicha Convención, en lo que se refiere a los compromisos de los países en vías de desarrollo.

Bolivia ha firmado la CMNUCC en 1992, en ocasión de la Cumbre de la Tierra (Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo), en Río de Janeiro, habiéndola ratificado el 25 de julio de 1994, bajo el decreto Ley N°1576, aprobado por el Congreso Nacional y el Ejecutivo. Posteriormente en noviembre de 1994 la Secretaría de la Convención recibe dicha ratificación.

En 1993 se establecen reformas en el poder ejecutivo que en 1997 son reforzadas, dando de esta manera cumplimiento a uno de los postulados de la Cumbre de Río, por la cual se establece llevar adelante en todos los países del mundo políticas orientadas al desarrollo sostenible que se plantean en la Agenda 21. De esta manera Bolivia cumple ese principal precepto al crear una instancia de gobierno encargada de la planificación del desarrollo en términos de atacar la pobreza, generar empleo y actividad económica, en equilibrio con los recursos naturales y la protección del medio ambiente.

En ese contexto y con el objetivo de fortalecer la gestión ambiental en el país y consolidar el modelo de desarrollo sostenible se crea el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, con su brazo operativo el Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal.

Es a principios de 1995 que se crea el Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC), que hoy depende del Viceministro de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, para iniciar, con el apoyo del US Country Studies Program, acciones tendientes a cumplir las obligaciones contraídas ante la CMNUCC y desarrollar las primeras investigaciones en materia de Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Origen Antropogénico; Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación del sector bosques, agrícola, ganadero y de recursos hídricos al posible cambio climático, y Análisis de Opciones de Mitigación de GEI en el sector energético y no-energético.

En 1996 el PNCC incorpora la posibilidad de desarrollar el Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático, con la cooperación del U.S. Environmental Protection Agency, a través del US Country Studies Program y la Estrategia Nacional de Implementación (ENI) de la CMNUCC, con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), dentro del proyecto CC:TRAIN.

En 1997, el nuevo gobierno reestructura el poder ejecutivo y crea el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación y eleva a rango de Viceministerio las actividades del Medio Ambiente, la protección de los Recursos Naturales y el Desarrollo Forestal,

respaldando la gestión ambiental y el cumplimiento de los Convenios Internacionales, entre ellos la CMNUCC.

Asimismo, la nueva estructura gubernamental viabiliza la cooperación del gobierno de Holanda, por medio del Netherlands Climate Change Studies Assistance Program comisionado por el Netherlands Development Assistance (NEDA), quien nombra como administrador al Instituto de Ciencias Ambientales de la Universidad Libre de Amsterdam, para el desarrollo de estudios complementarios como inventarios nacionales, con las nuevas metodologías del IPCC, estudios de Impacto sobre cultivos, bosques y recursos hídricos por el posible cambio climático y estudios de mitigación en el área forestal y en el sector energético, que apoyen a consolidar la Comunicación Nacional. Este apoyo tiende a iniciar el desarrollo de la Primera Comunicación Nacional de Bolivia a la Convención, el cual es complementado con el apoyo del Global Environmental Facility (GEF), a través del Programa de Actividades Habilitadoras (Enabling Activities).

Bolivia por sus características de país en vías de desarrollo y menos adelantado, tiene como prioridad fundamental, a nivel de políticas, eliminar la pobreza, generar empleo, impulsar el desarrollo económico y mejorar las condiciones de salud de sus habitantes, no siendo el cambio climático una prioridad de esa naturaleza, aunque por sus características se constituye en un país sujeto a una fuerte incidencia por los cambios climáticos que afectarían a una serie de sus ecosistemas naturales.

Al contar con grandes extensiones de zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal, así como con zonas expuestas a los desastres naturales, a la sequía, a la desertificación y a las inundaciones; al no contar con litoral o salida al mar y al tener extensos territorios con ecosistemas frágiles y montañosos, Bolivia se constituye en un país muy vulnerable al efecto de los cambios climáticos, peor aun siendo un país menos adelantado que debe sufrir las consecuencias del desarrollo tecnológico e industrial del último siglo no planificado por los países desarrollados.

La preparación de la Comunicación Nacional se basa en los estudios realizados por el PNCC y por los trabajos de instituciones universitarias y de investigación, y plantea la posibilidad de incorporar una serie de medidas en los sectores energético y no-energético del país que permitan reducir las emisiones de GEI, siempre y cuando se pueda contar con el respaldo económico por parte de los países desarrollados, dentro de lo que la CMNUCC denomina las responsabilidades comunes pero diferenciadas.

Este informe de país, plantea un análisis minucioso sobre los niveles de emisión de gases de efecto invernadero del año 1994, tomando como metodología comparativa las Guías del IPCC de 1996, y se rige en las Guías para la Preparación de Comunicaciones Iniciales de las Partes no incluidas en el Anexo 1 (Documento FCCC/CP/1996/L.12), y en la decisión 10 de la Segunda Conferencia de las Partes (10/CP2). Incluye análisis de Escenarios Climáticos, de Vulnerabilidad de algunos ecosistemas, de opciones de mitigación, de medidas que podrían desarrollarse para enfrentar el cambio climático, así como las necesidades nacionales para la implementación de proyectos.

La Comunicación Nacional es un esfuerzo más del gobierno de Bolivia por colaborar con la implementación de la Convención del Clima y en demostrar a la comunidad internacional que pese a las grandes limitaciones de orden económico, científico, tecnológico y recursos humanos que soporta, cumple con los compromisos contraídos y espera que los países denominados del Anexo I den ejemplo de reducción de emisiones de GEI y cumplimiento de la CMNUCC.

Adicionalmente, Bolivia como una muestra más de su deseo de luchar contra las implicaciones negativas del cambio climático, y como país altamente vulnerable, viene de Ratificar el Protocolo de Kioto, a través de Ley de la República No.1988 de 22 de julio de 1999 y presentar dicha ratificación el 30 de noviembre de 1999 a la Convención del Clima.

# CAPITULO I

## CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

El presente capítulo proporciona una visión general de los datos más relevantes para éste informe, en él se describe las características de Bolivia, estableciendo los datos básicos de sus características geográficas y climáticas, poblacionales, económicas y sociales, energéticas y medio ambientales. Asimismo, se presentan los planes de desarrollo y políticas existentes en materia ambiental, así como los procesos legislativos en vigencia en Bolivia.

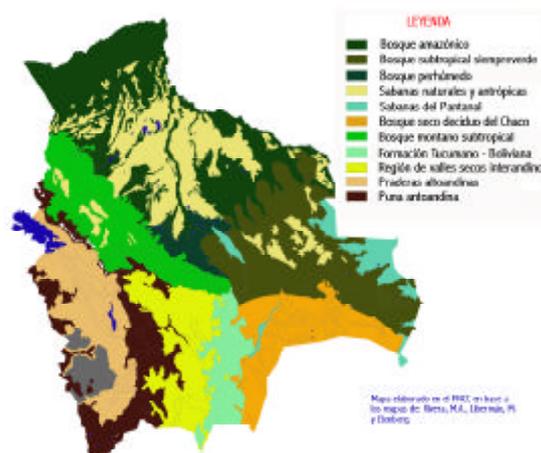
### Características geográficas y climáticas

Bolivia esta situada entre 57°26' y 69°38' de longitud Oeste y 9°38' y 22°53' de latitud Sur y cuenta con una superficie de 1.098.000 Km<sup>2</sup>

Por sus características fisiográficas Bolivia tiene una variedad de climas los cuales son determinados por la influencia húmeda tropical de la Corriente Ecuatorial Amazónica y las masas de aire frío de la Corriente Austral, por el gradiente latitudinal y por el gradiente altitudinal de Occidente a Oriente.

#### MAPA 1: MAPA SIMPLIFICADO DE ECOREGIONES DE BOLIVIA

Elaborado en el PNCC en base a mapas de: Rivera, M.O.; Libermann, M.; Etemberg, Zonas de vida de Holdrich



Por su fisiografía se divide al país en tres grandes zonas (mapa 1): La zona andina boliviana comprende gran parte de la cuenca cerrada de Sudamérica entre las cordilleras Oriental y Occidental de la cordillera de los Andes; la precipitación promedio fluctúa de 400 a 600 mm anuales con un gradiente en las precipitaciones del norte al sudeste. Las temperaturas medias anuales oscilan de 7 a 10°C con un gradiente en la temperatura hacia el sur. Por el gradiente de precipitaciones y temperatura se distinguen en el

altiplano climas frío húmedo al norte y frío árido al sur. Así mismo por el gradiente de humedad de norte a sur, la región esta constituida por grandes lagos de agua dulce al norte y salares al sur.

La zona subandina comprende las regiones geográficas de Yungas, la faja subandina boliviana, y los valles secos interandinos; la primera constituida por los yungas húmedos entre los 700 a 2.000 m.s.n.m., los bosques de neblina de ceja de yungas entre los 2.000 y 3.600 m.s.n.m. y la formación tucumano-boliviana al sur del país como continuidad subandina de los bosques de ceja de Yungas. El rango de precipitación media anual es de 1.200 a 1.700 mm y el rango de temperaturas medias anuales de 10 a 20°C.

La faja subandina es la parte baja de la cordillera Oriental constituida por las últimas estribaciones de la cordillera andina entre 300 y 2.000 m.s.n.m.. La precipitación es más fuerte en las vertientes orientales de la cordillera real de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz donde excede los 3.000 mm, llegando a 5.000 mm en zonas expuestas al choque de masas de aire muy húmedo del Noreste, mientras que al sur la zona que corresponde al piso inferior del bosque tucumano-boliviano las precipitaciones son menores (700 a 1500 mm). La temperatura media anual tiene un rango, dependiendo de la altitud y latitud. de 19 a 26°C.

Los valles secos interandinos ocupan regiones intermedias de la cordillera andina. su distribución es discontinua al norte y hacia el sur se hacen más grandes y conexos. El rango de precipitación media anual es de 400 a 600 mm con 5 meses secos y rangos de temperaturas medias anuales de 15 a 18°C (SENAHMI. 1998).

La zona de los llanos comprende las grandes áreas planas y poco onduladas del oriente del país constituidas en su mayor parte por bosques y sabanas naturales, con rangos de precipitación media anual entre 400 a 2.000 mm y un gradiente de precipitaciones hacia el sur, y temperaturas medias anuales de 24 a 26°C. El carácter estacional es marcado con una época seca entre mayo y septiembre cuando la temperatura baja drásticamente por la afluencia de frentes fríos del sur. Por las características geológicas e hidrológicas así como por el gradiente climático latitudinal, la amplia región de los llanos contiene diferentes tipos de bosques; desde bosques húmedos tropicales y bosques subtropicales siempre verdes a bosques deciduos secos en la llanura chaqueña, grandes áreas de sabanas naturales y pampas de inundación estacional, así como sabanas inundadas y sistemas anegados de humedales y pantanales.

## **Aspectos Macroeconómicos**

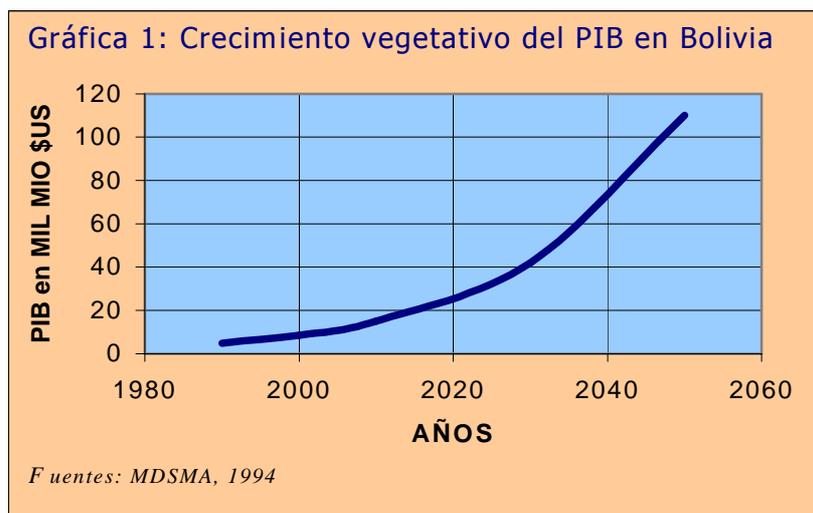
El modelo económico que ha sido aplicado desde 1982, se inscribe en la economía de mercado. La nueva visión del gobierno de Bolivia describe al modelo económico como Economía Social de Mercado orientada a mejorar los mecanismos de distribución para revertir las condiciones de pobreza y desigualdad existentes en el país.

Bolivia tiene actualmente un Producto Interno Bruto estimado de \$us 8.5 mil millones con tasas de crecimiento estables desde 1986 entre 4 y 5%. Las proyecciones del crecimiento vegetativo del PIB muestran la siguiente tendencia: El PIB alcanzaría a \$us

9 mil millones para el año 2000, y aproximadamente \$us 42 mil millones para el año 2030 (gráfico 1).

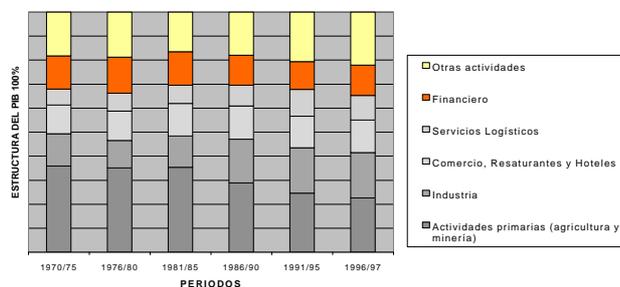
La inflación también ha sido estabilizada a partir de 1986 alrededor de 18%, y 11% en 1995 (PNUD. 1998), sin embargo en 1998 esta estuvo por debajo de 5% con valores similares desde el año 1997.

Así mismo la cartera neta del sistema bancario nacional entre 1997 y 1998 creció en 22% pasando de US\$ 2.853 millones a US\$ 3.468 millones. Mientras el déficit del sector público es de alrededor 4% del PIB (PNUD. 1998).



El sector productivo de la economía boliviana ha tenido en los últimos 30 años cambios significativos. La participación de los diferentes sectores en el PIB se ha modificado. Los sectores primarios han disminuido su participación. En el periodo 1970-75 estos representaban el 36% en promedio, mientras que para el periodo 1996-97 estos solo llegaban al 23%.

**Gráfica 2: Composición del PIB 1970 - 1997**



El mayor crecimiento se da en los sectores de la industria, el comercio y los servicios además de un crecimiento de los servicios logísticos (transporte, almacenamiento y comunicaciones) lo que muestra una tendencia a la terciarización de la economía, a pesar de que todavía un 43% de la Población Económicamente Activa realiza labores agrícolas.

Las actividades en los sectores de Telecomunicaciones y Electricidad vienen creciendo aceleradamente beneficiadas por las medidas de reestructuración de los sectores a través de la capitalización y privatización de las empresas del Estado.

La actividad industrial, todavía pequeña, esta más bien concentrada en pequeñas unidades de producción manufacturera, el porcentaje de industrias medianas y grandes es menor a 10%.

Los sectores primarios (minería y agricultura) han disminuido notablemente su participación en la economía en el periodo 1970 – 1997 (gráfico 2). Además de esto, se ha producido un cambio en las prácticas mineras fortaleciéndose el sector de la minería aurífera tanto en el occidente de Bolivia como en los ríos de la cuenca amazónica.

El sector agrícola representa al año 1995 el 15% del PIB (G-DRU. 1996) y 11% del PIB para el año 1996 (Departamento de Información y Estadísticas. SNAG. 1997. cit. Cruz. D.. 1998) con tasas de crecimiento de 1990 a 1993 entre 4 y 12% (AGRODATA. 1994) y una tasa promedio de crecimiento de 3% entre 1988 y 1995 (G-DRU. 1996). Las tasas de crecimiento del sector agrícola industrial, concentrado en su mayor parte en el área de manejo integrado de Santa Cruz, para el mismo periodo es de 16% con un máximo en su crecimiento de 48% en el periodo 1990/91. En el mismo periodo de tiempo se nota una disminución de la participación del PIB de la producción de coca -0.6% en el periodo 1988/95 y crecimientos moderados a bajos en la producción pecuaria y las actividades de silvicultura, caza y pesca: 1,4 y 1.7 respectivamente.

En el periodo 1996/1997 la actividad productiva disminuyó, aún más, su ya bajo ritmo de crecimiento, como consecuencia de varios factores, entre ellos la política orientada a mejorar los factores macroeconómicos y la imagen externa, la todavía incipiente política de estímulo productivo y la falta de normativas modernas que puedan regular el mercado y las reglas de competencia.

**Cuadro 1: Producto Interno Bruto por actividad económica y población económicamente activa por actividad**

Rama de Actividad	Participación en el PIB al 1995	Índice de crecimiento en el periodo 1988/95	Porcentaje de la PEA (7 años y más)
Agricultura. Ganadería. Caza y Pesca	15%	3%	44%
Minería	6%	7%	2%
Hidrocarburos	4%	3%	-----
Industria manufacturera	17%	4%	10%
Servicios de electricidad. Gas y Agua	2%	8%	0.3%
Construcción y obras públicas	3%	6%	-----
Comercio	9%	5%	-----
Transporte. Almacenamiento y Comunicaciones	9%	6%	10%
Servicios Financieros. seguros. bienes inmuebles y serv. Prestados a las empresas	11%	4%	5%
Servicios Comunales Sociales y Personales	4%	4%	0.4%
Restaurantes y Hoteles	3%	5%	aprox. 6%
Servicios de la administración pública	11%	1%	-----

Fuentes: INE. 1995. Anuario Estadístico. La Paz; INE. 1996. Dpto. de Cuentas Nacionales. La Paz  
PEA: Población Económicamente Activa.

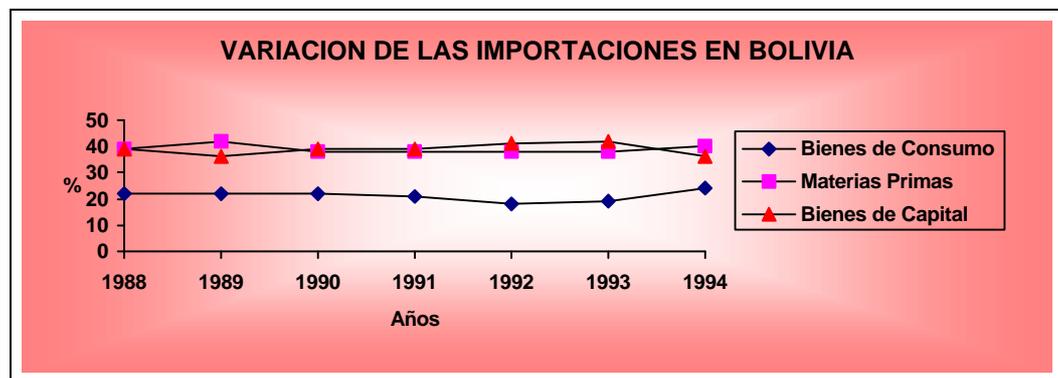
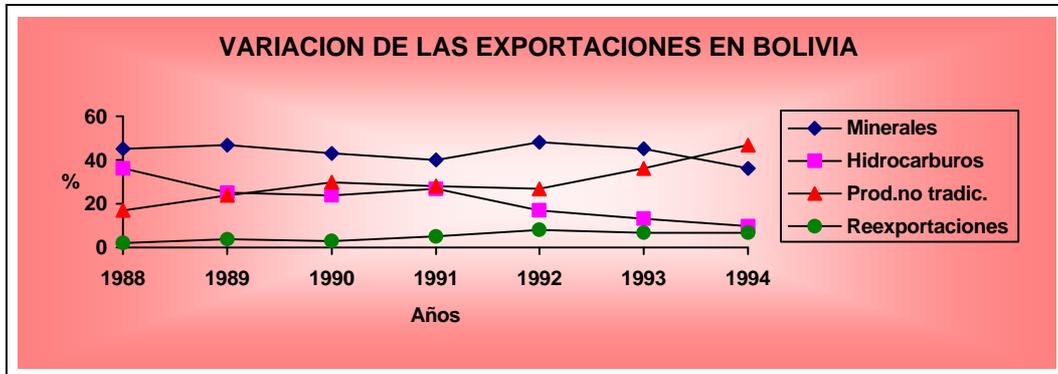
Las principales exportaciones de Bolivia en 1994 se centraron en los productos tradicionales entre ellos la minería (36%) y los hidrocarburos (10%), habiéndose producido un importante crecimiento en las exportaciones de los denominados productos no tradicionales (47%) y las reexportaciones (7%) (gráfico 3).

Bolivia todavía es un país dependiente de la exportación de productos básicos. La proporción de productos manufacturados en las exportaciones es de 13%; estos están basados en su totalidad en recursos naturales como la industria de alimentos, textiles y madera, mientras que es importadora neta de productos con contenido tecnológico.

Las importaciones de Bolivia se concentran en bienes de consumo, materias primas y productos intermedios, así como bienes de capital. En 1994 las importaciones de bienes de consumo fueron del 26%, de materias primas y productos intermedios 44% y de

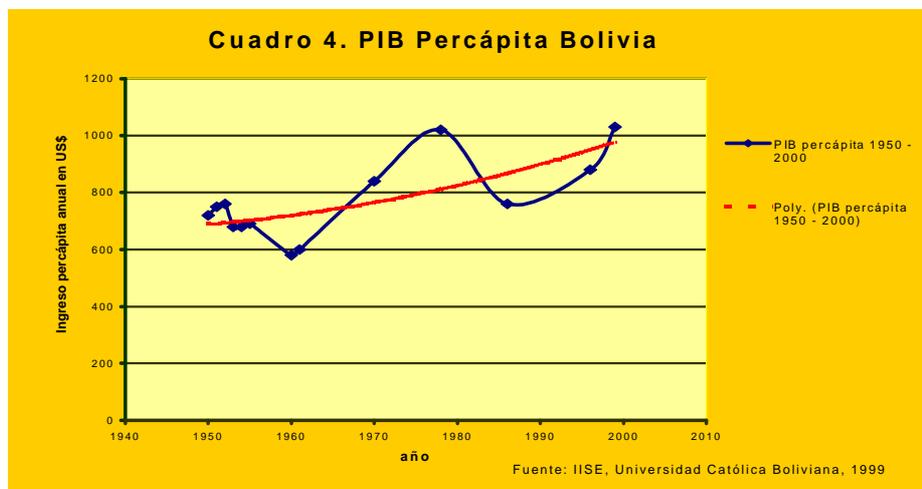
bienes de capital para la agricultura, transporte e industria alrededor de 40%. (gráfico 3).

**GRAFICO 3. VARIACION DE EXPORTACIONES E IMPORTACIONES**



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (INE).

En materia de desarrollo económico, la economía boliviana ha tenido logros moderados en los últimos 30 años. La utilización del PIB per cápita es un indicador efectivo para describir el desarrollo económico. Los valores del PIB per cápita de los años 90 de entre 750 a 1030 \$US apenas alcanzan los valores de entre 900 y 1000 de los años 70 (gráfico 4).



Los principales problemas estructurales que enfrenta la economía boliviana según el Plan General de Desarrollo Económico y Social PGDES 1997 - 2002 son:

- la fragilidad del sistema fiscal que resulta de una base de ingresos inestable.
- el bajo nivel de ahorro interno y consecuente dificultad de incrementar los recursos de inversión.
- la debilidad del sistema financiero que aún mantiene características oligopólicas.
- la insuficiencia de recursos públicos que impide alcanzar mejores niveles de desarrollo humano.
- la deficiente provisión de infraestructura física que dificulta el despliegue de capacidad competitiva e incrementos en la productividad.
- el déficit de la oferta interna de alimentos.
- el estancamiento de las exportaciones tradicionales y el escaso dinamismo de las no tradicionales.
- y el creciente déficit de la balanza comercial que alcanzó en 1997 a 630 millones de dólares.

En el marco de la integración del Cono Sur, Bolivia tiene grandes expectativas de convertirse en el País capaz de articular geopolíticamente la integración económica de América del Sur lo que presiona fuertemente la necesidad de aumentar la competitividad de las diferentes regiones del país para hacer frente a los requerimientos de mercados más amplios, de mayor grado de diversidad y contenido tecnológico.

Desde el punto de vista de internacionalización, Bolivia tiene baja protección arancelaria y es un país que fomenta la inversión extranjera a través de normas de protección de las inversiones. La participación de la Inversión Directa Extranjera (IDE) es de 7.8% lo que la ubica en el puesto 9 (PNUD. 1998). Entre 1992 y 1997 la inversión extranjera se incrementó en un 276%, para 1997 la inversión extranjera llegó a 636 Millones de dólares, 16% mayor a la inversión pública ejecutada en el mismo periodo (Escobar. J.. 1999).

Sin embargo, en el área internacional, Bolivia tiene todavía una serie de dificultades. Los déficits en la cuenta corriente superan el 5% del PIB y la deuda externa es el 338% de las exportaciones y el 61.4% del PIB (PNUD. 1998).

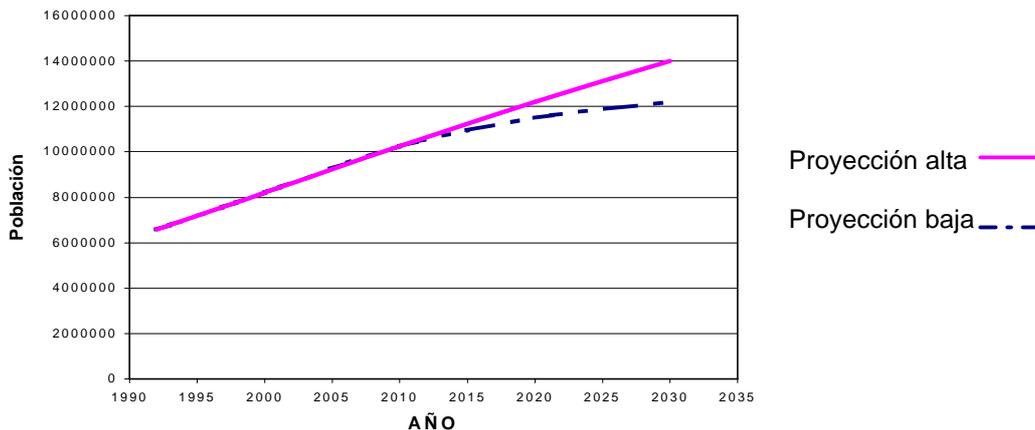
El gobierno de Bolivia a iniciado en los últimos 13 años una serie de medidas para aumentar la competitividad de Bolivia en el Cono Sur, aumentar la productividad y mejorar la imagen de Bolivia a nivel internacional. A través del proceso de capitalización el Estado adquiere socios estratégicos para llevar adelante las empresas que hasta entonces estaban conducidas por el Estado. Las acciones que el Estado mantiene con sigo le permitirán obtener recursos para atender mejor a los sectores sociales, mantener la base de recursos naturales y efectivizar los mecanismos de fiscalización.

Complementario a estas medidas el Estado boliviano viene llevando a cabo una serie de medidas para mejorar el funcionamiento y darle mayor seguridad a los mercados bursátiles así como sentar las bases para la fiscalización de estos mercados a través de las Superintendencias de Bancos, Pensiones, Valores y Seguros.

## Transición Demográfica y desarrollo humano

La Población de Bolivia estimada actualmente es de 8 millones de habitantes con una tasa de crecimiento anual de 2.35% (INE. 1995).

En términos generales, según las tendencias nacionales de desarrollo humano las tasas de fecundidad tienen la tendencia a disminuir lo mismo que los niveles nacionales de mortalidad. Según las proyecciones de población del INE y del UNFPA la población nacional para el año 2030 estaría entre 12 a 14 millones de habitantes (gráfico 5) (IISE. 1999).



**Gráfico 5: Proyección de la población de Bolivia al año 2030**

Ambas proyecciones utilizan tasas de crecimiento poblacional decrecientes. A partir del año 2010 los valores estimados por el INE bajan de 2.18% a 1.98% para el periodo 2005/2010 y hasta 1.29 para el periodo 2025/2030. La tasa de fecundidad también decrece de alrededor de 4% para el periodo 1995/2000 a alrededor de 2.5% para el periodo 2025/2030 (IISE. 1999)

### **Proceso de urbanización**

Bolivia todavía tiene niveles bajos de urbanización en comparación a la región (Sudamérica), según el Censo de Población y vivienda (INE. 1992) la población urbana representa el 57.5% y la rural el 42.5% frente al grado de urbanización de la región de 78%. a pesar de que los valores de crecimiento urbano son los más altos de la región 4% frente al promedio regional de 2.5% (PNUD (c ). 1996).

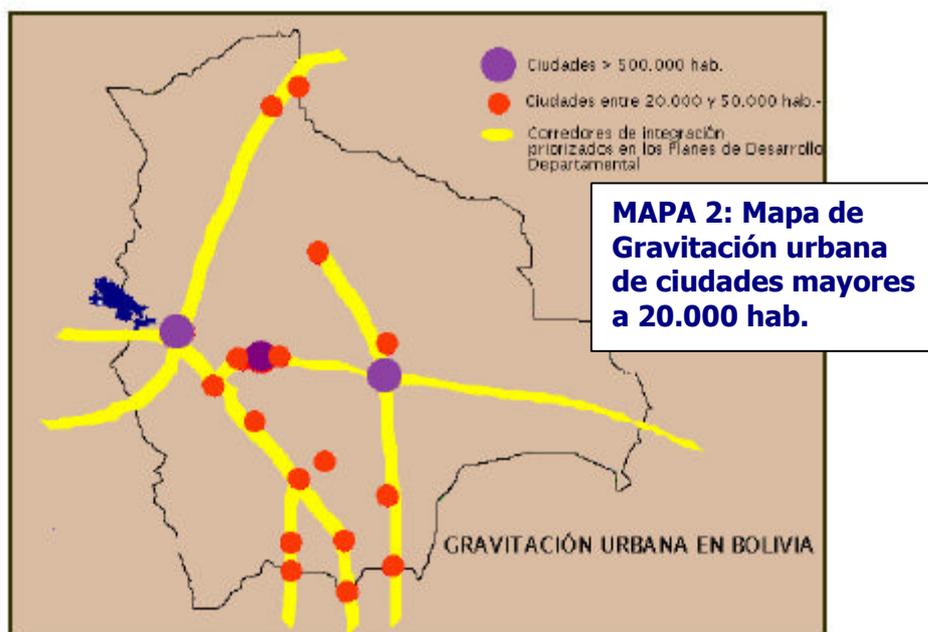
Actualmente se estima que los niveles de urbanización son mayores sin embargo no se tienen datos oficiales. Las proyecciones de población, según varias fuentes, estiman que la población urbana representará al 2025 el 75% a 80% de una población total del país, lo que anticipa una tendencia clara a la urbanización de la economía.

Los datos de Población de los Censos de Población y Vivienda de los años 1976 y 1992, muestran claros procesos de urbanización y concentración de la población en ciudades grandes e intermedias.

Las ciudades de mayor jerarquía son ciudades de más de 500.000 habitantes del denominado eje troncal las cuales acogen a dos terceras partes de la población urbana del país y a cuatro de cada cinco económicamente activos con un crecimiento promedio anual del orden de 5% (PNUD (a). 1998). Otras 16 ciudades intermedias de más de 20.000 habitantes albergan al 30% de los habitantes urbanos de Bolivia. Estas ciudades han triplicado su población en 15 años y muestran una fuerte gravitación en el oriente del país. En los valles y llanos las tasas de crecimiento promedio de estas ciudades son del orden de 9% mientras que en el altiplano la tasa de crecimiento esta por debajo de 3% (PNUD (a). 1998. 159). (Mapa 2).

Otros 104 poblados y localidades de más de 2.000 habitantes se encuentran distribuidos en forma dispersa sobre el territorio con fuerte gravitación en los llanos. El perfil de su crecimiento es bajo y negativo en los valles y el altiplano.

Otro análisis correlativo muestra que de 1950 a 1992 surgieron 23 ciudades de más de 5.000 habitantes en el oriente mientras que en el occidente incluyendo los valles solo se formaron 6 nuevos centros urbanos de estas características (Bairon. 1996).



*Fuente: PNCC*

Según Bairon (1996) un centro urbano de 5.000 habitantes, tiene aproximadamente 1.000 viviendas y ocupa unas 80 hectáreas brutas, demanda 1.300 empleos estables pero de baja productividad en un 75%, la importancia económica se acomoda al tamaño de la población del país, a su grado de desarrollo y a la distribución de su infraestructura educativa y de salud, también se observa un sector de transportistas, comerciantes, etc.

Las ciudades mayores a 5000 habitantes empiezan a mejorar su relación población/población económicamente activa por lo que muestran cierta tendencia hacia el crecimiento y hacia la concentración de población. Mientras que ciudades entre 2.000 y 5.000 habitantes tienden más a mantener índices de crecimiento naturales (por balance natalidad - mortalidad) e inclusive a la expulsión de población económicamente activa. como sucede con las poblaciones menores.

Los procesos naturales de urbanización y concentración de los mercados se seguirán acentuando, esta vez con fuerte apoyo de inversiones en infraestructura caminera priorizada por los Planes Departamentales de Desarrollo Económico y Social (PDDDES) puede consolidarse a escala nacional un desarrollo acelerado de 16 ciudades intermedias de más de 20.000 hab., y generar una nueva dinámica de inversión pública y privada, así como de la respuesta del Estado en cuanto a la distritación municipal y el ordenamiento territorial. Otras 31 ciudades mayores a 5.000 habitantes podrían tener también una función logística en el territorio y consolidarse como mercados importantes en el proceso de consolidación de la red urbana en el país.

## Desarrollo humano

Según la clasificación en el Índice de Desarrollo Humano, (IDH), Bolivia ocupa el puesto 116 con un PIB real per cápita (PPA en dólares) de 2.612 (PNUD (a). 1998).

Si bien según esta clasificación Bolivia ocupa un lugar entre los países de Desarrollo Humano medio todos los indicadores sociales muestran una situación dramática en los niveles de desarrollo humano. A nivel de América Latina Bolivia es el quinto país de menor IDH.

Existe una fuerte brecha de desarrollo humano entre la ciudad y el campo. La diversidad de los mercados y la infraestructura de transporte y comunicaciones es proporcional al tamaño de la ciudad. De la misma manera los patrones de consumo energético cambian de acuerdo al tamaño de la ciudad; ciudades más grandes tienden a tener mayor consumo per cápita. De la misma manera los niveles de Desarrollo Humano son susceptibles a disminuir a medida que las ciudades son menores.

Las ciudades han obtenido desde los años 70 mejoras evidentes en los Índices de Desarrollo Humano; descensos significativos en los niveles de mortalidad y fecundidad mientras en las zonas rurales los ritmos de cambio han sido más lentos. En las áreas urbanas la tasa global de fecundidad (TGF) es de 3.8 hijos por mujer mientras que en las áreas rurales es de 6.3 así mismo la mortalidad infantil en las ciudades es de 58 por mil mientras que en las áreas rurales de 98 por mil (Desarrollo Humano en Bolivia. 1998).

Según "MAPA DE LA POBREZA" (MDE, 1995) una parte considerable de la población tiene insatisfechas sus necesidades esenciales al no contar con acceso adecuado a los servicios e insumos básicos, salud y/o vivienda, en el área rural la pobreza afecta al 94% de los hogares.

La misma disparidad ciudad-campo se da a nivel de educación; mientras en las ciudades la población mayor a 15 años de edad alcanza índices de alfabetismo entre 96 y 97 % en hombres y de 85 a 92% en mujeres, los índices de alfabetismo de hombres mayores a 15 años en ámbitos rurales oscila entre 72 y 83 % y entre 44 y 65 % en mujeres (Desarrollo Humano en Bolivia. 1998).

Las brechas entre la ciudad y el campo se agudizan en los niveles de educación alcanzados. En las ciudades la tasa bruta de escolaridad (TBE) es del 83% y en las áreas rurales es de 63%. Asimismo 4 de cada 10 jóvenes que alcanzan niveles secundarios en todo el país, solo el 5.5% proviene de áreas rurales (Mapa de la Pobreza. 1995); en las zonas rurales existen problemas de diversa índole para lograr mayores índices de escolaridad, los factores más críticos están relacionados con la situación económica familiar (trabajo de los jóvenes) y la deficiente capacidad instalada del sector educativo. Así por ejemplo en todo el Departamento de Pando existen 14 colegios secundarios de los cuales 11 se encuentran en Cobija (ZONISIG. 1997). Esta realidad de concentración

de la infraestructura educativa en áreas urbanas es extrapolable a la mayor parte del territorio nacional y a otros servicios del estado como el servicio de salud.

Procesos análogos de concentración se observan al revisar las brechas existentes en infraestructura productiva pues esta tiene clara correlación con los procesos de asentamiento humano. Allí donde existe mayor densidad poblacional la presión demográfica es mayor por lo que es necesario optimizar los procesos productivos a través de la tecnificación y organización; esto resulta en mayor infraestructura productiva, mayores niveles de tecnificación, niveles más complejos de organización y mayores niveles de asistencia estatal.

Este proceso de desarrollo de ciudades intermedias puede traer consigo mejoras en la distribución de la población en el territorio, así como coadyuvar a reducir las brechas de desarrollo humano.

## Perfil energético

Bolivia se ha caracterizado por ser un país productor de hidrocarburos lo que ha hecho que el marco energético en el cual se desenvuelve el país se torne vital para la economía nacional. En 1990, el sector energía generó el 45% de los ingresos del tesoro general de la nación, 26% de las exportaciones nacionales, y representó el 35% de la inversión pública y el 7% del saldo de la deuda pública.

Las fuentes energéticas para la producción de energía en el país son en su mayoría combustibles fósiles. La estructura de producción de energía al año 1995 esta compuesta de la siguiente manera (cuadro 2):

### Cuadro 2: Estructura de producción de energía

gas natural	64 %
Hidroenergía	6 %
Petróleo crudo	19 %
Biomasa	11%

fuentes: SNE<sup>1</sup>. cit. Hanna. J.. 1998. 6

Otras fuentes energéticas como la energía solar y la energía geotérmica son todavía escasamente explotadas (Hanna. J.. 1998. 7).

Según el Programa Nacional de Cambios Climáticos (MDSMA. 1997. cit. Hanna. J. 1998) el consumo de energía al año 1995 tiene la siguiente composición (cuadro 3):

---

<sup>1</sup> Secretaría Nacional de Energía

### Cuadro 3: Estructura de consumo de energía

Industrial	33 %
Transporte	32 %
Residencial	27 %
Comercial	7 %
Agropecuario	0.2 %

Fuente: SNE. cit. Hanna. J.. 1998. 6

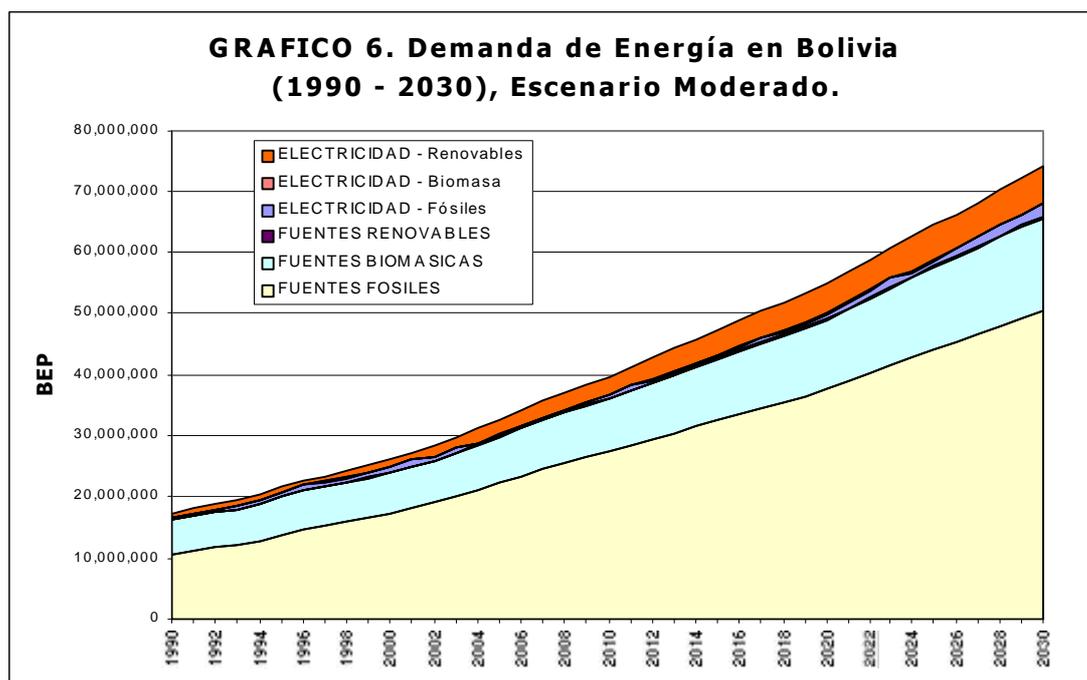
El principal energético utilizado en Bolivia es el diesel oil (3.65 millones de BEP y 17.52% del consumo energético nacional en 1995), seguido por la gasolina (16.5%), la leña (16%), el gas natural (15 %). el bagazo (9 %). el GLP (9 %) y la electricidad (8 %) (MDSMA. 1998. cit. Hanna. J.. 1998. 7).

Existe una demanda insatisfecha de bienes energéticos sobre todo en el ámbito rural (poblaciones menores a 2.000 habitantes). En ámbitos rurales el porcentaje de la población que cuenta con energía eléctrica es de 9% en el altiplano, 29 % en los valles y 0.02% en los llanos (INE. 1996). Mientras que en ciudades mayores a 20.000 habitantes este porcentaje aumenta en promedio al 60% llegando a 90% en ciudades capitales y ciudades mineras mayores a 5.000 habitantes del occidente que cuentan con el Sistema Interconectado Nacional (ibid). Existe pues una clara concentración de la disponibilidad de energía eléctrica en las ciudades grandes mayores a 100.000 habitantes, otras ciudades mayores a 20.000 habitantes tienen sistemas aislados al Sistema Interconectado Nacional.

La capacidad instalada en equipamiento para la generación de energía eléctrica al año 1995 es de 802.2 MW (Secretaría Nacional de Energía. cit. Hanna. J.. 1998. 7) y se proyecta una ampliación de la capacidad instalada de 547.4 MW hasta el año 2005 dentro del Sistema Interconectado Nacional (MDSMA. 1997. cit. Hanna. J.. 1998).

La Estrategia del Programa de Electrificación Rural (versión preliminar) contempla en los próximos años aproximadamente 500 proyectos de electrificación rural para beneficiar a aproximadamente 100.000 hogares (20% de la población rural). Dentro de la estrategia el 52% de los proyectos son de uso de fuentes renovables entre solar, hidroeléctrica y eólicos en pequeña magnitud; otro 36% contempla la ampliación de redes eléctricas, mientras que el resto son proyectos de biomasa, generación a diesel y gas natural.

El gráfico 6 muestra la proyección de la demanda de energía por combustibles fósiles, uso de biomasa y energías renovables. Se puede apreciar que el proceso de demanda a través de energías renovables es muy pequeño comparado con la energía fósil.



Fuente: PNCC, 1999.

## Perfil ambiental

Bolivia es un país con una densidad demográfica del orden de 7.0 habitantes por kilómetro cuadrado, y con altos niveles de biodiversidad: 319 especies de mamíferos (Beck. S. et al. 1993), 1.274 especies de aves (PNUD (c). 1996) y aproximadamente, 17.000 especies de plantas mayores. El cuadro 4 establece valores de especies importantes.

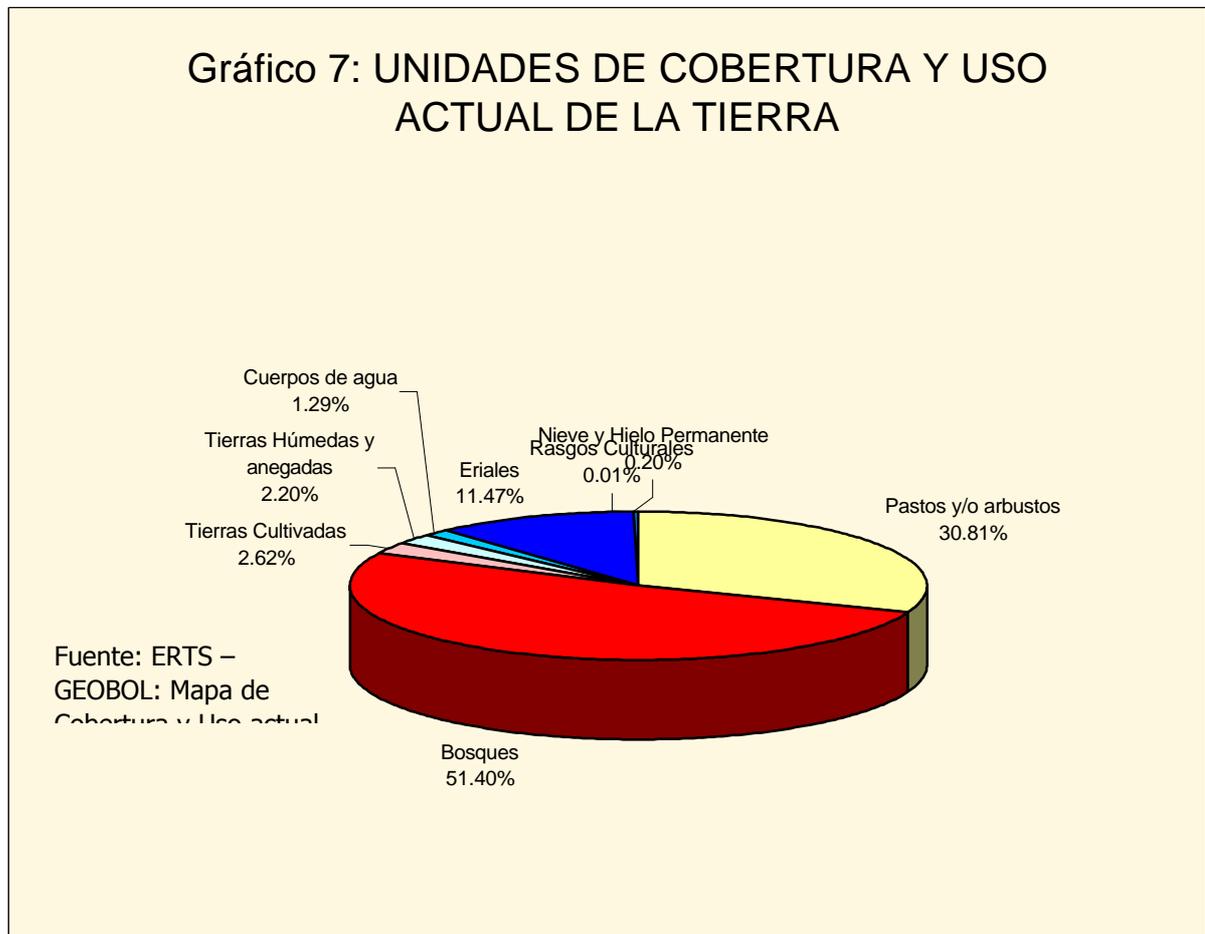
**Cuadro 4: Biodiversidad de especies en Bolivia**

	TOTAL	Número de especies endémicas	Amenazadas
Plantas			
Angiospermas	17.000	4.000	43
Gimnospermas	16	4	0
Pteridofitas	1.300	-	-
Briofitas	1.200	-	-
Animales			
Mamíferos	319	19	38
Aves	1.274	17	82
Reptiles	220	17	10
Anfibios	112	23	2
Peces	500	10	8

Fuentes: Beck 1993; Ergueta y Morales (eds.). 1996 cit. PNUD (a). 1998; PNUD (c) 1996

Bolivia tiene un total de 18 áreas protegidas, bajo gestión, dentro del Sistema Nacional de Areas Protegidas (SNAP) de categoría UICN I a V que hacen un total de 13.71% del territorio nacional, las cuales cubren ecosistemas de montaña, humedales y sistemas de lagunas, así como áreas de bosques subtropicales y tropicales. Dentro de este sistema de áreas protegidas cuenta con 435.000 ha de reserva de la biosfera y un total de 15.06 millones de hectáreas declaradas áreas protegidas y 15 millones de hectáreas en tierras de protección y reservas de inmovilización (SNAP, 2000; INRA. 1997). El gráfico 7 sintetiza el porcentaje de unidades de cobertura y uso actual de la tierra en Bolivia.

**Gráfico 7: UNIDADES DE COBERTURA Y USO ACTUAL DE LA TIERRA**



La superficie de Bosques es de 53.4 Millones de hectáreas (Fuente: Mapa Forestal de Bolivia, 1995) lo que significa el 48.7% de la superficie total del país, la mayor parte se encuentra en los llanos del este y norte boliviano. La distribución de los bosques en Bolivia corresponde al siguiente esquema:

Región Amazónica	22.18 Millones de has.
Región Chiquitana	7.49 Millones de has.
Región Chaqueña	10.07 Millones de has.
Región Andina	13.45 Millones de has.

El valor más aceptado para la tasa de deforestación promedio entre 1971 a 1987 es de 140.000 hectáreas por año. Según el "FAO Production Yearbook" en el mismo periodo se redujeron 21.2 Millones de hectáreas de bosque. Se estima que esta tasa de deforestación para la actualidad es mayor a 150.000 hectáreas al año otras fuentes mencionan un crecimiento espacial de la actividad agrícola en desmedro del bosque en algunos lugares del orden de 6% anual.

Durante el periodo agrícola 1994/95, la superficie cultivada de todo el país era de 1.646.691 has (INE. 1995) lo que implica el 1.65% de la superficie total del país. Esta superficie se incremento a 1.82% del territorio nacional el siguiente año 1996/97 (Cruz. D..1998. 10) y posteriormente se redujo a 1.67% el año 1997/1998. El mayor incremento es el de cultivos industriales con un crecimiento promedio entre 1988 y 1995 de 16.47% en términos del PIB (G-DRU. 1994).

Según el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA) en el periodo de 1953 a 1993 fueron distribuidos para usos agropecuarios 44 millones de hectáreas lo que significa el 42% de la superficie del país que al parecer todavía no alcanzan a ser cultivados en su verdadera dimensión.

El Marco General para el Ordenamiento Territorial (MDSMA. 1997) realiza la siguiente propuesta de uso del suelo:

Agropecuario intensivo	3.7%
Agropecuario extensivo	22.7%
Ganadero extensivo	25.8%
Agrosilvopastoril	2.8%
Forestal	21.9%
Restringido	12.4%
Áreas protegidas	8.7%
Cuerpos de Agua	1.0%

Con lo que se destinaría aproximadamente el 52.8% de la superficie del país para usos agropecuarios. De los cuales el 25.8% estaría destinado para usos ganaderos, principalmente en sabanas naturales que deberían ser manejadas apropiadamente. Se propone mantener el nivel de 3.7% de usos agropecuarios intensivos. Se mantendría el nivel de 8% de áreas protegidas en el marco del Sistema Nacional de Áreas Protegidas además de 12% de áreas de uso restringido para la protección de cuencas y bosques. Además se contempla el uso Agrosilvopastoril en especial dentro de las tierras comunitarias de origen (INRA 1997. MDSMA 1997).

Según el II Censo Nacional Agropecuario existen en el país 314.600 unidades agropecuarias con una disponibilidad de uso de 22.6 millones de hectáreas.

Otras fuentes como el CEDLA (cit. Paz. D.. 1998) estima la existencia de 550.000 unidades de pequeños productores ubicados en su mayoría en el altiplano en los valles y las tierras de colonización de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Tarija, unas 50.000 unidades de empresas agrícolas, ganaderas y forestales y 45.000 familias de grupos étnicos con formas específicas de manejo forestal y silvícola (Paz. D.. 1998).

La expansión de la frontera agrícola se encuentra mayormente asociada a cultivos industriales de soja, arroz, trigo, maíz y caña de azúcar y fuertemente concentrada en el Departamento de Santa Cruz y asociada a la conversión de áreas de bosque.

También el surgimiento de nuevos polos de desarrollo, todavía pequeños en tamaño, en los departamentos de Beni y Pando. el norte de La Paz y en la zona chaqueña de los departamentos de Chuquisaca y Tarija vienen acompañados de la habilitación de tierras de cultivo y para la ganadería.

Este tipo de agricultura extensiva, es de difícil adaptación a los planes de uso del suelo (PLUS) y a lineamientos detallados de capacidad de uso de la tierra por lo que genera fuertes tensiones con el mantenimiento de los recursos. Este es sin embargo el patrón de uso agrícola que más tiende utilizarse en todo el oriente boliviano.

Una tercera zona de expansión de la frontera agrícola se da en el Chapare, donde a través del denominado "desarrollo alternativo" se vienen generando huertos de producción de banano, piña y especies (todavía en pequeña escala) en respuesta a la producción de coca excedentaria.

Los asentamientos espontáneos de colonos en todo el vasto territorio se da a través de vectores humanos de asentamiento en las áreas periurbanas e inmediaciones a ciudades, a lo largo de caminos y carreteras pero también a lo largo de vectores naturales de asentamiento como ríos y canales.

Al occidente boliviano. la agricultura se caracteriza por ser una agricultura de pequeñas unidades productoras "agricultura de base campesina", en la mayoría de los casos agricultura de subsistencia con escasos excedentes para ser intercambiados en los mercados.

En muchos casos se vienen fortaleciendo las capacidades productivas en el altiplano y en los valles a través del aumento de áreas irrigadas, complementaridad productiva entre distintas regiones en la producción de semillas y plantines, el mejoramiento genético de semillas y el mejoramiento de la sanidad animal. Este proceso de mejoramiento se encuentra en su fase de extensión después de estudios y experiencias aisladas, sin embargo todavía no alcanza los niveles requeridos para asegurar la alimentación de la población y aumentar su competitividad en los mercados.

Se estima que el 59.2% de los suelos del país se encuentran sometidos a erosión hídrica potencial fuerte (18.3%) o muy fuerte (40.9%) (SNRNMA. 1995). En la región andina, particularmente en los valles secos interandinos el 4.6% de territorio esta constituido por arenales con fuertes tendencias de desertificación por erosión eólica. En la región del Chaco la influencia del viento puede convertir en dunas a aproximadamente un millón de hectáreas (Bojanic. 1997).

El patrón de uso intenso que se ha dado a la tierra, ha llevado al agotamiento de su fertilidad y ha degenerado en su proceso de erosión, debido a una escasa capacidad de manejo y conservación del suelo, particularmente en el altiplano y los valles.

La erosión de los suelos es uno de los principales problemas ecológicos de Bolivia, producto del uso inadecuado de las tierras, el cual se inicia con la pérdida de la fertilidad de los suelos y posterior modificación de las propiedades edáficas de los suelos. Se ha estimado que la superficie territorial con problemas de erosión fuerte a muy grave alcanza a 275,544 km<sup>2</sup>, equivalente al 61% de la región árida, semiárida y subhúmeda seca de Bolivia (Fuente: Dirección de Conservación de tierras, 1996).

Asimismo, en las regiones subtropicales y los llanos del oriente y el Sud, también se manifiestan los signos de una inadecuada administración silvicultural y de los recursos de la flora y fauna, principalmente en las zonas afectadas por la colonización espontánea, situación que deriva en la erosión de los suelos.

Los procesos de salinización de los suelos por las prácticas de riego afectan a casi la mitad de la superficie irrigada (Gandarillas. H.. 1997).

La presión de uso sobre los suelos y las prácticas inadecuadas de conservación de suelos. sobre todo en el área integrada de Santa Cruz, pero también en escala creciente en otras áreas de colonización vienen deteriorando grandes extensiones de suelos agrícolas. De continuar con esta tendencia se reducirá las ya escasas áreas de aptitud agrícola (2.6% según ERTS – GEOBOL. 1978) en el país (Bojanic. 1997).

Los recursos hídricos en varios lugares amazónicos se encuentran en su régimen afectados por la erosión lo cual se intensifica por efectos de la deforestación. Por otra parte muchos arroyos y ríos que cruzan por centros poblados menores y medianos, que no cuentan con sistemas efectivos de alcantarillado y recolección de residuos, sufren las sobrecargas de la contaminación urbana (principalmente biológica).

En este sentido la Ley INRA determina lugares de protección de cuencas para proteger los cauces y evitar la erosión hídrica, por otra parte el Estado boliviano viene avanzando en la legislación sobre el saneamiento básico de poblados menores y medianos en concordancia con las leyes respectivas al medio ambiente y la ley de aguas.

La contaminación de recursos hídricos es mayor en las grandes ciudades y en lugares de producción agrícola y minera; en este sentido existen estudios independientes para los recursos hídricos de la cuenca cerrada del altiplano así como para algunos ríos de la cuenca del plata fuertemente contaminados por la actividad minera y otros ríos amazónicos que han sufrido fuertes contaminaciones por la actividad agrícola (en especial la caña de azúcar) en el área integrada de Santa Cruz y minera en la cuenca del río La Paz.

Ríos de fuerte caudal han sido víctimas de catástrofes ecológicas por la contaminación minera en especial el río Pilcomayo y el río Desaguadero, así como el río Piráí por la actividad de la zafra en Santa Cruz.

No existen problemas generalizados de contaminación de aire en Bolivia. Esta contaminación se da en algunos meses del año por ciertas prácticas culturales y fiestas.

Existe certeza que la contaminación en algunas fechas del año (especialmente en la fecha de San Juan) excede los límites permisibles en las ciudades (Pinto. M.R.; Zaballa. M. com. per.), otra fuente de contaminación del aire son las quemas durante las épocas de chaqueo en los meses de Julio a Septiembre, cuando el humo dificulta la navegación aérea y constituye una amenaza para la salud con la aparición de enfermedades respiratorias.

La contaminación de metales pesados se da principalmente en lugares de explotación minera. En los lugares de explotación de oro existe sublimación de mercurio. También se han reportado concentraciones considerables de metales pesados en algunos lugares urbanos sobre todo plomo y cadmio.

## Legislación Ambiental

En los últimos 10 años el Estado Boliviano viene promulgando una serie de leyes para regir el aprovechamiento de los Recursos Naturales y promover el cuidado del Medio Ambiente en Bolivia. Al presente la mayor parte de la legislación se encuentra en proceso de discusión, reglamentación y/o aplicación.

La Ley del Medio Ambiente (**Ley 1333. del 27 de abril de 1992**) es el primer marco legal general relativo al medio ambiente y su protección. Esta ley rige sobre los recursos renovables y no renovables, salud y medio ambiente, educación ambiental, ciencia y tecnología, así como otras cuestiones relacionadas al fomento e incentivos ambientales.

El reglamento de la Ley de Medio Ambiente ha sido aprobado en diciembre de 1995, sin embargo esta ley será complementada por otras leyes como la Ley de Aguas, la Ley de la Diversidad Biológica y la Ley de Tierras o de Uso del Suelo, así como la Ley Forestal.

Así mismo se determina el marco institucional, del ministerio, de las prefecturas y de los gobiernos municipales, que dará vigencia a la presente ley y sus reglamentos.

La Ley del Medio Ambiente reglamenta la gestión ambiental con sus componentes de regulación con los siguientes componentes:

### **Prevención y el control ambiental**

En este contexto se determinan los procedimientos de la Evaluación de Impacto Ambiental, se genera el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SNEIA) así como el Sistema Nacional de Control de Calidad Ambiental (SNCCCA), y se determinan los procedimientos de inspección y vigilancia, auditorías ambientales así como las sanciones administrativas.

### **Contaminación atmosférica**

En el se fijan los parámetros necesarios para la administración de la calidad del aire así como el marco institucional responsable del cumplimiento del reglamento, se fijan parámetros para la evaluación y control de la contaminación atmosférica así como ruidos y olores contaminantes y para el control de calidad de combustibles. Se inducen elementos para la planificación urbana e industrial y los aspectos relativos al control vigilancia y sanciones respectivas.

### **Contaminación hídrica**

En este reglamento se definen los parámetros ambientales de los servicios municipales y cooperativas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, se definen los parámetros permisibles y conceptos necesarios para la legislación de descargas a cuerpos de agua, así como las regulaciones para el monitoreo y evaluación de la calidad de aguas y de los sistemas de tratamiento. Se induce a la conservación de aguas subterráneas y considera la contaminación de cuencas.

De la misma manera define los aspectos relativos al control, vigilancia y las sanciones respectivas.

### **Actividades con sustancias peligrosas**

Se genera en el marco institucional el Programa de Acción Intersectorial para Sustancias Peligrosas. Se crea un registro y licencia como uno de los procedimientos técnico administrativos, y se regula el manejo, generación, optimización, tratamiento, selección y recolección, transporte, almacenamiento y confinamiento de sustancias peligrosas.

La Ley Forestal (**Ley 1700. del 21 de diciembre de 1996**) tiene el objetivo de regular la utilización sostenible y la protección de los bosques y tierras forestadas además de garantizar la conservación de los ecosistemas y facilitar a toda la población el acceso a los recursos forestales.

Entre las regulaciones de la Ley Forestal se pueden destacar:

- Regulaciones sobre concesiones forestales.
- Regulaciones en cuanto al plan de manejo.
- La utilización de tierras de acuerdo a criterios de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra.
- Incentivos para la rehabilitación forestal de tierras degradadas.

También se establece un marco institucional encargado de administrar el régimen forestal del país.

La Ley del Servicio Nacional de Reforma Agraria (**Ley (INRA) 1715. del 18 de octubre de 1996**) tiene la función de establecer la estructura orgánica y atribuciones del Servicio de Reforma Agraria, definir el régimen de distribución de tierras, garantizar el derecho propietario sobre la tierra, regular el saneamiento de la propiedad agraria y la reforma de las instancias ejecutivas y judiciales competentes en materia agraria.

La ley define los derechos propietarios sobre la tierra, por otro lado sienta las bases para el uso sostenible del suelo.

La reglamentación de la ley INRA se encuentra todavía en elaboración. Esta reglamentación definirá lo concerniente a la "capacidad de uso mayor de la tierra"

La Ley de Vida Silvestre. Parques Nacionales. Caza y Pesca (**Ley 12301. del 14 de marzo de 1975**) y Ley de Conservación de la Diversidad Biológica tienen el objetivo de

regular la protección y comercialización de flora y fauna silvestre, y define las áreas protegidas. Se espera sustituir esta ley por la Ley de Conservación de la Diversidad Biológica para corregir sus falencias y asegurar la protección de los ecosistemas.

La Ley de Participación Popular (**Ley No. 1551. del 20 de abril de 1994**) esta orientada a fortalecer el poder local y aumentar la participación de la población en la toma de decisiones sobre el destino de los servicios del Estado. Por una parte promueve la distritación natural de espacios administrativos que conforman los municipios, reconoce a las Organizaciones Territoriales de Base (Pueblos Indígenas. Comunidades Campesinas. Juntas Vecinales) como organizaciones de coordinación y control popular así como la fiscalización de la gestión municipal. Por otra parte refrenda las funciones y competencias municipales establecidas en la Ley Orgánica de Municipalidades.

El Cuadro 5 sintetiza las circunstancias nacionales, a través de los diferentes indicadores.

## Cuadro 5. INDICADORES NACIONALES

CRITERIO	1990	1994	FUENTE
<b>Población</b>	6,179,952 Hab.	6,718,281 Hab.	INE- Censo Nacional de Población y Vivienda 1992, Pag 8
<b>Tasa de crecimiento poblacional</b>		2,35	INE- Censo Nacional de Población y Vivienda 1992
<b>Densidad poblacional</b>		6,7 hab/km2	
<b>Índice de Desarrollo Humano</b>		0,593	Inf. Desarrollo Humano 1994
<b>Tasa de Fecundidad</b>		4,6	INE- Censo Nacional de Población y Vivienda 1992
<b>Tasa de Mortalidad</b>		9,7	INE- Censo Nacional de Población y Vivienda 1992
<b>Tasa de Mortalidad Infantil (por mil nacidos vivos)</b>		75	INE- Censo Nacional de Población y Vivienda 1992
<b>Población Económicamente Activa</b>		3,9 Mio hab.	INE- Censo Nacional de Población y Vivienda 1992
<b>Población extrema pobreza (1992)</b> <b>Pobreza moderada (1992)</b> <b>Umbral pobreza (1992)</b>	2,109,870 hab. (36.8%) 1,964,271 hab. (33 %) 787,907 hab. (13.4 %)		Mapa de Pobreza, Enero 1995, cuadro 1.1. UDAPSO, INE, UPP,UDAPE.
<b>Esperanza de vida al nacer (años)</b>	56.84 años	59.33 años	Estimaciones y Proyecciones de la Población 1950-2050 INE, Pag 16, cuadro 8.
<b>Tasa de analfabetismo</b>	20 %	21.92 % (1992)	INE- Censo Nacional de Población y Vivienda 1992, Pag 29. Indicadores sociodemográficos por provincias, INE 1995.
<b>Áreas relevantes (km2)</b> Tierras Arables Cultivos permanentes Foresta- Bosques Otras tierras	20,400 km2 2,380 km2 556,080 km2 238,920 km2	22,000 km2 2,820 km2 553,920 km2 242,240 km2	Anuario de Producción FAO Vol.47 1993,pag 9, cuadro 1.
<b>PIB (\$us de 1990)</b> t/c: 3.17 UDAPE, vol.5 pag. 310, cuadro 4.5.1	4,871,651 \$us.	5,688,515 \$us.	Anuario Estadístico del Sector Rural 1995-1996. Pag. 17, cuadro 1.
<b>PIB percapita (\$us. de 1990)</b>	0.788 \$us.	0.846 \$us.	Elaboración propia en base al PIB y la población.
<b>Parte de la Industria en el PIB (%)</b>	16.96 %	16.74 %	Anuario Estadístico 1995, INE, Pag 171; cuadro 4.01.03.
<b>Parte de los Servicios en PIB (%)</b>	14.49 %	13.72 %	Anuario Estadístico 1995, INE, Pag 171; cuadro 4.01.03.
<b>Porción de la Agricultura en el PIB (%)</b>	15.35 %	15.18 %	Anuario Estadístico 1995, INE, Pag 171; cuadro 4.01.03.
<b>Área de tierra usada para propósitos de agricultura (km2)</b>	20,066 km2		Anuario Estadístico del sector Rural. Grupo DRU 1994. pag 125, cuadro 116.
<b>Población de ganado (desagregado como apropiado)</b>	5,543,385 Cabezas	5,912,050 Cabezas	Anuario Estadístico del sector Rural. Grupo DRU 1995-1996. pag 75, cuadro 20.
<b>Área forestal (km2, definido como apropiado)</b>	549,684 km2	545,684 km2	Mapa Forestal de Bolivia, memoria explicativa 1995
<b>Tasa anual de deforestación</b>		168.012 has	Mapa Forestal de Bolivia 1995
<b>Emisiones de CO2 percapita</b>		0.006 Gg/hab	PNCC- Sector energético y no energético

## A. CAPITULO II

### INVENTARIO NACIONAL DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

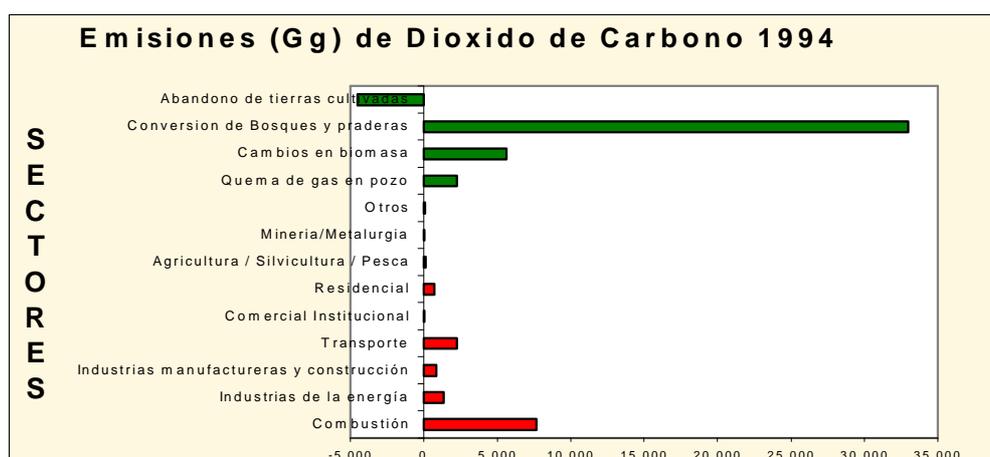
#### RESUMEN

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y las remociones por los sumideros para el año 1994, han sido calculadas siguiendo las guías metodológicas revisadas de 1996 del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (PICC - IPCC en inglés)) para la elaboración de Inventarios Nacionales de GEI.

Las actividades relacionadas con el cambio en el uso de la tierra y silvicultura, se constituyen en las más importantes contribuyentes de gases de efecto invernadero con 38.61 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, seguida del sector energético con 7.64 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>. y el sector de los procesos industriales contribuye 0.393 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>.

El dióxido de carbono emitido por el sector Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura, es preponderante debido en gran parte a la conversión de bosques y praderas, lo que implica que el avance de la frontera agrícola, junto a la colonización espontánea, es una de las mayores actividades generadoras de emisiones de GEI en Bolivia. Las emisiones del CO<sub>2</sub> por cambio en bosques y otra la biomasa leñosa llegan a 5.6 millones de toneladas; por conversión de bosques y praderas a 32.98 millones de toneladas, siendo que el abandono de tierras cultivadas produce una remoción de 4.54 millones de toneladas de dióxido de carbono.

Entretanto, en el sector energético, el sector del transporte incide con mayor fuerza en las emisiones, significando el 29.7% del total, en tanto que la quema de gas en campos de explotación significa el 29.3%, las industrias de la energía el 18%, la industria manufacturera 10.7%, y el uso residencial de energía 9.1%.



Otros gases como el metano ( $\text{CH}_4$ ), significan un total de 0.653 millones de toneladas de emisión, de las cuales 0.089 millones corresponden al sector energético, 0.5 millones de toneladas al sector agricultura (básicamente en el área de la fermentación entérica), 0.05 millones de toneladas al sector cambio en el uso de la tierra, como los más importantes.

El óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) emitido alcanza a 0.003 millones de toneladas, en tanto que el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) a 0.86 millones de toneladas, los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) a 0.11 millones de toneladas y los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVNM) 0.06 millones de toneladas. El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ) emitido alcanza a 0.005 millones de toneladas y los Hidrofluorocarbonos (HFCs) a 0.00001 millones de toneladas.

Es importante señalar que las emisiones, como producto de la aviación internacional, llegan a 0.17 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$ . (búncers internacionales).

La Tabla a continuación resume todos los componentes del inventario de emisiones de GEI para 1994.

Resumen General del Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero - 1994											
Gg											
CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	Emisiones de CO <sub>2</sub>	Remociones de CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVNM	SO <sub>2</sub>	HCFs	PFCs	SF <sub>6</sub>
									P		
<b>Total de Emisiones y Remociones Nacionales</b>	46,657.21	4,537.42	653.48	2.53	107.95	857.98	58.15	5.46	0.01	NO	NO
<b>1 Energía</b>	7,646.20		89.05	0.20	37.64	322.43	54.09	5.19			
A Actividades de Combustión	7,646.20		7.86	0.20	37.55	322.30	46.11	3.85*			
Método de Referencia	8,385.74										
Método por Categorías Fuente	7,646.20		7.86	0.20	37.55	322.30	46.11	IOP			
1 Industrias de la Energía	1,374.75		0.03	0.00	4.14	0.52	0.13	IOP			
2 Industrias Manufactureras y Construcción	823.15		0.06	0.00	2.54	0.36	0.08	IOP			
3 Transporte	2,269.88		0.43	0.03	24.00	154.68	29.26	IOP			
4 Comercial / Institucional	16.00		0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	IOP			
5 Residencial	695.76		0.06	0.00	0.59	0.54	0.06	IOP			
6 Agricultura / Silvicultura / Pesca	106.75		0.01	0.00	1.93	1.61	0.32	IOP			
7 Minería / Metalurgia	30.87		0.00	0.00	0.09	0.01	0.00	IOP			
8 Otros Sectores	86.93		0.03	0.00	0.79	10.25	1.92	IOP			
9 Quema de Gas Natural en Campos	2,242.11										
10 Utilización de Biomasa			7.24	0.14	3.44	154.34	14.34				
B Emisiones Fugitivas			81.19	0.00	0.09	0.13	7.98	1.34			
1 Petróleo y Gas Natural			81.19								
2 Precursores del Ozono y SO <sub>2</sub> Provenientes de la Refinación del Petróleo					0.09	0.13	7.98	1.34			
<b>2 Procesos Industriales</b>	393.90		0.00	NO	0.00	0.01	3.95	0.27	0.01	NO	NO
A Productos Minerales No Metálicos	393.90				0.00	0.00	0.75	0.23			
B Otros Procesos	NO		0.00	NO	0.00	0.01	3.19	0.04	0.01	NO	NO
<b>3 Uso de Solventes y Otros Productos</b>							0.11				
A Productos Químicos							0.11				
<b>4 Agricultura</b>			489.27	1.73	56.75	57.04					
A Fermentación Entrérica			462.54								
B Manejo de Estiércol			19.51	0.01							
C Cultivos de Arroz			5.04								
D Suelos Agrícolas				0.14							
E Quema Prescrita de Sabanas			2.16	0.03	0.97	56.67					
F Quema de Residuos Agrícolas en Campo			0.02	1.54	55.78	0.37					
<b>5 Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura</b>	38,617.11	4,537.42	54.67	0.38	13.56	478.51					
A Cambios en la Existencia de Biomasa en Bosques y Otra Vegetación Leñosa	5,629.38										
B Conversión de Bosques y Praderas	32,987.73		54.67	0.38	13.56	478.51					
C Abandono de Tierras Cultivadas		4,537.42									
D Emisiones o Absorciones de CO <sub>2</sub> en los Suelos	NE	NE									
<b>6 Residuos</b>			20.49	0.22							
A Disposición de Residuos Sólidos en Tierra			20.14								
B Manejo de Aguas Residuales			0.35								
C Emisiones de N <sub>2</sub> O Provenientes del Excremento Humano				0.22							
<b>Partidas Informativas:</b>											
<b>Bunkers Internacionales</b>	173.57		0.00	0.01	0.87	0.39	0.24	0.06			
Aviación	173.57		0.00	0.01	0.87	0.39	0.24	0.06			
<b>Emisiones de CO<sub>2</sub> Provenientes del Uso de Biomasa</b>	3,112.38										

\* Las emisiones de SO<sub>2</sub> provenientes por actividades de combustión en los diferentes sectores no han sido discriminadas.

P = Emisiones potenciales basadas en el método de Grado I

NE = Emisiones no estimadas

IOP = Emisiones estimadas e incluidas en otra parte

NO = Emisiones que no ocurren en el país

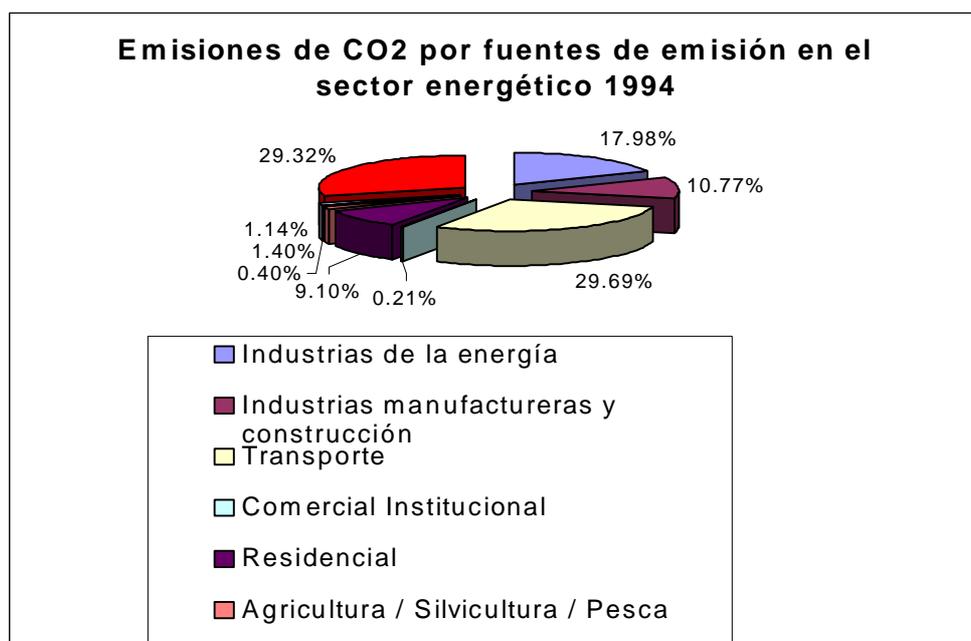
## INTRODUCCION

Este capítulo provee un resumen del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de Bolivia para 1994. Los gases que a continuación serán discutidos son: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO y COVNM.

La estimación de las cantidades de emisiones fueron calculadas de acuerdo al "IPCC Revised Guidelines for National Gas Inventories" (IPCC,1996) siguiendo el procedimiento de "abajo hacia arriba" para el sector energético.

## EMISIONES DE CO<sub>2</sub>

La Tabla 2.1 presenta el total de las emisiones de CO<sub>2</sub> en Bolivia en el año 1994 que asciende a 46,657.21.Gg, la cual fue estimada en base a la metodología establecida en las Guías 1996 del IPCC. En tanto que la remoción llega a 4,537.42 Gg.



*Fuente:PNCC.*

**Tabla 2.1. Emisiones totales de CO<sub>2</sub> en Bolivia. 1994. (Gg)**

Fuentes	CO <sub>2</sub>
	1994
<b>ENERGIA TOTAL</b>	<b>7646,19</b>
<b>Actividades de Combustión</b>	7646,19
Industrias de energía	1374,75
Industrias manufactureras y construcción	823,15
Transporte	2269,87
Comercial Institucional	16,00
Residencial	695,76
Agricultura/silvicultura/pesca	106,75
Minería/metalurgia	30,87
Otros	86,93
Quema de gas en campos de explotación	2242,11
<b>Emisiones fugitivas</b>	<b>0,00</b>
Petroleo y Gas natural	0,00
Precusores procedentes de refinación de petroleo	0,00
Carbon mineral	0,00
<b>PROCESOS INDUSTRIALES</b>	<b>393,90</b>
Productos minerales no metálicos	393,90
<b>CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA</b>	<b>38617,11</b>
Cambios en bosques y otra biomasa leñosa	5629,38
Conversión de Bosques y praderas	32987,73
Abandono de tierras cultivadas	-4537,43
<b>TOTAL EMISIONES CO<sub>2</sub></b>	<b>46657,20</b>

### Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético



La combustión de combustibles fósiles es la segunda fuente de emisión de CO<sub>2</sub> en importancia en Bolivia. Las emisiones estimadas están basadas en el Balance Energético y otra proporcionada por el Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, la información estadística de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB) y la Empresa Nacional de Electricidad.

Complementariamente se utilizó información del Ministerio de Desarrollo Económico, Policía Nacional, Dirección General de Aduanas, empresas privadas de importación, Administración Autónoma de Servicios Aeroportuarios y de la Navegación Aérea (AASANA). La tabla 2.2 presenta un resumen del balance energético para 1994 y su correspondiente nivel de emisiones de dióxido de carbono.

La tabla 2.3 presenta los factores de emisión utilizados en los diferentes combustibles, los cuales se basaron en las recomendaciones del IPCC, y en valores propios del país.

Bolivia ha conseguido determinar los valores de los factores de emisión teóricos para los combustibles que se comercializan dentro del territorio nacional, sobre la base de poderes caloríficos netos y la composición química de los combustibles.

**Tabla 2.2 Balance de energía y su relación con las emisiones de CO<sub>2</sub>**

Actividades de Combustión	Año 1994	
	PJ	CO <sub>2</sub> (Gg)
1. Industrias de la Energía	<b>26,72</b>	<b>1374,75</b>
Derivados de Petróleo	2,62	173,45
Gas Natural	24,10	1201,30
2. Industrias de manufactura .	<b>15,26</b>	<b>823,15</b>
Derivados de Petróleo	5,12	316,12
Gas Natural	10,14	507,03
3. Transporte	<b>34,82</b>	<b>2269,87</b>
Derivados de Petróleo	34,73	2265,54
Gas Natural	0,09	4,33
4. Comercial/Institucional	<b>0,26</b>	<b>16,00</b>
Derivados de Petróleo	0,12	7,84
Gas Natural	0,14	8,16
5. Residencial	<b>11,13</b>	<b>695,76</b>
Derivados de Petróleo	0,69	45,73
Gas Natural	10,44	650,03
6. Agricultura y Silvicultura	<b>1,61</b>	<b>106,75</b>
7. Minería y Metalurgia	<b>0,47</b>	<b>30,87</b>
8. Otros	<b>1,32</b>	<b>86,93</b>
9. Quema de gas en campos		<b>2242,10</b>
10. Biomasa (*)	<b>34,43</b>	<b>3112,38</b>
<b>Emisiones Totales de CO<sub>2</sub></b>		<b>7646,18</b>

(\*) Este valor es referencial ya que se considera en el sector de uso del suelo.

**Tabla 2.3 Factores de emisión utilizados para estimar emisiones de CO<sub>2</sub>**

Tipo de combustible	Factor de emisión (Gg/Tj)
	1994(*)
Gas Natural	0,01365
Diesel	0,01826
Gasolina	0,0174
Kerosene	0,01826
GLP	0,01715
Fuel Oil	0,01826
Avgas	0,01996
Jet fuel	0,01985

(\*) En base a valores de poderes caloríficos inferiores. YPF

Se aprecia que, en el sector energético, el sector del transporte incide con mayor fuerza en las emisiones, significando el 29.7% del total, en tanto que la quema de gas en campos de explotación significa el 29.3%, la industria de la energía el 18%, la industria manufacturera 10.7%, y el uso residencial de energía 9.1%. En el cálculo de emisiones provenientes de la navegación aérea se utilizó el método Grado 2 (Tier 2) recomendado por las Guías Revisadas 1996 del IPCC.

### Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector industrial

En Bolivia el proceso industrial más importante que causa emisión de CO<sub>2</sub> es la producción de cemento, ya que el país no cuenta con un parque industrial significativo relacionado con procesos generadores de gases de efecto invernadero. La información utilizada en esta sección esta basada en los registros del Instituto Nacional de Estadística (INE), el Viceministerio de Industria y Comercio y la Cámara de Industrias. La Tabla 2.4 presenta los niveles de producción de cemento y cal para 1994 y sus correspondientes niveles de emisión de dióxido de carbono. El factor de emisión utilizado fue el recomendado por las Guías Metodológicas del IPCC que asciende, para los países en vías de desarrollo, a 0.4985 tCO<sub>2</sub>/t producción de cemento y 0.79 tCO<sub>2</sub>/t cal viva.

**Tabla 2.4. Emisiones de CO<sub>2</sub> sector industrial**

Proceso Industrial	Producción (t)	Emisión (Gg)
	1994	1994
Cemento	774041	386
Cal	10000	7,9
Total		393,9

### Emisiones de CO<sub>2</sub> por cambio en el uso de la tierra y silvicultura

Las necesidades de subsistencia relacionadas con el empleo, la producción alimentaria, así como la generación de combustible en Bolivia producen acciones humanas que alteran la biosfera, contribuyendo de esta manera a emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono. Los niveles anuales de deforestación en Bolivia se han ido incrementando desde la década de los años 80, siendo que los procesos de reforestación no han sido acompañados con la misma magnitud, por las razones antes señaladas.



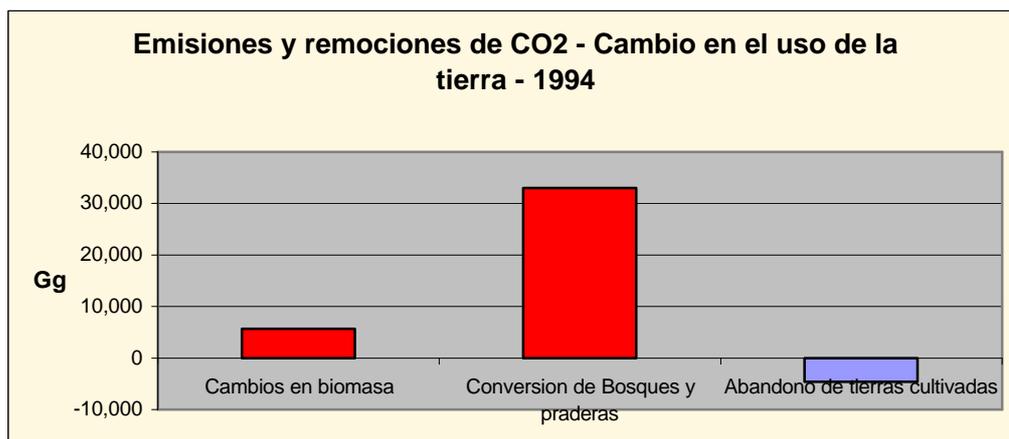
Este sector se constituye en el más importante emisor de CO<sub>2</sub> de Bolivia y dentro del mismo se analizan las emisiones producidas por los cambios en bosque y otra biomasa leñosa, la conversión de bosques y praderas, y el abandono de tierras cultivadas. La Tabla 2.5 resume el nivel de emisiones por toda la actividad del Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura, constituyendo el 82.76% del total nacional de emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que significa 38,617.11 Gg para el año 1994.

**Tabla 2.5 Emisiones de CO<sub>2</sub> del sector Cambio en el Uso de la Tierra**

Actividad	Cambio en bosque	Conversión de bos. y pradera	Abandono de Tierras	Emisión Total (Gg)
	1994	1994	1994	1994
Emisión de CO <sub>2</sub> (Gg)	5629,38	32987,73	-4537,43	38617,11

En este análisis se ha descartado el uso del factor de oxidación de la biomasa propuesto por el IPCC (0.9), habiéndose asumido el valor de 0.27 propuesto por Fearnside (1992) para la amazonía. Es de hacer notar que las Guías del IPCC consideran la aplicación de cultivos en limpio, hecho que no ocurre en las tierras habilitadas para la siembra en las zonas tropicales y subtropicales sujetas a procesos de quema para habilitación de tierras ("chaqueo") de Bolivia.

En el sector de desechos y residuos no se cuentan con emisiones de CO<sub>2</sub> debido a que en Bolivia no existe ningún tipo de incineradores de residuos sólidos.



### EMISIONES DE CH<sub>4</sub>

La metodología utilizada para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> se basó fundamentalmente en las Guías metodológicas revisadas del IPCC (IPCC,1996). En cuanto a los factores de emisión fueron considerados todos aquellos sugeridos por el IPCC para los países en vías de desarrollo para fermentación entérica del ganado doméstico y su estiércol, sin embargo en el caso del ganado bovino la determinación de los factores de emisión se realizó en base al consumo de alimento y requerimiento de energía, discriminando el ganado lechero, no lechero y animales jóvenes, considerando las particularidades nacionales (IPCC, 1996b). De igual manera se utilizó el factor de oxidación de la biomasa de 0.27.

Para la producción de arroz, quema prescrita de sabanas y quema de desechos agrícolas, de la misma manera se tomaron en cuenta los factores de emisión de CH<sub>4</sub> de

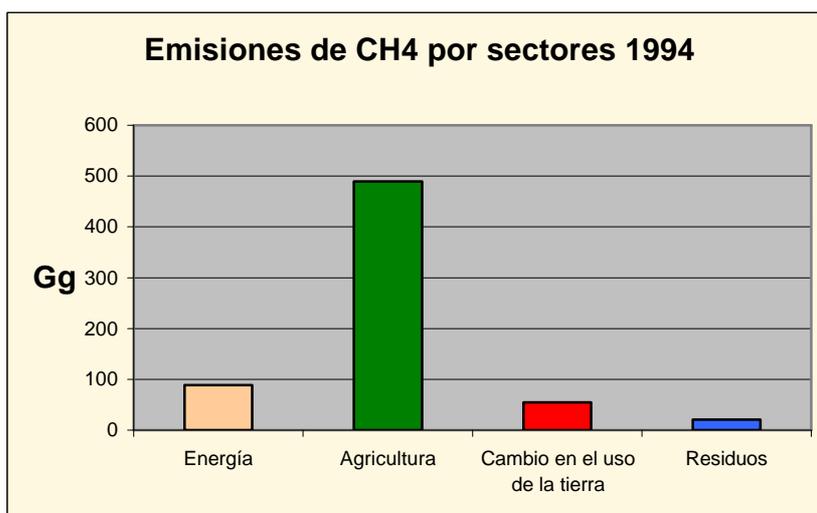
las Guías metodológicas del IPCC (1996), así como para la conversión de bosques y praderas, el manejo de residuos sólidos y aguas residuales.

La Tabla 2.6 presenta las emisiones de metano de Bolivia para 1994 de todos los sectores, habiéndose establecido que estas llegaron a 653.48 Gg en 1994.

Se puede apreciar que en 1994 el sector agrícola se constituye en Bolivia en el mayor emisor de metano con 489.27 Gg, seguido del sector energía con 89.05 Gg, el sector ligado al Cambio en el Uso de la Tierra y Silvicultura con 54.67 Gg y el sector de residuos con 20.49 Gg.

**Tabla 2.6 Emisiones de CH<sub>4</sub> de fuentes en Bolivia (Gg) - 1994**

Fuentes	Emisiones de CH <sub>4</sub> (Gg)
	1994
<b>ENERGÍA TOTAL</b>	<b>89,05</b>
<b>Actividades de Combustión</b>	<b>7,858,139</b>
Fuentes estacionarias	0,190,539
Fuentes Móviles	0,4276
Biomasa	7,24
<b>Emisiones fugitivas</b>	<b>81,19</b>
Petróleo y gas natural	81,19
<b>AGRICULTURA TOTAL</b>	<b>489,27</b>
Fermentación entérica y estiércol	482,05
Cultivos de arroz	5,04
Quema prescrita de sabanas	2,16
Quema residuos agrícolas	0,018
<b>CAMBIO EN USO DE LA TIERRA</b>	<b>54,67</b>
Conversión de bosques y praderas	54,67
<b>RESIDUOS</b>	<b>20,49</b>
Residuos Sólidos	20,14
Aguas residuales	0,35
<b>TOTAL</b>	<b>653,48</b>



## EMISIONES DE N<sub>2</sub>O

Comparado con otros gases de efecto invernadero, las emisiones de óxido nitroso no están totalmente desarrolladas y conocidas. Esta situación es más crítica en Bolivia donde no existen investigaciones de base sobre este tema debido a una serie de factores entre ellos las limitaciones económicas, razón por la cual se tomó como elemento de apoyo los factores de emisión y la metodología planteada por el IPCC (IPCC,1996).

La Tabla 2.7 presenta las emisiones estimadas de N<sub>2</sub>O por fuentes para 1994. Al margen del sector energético, son fuentes de emisión de este gas la quema de sabanas, la quema de desechos agrícolas, los suelos agrícolas, el manejo de estiércol, la conversión de bosques y praderas y algunos residuos. Los niveles de emisión de N<sub>2</sub>O son muy bajos y llegan a 2.53 Gg.

**Tabla 2.7 Emisiones de N<sub>2</sub>O por fuentes (Gg) - 1994**

Fuentes	Emisiones de N <sub>2</sub> O(Gg)
	1994
<b>ENERGIA TOTAL</b>	<b>0,20</b>
<b>Actividades de Combustión</b>	<b>0,2</b>
Fuentes estacionarias	0,03221
Fuentes Móviles	0,02779
Biomasa	0,14
<b>Emisiones fugitivas</b>	<b>0</b>
Petróleo y gas natural	0
<b>AGRICULTURA</b>	<b>1,728</b>
Manejo de estiércol	0,0149
Suelos agrícolas	0,14
Quema prescrita de sabanas	0,03
Quema de residuos agrícolas	1,543
<b>CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA</b>	<b>0,38</b>
Conversión de bosques y praderas	0,38
<b>RESIDUOS</b>	<b>0,22</b>
Otros residuos	0,22
<b>TOTAL</b>	<b>2,528</b>

## OTROS GASES

La Tabla 2.8 presenta las emisiones de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), el monóxido de carbono (CO) y los compuestos orgánicos volátiles no-metánicos (COVNM) de 1994. Se puede apreciar que el total de emisiones de NO<sub>x</sub> fue de 107.95 Gg en 1994, siendo sus principales fuentes el sector energético con 37.64 Gg, el sector agrícola con 56.75 Gg, y el sector cambio en el uso de la tierra con 13.56 Gg.

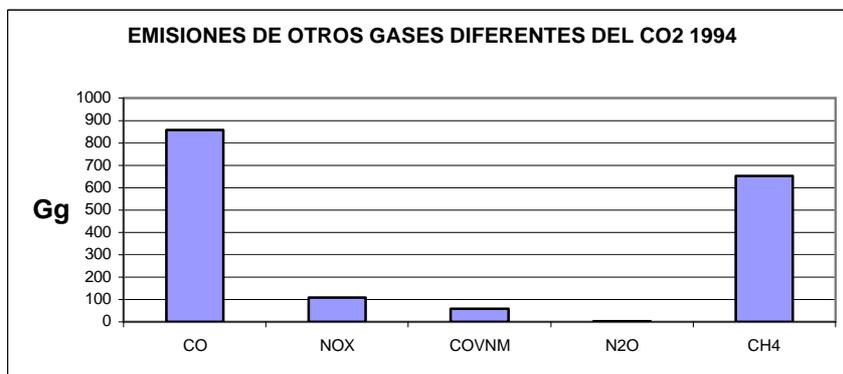
Por otro lado en cuanto al CO este alcanzó en 1994 a 857.99 Gg, de los cuales 322.43 Gg provienen del sector energético, 57.04 Gg del sector agricultura y principalmente 478.51 Gg del sector cambio en el uso de la tierra y silvicultura.

En materia de COVNM las emisiones alcanzaron a 58.15 Gg en 1994. Este último gas se presenta exclusivamente en las emisiones producidas por el transporte con 29.26 Gg, el sector de procesos industriales con 3.95 Gg y un valor muy limitado en el sector uso de solventes del orden de 0.11 Gg.

Para todos y cada uno de estos gases se utilizaron los factores de emisión recomendados por las Guías metodológicas revisadas del IPCC (IPCC 1996).

**Tabla 2.8 Emisiones de COVNM, CO y NOx (Gg) 1994**

Gases	1990
<b>Emisiones de COVNM</b>	<b>58,15</b>
Energía	54,09
Procesos Industriales	3,95
Uso de solventes	0,11
<b>Emisiones de CO</b>	<b>857,99</b>
Fuentes estacionaria	13,28
Fuentes móviles	154,68
Biomasa	154,34
Fugitivas	0,13
Procesos industriales	0,01
Quema prescrita de sabanas	56,67
Quema de residuos agrícolas	0,37
Conversión de bosques y praderas	478,51
<b>Emisiones de NOx</b>	<b>107,95</b>
Fuentes estacionarias	10,11
Fuentes móviles	24,00
Biomasa	3,44
Fugitivas	0,09
Quema prescrita de sabanas	0,97
Quema de residuos agrícolas	55,78
Conversión de bosques y praderas	13,56



El dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en 1994 es emitido en cantidad muy reducida y alcanza a 5.46 Gg, que se genera especialmente en el sector energético (5.19 Gg), y en los procesos industriales (0.27 Gg).

En cuanto a los Hidrofluorocarbonos (HFCs) su emisión apenas alcanza a los 0.01 Gg, provenientes del sector de los procesos industriales.

## POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL

Como se evidenció en todo lo anteriormente señalado, el dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero que fue emitido en mayores cantidades, respecto a los otros gases, puesto que en 1994 Bolivia tuvo una emisión de 46,657.21 Gg de este gas; 653.48 Gg de CH<sub>4</sub>; 2.53 Gg de N<sub>2</sub>O; 857.99 Gg de CO; 107.95 Gg de NO<sub>x</sub>.

Esto representa, en términos del Potencial de Calentamiento Global (GWP), desarrollado en la Tabla 2.9, que el 76.28 % de las emisiones en Bolivia son contribuidas por el dióxido de carbono; 22.44 % por el metano; y el 1.28 % por el óxido nitroso.

**Tabla 2.9. EFECTO ACUMULATIVO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO BOLIVIA, 1994.**

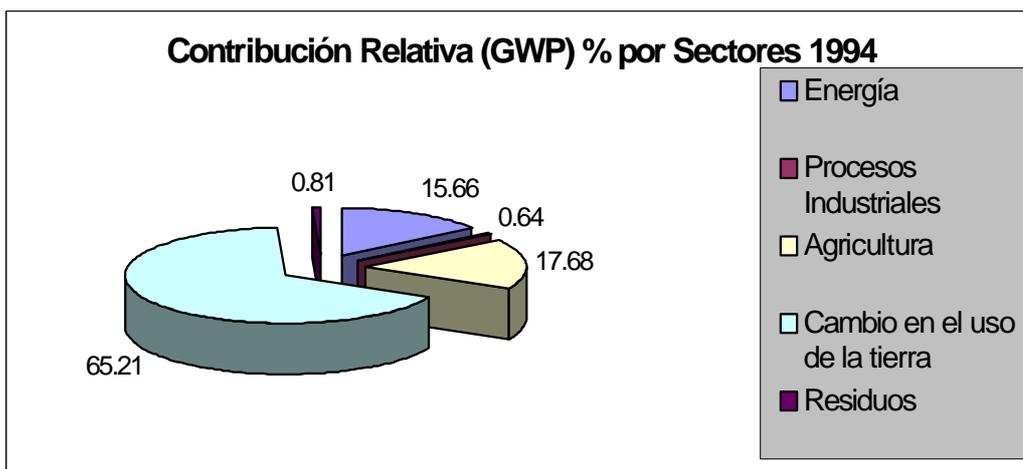
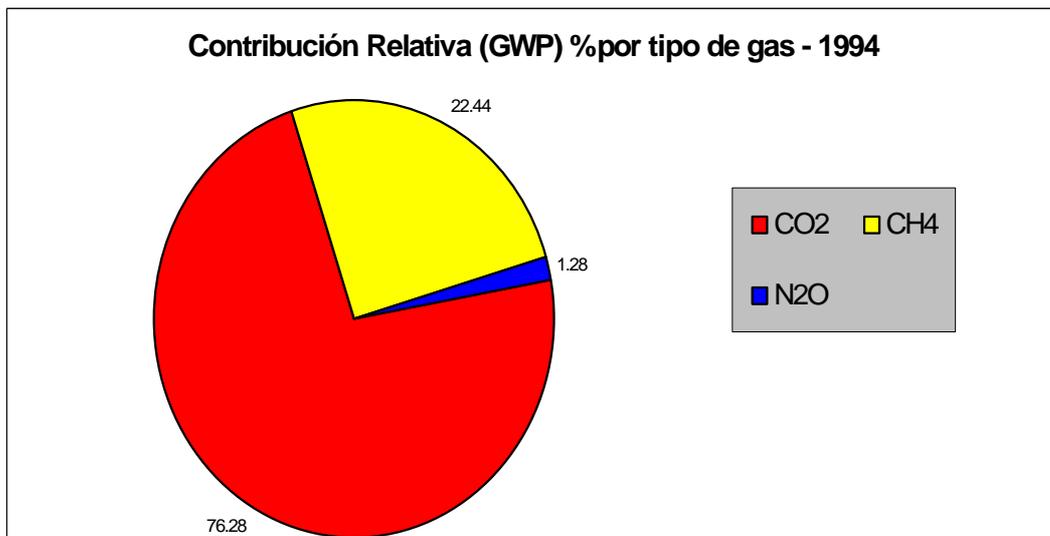
Gases	EMISIONES (Gg) Peso molecular	GWP 100 años Horizonte	Potencial de Calentamiento	CONTRIBUCION RELATIVA (%)
<b>Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)</b>	<b>46.657,21</b>	<b>1,00</b>	<b>46.657,21</b>	<b>76,28</b>
Combustión	7.646,20		7.646,20	12,50
Fugas	0,00		0,00	0,00
Procesos industriales	393,90		393,90	0,64
Cambio en el uso de la tierra y silvicultura	38.617,11		38.617,11	63,14
<b>Metano (CH<sub>4</sub>)</b>	<b>653,48</b>	<b>21,00</b>	<b>13.723,08</b>	<b>22,44</b>
Combustión	7,86		165,06	0,27
Fugas	81,19		1.704,99	2,79
Agricultura	489,27		10.274,67	16,80
Cambio en el uso de la tierra y silvicultura	54,67		1.148,07	1,88
Residuos	20,49		430,29	0,70
<b>Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O)</b>	<b>2,530</b>	<b>310,00</b>	<b>784,30</b>	<b>1,28</b>
Combustión	0,200		62,000	0,10
Agricultura	1,730		536,300	0,88
Cambio en el uso de la tierra y silvicultura	0,380		117,800	0,19
Residuos	0,220		68,200	0,11
<b>Total</b>			<b>61.164,59</b>	<b>100,00</b>

Esta contribución relativa también puede ser expresada para cada uno de los sectores. La Tabla 2.10 presenta el potencial de calentamiento global para 1994 para cada sector y permite observar que el sector del cambio en el uso de la tierra y silvicultura

representa el 65.21%, el sector energético el 15.66%, el sector agricultura el 17.68%, el sector residuos el 0.81% y el sector de los procesos industriales apenas 0.64%.

**TABLA 2.10 POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL POR SECTORES, 1994.**

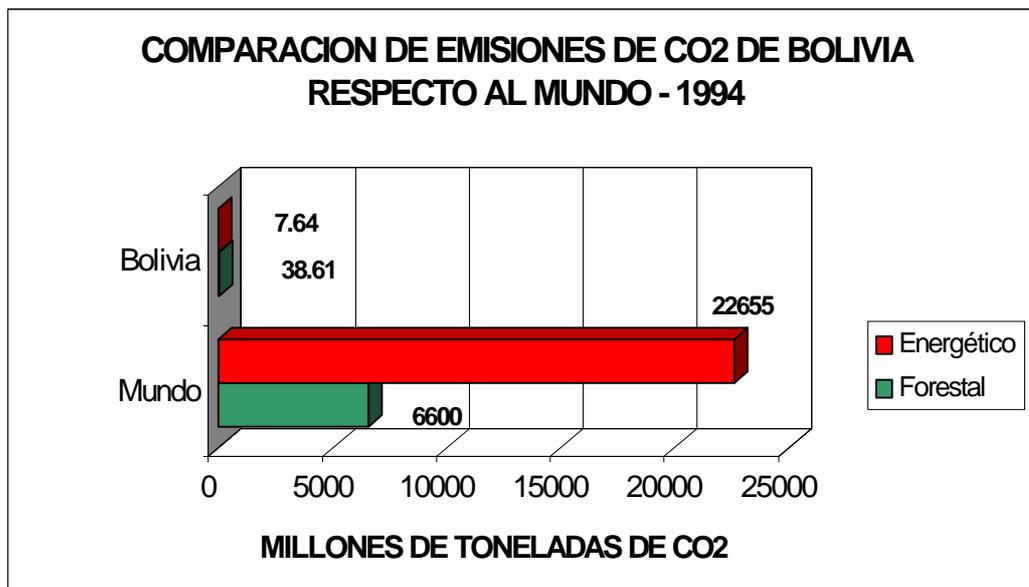
Sector	EMISIONES POR SECTOR (1994 / GWP)		GWPs	CO <sub>2</sub> Equivalente (Gg)	Contribución Relativa (%)
	GAS	Emisión (Gg)			
<b>Energía</b>	CO <sub>2</sub>	7,646.20	1	7,646.20	12.50
	CH <sub>4</sub>	89.05	21	1,870.05	3.06
	N <sub>2</sub> O	0.20	310	62.00	0.10
	<b>Total</b>			<b>9,578.25</b>	<b>15.66</b>
<b>Procesos Industriales</b>	CO <sub>2</sub>	393.90	1	393.90	0.64
	CH <sub>4</sub>		21		
	N <sub>2</sub> O		310		
	<b>Total</b>			<b>393.90</b>	<b>0.64</b>
<b>Agricultura</b>	CO <sub>2</sub>		1		
	CH <sub>4</sub>	489.27	21	10,274.67	16.83
	N <sub>2</sub> O	1.73	310	536.30	0.88
	<b>Total</b>			<b>10,810.97</b>	<b>17.68</b>
<b>Cambio en el Uso de la Tierra</b>	CO <sub>2</sub>	38,617.11	1	38,617.11	63.14
	CH <sub>4</sub>	54.67	21	1,148.07	1.88
	N <sub>2</sub> O	0.38	310	117.80	0.19
	<b>Total</b>			<b>39,882.98</b>	<b>65.21</b>
<b>Desperdicios</b>	CO <sub>2</sub>		1		
	CH <sub>4</sub>	20.49	21	429.03	0.70
	N <sub>2</sub> O	0.220	310	68.20	0.11
	<b>Total</b>			<b>497.23</b>	<b>0.81</b>
<b>Gran total</b>				<b>61,163.33</b>	<b>100.00</b>



En materia de Búnkers internacionales, relacionados con la aviación internacional, se ha estimado que Bolivia en 1994 contribuyó con 173.57 Gg de CO<sub>2</sub>, 0.01 Gg de N<sub>2</sub>O, 0.87 Gg NO<sub>x</sub>, 0.39 Gg de CO, 0.24 Gg de COVNM y 0.06 Gg de SO<sub>2</sub>.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de Bolivia del sector energético, para el año 1994, que alcanzan a 7.64 millones de toneladas, representan apenas el 0.033% de las emisiones mundiales totales que significan 22,655 millones de toneladas (PNUD, Informe sobre desarrollo humano, 1998).

En el sector forestal se estiman que las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> alcanzan a 6,600 millones de toneladas (Organización Internacional de Maderas tropicales, 1998), por tanto las emisiones de Bolivia, que alcanzan a 38.61 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, representan sólo el 0.58% de esas emisiones mundiales.



Bolivia es por tanto un país en el cual su proceso de desarrollo industrial es aun incipiente, lo que significa que no se lo puede considerar como un país "contaminador", y menos coadyuvante del efecto invernadero.

### **INCERTIDUMBRES.**

El análisis de errores desarrollado para el inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero, tomo en consideración cada uno de los gases analizados en relación con la fuente de emisión.

Las incertidumbres de los factores de emisión fueron analizadas tomando en cuenta aquellas sugeridas por las Directrices del IPCC, para los casos en los cuales se utilizaron los factores de emisión de dichas Directrices. Para el caso en que se tomaron factores de emisión propios el análisis fue desarrollado por un juicio experto.

En cuanto a las incertidumbres de los datos para cada componente, se estimaron con base en los valores por defecto de la Directrices, así como tomando en cuenta la metodología utilizada para estimar los datos básicos y el nivel de consistencia de las fuentes de información<sup>1</sup>.

La Tabla 2.11 sintetiza el nivel de incertidumbre en función del tipo de gas y la fuente de emisión.

<sup>1</sup> La Incertidumbre porcentual global (Ut) esta dada por la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los porcentajes de incertidumbres asociados con los factores de emisión (Ue) y los datos de actividades (Ua) por categoría de fuente.

**TABLA 2.11 INCERTIDUMBRES GLOBALES DEL INVENTARIO DE EMISIONES**

<b>GAS</b>	<b>FUENTE</b>	<b>Factor de emisión Ue</b>	<b>Dato de la actividad Ua</b>	<b>Incertidumbre Ut</b>
CO <sub>2</sub>	Energía	5%	8%	9%
CO <sub>2</sub>	Procesos Industriales	7% <sup>(a)</sup>	2%	7%
CO <sub>2</sub>	Cambio en el uso del suelo	29%	20%	35.2%
CH <sub>4</sub>	Quema de biomasa	50% <sup>(a)</sup>	20%	53.8%
CH <sub>4</sub>	Manejo de estiércol	21%	10%	23%
CH <sub>4</sub>	Fermentación entérica	17%	10%	20%

(a) Valor de incertidumbre dado por las Directrices del IPCC.

## **CAPITULO III**

### **VULNERABILIDAD Y ADAPTACION**

El análisis de vulnerabilidad de los diferentes ecosistemas al cambio climático se torna de vital importancia, más aun en los países altamente vulnerables, como el caso de Bolivia. Permite además plantear opciones de adaptación que enfrenten las implicancias del cambio climático y las cuantifiquen en términos de inversión.

Identificar las medidas de adaptación del país, significa identificar y evaluar los cambios en tecnologías, prácticas y políticas que puedan ser adoptadas para adaptarse al cambio climático. Asimismo, otra posibilidad consiste en integrar los cambios climáticos en el desarrollo socio-económico y en el manejo de programas a nivel gubernamental y no-gubernamental.

En Bolivia se desarrollaron estudios de vulnerabilidad en las áreas de agricultura, recursos hídricos, bosques, ganadería y pasturas, y actualmente se viene concluyendo un estudio en el sector salud humana. Para realizar estos análisis, fue necesario elaborar escenarios climáticos regionales actuales y de cambio, en base a las tendencias económicas.

#### **Escenarios climáticos**

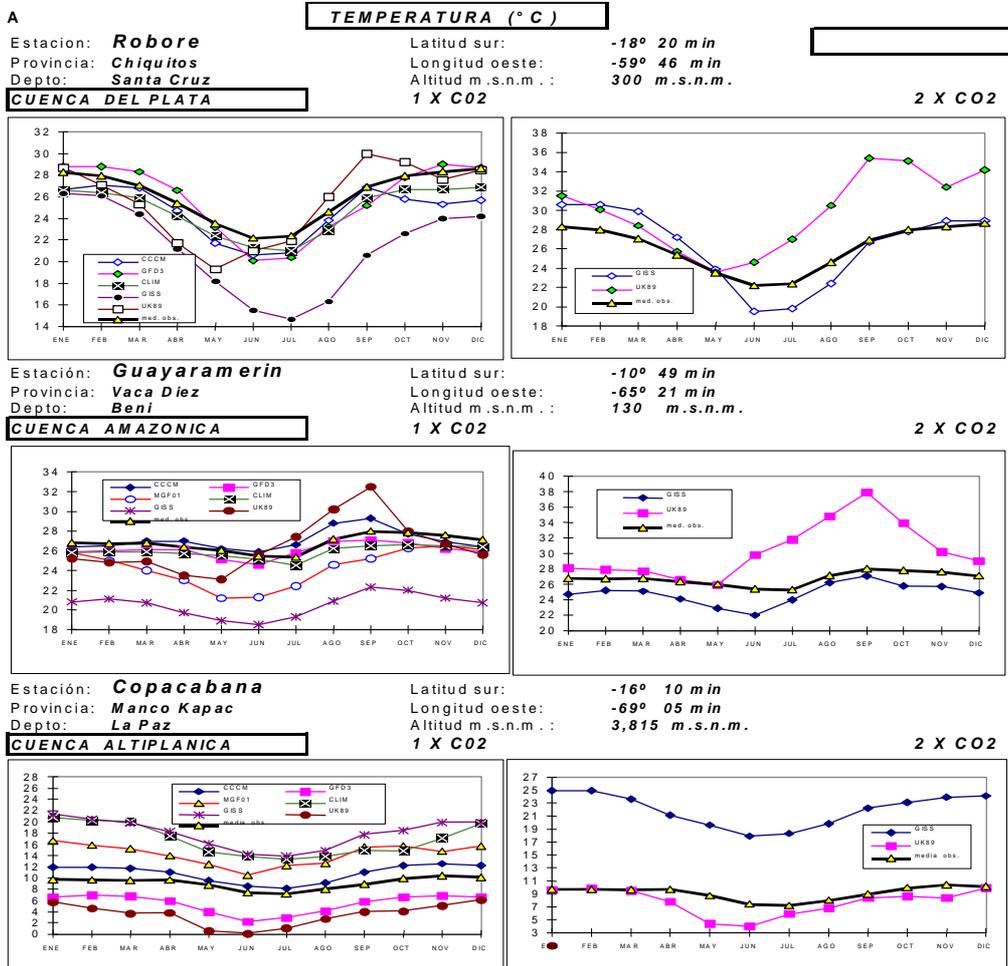
Resulta trascendente el hecho de que para desarrollar estudios de impactos de cambio climático se hace necesario crear representaciones espaciales y temporales del clima futuro. Dichas representaciones se denominan escenarios de cambio climático.

Los escenarios climáticos no deben ser confundidos con pronósticos del tiempo, por lo que estos deben ser utilizados para establecer tendencias y aproximaciones tanto para situaciones pesimista, como optimistas.

Es bueno remarcar que en el uso de los Modelos de Circulación General (MCG) se presentan limitaciones debido a la resolución espacial de las rejillas sobre las cuales se realizan simulaciones.

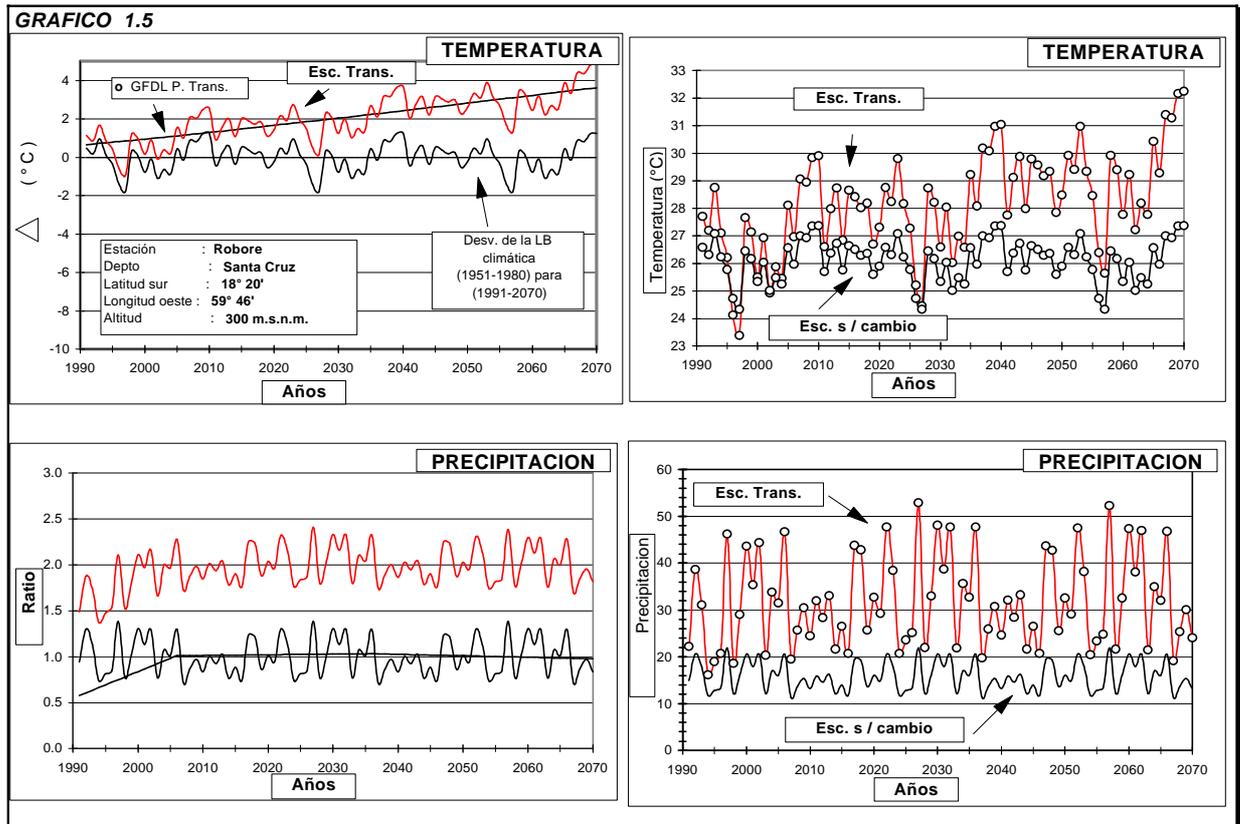
Un primer estudio realizado en Bolivia (PNCC, 1997) analizó los mejores Modelos de Circulación General (MCG) que se adecuan a las condiciones climáticas del país, se compararon los datos reales observados en series de 20 a 30 años, de 28 estaciones climatológicas con los datos que proporcionaban los MCG (1xCO<sub>2</sub>), para cada una de las principales cuencas hidrográficas del país (Amazónica, del Plata y Altiplánica). Se evidenció que los MCG de mejor aproximación correspondían al GISS (Goddard Institute Space Studies) y al UK89 (United Kingdom). (ver gráfico 3.1).

Los iniciales resultados evidenciaron, en términos promedio, que el escenario climático futuro, en caso de producirse un doblamiento del anhídrido carbónico (2xCO<sub>2</sub>) , produciría elevaciones en la temperatura de entre 1 a 4°C y, en términos de precipitación, disminución del 15% en unos casos y aumento del orden del 20% en otros.



**Gráfico 3.1 . Variaciones de Temperatura en una situación corriente (1 x CO<sub>2</sub>) y por un doblamiento de CO<sub>2</sub>, usando diferentes Modelos de Circulación General. Fuente PNCC.**

También fueron analizados los escenarios transitorios, para las tres cuencas hidrográficas. El escenario transitorio elegido fue el GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), en este caso se evidenciaron incrementos de temperatura del orden de 3°C en las tres cuencas e incrementos y reducciones de los niveles de precipitación del orden de 5% a 30%. Gráfico 3.2.



**Gráfico 3.2 Variaciones de temperatura y Precipitación en base a GFDL.** Fuente PNCC.

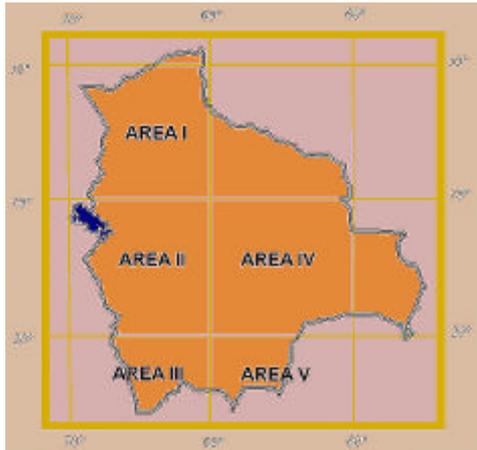
Un segundo estudio de escenarios de cambio climático fueron generados por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAHMI 1998) para el periodo 2000 - 2100, utilizando los modelos de circulación general del Hadley Center HADCM2, del United Kingdom Meteorological Office UKHI, y del Goddard Institute Space Studies GISSEQ.

El SENAMHI combinó los programas MAGICC (Model for the Assessment of Greenhouse gas Induced Climate Change) y el SCENGEN (SCENARIO GENERator). El primero de ellos presenta las estimaciones de las concentraciones de GEI, y la temperatura global entre los años 1990 al 2100; en tanto el segundo combina los resultados del MAGICC y los MCG.

El trabajo realizado por el SENAMHI contempla tres escenarios globales de cambio climático: IS92a (considerado como escenario de referencia por el Comité de Negociaciones de la CMNUCC, estima un rango medio de emisiones futuras, asumiendo un grado modesto de intervención para reducir emisiones de GEI, se considera como escenario de referencia), IS92c<sup>1</sup> (escenario optimista) y IS92e (escenario pesimista), respectivamente.

<sup>1</sup> El escenario IS92a hace las siguientes consideraciones; la población tendrá un incremento hasta el año 2100 alcanzando a 11.3 mil millones, el crecimiento económico será de 2.9% hasta el año 2025 y de 2,3% hasta el año 2100,

Tomando en cuenta la resolución espacial de 5° de las celdas del modelo este generaliza fuertemente las condiciones climáticas iniciales y por lo tanto los escenarios también aportan con datos generalizados al nivel de resolución del modelo. Bajo estas condiciones se divide al país en cinco áreas, tratando de uniformar los resultados de la simulación con las características termopluviométricas de las diferentes regiones del país como indica el mapa N°3.



**Mapa No.3: Áreas climáticas para el uso de los modelos de circulación general**

La temperatura tiende a aumentar más en los meses secos (Mayo, Junio, Julio, Agosto) llegando a 1.7 °C para el año 2030 (tabla 3.1 y 3.2 Escenario base IS92a). El escenario muestra mayor aumento a latitudes menores (más cerca del Ecuador). En los meses húmedos a pesar de que los aumentos de temperatura son menores hasta 1.4 °C la nueva distribución de la temperatura es casi paralela a la normal. En cuanto a las precipitaciones estas aumentan en términos absolutos en los meses húmedos (Septiembre, Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero, Febrero) (hasta 27 mm por mes entre diciembre y marzo). Mientras que en los meses secos el aumento porcentual es mayor (hasta 22% en el área VI que comprende gran parte del bosque subtropical y gran parte de la llanura chaqueña), sin embargo en términos absolutos este aumento apenas es de 7mm mensuales. Este comportamiento hace que la curva de distribución para los diferentes escenarios utilizados por el SENAEMI 1998 presente mayores aumentos absolutos en los meses húmedos y bajos aumentos en los meses secos.

---

*el costo de la energía solar bajará a 0,075 Kw/h, el costo de petróleo será 70 \$US /barril. El esfuerzo de reducción de los países desarrollados será para mediados del próximo siglo.*

*El escenario IS92c hace las siguientes consideraciones: la población alcanzaría 6.4 mil millones de habitantes para el año 2100. El crecimiento económico será de 2.0% hasta el año 2025 y 1.2% hasta el año 2100. El consumo global de energía es de 8.000 EJ de petróleo convencional y 7.300 EJ de gas natural. El costo de la energía nuclear disminuye anualmente en 0.4%.*

*Ambos modelos consideran la existencia de medidas de control y acuerdos internacionales y esfuerzos de reducción de emisiones de los países en desarrollo a partir de mediados de siglo.*

*El escenario IS92e considera incremento de población hasta el 2100 de 11,3 billones, crecimiento económico de 3.5% entre el 1990 y el 2025 y posteriormente de 3.0% hasta el 2100 e incremento de la energía fósil del 30%.*

**Tabla 3.1: Aumento de temperatura en relación a la normal (periodo 1961-1990) en los diferentes modelos de circulación general (HADCM2, UKHI, GISSAQ) para el escenario IS92A<sup>2</sup>**

Año	2030	2050	2100
<b>AREA I</b>			
Meses secos	1,1 -1,7 °C	1,2 - 1,9 °C	2,2 - 3,6 °C
Meses húmedos	0,8 -1,4 °C	1 - 2 °C	1,9 - 3,8 °C
<b>AREA II</b>			
Meses secos	0,8 - 1,3 °C	1,3 - 1,9 °C	2,3 - 3,5 °C
Meses húmedos	0,8 - 1,3 °C	1,2 - 1,9 °C	2,5 - 3,5 °C
<b>AREA IV</b>			
Meses secos	0,9 - 1,5 °C	1,3 - 2,2 °C	1,4 - 3,9 °C
Meses húmedos	0,9 - 1,4 °C	0,8 - 2 °C	1,4 - 3,8 °C
<b>AREA V</b>			
Meses secos	0,8 - 1,3 °C	1,4 - 1,9 °C	2,3 - 3,5 °C
Meses húmedos	0,8 - 1,4 °C	1,3 - 2 °C	2 - 4 °C

**Tabla 3.2. Aumento de la precipitación en relación a la normal (periodo 1961-1990) en los diferentes modelos de circulación general (HADCM2, UKHI, GISSAQ) para el escenario IS92A<sup>3</sup>**

Año	2030		2050		2100	
<b>AREA I</b>						
Meses secos	(-3) -12%	(-2) -11mm	(-6) - 14%	(-4) - 15mm	(-10) - 57%	(-4,6) - 31 mm
Meses húmedos	1 - 3%	5 - 27 mm	3 - 6%	5 - 41mm	4 - 26%	7 - 76 mm
<b>AREA II</b>						
Meses secos	4 - 13%	0,2 - 1,4 mm	4 - 20%	0,2 - 2,1mm	14 - 54%	0,7 - 5,9 mm
Meses húmedos	4 - 15%	5,3 - 27mm	7 -22%	8 - 26mm	13 -37%	15 - 43 mm
<b>AREA IV</b>						
Meses secos	(-4) - 22%	(-0,9) - 7,1mm	(-5) - 24%	(-1,3) - 14 mm	(-13) - 45%	(-2,5) - 26 mm
Meses húmedos	1 - 15%	2 - 27mm	5 - 22%	10 - 41 mm	10 - 41%	20 - 71 mm
<b>AREA V</b>						
Meses secos	0-20%	0 - 4mm	0 - 20%	0 - 1mm	0 - 51%	0 - 10,5 mm
Meses húmedos	0 - 7%	0 - 12mm	0 - 10%	0 - 19 mm	0 - 19%	0 - 35 mm

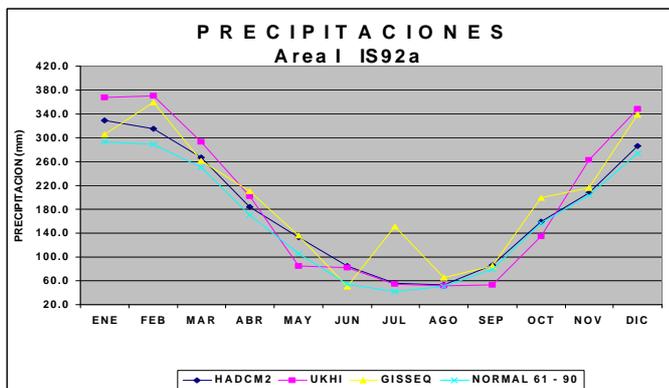
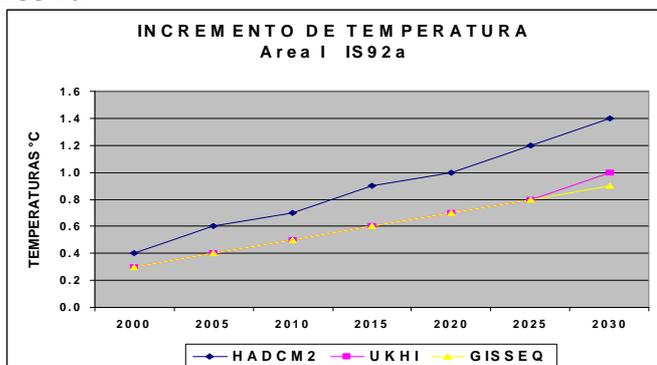
<sup>2</sup> El escenario IS92A hace las siguientes consideraciones; la población tendrá un incremento hasta el año 2100 alcanzando a 11.3 mil millones el crecimiento económico será de 2.9% hasta el año 2025 y de 2,3% hasta el año 2100 el costo de la energía solar bajará a 0,075 Kw/h, el costo de petróleo será 70 \$US /baril. El esfuerzo de reducción de los países desarrollados será para mediados del próximo siglo.

<sup>3</sup> El escenario IS92A hace las siguientes consideraciones; la población tendrá un incremento hasta el año 2100 alcanzando a 11.3 mil millones el crecimiento económico será de 2.9% hasta el año 2025 y de 2,3% hasta el año 2100 el costo de la energía solar bajará a 0,075 Kw/h, el costo de petróleo será 70 \$US /baril. El esfuerzo de reducción de los países desarrollados será para mediados del próximo siglo.

El aumento de las precipitaciones es mayor a latitudes menores esto implicaría aumentos de las precipitaciones en la región amazónica en la parte septentrional del altiplano. A latitudes medias del territorio nacional la precipitaciones también aumentan pero en menor escala. En la región chaqueña algunos modelos determinan un aumento de hasta 20% en los meses secos y de 12% en los meses húmedos, lo que en términos absolutos significa aumentos de 4 a 12mm por mes, sin embargo otros de los modelos utilizados por el SENAHMI determinan que en esta región es muy probable que no existan aumentos en la precipitación.

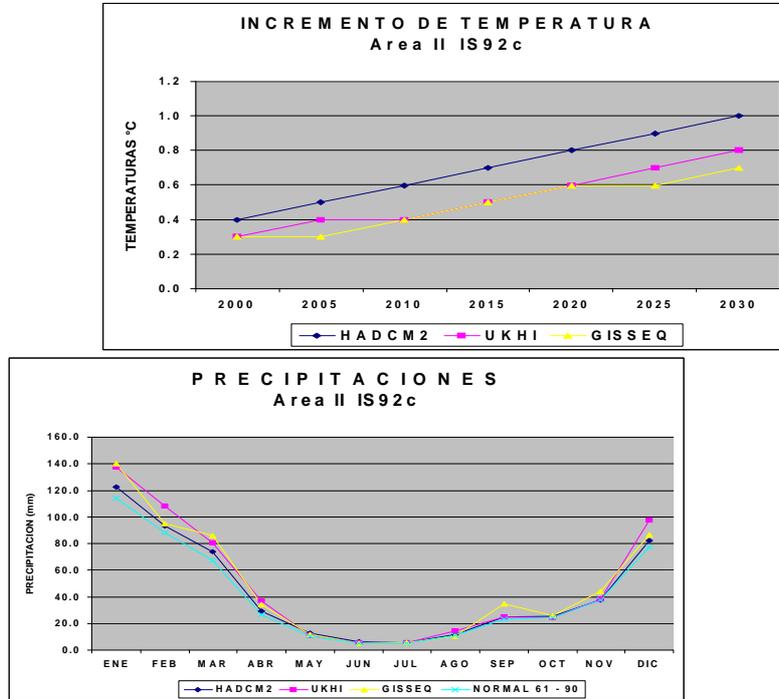
Algunos de los modelos utilizados por el SENAHMI generan resultados negativos en la tendencia de precipitación, en especial en los meses secos de las áreas I y IV; lo que comprendería gran parte de la llanura amazónica y la llanura subtropical del departamento de Santa Cruz. (ver gráficos 3.3 y 3.4).

**Gráfico 3.3. Variación de temperatura y precipitación por efecto del escenario IS92a**



Fuente: SENAMHI, 1999

**Gráfico 3.4. Variación de temperatura y precipitación por efecto del escenario IS92c**



Fuente: SENAMHI, 1999.

**Tabla 3.5: Aumento de temperatura en relación a la normal (periodo 1961-1990) en los diferentes modelos de circulación general (HADCM2. UKHI. GISSEQ) para el escenario IS92E.**

	2030	2050	2100
<b>AREA I</b>			
Meses secos	0.9 a 1.9 °C	1.4 a 3.0 °C	2.8 a 6.1 °C
Meses húmedos	0.8 a 1.5 °C	1.5 a 2.3 °C	2.5 a 4.7 °C
<b>AREA II</b>			
Meses secos	0.9 a 1.4 °C	1.4 a 2.3 °C	2.8 a 4.6 °C
Meses húmedos	0.8 a 1.4 °C	1.3 a 2.3 °C	2.7 a 4.6 °C
<b>AREA IV</b>			
Meses secos	1.0 a 1.6 °C	1.5 a 2.5 °C	3.1 - 5.1 °C
Meses húmedos	0.6 a 1.5 °C	0.9 a 2.4 °C	1.9 - 4.9 °C
<b>AREA V</b>			
Meses secos	0.9 a 1.4 °C	1.5 a 2.3 °C	3.0 a 4.6 °C
Meses húmedos	0.8 a 1.6 °C	1.3 a 2.6 °C	3.1 a 5.2 °C

**Tabla 3.6: Aumento de la precipitación en relación a la normal (periodo 1961-1990) en los diferentes modelos de circulación general (HADCM2. UKHI. GISSEQ) para el escenario IS92E.**

	2030		2050		2100	
<b>AREA I</b>						
Meses secos	(-8) a 17%	(-8) a 13 mm	(-13) a 18 %	(-13) a 19 mm	(-26) a 75%	(-27) a 41 mm
Meses húmedos	(-14) a 11%	(-10) a 31 mm	(-20) a 16%	(-17) a 47 mm	(-35) a 33%	(-30) a 100 mm
<b>AREA II</b>						
Meses secos	4 a 22%	0.2 a 2.4 mm	6 a 34 %	0.3 a 3.8 mm	12 a 68%	0.6 a 7.7 mm
Meses húmedos	5 - 16%	6 - 19 mm	7 a 25 %	9 a 30 mm	10 a 57%	12 a 62 mm
<b>AREA IV</b>						
Meses secos	(-5) a 19%	(-1) a 11 mm	(-7) a 30%	(-1.5) a 17 mm	(-14) a 61%	(-3.3) a 35 mm
Meses húmedos	(-12) a 17%	(-5) a 30 mm	(-18) a 27%	(-8) a 48 mm	(-62) a 55%	(-30) a 98 mm
<b>AREA V</b>						
Meses secos	(-13) a 21%	(-0.6) a 4.2mm	(-19) a 33%	(-0.9) a 7 mm	(-63) a 68%	(-1.8) a 14 mm
Meses húmedos	(-8) a 22%	(-3) a 30mm	(-13) a 34%	(-4.4) a 63 mm	(-25) a 69%	(-9) a 127 mm

A mayor aumento de las temperaturas los modelos empiezan a tener problemas de ajuste y estabilidad lo que es muy evidente en el escenario IS92E para los años 2050 y 2100. Sin embargo para otros escenarios los modelos arrojan valores que describen claramente las tendencias generales de cambio en temperatura y precipitación.

Todos los escenarios muestran la misma tendencia en el aumento de temperaturas. El comportamiento del aumento de temperaturas es casi paralelo a la curva normal, en algunos casos los modelos muestran mayores aumentos de temperatura en los meses húmedos.

En cuanto a las precipitaciones el aumento absoluto de la precipitación es mayor en los meses húmedos, mientras que en los meses secos la variación de la precipitación es baja en términos absolutos.

En los meses secos se presentan tendencias hacia la disminución (valores negativos) de las precipitaciones sobre todo para las áreas I, IV y V. Los tres escenarios IS92A, IS93C e IS92E muestran disminuciones de la precipitación en los meses de invierno (junio y julio), lo que se agudiza, a medida que la temperatura aumenta.

Existe una leve tendencia en los tres escenarios de recorrer la época de mayores precipitaciones hasta mayo y la época seca hasta los meses de septiembre y octubre, sin embargo solo el escenario IS92E muestra una tendencia a la disminución de las precipitaciones en los meses húmedos de primavera (septiembre y octubre) también en las áreas I, IV y V.

Una comparación entre ambos estudios (PNCC, 1997 y SENAMHI, 1998) es difícil de realizar toda vez que los puntos de partida son diferentes, sin embargo en términos generales se aprecia comportamientos similares en los resultados. La Cuenca Amazónica del País, enmarcada en el área IV, presentaría aumentos de temperatura y reducción de precipitación en los meses secos.

En la Cuenca del Plata, relacionada con el área V, se puede apreciar también aumento de temperaturas, sin embargo los estudios difieren en cuanto a precipitación toda vez que en un caso se presentaría reducción de precipitación y en el otro (SENAMHI) incremento.

Finalmente, en la Cuenca del Altiplano, los estudios coinciden en señalar incrementos de temperatura y de precipitación en la época lluviosa.

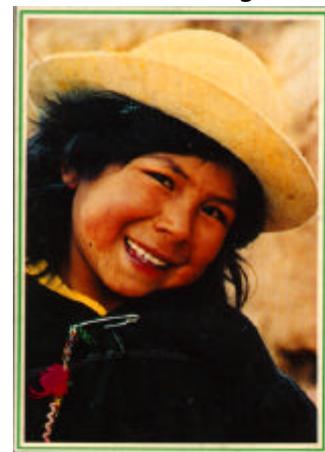
Sin embargo, ambos métodos permiten concluir que en el caso particular de Bolivia la aplicación de Modelos de Circulación General con escala de rejilla de 5° de latitud por 5° de longitud, no proporcionan información de gran valor, por lo que se hace necesario desarrollar estudios que evalúen el comportamiento climático a una escala más precisa, toda vez que las características topográficas, fisiográficas y climáticas son muy variables.

## **Vulnerabilidad y adaptación humana**

Paulatinamente existe mayor énfasis en el enfoque de que el cambio climático se integra en otros procesos de cambio global incluyendo otras formas de contaminación del aire, contaminación de aguas, la fragmentación del hábitat natural, distorsiones en el ciclo hidrológico y el drenaje de humedales, disminución de la Biodiversidad, prácticas agrícolas y de pastoreo, urbanización, migración humana, crecimiento demográfico, agotamiento de los recursos naturales e introducción de especies. etc..

Actualmente es imposible predecir el cambio climático global resultante de la actividad humana, sin embargo los cambios ocurrirán y aquellos que manejan ecosistemas para la producción y reproducción de su cultura deberán ajustar sus estrategias. Se debe recalcar que la comunidad científica encuentra mayores peligros para la mantención de espacios de vida en el manejo inadecuado de los ecosistemas que en el mismo cambio climático.

Un primer elemento hacia una aproximación cualitativa al problema de vulnerabilidad es que los cambios en los



patrones regionales de habitabilidad pueden exacerbar los mecanismos de producción y reproducción cultural vulnerando aún más a las poblaciones pobres, especialmente aquellas que dependen fuertemente de la agricultura. Esto también está ligado a la dependencia del aparato productivo de la infraestructura que podría ser severamente dañado por eventos extremos (sequías. inundaciones. granizadas. riadas. etc.).

Existe una incertidumbre sobre la adaptabilidad de las sociedades al cambio climático, esta se debe en parte a la incertidumbre sobre el futuro cambio tecnológico, cuales serán las tendencias de desarrollo industrial y del consumo y en que medida las mejoras tecnológicas pueden ayudar a la mitigación y a conducir la adaptación al cambio climático. Según el (U.S. Global Change Research Program. 1995) las innovaciones tecnológicas pueden tanto mejorar como exacerbar ambos (mitigación como adaptación).

Sin embargo al revisar la temática de la seguridad humana durante el proceso de desarrollo y en este caso durante el proceso de adaptación al cambio climático es cada vez más evidente el papel que juegan las capacidades humanas en la consolidación de los escenarios sociales y económicos. Estas influyen en la toma de decisiones colectivas delineando el proceso social así como su visión, metas y objetivos y de esta manera son elemento clave del proceso de adaptación.

La vulnerabilidad social en este caso está asociada a la incapacidad de manejar los códigos de la modernidad a través de la comunicación y la información a la falta de capacidades de demandar y proponer normas que rijan su vida, y a la escasa movilidad social y precariedad de sus economías.

Así en Bolivia el Índice de Vulnerabilidad Social IVS<sup>4</sup> muestra las mayores desigualdades (variabilidad del IVS) en Departamentos con mayor diversidad biogeográfica y étnica y acentuada pobreza rural (Desarrollo Humano en Bolivia. 1998. 35 - 39). Es interesante destacar que el IVS y el indicador de magnitud de pobreza tienen una elevada correlación (86.5%) (Desarrollo Humano en Bolivia 1998. 1998. 38).

Según este IVS, casi el 20% de las provincias se encuentran en graves niveles de vulnerabilidad y riesgo, estas ubicadas en su mayor parte en los valles secos interandinos mientras que solo un 10% de las provincias tienen niveles bajos de vulnerabilidad, entre ellas la mayor parte capitales de departamento y aquellas que contienen las zonas más urbanizadas. El otro 70% de las provincias muestran niveles medios de vulnerabilidad en aquellas provincias orientales de menor densidad poblacional y niveles de riesgo elevado en las zonas andinas de alta densidad demográfica (Desarrollo Humano en Bolivia 1998. 1998. 39. 197-199).

El índice de vulnerabilidad social no incluye indicadores ambientales que describan el deterioro de las bases productivas (erosión, desertificación, contaminación, etc.) u otros

---

*4 El Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) ha sido desarrollado en Bolivia como complemento a los indicadores de DH promovidos por el PNUD para percibir tanto la seguridad humana como la calidad de vida en el proceso de desarrollo: existen cinco factores determinantes que describen la vulnerabilidad de los pueblos a las presiones del desarrollo: cultura, hábitat, educación, economía y política.*

que puedan describir el riesgo de eventos extremos por lo que este IVS solo puede dar una idea de quienes son socialmente más vulnerables al cambio climático.

Ya varios autores presentes en la discusión sobre adaptación social al Cambio Climático en el marco del IPCC concluyen que la mejor forma de adaptación social al cambio climático es fortalecer las capacidades humanas de los más pobres.

Otro ámbito de especial énfasis por su vulnerabilidad al cambio climático son los espacios urbanos. La dependencia de estos espacios de una amplia periferia productiva y de recursos. Los cambios climáticos pueden afectar la provisión de agua, la productividad agrícola y colapsar los mercados. así como afectar a las migraciones humanas.

El gobierno de Bolivia plantea dentro de su política socio - económica la LUCHA CONTRA LA POBREZA como uno de los puntales estratégicos, capaz de generar la suficiente confluencia social para aumentar la COMPETITIVIDAD del país y generar RIQUEZA, la cual nuevamente sería invertida en DESARROLLO HUMANO.

El proceso de descentralización iniciado por el gobierno de Bolivia y acompañado de una serie de mecanismos de FORTALECIMIENTO MUNICIPAL activa la iniciativa local y le da la jerarquía necesaria para decidir el curso de su autopotenciamiento así como para reaccionar rápidamente a situaciones de emergencia.

Sin embargo este proceso deberá ir acompañado de una serie de mecanismos estatales que puedan apoyar cambios tecnológicos a través de la investigación y la extensión de tecnologías así como el fortalecimiento de los sistemas centralizados de alarma temprana y vigilancia que puedan respaldar con diferentes componentes a un sistema de defensa civil a tiempo de apoyar el desarrollo de otros sistemas de extensión tecnológica. de salud y educación.

### **Vulnerabilidad de ecosistemas**

La variedad biogeográfica de Bolivia esta determinada por una variedad de climas así como por sus características orográficas, geológicas e hidrológicas . La parte oriental del país esta cubierta por grandes áreas de bosques; desde húmedos tropicales al norte entre los paralelos 9° y 12° de latitud sur, bosques húmedos en la zona meridional y bosques secos subtropicales en la llanura chaqueña al sudeste del país.



Los bosques se encuentran parcialmente fragmentados por grandes sabanas, pampas y humedales que cubren casi la totalidad del departamento del Beni, una parte del norte del departamento de La Paz y el norte del departamento de Santa Cruz, y por una actividad agrícola y pecuaria concentrada a lo largo de los vectores de asentamiento y en áreas periurbanas distribuidas en forma casi homogénea en toda la parte plana del país y concentrada en el área integrada de Santa Cruz.

La cordillera andina constituye una serie de pisos ecológicos desde formaciones de bosque húmedo montano y bosques subtropicales de montaña (formación tucumano-boliviana) hasta bosques de neblina y pisos altoandinos. Los valles interandinos son más bien secos con escasos bosques deciduos. Los valles distribuidos en forma dispersa a lo largo de toda la cordillera occidental de los Andes son lugares de producción agrícola y mantienen las densidades poblacionales más altas del país.

El occidente del país está constituido por las planicies altoandinas, semiáridas al norte y áridas hacia el suroeste. El norte del altiplano, con un régimen hidrológico más apto para la producción agropecuaria, mantiene altas densidades de población e intensa actividad económica.

Existen investigaciones muy puntuales en Bolivia que puedan describir la vulnerabilidad de los ecosistemas al cambio climático. El PNCC del VMARNDF conjuntamente con la EPA "US Country Studies" y la Cooperación Holandesa han realizado una serie de escenarios de cambio climático en cuanto a la vulnerabilidad de ecosistemas (MDSMA. 1997), este primer ejercicio podría significar el inicio de una serie de investigaciones en este sentido. Sin embargo los resultados todavía son muy gruesos y deben ser todavía afinados con otros estudios más detallados para tener escenarios que puedan inducir políticas sectoriales, y en su caso departamentales y/o municipales de mitigación y adaptación al cambio climático.

Se deberán evaluar en su verdadera dimensión los efectos del cambio climático sobre los suelos de la región, pues las tendencias a la desertificación podrían aumentar.

Los impactos del cambio climático sobre sabanas y praderas están relacionados con cambios en los patrones de precipitación y con el incremento en la frecuencia e intensidad de incendios. Estos cambios afectarán la composición de especies favoreciendo la incursión de pastos y arbustos de mayor tamaño e inclusive otros no palatables (WWW. 1994. 43-47).

En cuanto a los ecosistemas de montaña el cambio climático ya es perceptible en la reducción global de glaciares. Un estudio realizado en el glaciar de Chacaltaya anticipa que el glaciar habrá desaparecido en los próximos 20 a 40 años (ORSTOM. 1998). Con esta clara tendencia los ecosistemas de montaña están destinados a recibir menos nieve y disminuir su balance de agua, en algunos casos alteraciones radicales de las condiciones hidrológicas serán la causa de fuerte estrés de especies alpinas y subalpinas.

Otros ecosistemas como bosques montanos de neblina pueden ser también muy sensibles al cambio climático. Por lo estrecho del piso ecológico algunas especies en su incapacidad de migrar hacia pisos de mayor altitud pueden ser fuertemente sobrecargadas por el aumento de la temperatura.

Un escenario climático en ecosistemas de montaña tropicales utilizando un incremento de temperatura de 2.5°C y de precipitación de 10% muestra cambios en el orden de 38.6% en zonas con diferentes pendientes de pisos sub-alpinos a tipos pre-montanos. Escenarios con mayor incremento de temperatura muestran cambios hasta de 53% (WWF. 1994. 16).

Por todo lo anterior es importante que se profundicen los trabajos de investigación en cuanto a la vulnerabilidad de los ecosistemas revisando sistemáticamente los resultados de escenarios climáticos. Ya que estos generan datos que en la primera evaluación son preocupantes. en especial para algunos ecosistemas que tienen fuertes sobrecargas térmicas y en su régimen hidrológico.

### Vulnerabilidad de los bosques

La fuerte fragmentación de los bosque tropicales, en el caso de Bolivia menos intensa, genera islas de bosque dentro de otros tipos de uso del suelo que difícilmente pueden migrar y/o adaptarse rápidamente a nuevas condiciones climáticas poniendo en peligro la diversidad de especies (WWW. 1994. 49). Existe un fuerte consenso en la comunidad científica de que los bosques tropicales están más amenazados por la fragmentación que por el cambio climático.

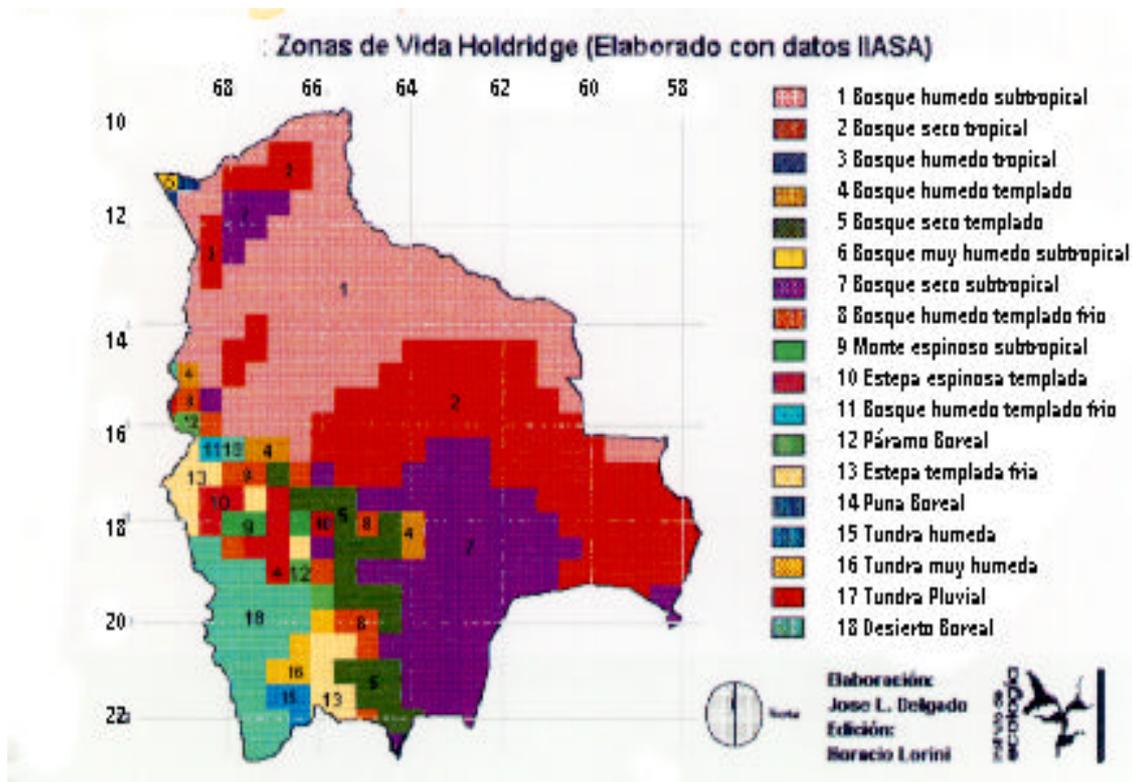


El PNCC del VMARNDF elaboró un primer análisis sobre el impacto de los cambios climáticos en el sector forestal (PNCC, 1997), en base a escenarios de cambio de clima incrementales (variación simultanea de temperatura y precipitación) y con un doblamiento del CO<sub>2</sub>, aplicados al Mapa de las Zonas de Vida de Holdrige<sup>5</sup>.(ver mapa No.4).

---

<sup>5</sup> El modelo Holdridge es una clasificación de Clima- Vegetación, en el que se asume un equilibrio entre la escala de ancho de vegetación con variables climáticas de biotemperatura, precipitación media anual y la relación del Potencial de Evapotranspiración, conformando un sistema de coordenadas triangular, dentro del cual se describen las zonas de vida por medio de una serie de hexágonos. El modelo dispone de una serie de datos a nivel mundial, relativo a valores de temperatura y precipitación con una resolución de 0.5°x0.5° de longitud y latitud para una situación actual (1xCO<sub>2</sub>). Este modelo ha permitido obtener a través de la base de datos climáticos de las diferentes estaciones del país, una clasificación de la cobertura de vegetación, considerando la longitud y latitud correspondiente; relatando la actual distribución de vegetación, como también con los nuevos escenarios; dicha clasificación se ha traducido en mapas que permiten visualizar los diferentes tipos de bosques que se encuentran en las zonas.

## Mapa No 4 : Zonas de Vida de Holdrige

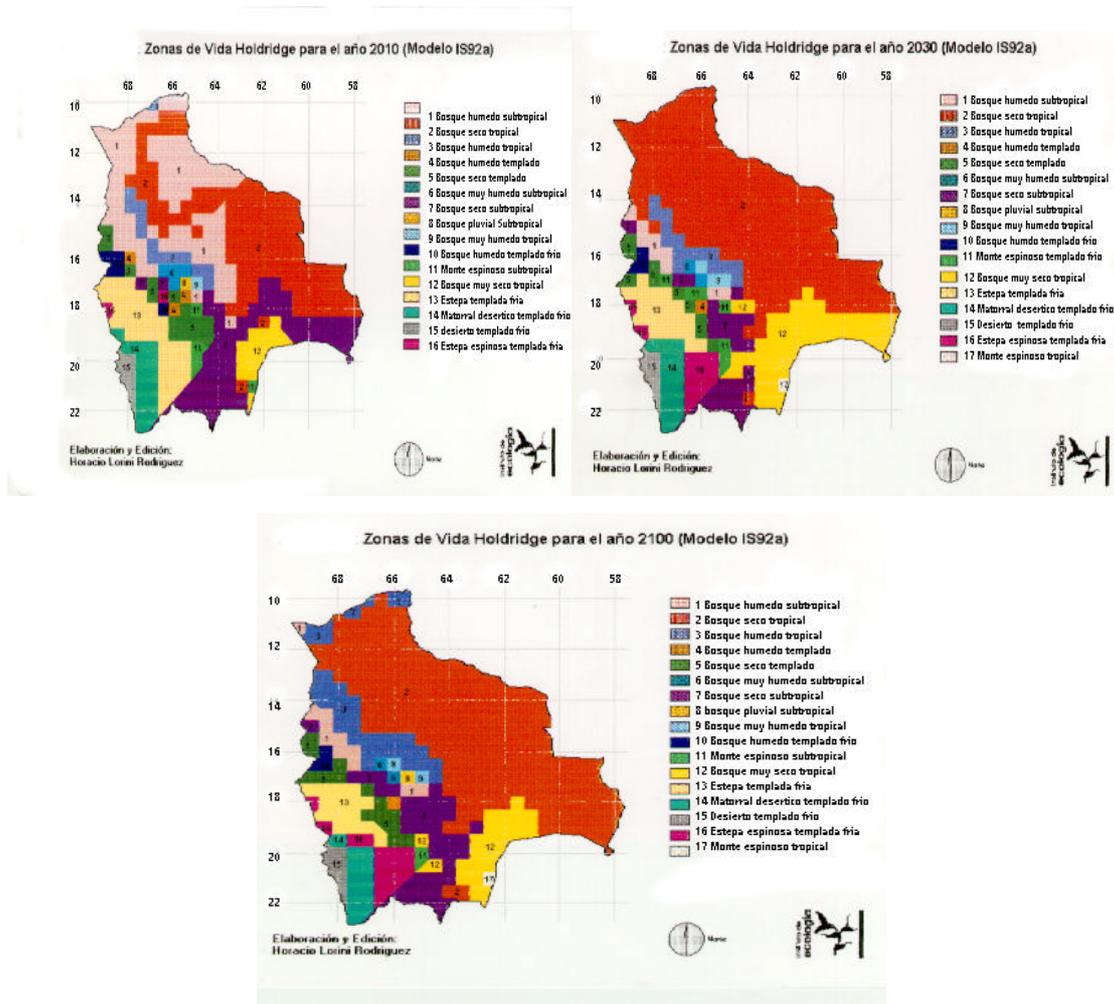


*Fuente: Instituto de Ecología (UMSA).*

Según el Programa Nacional de Cambios Climáticos (MDSMA. 1997.), un aumento de la temperatura en 2°C y un aumento de 10% en las precipitaciones traería con síglo un aumento del bosque húmedo tropical en hasta 65.27% en detrimento del bosque húmedo subtropical de hasta 59.72%. El mismo escenario muestra un incremento del bosque seco subtropical en 3.79% (MDSMA. 1997. 88). En el caso de presentarse un escenario de decremento de precipitación 10% y un aumento de 2°C se presentaría decremento del bosque húmedo subtropical en un 81%, siendo que en bosque húmedo tropical no se generarían cambios y el bosque seco tropical se incrementaría en más de 300%.

El Instituto de Ecología de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) establece un análisis del cambio en las zonas de vida de Holdridge en virtud de los escenarios IS92a, IS92c e IS92e.

En el caso del escenario IS92a (base) se establece que las zonas de vida menos vulnerable serían el bosque húmedo tropical y desierto templado frío y con mayor vulnerabilidad la zona de estepa espinosa templada fría, sin embargo se puede advertir que a medida que pasan los años se verían afectadas las zonas de bosque pluvial subtropical. (mapa No.5)



**Mapa No 5 : Variación en las Zonas de Vida de Holdridge en base a escenario base (IS92a).** Fuente: Instituto de Ecología (UMSA).

En el escenario IS92c (escenario optimista), se establece que hasta el año 2010 se presentarían cambios en las zonas de desierto templado frío, estepa espinosa fría y bosque húmedo tropical, siendo que en el horizonte del 2050 no se presentarían zonas de alta vulnerabilidad.

En el escenario IS92e (pesimista) se advierte que todas las zonas de vida resultan vulnerables a los cambios climáticos, tal el caso del Bosque húmedo tropical, bosque seco templado, bosque pluvial subtropical, bosque muy húmedo tropical, monte espinoso subtropical y desierto templado frío, que oscilaran en cambios de casi 100%.

### Vulnerabilidad del sector agrícola

La totalidad de las regiones agrícolas del país sería afectada por el probable cambio climático, aunque ciertas zonas del país pueden ser consideradas como más vulnerables que otras. En los Valles interandinos existe la tendencia a la reducción de la

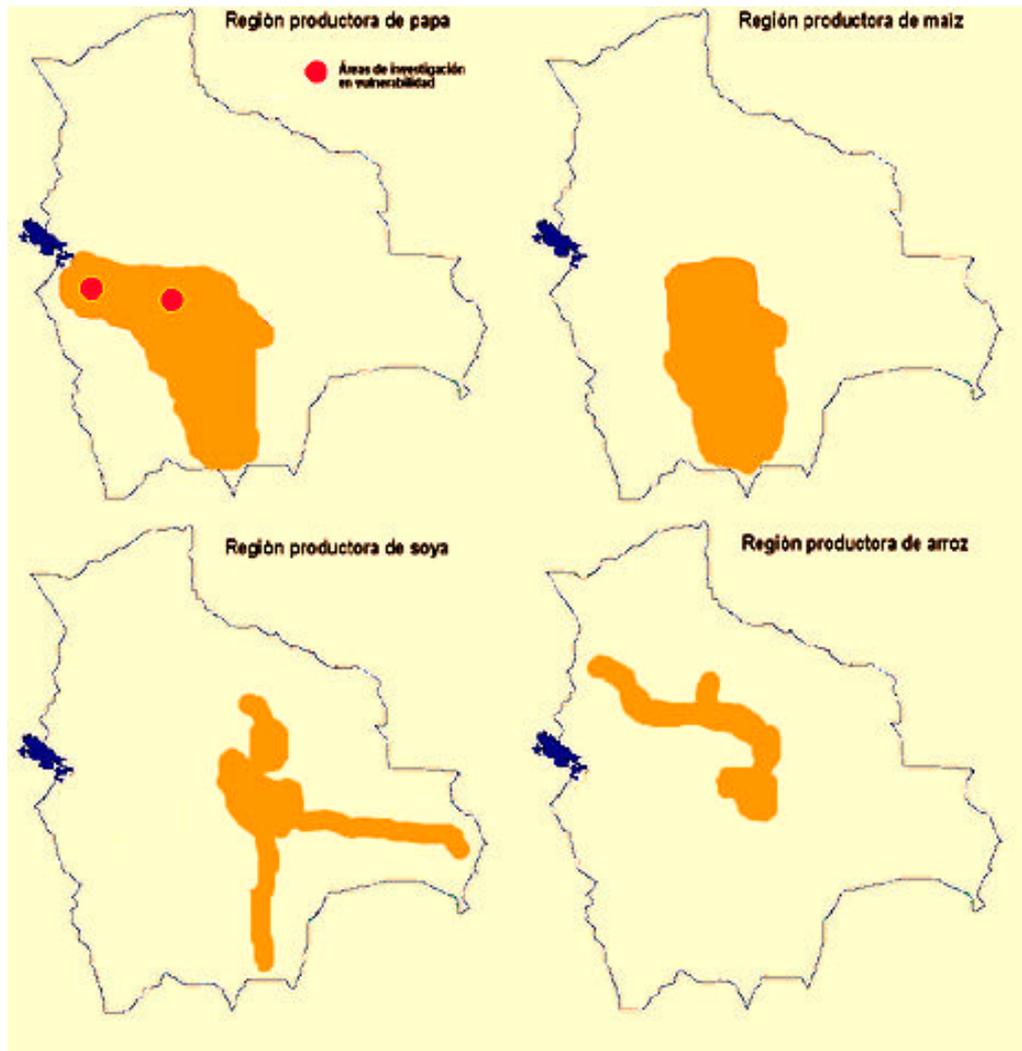
precipitación pluvial e incremento de las temperaturas mínima y máxima, afectando al ciclo vegetativo de los cultivos. Por otro lado, en las zonas Altiplánicas se prevé la no existencia de variaciones en la precipitación pluvial, mientras que la temperatura mínima muestra un claro incremento. Las mismas tendencias presentan las zonas Tropicales de Santa Cruz y Trinidad (al oriente del país), aunque existe cierta tendencia a que la temperatura máxima se mantenga constante o sufra un ligero descenso.



Los estudios de vulnerabilidad de los ecosistemas agrícolas al Cambio Climático en Bolivia, muestran que una probable elevación de la temperatura hasta 2° C, no se traducirían en serias lesiones al ecosistema cultivado en caso de ir acompañadas de incrementos de precipitaciones, e incluso como en el caso del Altiplano favorecería al desarrollo de los cultivos,

siempre que se apoye con opciones de adaptación tales como la incorporación de sistemas de riego y mejoras de las actividades culturales. Sin embargo de producirse una disminución de la precipitación aún sin incremento de temperatura, los efectos negativos serían catastróficos no solo en forma directa e inmediata sobre la producción, sino con serias consecuencias a largo plazo tales como el deterioro irreversible del ecosistema.

Estudios específicos, sobre la vulnerabilidad de determinados cultivos al cambio climático en Bolivia (PNCC 1997, Instituto de Investigaciones Agropecuarias - UMSA, 1999), fueron desarrollados en el país.



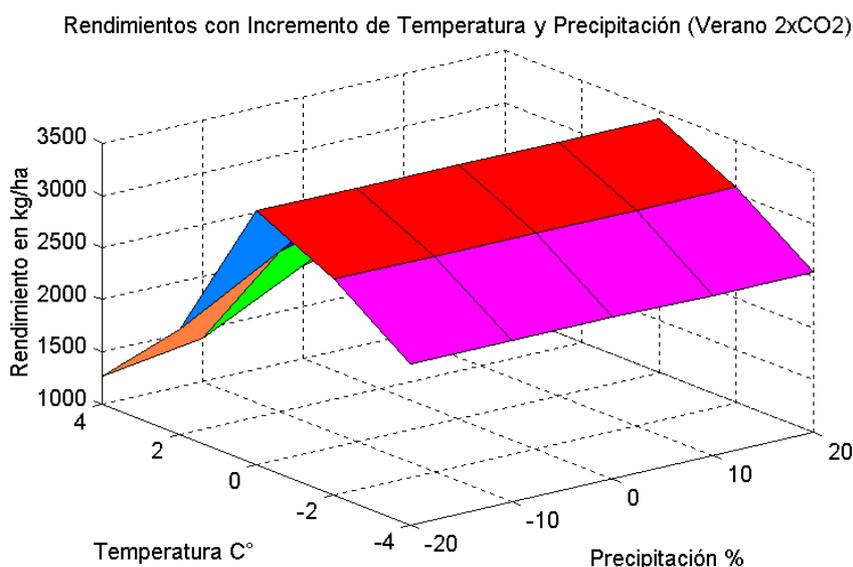
**Mapa No 6 : Mapas de regionalización de los cultivos: papa, maíz, soya y arroz.** Fuente: Elaboración propia PNCC.

El cultivo de maíz irrigado (*Zea mays*) en la zona del valle presentó una elevada sensibilidad fisiológica al cambio climático, los rendimientos presentan una clara disminución bajo 14 escenarios climáticos, por ejemplo bajo los Modelos de Circulación General GISS y UK89 la reducción fue del 25%, en este caso la reducción del rendimiento se registro a pesar del incremento de dióxido de carbono. El cultivo de maíz a secano, mostró resultados diferentes, en este caso los rendimientos se incrementan hasta 50%, en todos los escenarios climáticos que incrementan la temperatura, precipitación y doblamiento del Dióxido de carbono.

El cultivo de la soya (*Glycine max*) en la zona tropical del país y más específicamente en la zona integrada de Santa Cruz, también presentó sensibilidad fisiológica al cambio climático. Para la campaña de invierno y bajo el escenario IS92a del IPCC, el análisis de vulnerabilidad mostró reducciones del rendimiento de 3.3% y 9.8% para la primera y segunda década respectivamente. Con un doblamiento del CO<sub>2</sub> bajo los mismos

escenarios, los rendimientos se incrementaron en 59% y 58% para la primera y segunda década. Por otro lado, para la campaña de verano, los rendimientos se reducen en 18.6% y 19.6% para la primera, y segunda década. El doblamiento de CO<sub>2</sub> mostró incrementos en el rendimiento de la orden de 13% y 12% para la primera y segunda década respectivamente.

**Grafico No 3.5: Rendimientos de la soja Obtenidos con la Variación de Temperatura y Precipitación. Verano (2xCO<sub>2</sub>)**

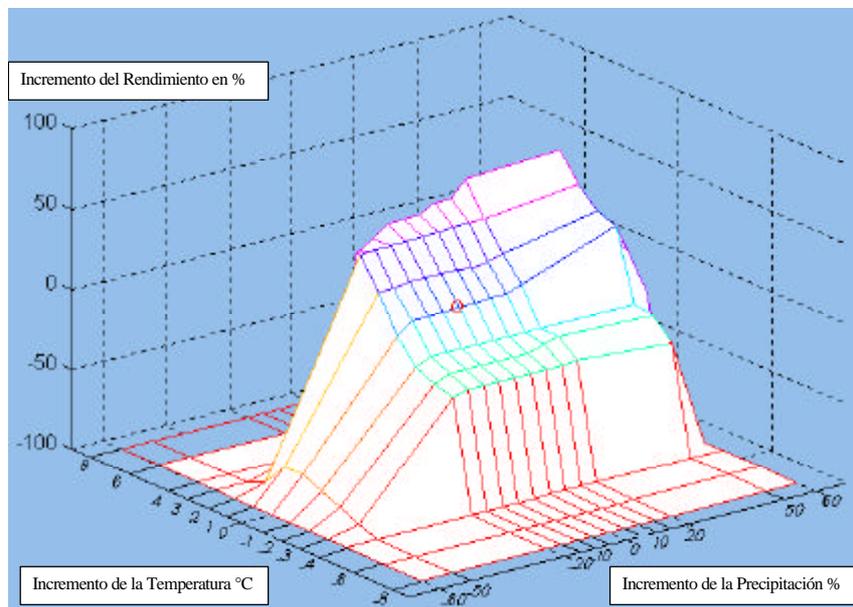


*Fuente: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (UMSA).*

Para la zona tropical de Bolivia, los estudios de Vulnerabilidad mostraron que el cultivo de arroz (*Oryza sativa*) será poco influido por el Cambio Climático. Bajo los escenarios climáticos generados por los Modelos GISS y UK89, la diferencia de los rendimientos fue de la orden del 2%. Los escenarios climáticos incrementales mostraron que una reducción del 20% de la precipitación sumado a un incremento de la temperatura de 3°C, provoca una disminución del 15% en el rendimiento. La influencia del doblamiento del dióxido de carbono en el rendimiento es poco relevante si se presentan condiciones de suficiente precipitación, aunque existan substanciales elevaciones de la temperatura, en este caso el incremento de los rendimientos no llega a superar el 5%.

En materia del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum*), los estudios establecieron (Gráfico 3.6) que la misma es sensible al cambio climático tanto en el Altiplano como en los Valles, Bajo un escenario optimista y pesimista generado por el modelo MAGICC, los rendimientos se incrementan entre 4.6% y 1.7% por cada 10 años. De igual manera los rendimientos se incrementan adicionalmente entre 6.6% y 4.6% si se dobla la concentración de CO<sub>2</sub> a 660 ppm.

**Gráfico 3.6 : Variación del rendimiento de la papa (%) en función de la variación de temperatura y la precipitación.**



*Fuente: Instituto de investigaciones Agropecuarias (UMSA).*

### **Vulnerabilidad del sector ganadero**

Los resultados de los estudios de vulnerabilidad efectuados por el Programa Nacional de Cambios Climáticos, establecen que tanto el ganado bovino como los pastizales se verían afectados por los probables cambios climáticos. Los incrementos o decrementos en el peso final para el ganado Bovino criollo y cebuino (nelore) en los escenarios climáticos sin doblamiento de CO<sub>2</sub> (330 ppm CO<sub>2</sub>) son poco significativos. El doblamiento de CO<sub>2</sub> en los escenarios incrementales provoca una disminución en el peso final del ganado bovino, esta disminución varía de acuerdo a la raza y zona de estudio. El ganado criollo de la zona Beniana (Estancia Espíritu) y cruceña (Estación Saavedra) pierden como promedio el 12% y 9% del peso final respectivamente, mientras que el ganado cebuino en las mismas regiones pierden el 15% y 11% del peso final respectivamente. Estos resultados nos indican que el ganado criollo se encuentra más adaptado y es menos susceptible al cambio climático que el ganado cebuino, además presenta mayor fertilidad, longevidad, resistencia a enfermedades y otras características. Los escenarios incrementales donde interactúan la doble concentración de CO<sub>2</sub> y un incremento de la temperatura en más 4°C, causan las mayores pérdidas de peso de los animales (16% en el ganado criollo y 19% en el ganado cebuino de la zona beniana, mientras que en la zona Cruceña las pérdidas son de 14% para el ganado criollo y 8% para el cebuino; estas pérdidas son mayores en esta región cuando se reduce la precipitación en 20%, alcanzando a 20% en el ganado criollo y 13% en el cebuino.

El rendimiento de los forrajes también se ven afectados por el cambio climático, observándose de manera general que los rendimientos se incrementan a medida que aumentan la precipitación y temperatura. El rendimiento fue mayor en los escenarios incrementales de +2°C y +10% de precipitación, el nivel de incremento varía según el tipo de forraje y de la región estudiada, de esta manera el mayor incremento se observa en el Kudsu (*Pueraria phaseoloides* Roxh) de la zona Beniana y el menor incremento en el arrocillo (*Leersia hexandra* Swartz) de la zona Cruceña.

### Vulnerabilidad de los recursos hídricos

Los cambios en la disponibilidad de agua en el suelo por cambios en el régimen de lluvias y temperaturas pueden afectar severamente a los bosques tropicales; en algunos lugares la disminución de la humedad del suelo puede reducir las áreas de bosque con una tendencia al aumento de sabanas (alta confiabilidad), sobre todo en lugares donde la disponibilidad de agua es marginal, en otras áreas donde se espera mayores precipitaciones existe el riesgo de erosión por la incapacidad de los bosques de satisfacer la demanda de evaporación (Cannell. M.G.R.. et al. 1995).

Aumentos en la temperatura de hasta 1.4 °C y bajo aumento de las precipitaciones en la región chaqueña, sud del país, podrían sobrecargar fuertemente el ecosistema por afectar al régimen hidrológico de la región. Preocupante en este sentido es el destino de los humedales de la región y de su fauna.



La cuenca endorreica tiene en su integridad un déficit en su balance hidrológico. En el caso de esperarse mayores precipitaciones al norte del altiplano esto podría tener implicaciones favorables para el régimen hidrológico de la cuenca. Esto sin embargo deberá ser observado y documentado a través mayores estudios. Los aumentos en la temperatura aumentan los niveles de evapotranspiración, inclusive tomando en cuenta los altos

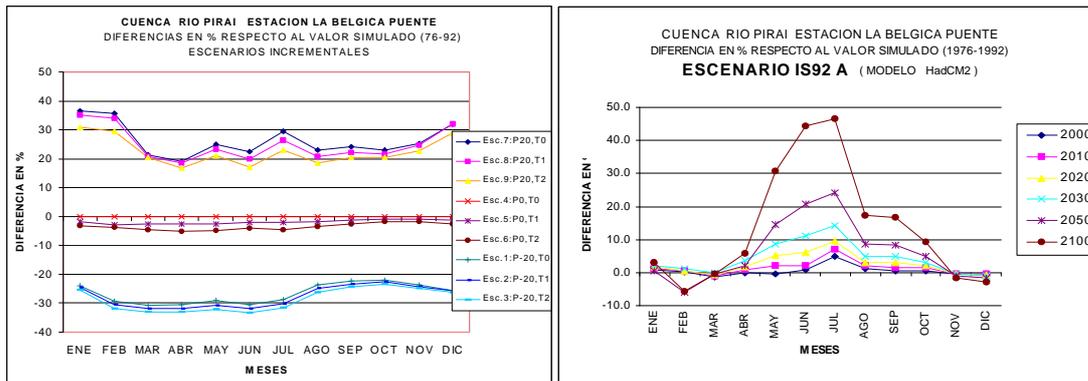
valores de radiación solar en la cuenca. Los cambios en el régimen hidrológico pueden tener efectos en los niveles de erosión hídrica. Sin embargo en lugares donde la evapotranspiración es fuerte los efectos del cambio climático pueden traer con sigo mayores niveles de salinización y aridez de los suelos aumentando también los niveles de erosión eólica (mediana confiabilidad).

Estudios de Vulnerabilidad de los recursos hídricos al cambio climático (PNCC 1997, Instituto de Hidráulica e Hidrología UMSA, 1999), presentan variaciones importantes a nivel de los caudales de escurrimiento, en función del escenario climático considerado

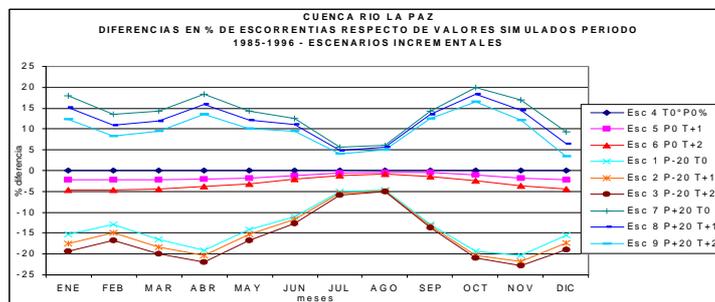
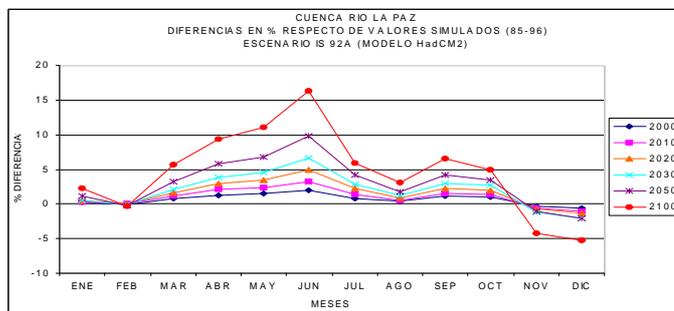
(Incrementales, IS92A, IS92c e IS92e), y en función de la cuenca analizada y su ubicación. (Gráfico 3.6)

**Gráfico 3.6 Variación de caudal, respecto al período base para varios años escenario incremental y escenario (IS92a). Cuenca Río Pirai.**

Fuente: Instituto de Hidráulica e Hidrología (UMSA).



Se concluye que la cuenca del río La Paz, al oeste del país es vulnerable tanto por conflictos entre oferta y demanda de agua, como por impactos de inundación y erosión causadas por precipitaciones de alta intensidad. La cuenca del río Pirai, al oriente es únicamente vulnerable por impactos de inundaciones.(Gráfico 3.7)



**Gráfico 3.7 Variación de caudal en la Cuenca del río La Paz (escenarios incrementales y escenario IS92a).** Fuente: Instituto de Hidráulica e Hidrología (UMSA).

Los primeros estudios señalan que las diferentes cuencas en la época de crecidas se verían vulnerables en caso de un cambio climático, sin tomar en cuenta su relación con los diferentes escenarios de demanda futura de recurso hídrico.

Si se considera que existe una relación intrínseca entre el crecimiento poblacional, el incremento del producto nacional bruto, el aumento de la demanda alimentaria y el crecimiento industrial con las demandas de agua para consumo, riego, e industria, se infiere que la única fuente alternativa de oferta del recurso hídrico está sujeta a los cambios climáticos y una afectación negativa incidirá en ese sentido en los volúmenes requeridos en el futuro.

En los estudios de vulnerabilidad de recursos hídricos se ha proyectado la relación oferta - demanda de agua en las cuencas como un indicador de la vulnerabilidad en recursos hídricos.

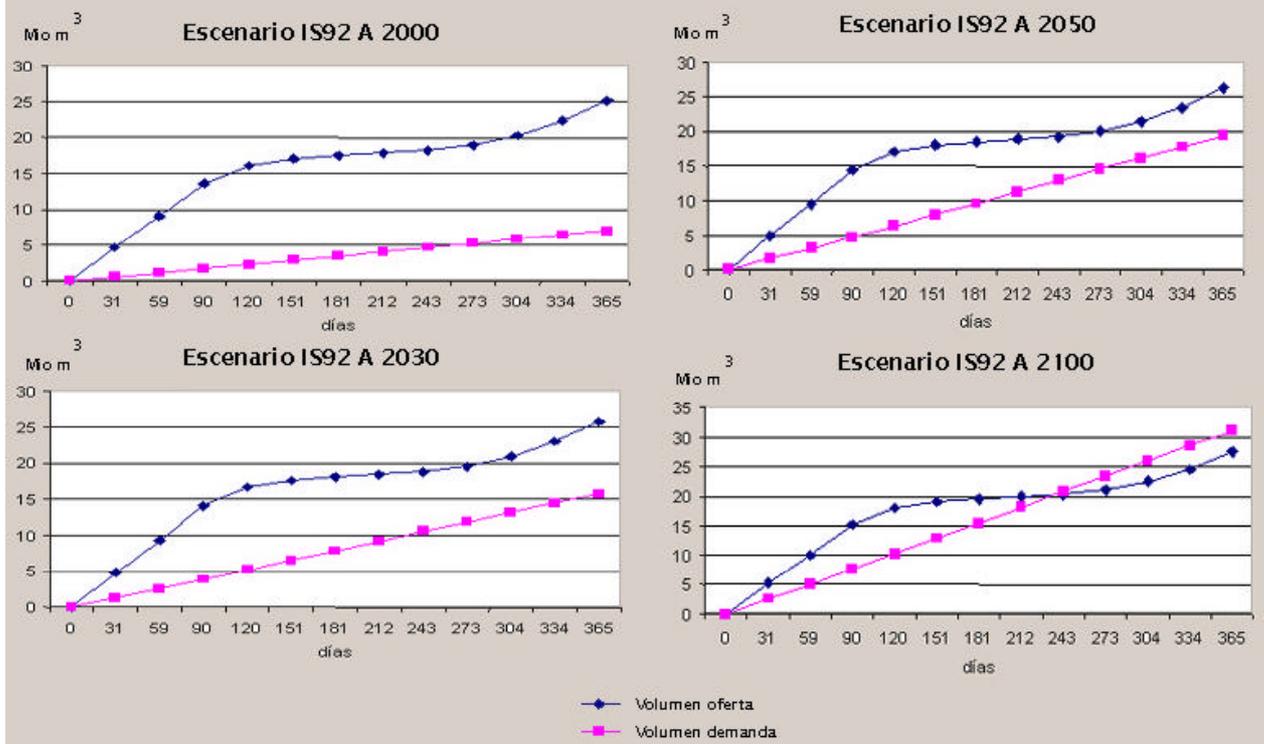
Así en la relación oferta - demanda, en la subcuenca del río Hampaturi, en la Cuenca de La Paz, región occidental de país, se muestra un déficit en la oferta de agua para satisfacer la demanda de una población creciente. Para el año 2030, la capacidad del embalse llegaría a ser insuficiente, en razón de que para satisfacer la demanda se necesitaría una capacidad de embalse mucho mayor del orden de 4 Hm<sup>3</sup>.

Para el año 2050, la situación se tornaría crítica, ya que serían necesarios más de 5 Hm<sup>3</sup> de capacidad de embalse para satisfacer la demanda de manera regular sin interrupciones, a pesar de que la producción total del año es superior a la demanda total del año.

Para el año 2100, la demanda excedería en extremo a la oferta de agua, puesto que el volumen anual requerido, supera al volumen ofertado. La variación entre oferta y demanda se puede apreciar en el gráfico No. 3.8.

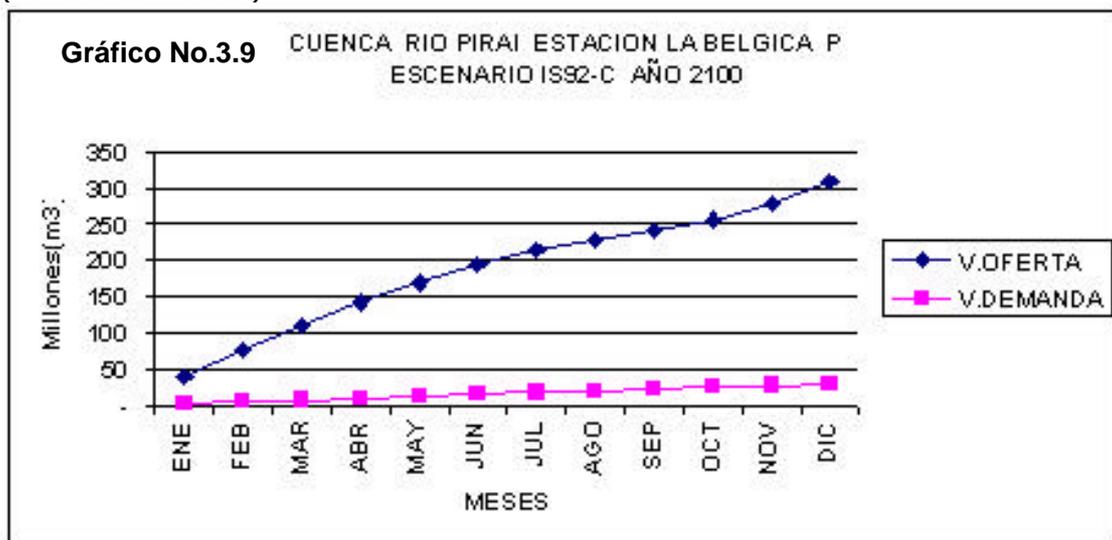
**Gráfico No. 3.8**

**VOLUMENES DE OFERTA Y DEMANDA - CUENCA HAMPATURI**



Fuente: Instituto de Hidráulica e Hidrología (UMSA).

En otras cuencas el aumento de los aportes de agua puede traer con sigio el rebalse de los causes y provocar inundaciones como se ve en el gráfico a continuación para la cuenca del río Pirai al oriente del país. En este caso la oferta superaría a la demanda. (ver Gráfico No.3.9.)



Fuente: Instituto de Hidráulica e Hidrología (UMSA).

Estos cambios podrían favorecer o desfavorecer el manejo de los recursos hídricos. Sin embargo la dificultad de proyectar la variabilidad interanual limita una interpretación sobre la vulnerabilidad de las cuencas a eventos extremos (elevados o bajos aportes de agua a las cuencas)

También se puede concluir que los resultados de la cuenca del río Hampaturi, se pueden generalizar para todo el Altiplano norte. Esta región se caracteriza por un déficit acentuado de sus recursos hídricos.

Los resultados de la cuenca del río Pirai, pueden ser extrapolados a otras regiones planas del oriente del país donde la oferta superaría la demanda esperada, sin embargo por las características del terreno son muy susceptibles a cambiar el cauce de los ríos y a provocar desbordes en épocas con excesivos aportes de agua.

### **Vulnerabilidad a la salud humana**

Los incrementos de la temperatura y los cambios en la variabilidad climática, consideradas como la primera señal del cambio del sistema climático mundial<sup>6</sup>, están haciendo cada vez más evidentes sus efectos sanitarios en cuanto al incremento de la incidencia y prevalencia de enfermedades emergentes y re-emergentes

Los efectos sobre la salud humana, clasificados en efectos directos e indirectos ya son evidentes en Bolivia, entre los primeros son cada vez más frecuentes: las inundaciones (Santa Cruz), deslizamientos de tierra (La Paz), incendios, (Guarayos - Santa Cruz) y tormentas (Cochabamba), incrementando la morbimortalidad<sup>7</sup> de las personas. Entre los segundos, se encuentran aquellos que no dañan directamente a la población pero causan su efecto utilizando otras vías, como por ejemplo, el aumento cuantitativo y de extensión geográfica de vectores transmisores de enfermedades que incrementan los riesgos de enfermar y morir de los habitantes de las zonas afectadas.

Dado el perfil sanitario nacional, donde son importantes las patologías transmitidas por vectores, se estudio la influencia de los Cambios Climáticos sobre la Salud Humana que comprendió la integración geográfica de: a) el clima y su variabilidad b) los cambios ecológicos subsecuentes, c) la dinámica de las enfermedades humanas, d) el Hábitat humano y e) el perfil socioeconómico de la zona, que fueron desarrollados con la finalidad de brindar un panorama completo del impacto del Cambio Climático sobre la Salud Humana en Bolivia

La Región I, de las áreas de estudio del PNCC<sup>8</sup>, integrado por los Departamentos de Pando, Beni y el norte de La Paz, fue elegida como área de estudio y se seleccionó la Malaria (producida por *Plasmodium Falciparum* y por *P. Vivax*) y la Leshmaniasis, como enfermedades tipo, para investigar los efectos del cambio climático sobre la salud humana en función de su elevada incidencia y prevalencia en dicha zona. Se realizo

---

<sup>6</sup> *Climate Change and Human Health WHO, WMO, UNEP*

<sup>7</sup> *Enfermedad y muerte*

<sup>8</sup> *Programa Nacional de Cambio Climático*

también, una correlación del índice I.P.A<sup>9</sup> y de la endemidad de la Leishmaniasis por municipios.

Se utilizaron bases de datos, consistentes en reportes anuales y mensuales del total de casos de Malaria y Leishmaniasis<sup>10</sup> desde 1959 a 1998. Los datos climáticos<sup>11</sup> fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrológica (SENAMHI)<sup>12</sup> y de (AASANA) de 1960 a 1998, y se trabajó con el escenario climático IS92a. La línea base fue 1961-1990, mientras que para ajustar los modelos<sup>13</sup> y analizar la variabilidad climática actual y futura, se empleó el período 1991-1999 denominado "clima actual". Para la correlación climática/sanitaria se utilizó el Método Ortiz<sup>14</sup>.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

- Se observó, un mantenimiento de las condiciones climáticas medias, en la zona de transición del Índice de Bulto para la línea de Base y el Clima Actual, que va seguido de un calentamiento del clima en el período invernal, tendencia que se proyecta desde el clima actual hasta los escenarios del 2010 en adelante.
- La Malaria es sensible a las variaciones y cambios en las tendencias del clima, mostrando diferencias marcadas entre el período de la línea de base y la situación actual.
- Los casos producidos por Plasmodium Vivax, actualmente (1990 – 1999) presentan un aumento de incidencia entre abril y junio con un pico mayor en mayo, adquiriendo por lo tanto un carácter unimodal, como se demuestra en el gráfico No. 3.10.
- El Paludismo producido por Plasmodium Falciparum en la actualidad es bimodal<sup>15</sup> (como se aprecia en el gráfico anterior), con dos períodos incrementales que van de marzo a junio y de octubre a noviembre con períodos de remisión en el resto de los meses. Se observa, además que los casos producidos por el Plasmodium Falciparum se presentan durante un mayor número de meses, lo que resulta particularmente importante dado el carácter de alta letalidad de la enfermedad producida por este agente.
- El clima, puede favorecer el desarrollo de un 27% en promedio (11.3% para Vivax y 43.6% para Falciparum) de casos de malaria, si es que existen las condiciones determinantes. Observándose un cambio en el comportamiento de la incidencia (incremento) que se manifiesta a partir de marzo de 1993 para los casos producidos

---

<sup>9</sup> El Índice Parasitario Anual mide los niveles de riesgo y de endemidad por cada mil habitantes expuestos, es decir mide el riesgo de enfermar y/o morir de Malaria.

<sup>10</sup> Los datos de Malaria y Leishmaniasis fueron obtenidos del Sistema Nacional de Información en Salud (SNIS) y del Programa Nacional de Malaria y Leishmaniasis del Ministerio de Salud y Previsión Social,

<sup>11</sup> Temperatura media (TM), temperatura mínima media (TN), temperatura máxima media (TX), humedad relativa (HR), precipitación pluvial (PP) y la Oscilación (OSC) de 11 estaciones meteorológicas.

<sup>12</sup> Los datos obtenidos de esta Institución son incompletos, por lo que se tuvo que completar las series y realizar análisis de coherencia.

<sup>13</sup> Modelo Ortiz (1998)<sup>13</sup>, que se sustenta en el uso de modelos empírico-estadísticos para la descripción y el pronóstico de enfermedades, considerando la influencia de las condiciones climáticas.

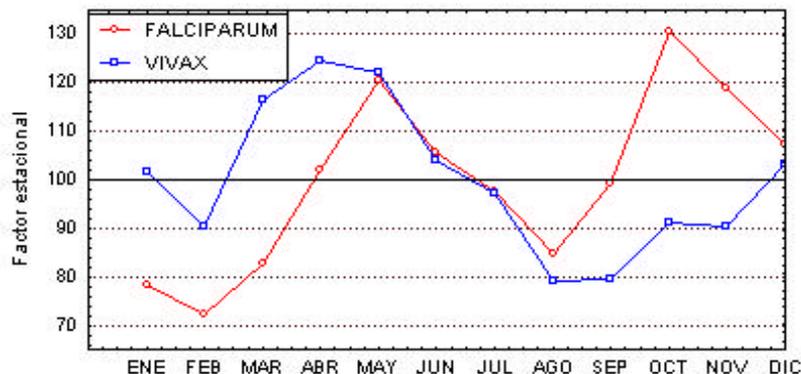
<sup>14</sup> Paolo Ortiz (1998) La Habana – Cuba. Se basa en modelos empírico estadísticos para la descripción y el pronóstico de las enfermedades, considerando la influencia de las condiciones climáticas

<sup>15</sup> Clima actual

por *P. Falciparum* y a partir de abril de 1994 para los casos producidos por *Plasmodium Vivax*.

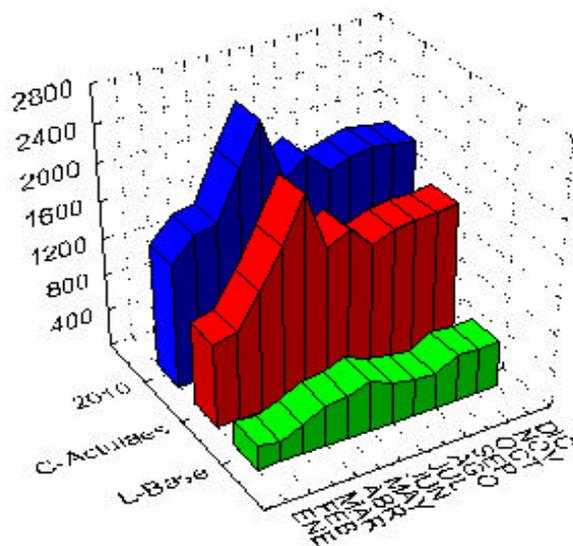
**Gráfico No. 3.10 MOVIMIENTO ESTACIONAL DE LOS CASOS DE MALARIA PRODUCIDOS POR *P. FALCIPARUM* Y *P. VIVAX*. REGION I 1990 – 1999.**

Fuente PNCC.



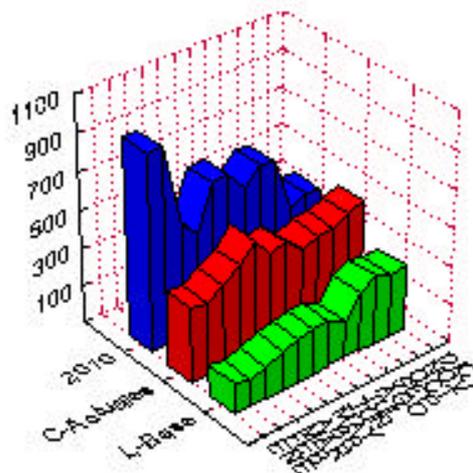
- La presentación de la malaria por Vivax en la Región de Estudio (ver gráfico No.3.11) de acuerdo al escenario IS92a, evidenciará el 2010 un claro efecto sobre la variación estacional y una acentuación del pico abril - mayo, lo que estaría en concordancia con las condiciones climáticas que ya se comienzan a registrar.

**Gráfico No.3.11.COMPORTAMIENTO DE LOS CASOS PRODUCIDOS POR *P. VIVAX*, LINEA DE BASE, SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIÓN AL 2010**

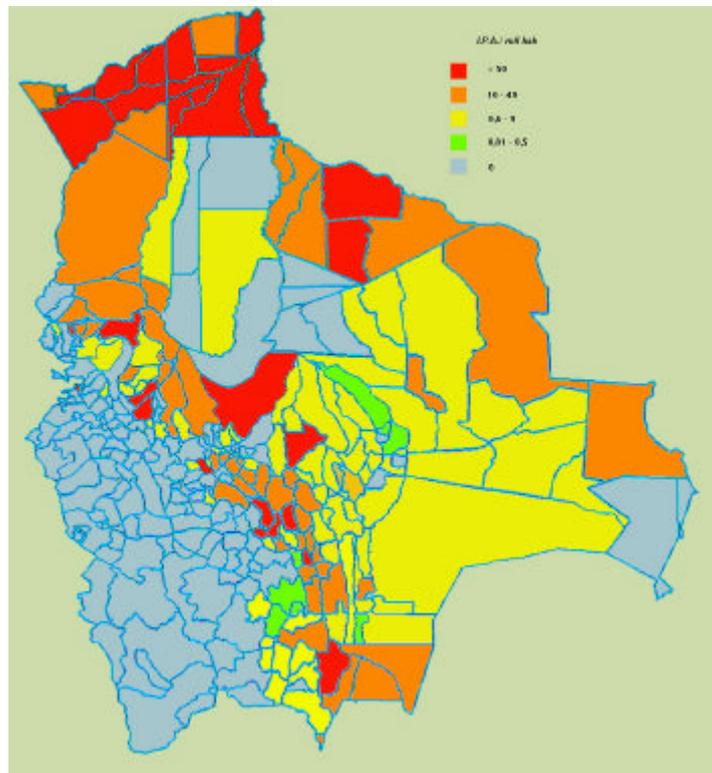


- La presentación de la malaria producida por *Falciparum*, (ver gráfico No. 3.12) de acuerdo a las proyecciones al 2010 (escenario IS92a) se intensificará y variará su patrón estacional, transformándose en trímódal, con la emergencia de un primer pico en enero, un mantenimiento del pico abril – mayo y un desplazamiento del tercer pico de octubre noviembre a agosto - septiembre. Es decir la enfermedad no solo se intensifica sino que varia su patrón estacional intranual como consecuencias de las variaciones observadas en el clima.
- La alta migración que reciben las ciudades intermedias de la Región de estudio, principalmente Guayaramerin y Riberalta que tienen los índices parasitarios anuales (I.P.A), más altos de Bolivia, se constituye en un importante factor de riesgo para incrementar la incidencia de casos de Malaria en la Región y probablemente de diseminar la enfermedad al resto del país, mediante los migrantes temporales.
- El análisis de la endemia e hiperendemia de la Malaria por Municipios, (Ver mapa No.7) mostró que compromete casi al 100% de los Municipios de 7 Departamentos de Bolivia, en zonas caracterizadas por la alta humedad del medio aunque, las temperaturas no sean altas. Como por ejemplo la faja subandina de Bolivia, donde se presentan municipios hiperendémicos.

**Fig. No. 3.12. COMPORTAMIENTO DE LOS CASOS PRODUCIDOS POR P. FALCIPARUM, LINEA DE BASE, SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIÓN AL 2010**



**Mapa No.7 .INDICE PARASITARIO ANUAL DE LA MALARIA POR MUNICIPIOS BOLIVIA 1998**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del MSPPS

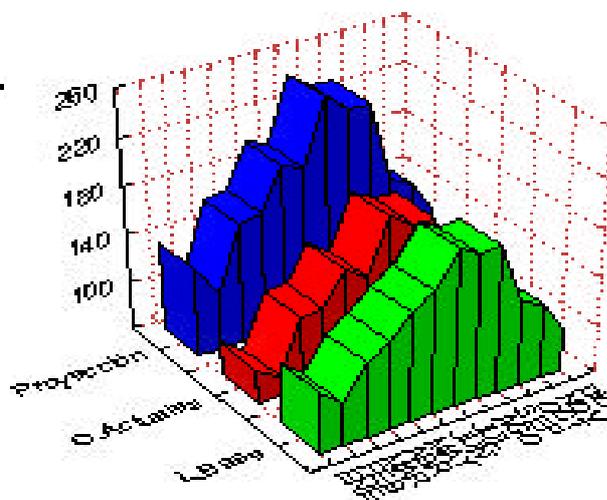
- Llama poderosamente la atención, que se presente una zona hiperendémica a 4. 000 metros y más de altura en una zona netamente altiplánica, como la de Puerto Pérez, en el Departamento de La Paz, que presenta un I.P.A de 152.94 /1000 hab. Que debe ser investigada con mayor detenimiento.
- Al analizar la alta incidencia de Malaria (hiperendemia) por ecoregiones, se evidencia la presencia de áreas maláricas hiperendémicas en zonas caracterizadas por la alta humedad del medio, precipitaciones pluviales importantes, y existencia de colecciones de agua estancada que favorecen el desarrollo vectorial, aunque las temperaturas no sean altas<sup>16</sup>. Este resultado se correlaciona con los pesos de las variables climáticas dentro del Índice de Bulto.
- La colonización de áreas tropicales por habitantes provenientes principalmente del altiplano, es otro factor de riesgo, para las enfermedades transmitidas por vectores ya que las personas que llegan están adaptadas a otro ambiente y por lo tanto a otro perfil epidemiológico, donde pueden no presentarse las enfermedades señaladas.

<sup>16</sup> Se debe tener en cuenta que las temperaturas mínimas a las que pueden sobrevivir parásitos y vectores son menores a 20 ° C, coincidiendo con las temperaturas registradas a lo largo de la faja subandina de Bolivia, donde se presentan municipios hiperendémicos.

- El desplazamiento del bosque húmedo tropical y del bosque húmedo subtropical a expensas del bosque seco tropical, proveerá de hábitat adecuados a los vectores transmisores de Malaria, para incrementar su expansión geográfica a áreas periféricas a las tradicionales donde no estaban presentes previamente.

Con relación a la Leishmaniasis el estudio detecto los siguientes resultados:

**Gráf.3.13 COMPORTAMIENTO DE LOS CASOS PRODUCIDOS POR LEISHMANIASIS, LINEA DE BASE, SITUACIÓN ACTUAL Y PROYECCIÓN AL 2010**

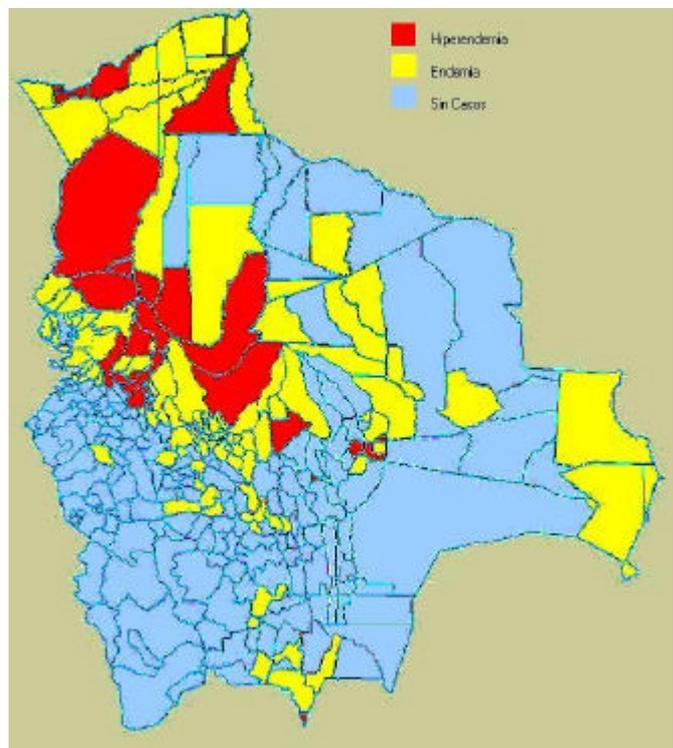


- Los picos de presentación de la Leishmaniasis, coinciden claramente con las épocas del año<sup>17</sup> en que la Región de estudio, recibe gran cantidad de emigrantes ocasionales en función de las cosechas, y en zonas de desmonte por lo que debe ser considerada como una enfermedad ocupacional (Los Phlebotomus pican muy cerca al suelo, por lo tanto cualquier actividad de tala de árboles, habilitación de tierras para cultivo y/o pastoreo, etc incrementan las posibilidades de picaduras).
- Los resultados encontrados, (ver gráfico No.3.13.) demuestran que la Leishmaniasis tiene una alta vulnerabilidad a los cambios del clima, lo que se acentuara más a medida que se evidencien incrementos en la humedad, temperaturas, etc., por lo tanto al irse haciendo cada vez más cálida la Región 1, se incrementaran los casos de Leishmaniasis acentuándose la incidencia en los meses de julio a septiembre, siendo agosto el mes que registrará los mayores efectos de acuerdo a las proyecciones realizadas para el 2010.

<sup>17</sup> Marzo – Abril y Agosto - Septiembre

- El análisis de los niveles endémicos de la Leishmaniasis por ecoregiones, presenta una marcada afectación de aquellos municipios que se hallan ubicados en las ecoregiones de Yungas, zonas húmedas de la faja subandina, sabanas inundadas en el Beni, bosque húmedo templado en Santa Cruz y el bosque muy húmedo templado en la región sur de Tarija.
- Existe, una correlación de los casos de Leishmaniasis con los poblados localizados a lo largo de las carreteras que atraviesan el país, siendo este factor mucho más marcado en la región norte y noreste del país.

**Mapa No.8. ENDEMICIDAD DE LA LEISHMANIASIS A NIVEL MUNICIPAL BOLIVIA 1998.**



Fuente: Elaboración propia en base a datos del MSPPS

- Se aprecia una marcada correlación de los índices de pobreza con los municipios afectados por la Leishmaniasis (ver mapa No.8.), sugiriéndose a la pobreza que genera secundariamente niveles inmunitarios deprimidos como un serio factor de riesgo para el desarrollo de esta enfermedad, particularmente para el desarrollo de la Leishmaniasis visceral.
- El ascenso de las temperaturas y de las precipitaciones pluviales (humedad principalmente), en la Región de estudio aumentarían; los sitios de anidación y por ende del número de vectores, la extensión geográfica de su hábitat, tanto a nivel altitudinal como en torno de las habituales áreas endémicas y por último incrementarían los casos de Malaria y Leishmaniasis, tanto en las zonas tradicionales, como en las nuevas áreas de ocupación vectorial donde la elevación de la incidencia

será particularmente importante debido a la escasa inmunidad desarrollada por los habitantes.

- Aunque el clima debe ser considerado como un todo, la medición de los pesos o contribuciones de cada variable al IB, es decir el orden de importancia de cada variable demostró que la precipitación pluvial, seguida de la humedad relativa y de la temperatura mínima son los factores climáticos más influyentes sobre la vulnerabilidad de la salud humana ante el cambio de clima, tanto para la malaria como para la Leishmaniasis

## **El Niño Southern Oscillation (ENSO)**

Bolivia también ha estado sometida a los impactos producidos por el Fenómeno del Niño, desde 1983 el país se ha visto ante problemas de sequía en algunos casos e inundaciones en otros. Se puede detectar que el cambio climático estaría provocando un mayor grado de incidencia en los efectos que provoca el ENSO dado que estos se presentan con mayor frecuencia y con un alto grado de incidencia.

En la última década extensas zonas del valle y del altiplano de Bolivia han sufrido sequías, lo que ha provocado la pérdida de enormes recursos en cultivos y ganadería. A su vez zonas del oriente boliviano han soportado inundaciones con la consecuente pérdida de cultivos, ganado y migración obligada de habitantes.

Se evidencio también que en Bolivia "El Niño" viene acompañado de aumentos en las precipitaciones al oriente y sequías al occidente. En algunos casos "El Niño" también trae consigo una intensificación de granizadas en los valles interandinos.

Otros efectos marginales están relacionados con eventos de vientos extremos inclusive fuera del cinturón de ciclones del trópico e incendios en lugares con tendencia a sequías y variada estacionalidad que pueden ocasionar serios daños en los bosques (mediana confiabilidad), esto debido a que la temporada ciclónica del pacifico oriental que transcurre de junio a noviembre se vería afectada por el calentamiento del mar y de las masas de aire y por la propia acción de los ENSOS lo que extendería la temperatura ciclónica a los meses de verano; desde enero hasta mayo generando una temporada ciclónica de 12 meses.

## **ADAPTACION**

### **Medidas de adaptación del sector forestal**

El Programa Nacional de Cambios Climáticos del Viceministro de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal (MDSMA. 1997, MDSP.2000) ha establecido en sus iniciales estudios una serie de lineamientos estratégicos de adaptación para el sector forestal, en orden de importancia:

- Aprovechamiento forestal sostenible
- Mejoramiento de la calidad de vida del habitante
- Elevación de eficiencia de los procesos de industrialización

- Desarrollo y crecimiento del sector

El mismo trabajo detalla las siguientes potenciales medidas de adaptación:

- Identificar especies que puedan tolerar el cambio climático.
- Reducir la fragmentación del hábitat.

El Programa Nacional de cambios Climáticos (MDSP. 1998) incluye además el elemento de mejorar las formas de aprovechamiento forestal como medida de adaptación al cambio climático.

Otras medidas más específicas en su relación a la reducción de emisiones, pero que inducen a cambios tecnológicos y/o de las prácticas culturales han sido convencionalmente consideradas como medidas de mitigación.

### **Medidas de adaptación sector agropecuario**

Las medidas de adaptación planteadas (PNCC,1998) para prevenir o reducir los efectos negativos del probable cambio climático, especialmente para los cultivos de importancia económica del país y de esta forma no afectar la seguridad alimentaria de la población está referido a:

- Manejo de suelos - aguas
- Investigación agrícola y
- Transferencia interactiva de tecnología.

Las medidas seleccionadas guardan estrecha relación con el Plan General de Desarrollo Económico y Social del actual gobierno, en el punto que establece: que "La preservación de la dignidad y soberanía nacionales tiene como punto de arranque la **seguridad alimentaria**, fruto del sistema agro-alimentario, y se constituye a su vez, en un eje fundamental de la lucha contra la pobreza".

En el sector ganadero y forrajero se plantean una serie de opciones de adaptación como:

- identificación de pasturas resistentes
- introducción de pasturas nativas
- introducción de ganado nuevo
- migraciones
- cambio en las estaciones de pastoreo
- dieta suplementaria.

### **Medidas de adaptación de recursos hídricos**

Los estudios de sensibilidad (MDSMA. 1997) revisan la efectividad de las medidas de adaptación propuestas. Para los recursos hídricos estas medidas de adaptación se muestran de la siguiente manera:

- Planificación coordinada del uso del agua en una determinada cuenca
- Construcción de obras de regulación, riego y almacenamiento
- Adopción de políticas de conservación
- Control de calidad de los cuerpos de agua
- Sistemas de suministro controlado y remunerado
- Adopción de planes de contingencia
- Obras de transferencia de agua intercuenas
- Sistemas de predicción de inundaciones y sequías
- Capacitación y educación en manejo y consumo de agua.

### **Medidas de Prevención y Adaptación en salud humana**

Se identificaron importantes acciones a realizarse que permitirían al país enfrentar este impacto tan importante del cambio climático sobre la salud humana, entre las medidas de adaptación se tienen:

- Cuidado del medio,
- Control químico,
- Control de reservorios,
- Control biológico,
- Reducción del contacto vector ser humano
- Participación comunitaria,
- Vigilancia epidemiológica/climática
- Educación sanitaria.

Estas medidas para su implementación deben cumplir con líneas maestras de acción entre las que se identificaron:

- Enriquecer, los conocimientos sanitarios sobre el impacto del cambio de clima en la salud humana.
- Realizar, estudios que permitan ampliar los conocimientos de la vulnerabilidad de la salud humana al cambio de clima.
- Difundir el conocimiento de las diferentes proyecciones sanitarias en función de los diferentes escenarios climáticos propuestos para la Región I.
- Estudiar, la aplicación de nuevas medidas de control y eliminación vectorial como el control biológico, en relación a las medidas.
- Incorporar, al Subsistema de Información en Salud (SNIS) el monitoreo de determinados parámetros medioambientales (climatológicos y entomológicos)
- Establecer, un sistema de vigilancia epidemiológica, que incorpore parámetros vectoriales y climatológicos puntuales.
- Motivar, a los diversos actores del sector salud a nivel municipal y departamental, a incorporar los aspectos del impacto del cambio de clima sobre la salud humana a; sus políticas, estrategias, planes operativos y actividades de salud.
- Desarrollar planes de acción intersectorial que permita al Ministerio de Desarrollo Sostenible, y Planificación al Ministerio de Salud Pública y Previsión Social desarrollar programas de prevención en las áreas hiperendémicas y en aquellas regiones que sean sujeto de colonización, proyectos de desarrollo, etc.

- Llevar a cabo, estudios de costo eficiencia, costo efectividad y costo beneficio para cada método de control vectorial
- Priorizar, las áreas maláricas y Leishmaniásicas más importantes e identificar las especies vectoriales predominantes.
- Priorizar, la participación comunitaria para el control de la Malaria y de la Leishmaniasis a nivel Municipal.
- Realizar, estudios entomológicos en los habitat vectoriales para su caracterización e identificación, con el fin de determinar el mejor agente biológico para su control.
- Favorecer excelentes niveles de conocimiento, por parte del personal operativo sobre la influencia climática el comportamiento del vector, la dinámica de la población humana, su interrelacion y su importancia en la generacion de casos patologicos. Realizar, mapeos de criaderos usando diferentes sistemas, aparte de la participación comunitaria.
- Fortalecer, la red sanitaria local, y departamental con el fin de que este preparada para responder ante los efectos directos (sequías, inundaciones, tormentas, etc.) e indirectos del cambio de clima (incremento de la demanda de servicios de salud).

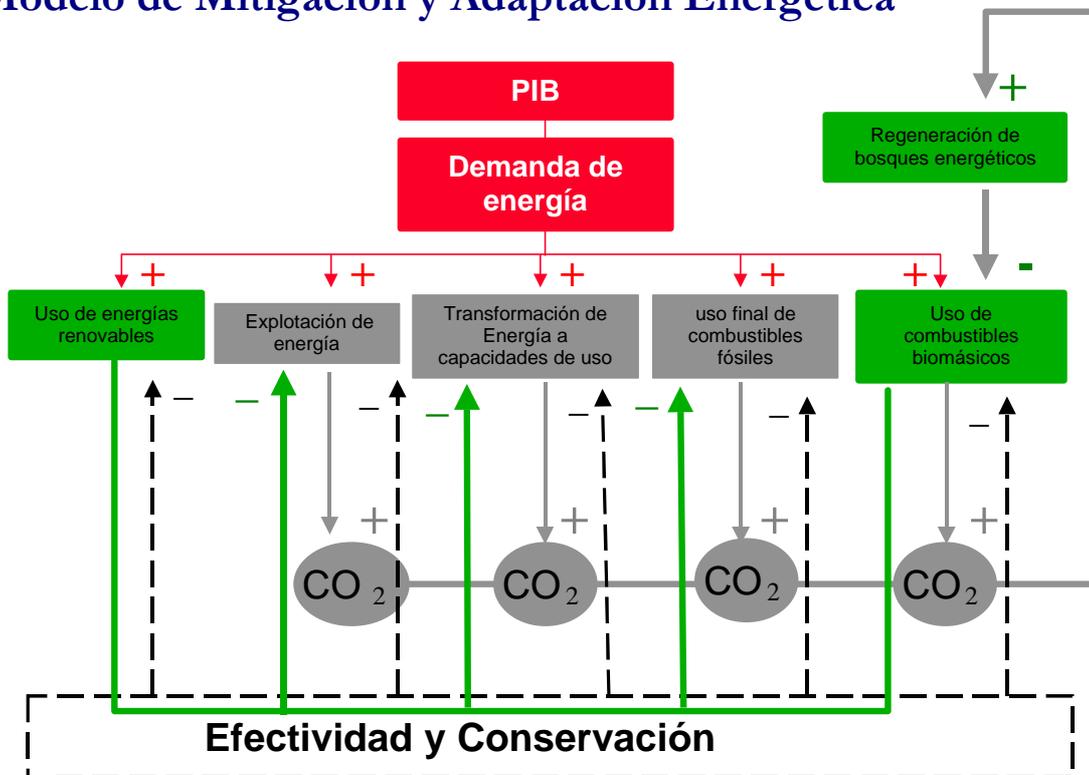
# CAPITULO IV

## PROYECCIONES, PLANES Y MEDIDAS

### Opciones de mitigación y su costo

Las medidas de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para el sector energético estaría enmarcadas en tres procesos de mejora del suministro y uso de energía: (1) Mejorar la efectividad del consumo de energía, (2) Conversión a fuentes de energía menos intensivas en carbono y (3) Mayor uso de energías renovables.

### Modelo de Mitigación y Adaptación Energética



## ANÁLISIS DE MITIGACIÓN DE EMISIONES SECTOR ENERGETICO

Para el sector energético del país el principal desafío ambiental a largo plazo implica lograr su desarrollo sostenible, el cual necesariamente está relacionado a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Alcanzar esta meta puede ser lograda a través de la implementación de acciones de uso eficiente y racional de la energía, utilización de fuentes de energía renovables y la sustitución de fuentes fósiles y biomásicas por fuentes de menor contenido de carbono, considerando que el uso eficiente de la energía y otras opciones representan a final de cuentas beneficios económicos importantes, debido principalmente a que el incremento de eficiencia en el uso energético tiene menor costo que el incremento del suministro de energía y las demandas de ésta pueden ser satisfechas de manera racional con menores inversiones de capital. Por otra parte, en adición a los beneficios económicos, la reducción del uso de combustibles fósiles a través de su utilización eficiente, el uso de energías renovables y de combustibles con menor contenido de carbono, beneficia ampliamente al medio ambiente en el ámbito local y nacional y representa impactos sociales positivos de gran magnitud.

### ESCENARIO BASE

Debido a la ausencia de publicaciones oficiales sobre estudios prospectivos de indicadores macroeconómicos sectoriales y/o nacionales a largo plazo y por otra parte, estudios de escenarios de desarrollo del sector energético en su conjunto, sean estos prospectivos o de planificación, que permitan con certidumbre construir escenarios de comportamiento del sector a largo plazo, para el presente análisis de mitigación se han definido dos escenarios de desarrollo socioeconómico del país, uno modesto y otro alto, sobre la base del comportamiento histórico del PIB nacional y sus componentes sectoriales y previsiones oficiales de desarrollo. Estos dos escenarios han permitido establecer un rango fiable, en el cual el sector energético y sus subsectores componentes podrían desarrollarse, de acuerdo a la estructura diseñada. El horizonte de análisis definido para la construcción de los escenarios es el año 2030, iniciándose en el año base 1990, el cual es recomendado por el IPCC para elaborar los Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y que se ha utilizado en diversos estudios realizados por el Programa Nacional de Cambios Climáticos de Bolivia.

Tabla 5.1. Tasas de Crecimiento del Producto Interno Bruto (PIB) – Escenario Modesto y alto.

#### Modesto

ACTIVIDAD	1991-1997	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003-2010	2011-2020	2021-2030
AGRICULTURA, SILVICULTURA, CAZA Y PESCA	3.8%	5.3%	3.3%	3.7%	4.3%	4.9%	5.5%	5.0%	4.5%	4.0%
PETROLEO CRUDO Y GAS NATURAL	1.3%	-9.2%	4.5%	5.0%	7.0%	7.0%	7.0%	6.5%	5.0%	4.5%
MINERALES METALICOS Y NO METALICOS	2.3%	1.6%	-3.6%	6.0%	7.6%	14.9%	6.3%	6.3%	5.0%	4.0%
INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	4.3%	4.4%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.8%	6.8%	5.1%	4.5%
ELECTRICIDAD, GAS Y AGUA	8.9%	6.4%	8.0%	10.0%	10.5%	11.0%	11.0%	11.0%	9.0%	7.6%
CONSTRUCCION Y OBRAS PUBLICAS	4.0%	7.1%	5.5%	6.0%	5.0%	5.5%	5.5%	6.5%	5.0%	4.0%
COMERCIO	7.0%	5.4%	4.5%	5.0%	4.5%	5.0%	5.0%	6.0%	5.0%	4.5%
TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES	4.1%	5.6%	6.0%	6.5%	7.0%	7.5%	7.5%	7.0%	5.5%	5.0%
ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS	6.4%	12.3%	9.5%	8.0%	7.0%	6.5%	6.5%	6.5%	5.0%	4.5%
ADMINISTRACION PUBLICA	2.4%	2.7%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
RESTO SERVICIOS	1.1%	4.0%	4.0%	3.0%	4.0%	4.0%	4.5%	5.5%	5.0%	4.5%
IMP. INDIRECTOS	5.0%	4.0%	5.1%	2.9%	4.2%	4.2%	4.1%	4.8%	4.0%	3.6%
PIB	5.6%	4.1%	4.5%	4.9%	5.2%	5.8%	5.5%	6.0%	5.0%	4.5%

### Alto

ACTIVIDAD	1991-1997	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003-2010	2011-2020	2021-2030
AGRICULTURA, SILVICULTURA, CAZA Y PESCA	3.8%	5.3%	4.0%	4.2%	4.8%	6.0%	6.0%	5.5%	5.0%	4.5%
PETROLEO CRUDO Y GAS NATURAL	1.3%	-9.2%	4.5%	5.0%	9.2%	7.0%	7.0%	7.0%	6.5%	5.0%
MINERALES METALICOS Y NO METALICOS	2.3%	1.6%	-3.6%	6.0%	7.6%	14.9%	6.3%	6.3%	5.0%	4.5%
INDUSTRIAS MANUFACTURERAS	4.3%	4.4%	4.5%	5.0%	5.3%	5.8%	6.5%	7.5%	7.1%	6.4%
ELECTRICIDAD GAS Y AGUA	8.9%	6.4%	9.0%	11.0%	11.5%	12.0%	12.0%	11.0%	9.0%	8.1%
CONSTRUCCION Y OBRAS PUBLICAS	4.0%	7.1%	5.5%	6.0%	6.0%	5.5%	7.0%	7.0%	6.5%	6.0%
COMERCIO	7.0%	5.4%	4.5%	5.0%	5.5%	5.5%	7.0%	7.0%	6.5%	6.0%
TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y COMUNICACIONES	4.1%	5.6%	7.0%	7.5%	8.2%	9.0%	12.0%	9.0%	8.0%	7.0%
ESTABLECIMIENTOS FINANCIEROS	6.4%	12.3%	9.5%	8.0%	7.0%	6.5%	8.8%	9.0%	7.0%	6.5%
ADMINISTRACION PUBLICA	2.4%	2.7%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
RESTO SERVICIOS	1.1%	4.0%	4.0%	3.0%	4.0%	4.0%	4.5%	6.5%	6.5%	6.5%
IMP. INDIRECTOS	5.0%	4.0%	4.7%	3.0%	4.5%	4.2%	5.0%	5.6%	5.2%	4.8%
<b>PIB</b>	<b>5.6%</b>	<b>4.1%</b>	<b>4.7%</b>	<b>5.2%</b>	<b>5.8%</b>	<b>6.4%</b>	<b>7.0%</b>	<b>7.0%</b>	<b>6.5%</b>	<b>6.0%</b>

En el proceso de diseño de los escenarios, dos indicadores fueron considerados como direccionadores fundamentales del comportamiento futuro del sector desde el punto de vista de la demanda de energía, en primera instancia las tasas de crecimiento de los PIB sectoriales en sus variantes de crecimiento modesto y alto (ver Tablas) y en segunda instancia las tasas de crecimiento de la población determinadas por el INE hasta el año 2050, las cuales determinan que la población crecerá de 6.42 millones de habitantes en 1990 hasta aproximadamente 14 millones de habitantes en el año 2030, con una tasa de crecimiento de la población de 2.408% en el período 1990 - 1995 que decaerá progresivamente hasta 1.282% en el período 2025 – 2030. Con el uso de estas tasas de crecimiento y tendencias poblacionales, se estimó que el número de hogares en 1990 era de 1.48 millones, de los cuales 807,740 pertenecían al área urbana y 671,367 al área rural, mientras que en el año 2030 el número de hogares crecerá hasta 3.15 millones, de los cuales 2,393,507 pertenecerán al área urbana y 756,839 al área rural.

Por otra parte, los escenarios fueron construidos sobre la base de una estructura de demanda energética del país desarrollada especialmente para el análisis de mitigación considerando la información estadística existente y basada en el estimado de coeficientes de intensidades de energía para cada sector de demanda, incluyendo en el largo plazo acontecimientos tecnológicos autónomos que permitirían mejoras en la eficiencia energética en diferentes usos finales. Esta estructura consideró los niveles de sector, subsector, uso final, aparato o tecnología e intensidad de energía en los sectores Residencial, Comercial / Industrial Rural, Industrial, Transporte y Agropecuario, permitiendo realizar un análisis de abajo hacia arriba (bottom – up) del sector energético del país.

El diseño de la estructura de transformación de energía del país para este análisis, ha considerado ocho módulos de transformación que modelan todos los procesos de abastecimiento de energía a los sectores de demanda desde el requerimiento inicial de recursos naturales. Estos módulos son: Producción de Petróleo Crudo, Producción de Gas Natural, Procesamiento y Tratamiento de Gas Natural, Refinación de Petróleo, Producción de Lubricantes y Otros Productos, Generación de Energía Eléctrica, Producción de Carbón Vegetal y Transporte, Transmisión y Distribución de Energía. Esta estructura se ha basado en el Diagrama de Flujo del Sistema Energético Nacional e incluye los volúmenes contractuales de exportación de gas natural al Brasil, los volúmenes de gas natural que se requerirían para proyectos de generación termoeléctrica en Brasil y las más probables cantidades de exportación de energía eléctrica al mercado brasileño.

## ANALISIS DE DEMANDA Y TRANSFORMACION DE ENERGIA

La demanda de energía en el año 1990 se concentraba en los sectores Residencial, Transporte e Industrial (94.61%), los cuales definen la estructura de demanda de energía en el país (Tabla 5.2), también se puede advertir que esta demanda está principalmente cubierta por la leña, gasolina, gas natural, diesel oil y GLP que prevalecen sobre las otras fuentes, entre las cuales también destacan en menor medida la electricidad, el bagazo y el estiércol animal.

Las cinco primeras fuentes de energía mencionadas anteriormente constituyen el 73.61% del total de la demanda de energía y si consideramos también las tres fuentes posteriormente mencionadas esta cifra alcanza al 91.33%, lo que muestra que la demanda de energía en el país se halla altamente concentrada en los energéticos tradicionales, sean de origen biomásico o derivados del petróleo.

**Tabla 5.2. Demanda de Energía por Sectores - Escenario Base (BEP), 1990.**

Fuente de Energía / Sector	RESIDENCIAL	COMERCIAL / INDUSTRIAL RURAL	INDUSTRIAL	TRANSPORTE	AGROPECUARIO	Total
ELECTRICIDAD	448,413	195,539	450,410	0	0	1,094,362
GAS NATURAL	25	0	2,500,215	0	0	2,500,240
GASOLINA	20,389	5,210	138,961	2,921,428	5,130	3,091,119
GASOLINA DE AVIACION	0	0	0	48,430	0	48,430
JET FUEL	0	0	0	649,377	0	649,377
DIESEL/ GAS OIL	36,210	0	353,931	1,824,618	55,721	2,270,479
FUELOIL/RESIDUAL	0	0	173,879	537	0	174,416
GLP	1,450,563	42	43,243	94	4,076	1,498,018
OTROS PRODUCTOS DE PETROLEO	0	0	819	0	0	819
PETROLEO CRUDO	0	0	21,497	0	0	21,497
CARBON BITUMINOSO	0	0	126	0	0	126
ANTRACITA	0	0	54	0	0	54
LIGNITO	0	0	3	0	0	3
TURBA	0	0	0	0	0	0
LEÑA	2,962,026	440,263	0	0	0	3,402,289
CARBON VEGETAL	15,154	0	61,052	0	0	76,207
ETANOL	659	0	0	0	0	659
ESTIERCOL ANIMAL	668,582	228,043	0	0	0	896,625
RESIDUO VEGETAL	90,547	0	0	0	0	90,547
BAGAZO	0	0	1,081,741	0	0	1,081,741
ENERGIA SOLAR	39,061	0	0	0	0	39,061
ENERGIA HIDROELECTRICA	338	0	0	0	0	338
BITUMEN	0	0	23,045	0	0	23,045
COQUE DE PETROLEO	0	0	0	0	0	0
COQUE DE LIGNITO	0	0	413	0	0	413
PARAFINA	24,783	0	0	0	0	24,783
ASFALTOS	0	0	527	0	0	527
GRASAS	0	0	4,574	0	0	4,574
KEROSENE	177,946	0	62,509	249	573	241,276
ACEITES	0	0	91,148	0	0	91,148
PILAS / BATERIAS	16,517	0	0	0	0	16,517
<b>Total</b>	<b>5,951,216</b>	<b>869,097</b>	<b>5,008,147</b>	<b>5,444,732</b>	<b>65,500</b>	<b>17,338,691</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

De acuerdo al análisis realizado, la demanda de energía proyectada para el período 1990 - 2030 tendrá una tasa global de crecimiento anual promedio de 3.70% en el escenario modesto y de 4.50% en el escenario alto. El escenario modesto nos muestra que entre los sectores de demanda de energía, el sector agropecuario tiene una tasa de crecimiento anual promedio de 7.41%, seguido por el industrial con 4.93%, el transporte con 3.78%, el comercial con 3.70% y el residencial con 1.53%. Por otra parte, el escenario alto nos muestra que el sector agropecuario tiene una tasa de crecimiento anual promedio de 7.85%, seguido por el industrial con 6.03%, el comercial con 4.73%, el transporte con

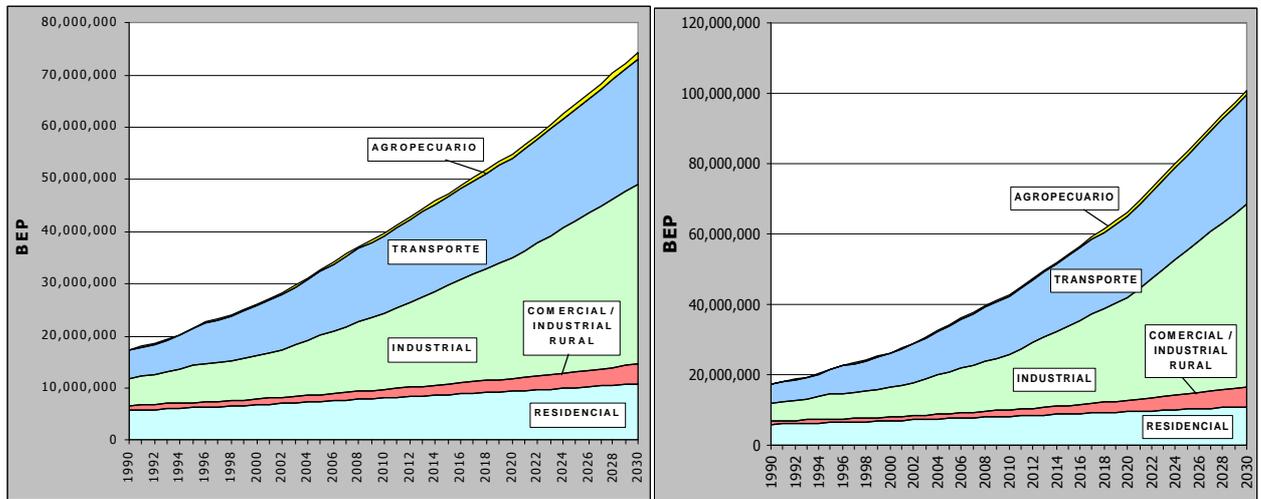
4.45% y el residencial con 1.53%. En este sentido, la demanda total de energía el año 2030 en términos absolutos, será aproximadamente 4.28 veces superior que en el año 1990 en el escenario modesto y 5.82 veces superior que en el año 1990 en el escenario alto.

**Tabla 5.3. Demanda de Energía por Sectores, Escenario Base (BEP), 1990 - 2030.**

SECTOR / AÑOS ESCENARIO	1990	1995	2000		2010		2020		2030	
	REAL	REAL	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO
<b>RESIDENCIAL</b>	5,951,214	6,350,090	6,954,760	6,954,760	8,194,715	8,194,715	9,532,846	9,532,846	10,934,947	10,934,947
URBANO > 10000 h	1,678,044	2,174,429	2,855,071	2,855,071	4,191,332	4,191,332	5,535,117	5,535,117	6,780,249	6,780,249
URBANO < 10000 h	395,505	457,614	526,384	526,384	660,020	660,020	784,939	784,939	880,725	880,725
RURAL < 2000 h	3,877,665	3,718,047	3,573,305	3,573,305	3,343,363	3,343,363	3,212,790	3,212,790	3,273,973	3,273,973
<b>COMERCIAL / INDUSTRIAL RURAL</b>										
COMERCIAL GENERAL	869,097	910,117	1,072,970	1,083,025	1,641,563	1,829,053	2,465,861	3,167,000	3,722,879	5,513,205
<b>INDUSTRIAL</b>	5,008,147	7,164,871	8,339,679	8,440,778	14,553,833	15,744,642	22,901,253	29,314,343	34,356,098	52,125,871
MINERIA - METALURGIA	445,014	365,172	449,795	449,795	896,077	896,077	1,459,375	1,459,375	2,160,072	2,266,195
INDUSTRIA GENERAL	2,664,626	4,577,736	5,697,993	5,769,757	10,563,530	11,596,920	17,376,250	23,026,400	26,982,940	42,823,460
CAMINOS Y CARRETERAS	64,551	180,714	236,409	238,664	435,421	462,670	709,039	868,587	1,049,746	1,555,639
CONSTRUCCION	122,937	324,564	426,186	430,251	784,954	834,077	1,278,218	1,565,843	1,892,427	2,804,424
ELECTRICIDAD	1,021	2,562	3,817	3,921	10,836	11,336	25,652	26,838	53,364	58,481
INDUSTRIA PETROLERA	1,504,028	1,345,456	1,110,132	1,133,043	1,355,886	1,436,433	1,423,627	1,738,209	1,425,821	1,825,944
OTROS	205,971	368,668	415,347	415,347	507,129	507,129	629,092	629,092	791,729	791,729
<b>TRANSPORTE</b>	5,444,732	6,942,479	9,399,101	9,541,511	14,774,167	16,379,239	19,041,826	23,091,321	24,043,213	31,028,742
TERRESTRE	4,484,969	5,868,673	8,002,961	8,124,217	12,817,340	14,209,820	16,471,300	19,974,140	20,735,070	26,759,450
AEREO	703,081	843,186	1,116,010	1,132,920	1,563,847	1,733,745	2,053,959	2,490,760	2,643,023	3,410,927
FERROVIARIO	151,948	124,589	157,741	160,131	221,287	245,328	290,879	352,738	374,529	483,345
FLUVIAL LACUSTRE	104,735	106,031	122,389	124,243	171,693	190,346	225,688	273,684	290,591	375,020
<b>AGROPECUARIO</b>										
USO DE ENERGETICOS	65,500	243,140	303,405	308,565	496,387	531,991	770,638	866,613	1,140,865	1,345,715
<b>TOTAL</b>	<b>17,338,690</b>	<b>21,610,697</b>	<b>26,069,914</b>	<b>26,328,639</b>	<b>39,660,665</b>	<b>42,679,639</b>	<b>54,712,423</b>	<b>65,972,124</b>	<b>74,198,002</b>	<b>100,948,480</b>

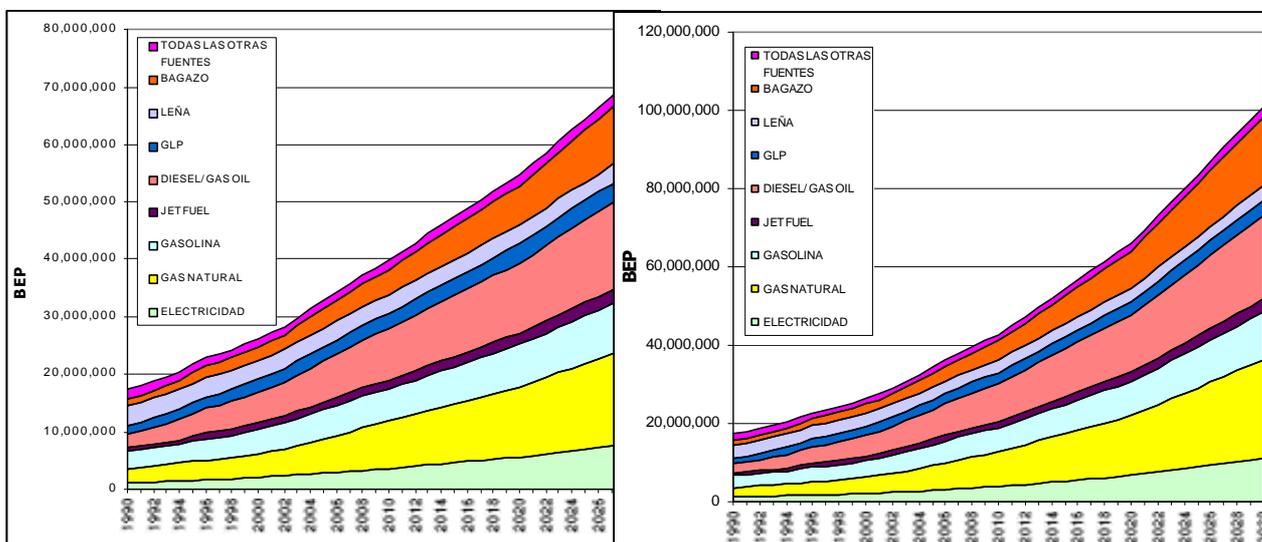
Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

**Gráfico 5.1. Demanda de Energía por Sectores, Escenarios Base: Modesto y Alto (BEP), 1990 – 2030.**



Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

**Gráfico 5.2. Demanda de Energía por Fuentes, Escenarios Base: Modesto y Alto (BEP), 1990 – 2030.**



Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

El análisis de los escenarios base (modesto y alto) muestra que a largo plazo, ocho fuentes de energía tienen mayor importancia entre todas las fuentes que se utilizan en el país. El escenario modesto nos muestra que la electricidad para el periodo 1990 – 2030 tiene una tasa de crecimiento anual promedio de 5.18%, seguido por el diesel oil con 5.04%, el gas natural con 4.99%, el jet fuel con 3.50%, la gasolina con 2.81% y el GLP con 2.33%, mientras que el bagazo tiene una tasa de 5.99% y la leña de -0.12%.

**Tabla 5.4 Demanda de Energía por Fuentes, Escenario Base (BEP), 1990 - 2030.**

Fuente de Energía / Año	1990	1995	2000		2010		2020		2030	
ESCENARIO	REAL	REAL	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO
ELECTRICIDAD	1,094,362	1,591,580	2,070,697	2,081,595	3,614,278	3,808,537	5,641,014	6,611,438	8,243,432	11,073,720
GAS NATURAL	2,500,240	3,225,328	4,044,405	4,103,311	8,256,226	8,961,966	12,179,040	15,313,640	17,523,890	25,304,880
GASOLINA	3,091,119	3,530,087	4,254,417	4,314,446	5,554,920	6,109,632	7,277,765	8,734,329	9,363,074	12,010,060
JET FUEL	649,377	812,605	1,083,627	1,100,046	1,520,169	1,685,321	1,998,240	2,423,192	2,572,891	3,320,420
DIESEL/GAS OIL	2,270,479	3,973,479	5,338,893	5,413,494	8,859,061	9,718,280	12,157,110	14,725,050	16,212,930	21,611,180
GLP	1,498,018	1,843,193	2,226,667	2,227,178	2,681,804	2,688,391	3,268,568	3,303,802	3,762,866	3,861,277
LEÑA	3,402,289	3,345,608	3,312,161	3,316,612	3,270,731	3,337,477	3,233,693	3,423,228	3,240,478	3,589,113
BAGAZO	1,081,741	1,884,083	2,340,432	2,369,909	4,338,937	4,763,399	7,137,238	9,458,019	11,083,150	17,589,590
TODAS LAS OTRAS FUENTES	1,751,067	1,404,734	1,398,614	1,402,048	1,564,548	1,606,644	1,819,763	1,979,423	2,195,293	2,588,228
<b>Total</b>	<b>17,338,691</b>	<b>21,610,697</b>	<b>26,069,913</b>	<b>26,328,639</b>	<b>39,660,674</b>	<b>42,679,647</b>	<b>54,712,431</b>	<b>65,972,121</b>	<b>74,198,004</b>	<b>100,948,468</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

Por otra parte, el escenario alto nos muestra que la electricidad y el gas natural para este mismo periodo tienen una tasa de crecimiento anual promedio de 5.96%, seguidos por el diesel oil con 5.79%, el jet fuel con 4.16%, la gasolina con 3.45% y el GLP con 2.40%, mientras que el bagazo tiene una tasa de 7.22% y la leña de 0.13%.

### ANÁLISIS DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Las emisiones a la atmósfera de GEI generadas por todas las actividades del sector energético fueron calculadas utilizando factores de emisión de la Base de Datos Ambiental

del LEAP (EDB-LEAP), calculados en estudios realizados por el SEI-B para los sectores residencial, comercial / institucional, industrial, transporte, agrícola, pérdidas de combustibles por distribución, generación de electricidad y producción de gas natural; en el estudio realizado en Senegal (Junio, 1992), en el estudio del Global Energy Sector (demanda de energía por sectores y emisiones en refinerías), en el estudio sobre U.S. Averages basado en datos de la U.S. EPA (demanda de energía por sectores y transformación), en las Guías del IPCC de 1995 (demanda de energía por sectores y transformación) y en el estudio de la OMS sobre producción de carbón vegetal. En tres casos particulares se han utilizado factores de emisión nacionales teóricos calculados para este análisis, el primero desarrollado sobre la base de datos de YPFB para la emisión de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> por la actividad de quema y venteo de gas natural en campos de explotación (considerando 93% de quema real y 7% de venteo real de gas natural sobre el dato estadístico), con un valor de 1.92785 kg de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> de gas natural quemado en esta actividad y 40.803 g de CH<sub>4</sub> por m<sup>3</sup> de gas natural venteado en esta actividad, el segundo factor teórico calculado es el de 1.911 kg de CO<sub>2</sub> por kg de etanol consumido en usos residenciales de cocción de alimentos e iluminación y el tercero es el de 3.123 kg de CO<sub>2</sub> por kg de parafina de velas consumida para iluminación residencial.

Como resultado del análisis realizado, podemos observar que el crecimiento de las emisiones de GEI<sup>1</sup> no ha sido constante en el periodo 1990 – 1997. El CO<sub>2</sub> no biogénico nos muestra un crecimiento del 52% hasta 1994 (con una tasa de crecimiento anual promedio del 11.03%), para luego disminuir súbitamente en 1995, como resultado de las importantes reducciones en la quema de gas natural en campos de explotación y posteriormente iniciar nuevamente su crecimiento y alcanzar una tasa de crecimiento anual promedio del 5.53% para el periodo 1990 - 1997. Por otra parte, el CO<sub>2</sub> biogénico nos muestra una tasa de crecimiento anual promedio del 1.97% para el periodo mencionado. En el caso del CH<sub>4</sub> se observa el mismo comportamiento que el CO<sub>2</sub> no biogénico por la razón expuesta anteriormente y su tasa de crecimiento anual promedio es del 2.96% para el periodo mencionado (entre 1990 – 1994 presenta una tasa de crecimiento anual promedio del 25.89%). El N<sub>2</sub>O presenta una tasa de crecimiento anual del 11.17% para el periodo 1990 - 1997, mientras el CO una tasa del 1.14%, los NO<sub>x</sub> una tasa del 8.23% y los COVNM una tasa del 3.47%. En el caso del SO<sub>2</sub> se observa un decrecimiento en las emisiones nacionales en el periodo analizado, con una tasa anual promedio del 0.41%.

**Tabla 5.5. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (Gg), 1990 - 1997.**

EMISION / AÑO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	5,135.68	5,312.68	5,844.78	6,933.90	7,804.51	6,757.73	7,237.60	7,487.62
DIOXIDO DE CARBONO, BIOGENICO	3,355.99	3,532.68	3,538.51	3,595.26	3,667.71	3,759.11	3,801.00	3,848.29
METANO	23.77	28.53	33.44	49.16	59.71	29.47	29.07	29.16
OXIDO NITROSO	0.0131	0.0158	0.0156	0.0172	0.0195	0.0224	0.0250	0.0275
MONOXIDO DE CARBONO	396.83	397.51	399.70	399.19	396.61	408.83	422.87	429.61
OXIDOS DE NITROGENO	21.00	23.82	25.65	26.46	28.62	31.57	34.71	36.54
HIDROCARBUROS VOLATILES	2.41	2.13	2.17	2.39	2.66	2.95	3.00	3.06
DIOXIDO DE AZUFRE	0.5042	0.5024	0.5005	0.4984	0.4964	0.4942	0.4921	0.4899

Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

<sup>1</sup> En las estimaciones de emisiones de GEI realizadas en este análisis no se han excluido las emisiones provenientes de los búnkers internacionales de navegación aérea internacional como se recomienda en las Guías Revisadas 1996 del IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de emisiones de GEI.

Las diferentes actividades de demanda y transformación de energía del país, han determinado que en 1990 el sector Residencial sea el mayor contribuyente de emisiones de CO<sub>2</sub> (no biogénico y biogénico) con 2,827.15 Gg (33.29% del total), seguido por el sector Transporte con 1,888.35 Gg (22.24%), el sector Industrial con 1,709.10 Gg (20.13%), la Producción de Gas Natural con 813.06 Gg (9.57%), la Generación Eléctrica con 665.88 Gg (7.84%), el sector Comercial con 480.60 Gg (5.66%), la Refinación de Petróleo con 71.95 Gg (0.85%), el sector Agropecuario con 24.94 Gg (0.29%) y la Producción de Lubricantes y Otros Productos con 10.63 Gg (0.13%). En el caso del CH<sub>4</sub> el sector que más contribuye es la Producción de Gas Natural con el 72.32%, en el caso del N<sub>2</sub>O es el sector Industrial con el 99.24%, mientras el CO es emitido principalmente por los sectores Transporte con el 55.96% y Residencial con el 39.96%, los NO<sub>x</sub> por el Transporte con el 67.52%, los COVNM por la Producción de Carbón Vegetal con prácticamente el 100% y el SO<sub>2</sub> por el sector Residencial con prácticamente el 100%.

El año 1994 es muy particular y la estructura anteriormente descrita (que básicamente permanece inalterable en el largo plazo y en la cual solamente toman mayor importancia los sectores industrial y transporte) tiene un cambio, debido a los volúmenes de quema de gas natural en nuevos campos descubiertos ese año. En este año el sector residencial sigue siendo el principal contribuyente de las emisiones de CO<sub>2</sub> (no biogénico y biogénico), pero solo con el 24.97%, mientras la producción de gas natural contribuye con el 21.28%, la industria con el 19.95%, el transporte con el 19.59% y la generación eléctrica con el 8.69%. En el caso del CH<sub>4</sub> el sector que más contribuye sigue siendo la producción de gas natural que alcanza en este año al 86.43%, mientras para los otros gases la estructura prácticamente no cambia.

**Tabla 5.6. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Sector (Gg), 1990 y 1994.**

EMISION / SECTOR	RESIDENCIAL	COMERCIAL / INDUSTRIAL RURAL	INDUSTRIAL	TRANSPORTE	AGROPECUARIO	TRANSMISION / DISTRIBUCION	PRODUCCION DE CARBON	GENERACION ELECTRICA	PRODUCCION DE LUBRICANTES	REFINACION DE PETROLEO	PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL	PRODUCCION DE GAS NATURAL	PRODUCCION DE PETROLEO / CONDENSADO	TOTAL
	DEMANDA					TRANSFORMACION								
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	594.99	1.30	1,106.34	1,888.35	24.94	0.00	0.00	624.12	10.63	71.95	0.00	813.06	0.00	5,135.68
DIOXIDO DE CARBONO, BIOGENICO	2,232.16	479.30	602.76	0.00	0.00	0.00	0.00	41.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,355.98
METANO	0.01	0.07	0.01	0.50	0.00	2.77	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	17.19	3.17	23.77
OXIDO NITROSO	0.0001	0.00	0.0130	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0131
MONOXIDO DE CARBONO	158.57	9.99	2.95	222.05	0.56	0.00	2.64	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	396.83
OXIDOS DE NITROGENO	1.36	1.04	3.84	14.18	0.33	0.00	0.18	0.03	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00
HIDROCARBUROS VOLATILES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.41
DIOXIDO DE AZUFRE	0.5042	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.5042

EMISION / SECTOR	RESIDENCIAL	COMERCIAL / INDUSTRIAL RURAL	INDUSTRIAL	TRANSPORTE	AGROPECUARIO	TRANSMISION / DISTRIBUCION	PRODUCCION DE CARBON	GENERACION ELECTRICA	PRODUCCION DE LUBRICANTES	REFINACION DE PETROLEO	PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL	PRODUCCION DE GAS NATURAL	PRODUCCION DE PETROLEO / CONDENSADO	TOTAL
	DEMANDA					TRANSFORMACION								
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	675.76	4.04	1,381.97	2,246.88	88.93	0.00	0.00	875.83	6.70	83.51	0.00	2,440.89	0.00	7,804.51
DIOXIDO DE CARBONO, BIOGENICO	2,188.57	450.91	907.11	0.00	0.00	0.00	0.00	121.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3,667.71
METANO	0.01	0.07	0.01	0.54	0.00	2.95	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	51.60	4.48	59.70
OXIDO NITROSO	0.0001	0.00	0.0189	0.0005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0195
MONOXIDO DE CARBONO	156.22	9.79	3.81	222.60	1.10	0.00	2.92	0.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	396.61
OXIDOS DE NITROGENO	1.41	0.99	6.50	18.14	1.26	0.00	0.20	0.09	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	28.62
HIDROCARBUROS VOLATILES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.66
DIOXIDO DE AZUFRE	0.4964	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4964

Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

Como resultado del análisis de los escenarios base (modesto y alto) para el periodo 1990 – 2030 se observa que el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de origen no biogénico y biogénico es el GEI más importante, el cual alcanzará el año 2030 una emisión de 29,355.56 Gg en el escenario modesto y de 39,403.65 Gg en el escenario alto (ver Tabla 5.7). Las tasas anuales promedio de crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> no biogénico en este periodo

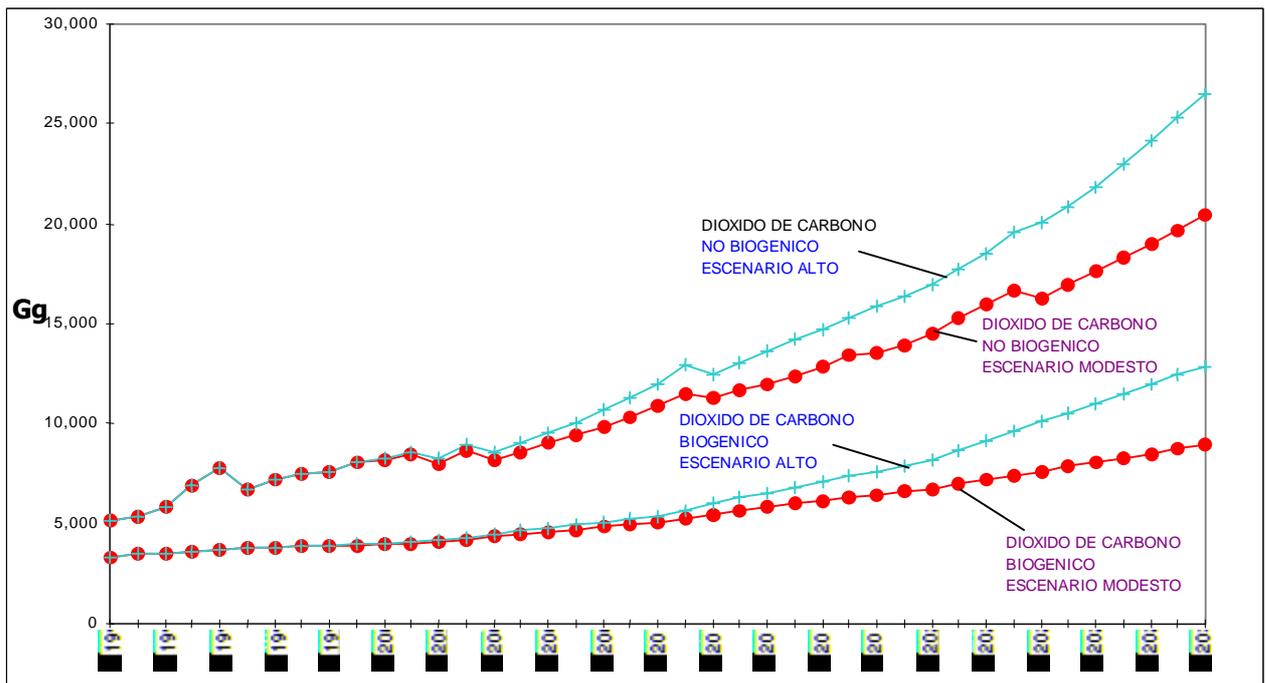
son de 3.51% en el escenario modesto y 4.19% en el escenario alto, mientras que el CO<sub>2</sub> biogénico tiene tasas de 2.48% y 3.42% respectivamente. En el período de 1990 a 2030, el metano (CH<sub>4</sub>) tendrá tasas anuales de crecimiento promedio de 0.71% y 1.20% respectivamente, el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) tasas de 6.80% y 7.87%, el monóxido de carbono (CO) tasas de 1.66% y 2.21%, los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) tasas de 4.61% y 5.42%, los hidrocarburos volátiles (COVNM) tasas de 4.49% y 4.61% y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) tasas de -0.41% en ambos escenarios.

**Tabla 5.7. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Escenarios Base (Gg), 1990 – 2030.**

EMISION / AÑO	1990	1995	2000		2010		2020		2030	
	REAL	REAL	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	5,135.68	6,757.73	8,226.68	8,317.22	10,885.07	11,989.52	14,539.57	16,926.45	20,412.67	26,526.37
DIOXIDO DE CARBONO, BIOGENICO	3,355.99	3,759.11	3,984.76	4,005.29	5,061.95	5,359.16	6,748.56	8,183.93	8,942.89	12,877.28
METANO	23.77	29.47	25.02	25.09	20.75	21.62	24.99	27.76	31.53	38.29
OXIDO NITROSO	0.0131	0.0224	0.0362	0.0366	0.0846	0.0932	0.1261	0.1615	0.1822	0.2713
MONOXIDO DE CARBONO	396.83	408.83	451.80	456.19	520.62	560.17	629.91	732.30	765.68	950.88
OXIDOS DE NITROGENO	21.00	31.57	41.87	42.43	67.45	74.04	93.68	114.41	127.29	173.73
HIDROCARBUROS VOLATILES	2.41	2.95	3.33	3.33	6.13	6.13	9.64	9.64	13.98	14.64
DIOXIDO DE AZUFRE	0.5042	0.4942	0.4832	0.4832	0.4576	0.4576	0.4373	0.4373	0.4283	0.4283

Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

**Gráfico 5.3 Emisiones de Dióxido de Carbono, Escenarios Base (Gg), 1990 – 2030.**



Con el propósito de comparar la contribución de los GEI directos al forzamiento radiativo del clima, se toma en cuenta el potencial de calentamiento global (GWP) de cada uno de ellos. En la Tabla 5.8 se muestra el potencial de calentamiento global que ha sido estimado en miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente para el caso horizonte 100 años de acuerdo a la metodología de las Guías Revisadas 1996 del IPCC para la Elaboración de Inventarios de GEI, no incluyendo el CO<sub>2</sub> de origen biogénico.

**Tabla 5.8. Potencial de Calentamiento Global de los GEI Directos - Caso 100 años IPCC/1996, Escenarios Base (miles de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente), 1990 - 2030.**

EMISION / AÑO	GWP 100 Años	1990	1995	2000		2010		2020		2030	
		REAL	REAL	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO	MODESTO	ALTO
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	1.00	5,135.68	6,757.74	8,226.68	8,317.22	10,885.07	11,989.53	14,539.57	16,926.45	20,412.66	26,526.38
METANO	21.00	499.12	618.95	525.41	526.87	435.70	454.01	524.74	582.96	662.21	804.17
OXIDO NITROSO	310.00	4.06	6.95	11.21	11.36	26.23	28.89	39.08	50.07	56.48	84.12
<b>Total</b>		<b>5,638.86</b>	<b>7,383.64</b>	<b>8,763.31</b>	<b>8,855.45</b>	<b>11,347.00</b>	<b>12,472.42</b>	<b>15,103.39</b>	<b>17,559.49</b>	<b>21,131.35</b>	<b>27,414.67</b>

Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

En términos de potencial de calentamiento global el CO<sub>2</sub> ha contribuido en 1990 con el 91.08% al total de emisiones del sector, mientras que el 2030 esta contribución alcanzaría al 96.60% en el escenario modesto y al 96.76% en el escenario alto. En el caso del CH<sub>4</sub> en 1990 contribuyó con el 8.85% y el 2030 se espera que contribuya con el 3.13% en el escenario modesto y el 2.93% en el escenario alto. Finalmente, la contribución del N<sub>2</sub>O en 1990 alcanzó al 0.07% y el 2030 esta será de 0.27% en el escenario modesto y de 0.31% en el escenario alto.

**Tabla 5.9. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por Sector, Escenarios Base (Gg), 2030.**

ESCUENARIO MODESTO EMISION / SECTOR	RESIDENCIAL	COMERCIAL / INDUSTRIAL RURAL	INDUSTRIAL	TRANSPORTE	AGROPECUARIO	TRANSMISION / DISTRIBUCION	PRODUCCION DE CARBON	GENERACION ELECTRICA	PRODUCCION DE LUBRICANTES	REFINACION DE PETROLEO	PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL	PRODUCCION DE GAS NATURAL	PRODUCCION DE PETROLEO / CONDENSADO	TOTAL
	DEMANDA					TRANSFORMACION								
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	1,966.46	59.90	6,309.39	9,057.01	444.28	0.00	0.00	2,167.79	7.21	152.58	0.00	248.04	0.00	20,412.66
DIOXIDO DE CARBONO, BIOGENICO	1,837.29	642.35	6,175.71	0.00	0.00	0.00	0.00	287.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8,942.88
METANO	0.03	0.10	0.11	4.93	0.00	11.38	0.00	0.96	0.00	0.08	0.00	5.24	8.70	31.53
OXIDO NITROSO	0.0002	0.00	0.1277	0.0543	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1822
MONOXIDO DE CARBONO	140.00	23.04	25.37	555.03	5.52	0.00	15.32	1.39	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	765.68
OXIDOS DE NITROGENO	1.88	1.66	43.88	71.11	6.30	0.00	1.07	1.35	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	127.28
HIDROCARBUROS VOLATILES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.98
DIOXIDO DE AZUFRE	0.4283	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4283

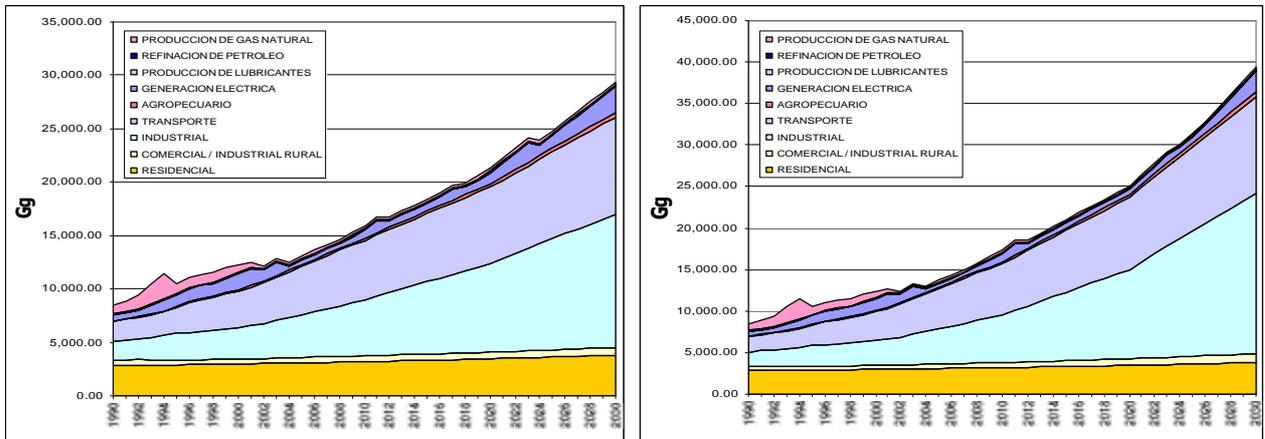
  

ESCUENARIO ALTO EMISION / SECTOR	RESIDENCIAL	COMERCIAL / INDUSTRIAL RURAL	INDUSTRIAL	TRANSPORTE	AGROPECUARIO	TRANSMISION / DISTRIBUCION	PRODUCCION DE CARBON	GENERACION ELECTRICA	PRODUCCION DE LUBRICANTES	REFINACION DE PETROLEO	PROCESAMIENTO DE GAS NATURAL	PRODUCCION DE GAS NATURAL	PRODUCCION DE PETROLEO / CONDENSADO	TOTAL
	DEMANDA					TRANSFORMACION								
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	1,966.46	88.71	9,493.26	11,688.45	524.05	0.00	0.00	2,330.27	7.31	179.82	0.00	248.04	0.00	26,526.37
DIOXIDO DE CARBONO, BIOGENICO	1,837.29	951.26	9,801.21	0.00	0.00	0.00	0.00	287.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12,877.29
METANO	0.03	0.14	0.16	6.36	0.00	16.40	0.00	1.15	0.00	0.10	0.00	5.24	8.70	38.28
OXIDO NITROSO	0.0002	0.00	0.2011	0.0701	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.2714
MONOXIDO DE CARBONO	140.00	34.12	36.35	716.29	6.51	0.00	16.04	1.57	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	950.89
OXIDOS DE NITROGENO	1.88	2.46	67.50	91.77	7.44	0.00	1.12	1.54	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	173.74
HIDROCARBUROS VOLATILES	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	14.64
DIOXIDO DE AZUFRE	0.4283	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4283

Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

Entre todas las actividades de demanda y transformación de energía del país, el 2030 según el escenario modesto, el sector Industrial es el que más contribuirá en la emisión de CO<sub>2</sub> (no biogénico y biogénico) con 12,485.1 Gg (42.53% del total), seguido por el sector Transporte con 9,057.01 Gg (30.85%), el sector Residencial con 3,803.75 Gg (12.96%), la Generación Eléctrica con 2455.32 Gg (8.36%), el sector Comercial / Industrial Rural con 702.25 Gg (2.39%), el sector Agropecuario con 444.28 Gg (1.51%), la Producción de Gas Natural con 248.04 Gg (0.85%), la Refinación de Petróleo con 152.58 Gg (0.52%) y la Producción de Lubricantes y Otros Productos con 7.21 Gg (0.02%).

**Gráfico 5.3 Emisiones de Dióxido de Carbono por Sectores, Escenarios Base: Modesto y Alto (Gg), 1990 - 2030.**



Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

En el caso del CH<sub>4</sub> el sector que más contribuirá es la Transmisión, Transporte y Distribución de Combustibles con el 36.09% seguido por la Producción de Petróleo / Condensado con el 27.59%, en el caso del N<sub>2</sub>O es el sector Industrial con el 70.09%, mientras el CO es emitido principalmente por los sectores Transporte con el 72.49% y Residencial con el 18.28%, los NO<sub>x</sub> por el Transporte con el 55.87% y la Industria con el 34.47%, los COVNM por la Producción de Carbón Vegetal con prácticamente el 100% y el SO<sub>2</sub> por el sector Residencial con prácticamente el 100%.

Según el escenario alto el 2030, el sector Industrial será el mayor contribuyente en la emisión de CO<sub>2</sub> (no biogénico y biogénico) con 19,294.47 (48.97% del total), seguido por el sector Transporte con 11,688.45 Gg (29.66%), el sector Residencial con 3,803.75 Gg (9.65%), la Generación Eléctrica con 2617.8 Gg (6.64%), el sector Comercial / Industrial Rural con 1,039.97 Gg (2.64%), el sector Agropecuario con 524.05 Gg (1.33%), la Producción de Gas Natural con 248.04 Gg (0.63%), la Refinación de Petróleo con 179.82 Gg (0.46%) y la Producción de Lubricantes y Otros Productos con 7.31 Gg (0.02%). En el caso del CH<sub>4</sub> el sector que más contribuirá es la Transmisión, Transporte y Distribución de Combustibles con el 42.84% seguido por la Producción de Petróleo / Condensado con el 22.73%, en el caso del N<sub>2</sub>O es el sector Industrial con el 74.10%, mientras el CO es emitido principalmente por los sectores Transporte con el 75.33% y Residencial con el 14.72%, los NO<sub>x</sub> por el Transporte con el 52.82% y la Industria con el 38.85%, los COVNM por la Producción de Carbón Vegetal con prácticamente el 100% y el SO<sub>2</sub> por el sector Residencial con prácticamente el 100%.

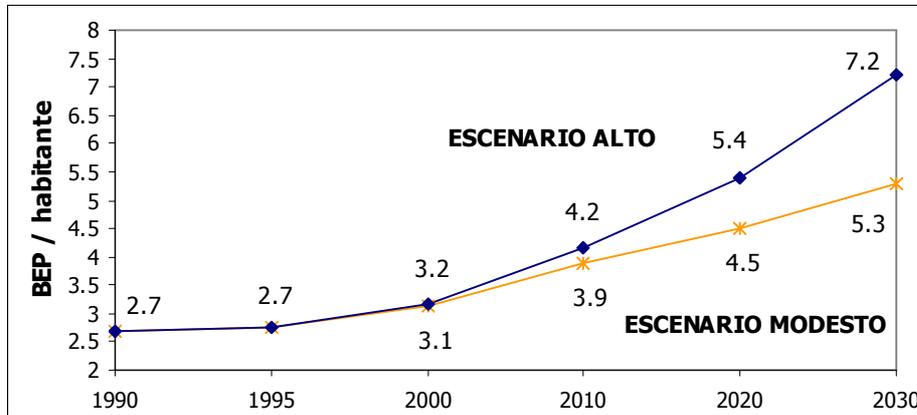
### ANÁLISIS DE INDICADORES

Conociendo los escenarios de crecimiento de la demanda de energía y los escenarios de emisiones, es posible calcular algunos indicadores de sostenibilidad del sistema energético nacional.

El primer indicador calculado, es el relativo al consumo energético per cápita. De acuerdo a las proyecciones realizadas, en el escenario modesto el mismo se elevará de

aproximadamente 2.7 BEP / hab en 1990 hasta 5.3 BEP / hab en el 2030, mientras en el escenario alto este se elevará hasta 7.2 BEP / hab en el año 2030.

**Gráfico 5.4. Evolución del Consumo Energético Per Cápita, Escenarios Base (BEP/habitante), 1990 - 2030.**



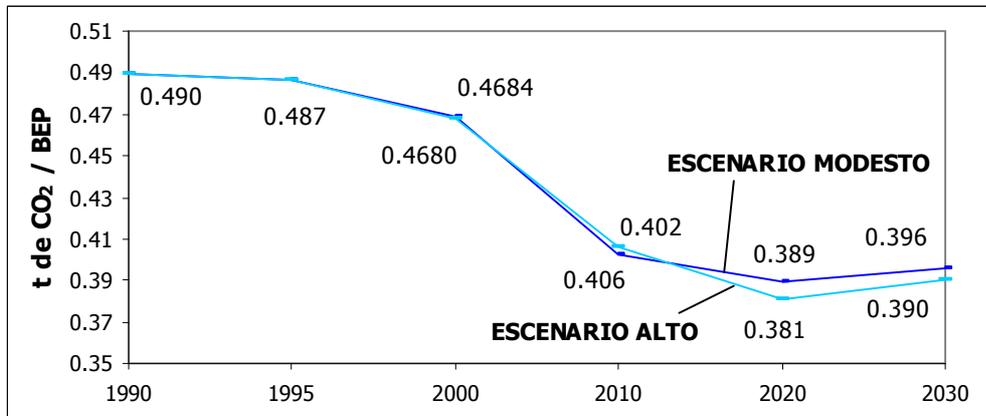
Fuente: Elaboración propia sobre la base de resultados del sistema LEAP.

El consumo per cápita en el escenario modesto crecerá a una tasa anual promedio del 1.70% en el periodo de análisis, mientras que en el escenario alto esta tasa será de 2.48%.

Conocidas las emisiones y las proyecciones de demanda, se puede ver en el Gráfico 9 que en conjunto, las emisiones globales de CO<sub>2</sub> por BEP de consumo final (CO<sub>2</sub> no biogénico y biogénico), disminuyen respecto a su nivel actual. En el escenario modesto pasan de 0.490 t de CO<sub>2</sub> / BEP en 1990 a 0.396 t de CO<sub>2</sub> / BEP en el año 2030, mientras que en el escenario alto éstas disminuirán en el año 2030 hasta 0.390 t de CO<sub>2</sub> / BEP. En ambos escenarios el comportamiento de este indicador es similar.

En este sentido, las emisiones de CO<sub>2</sub> por BEP de consumo final en el escenario modesto disminuirán con una tasa anual promedio del 0.54% en el periodo de análisis, mientras que en el escenario alto esta tasa será de 0.57%. Esta reducción se debe a varios factores, pero fundamentalmente al crecimiento del consumo de gas natural en el sector residencial y de transporte, la disminución del consumo de biomasa en el área rural y a la incorporación de centrales hidroeléctricas en el SIN y cierta capacidad de generación con energías renovables en el sector eléctrico rural.

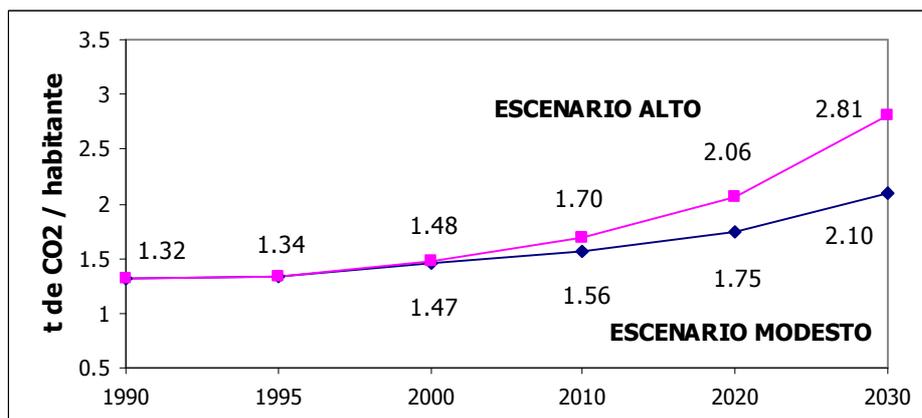
**Gráfico 5.5. Evolución de las Emisiones de Dióxido de Carbono por BEP de Consumo, Escenarios Base (t de CO<sub>2</sub>/BEP), 1990 - 2030.**



Finalmente es posible estimar también las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector energético por habitante (no biogénico y biogénico), las cuales constituyen un indicador muy importante desde el punto de vista del cambio climático en particular y de sostenibilidad del sector en general.

En este sentido, se observa que las emisiones de CO<sub>2</sub> tenderán hacia un crecimiento permanente no muy rápido, las cuales se encuentran en 1.32 t / hab en 1990 y en el caso del escenario modesto llegarán a 2.10 t / hab en el año 2030, mientras en el caso del escenario alto las emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzarán a 2.81 t / hab en el año 2030, con tasas anuales promedio de crecimiento de 1.17% y 1.91% respectivamente.

**Gráfico 5.6. Evolución de las Emisiones de Dióxido de Carbono Per Cápita, Escenarios Base (t de CO<sub>2</sub>/habitante), 1990 - 2030.**



## ESCENARIO DE MITIGACIÓN SECTOR ENERGÉTICO

Después de analizar los resultados de los escenarios base con proyecciones a largo plazo para el sector energético nacional, podemos observar claramente que entre las fuentes de demanda, los sectores responsables de los mayores niveles de emisión de GEI y en especial del CO<sub>2</sub>, son el sector industrial, el sector transporte y el sector residencial y en menor medida el sector comercial, mientras que entre los procesos de transformación de energía el más importante es la generación eléctrica y en menor medida la producción de gas natural.

En este sentido, se ha realizado una evaluación del potencial de mitigación de GEI en el sector energético de Bolivia efectuando estimaciones para diferentes opciones de reducción de emisiones, tanto desde el punto de vista de las fuentes de demanda, como de los procesos de transformación, las cuales han sido enfocadas principalmente al uso eficiente y conservación de diferentes fuentes de energía, a la reducción de la intensidad de uso de varios combustibles (fósiles y biomásicos), a la sustitución de combustibles líquidos por combustibles gaseosos (gas natural) en diferentes usos, al incremento de energías renovables en usos residenciales y para generación de energía eléctrica, especialmente en el área rural, todas las cuales conducen a la reducción de la emisión de GEI.

En el proceso de selección de medidas ha sido fundamental la realización de un análisis cualitativo con matrices de fuentes por usos finales, para cada uno de los sectores de demanda de energía, lo que ha permitido precisar con mayor exactitud el campo de análisis.

**Tabla 5.10. Matrices Cualitativas de Fuentes y Usos para el Análisis de Mitigación, Subsector Residencial Rural.**

USOS	FUENTES														ALTERNAS	
	ELC	GLP	KER	GLN	DIE	ALC	LEN	CBV	RSV	EST	BAT	PIL	VEL	SOL	otras	
1. Iluminación	X ↓	X ↓↓	X ↓↓		X ↓↓							X ↓↓	X ↓↓	↑		
2. Cocción	X	X ↓	X ↓↓			X ↓↓										
3. Calentamiento de agua	X ↓↓	X ↓↓	X ↓↓				X ↓↓	X ↓↓	X ↓↓	X ↓↓				↑↑↑		
4. Calefacción de ambientes	X ↓↓	X ↓↓					X ↓	X ↓	X ↓	X ↓				↑↑↑		
5. Acondicionam. ambientes	X ↓↓															
6. Refrigeración de alimentos	X ↓↓	X ↓↓	X ↓↓													
7. Audio-Visión	X										X ↓↓	X ↓↓				
8. Artefactos domésticos	X ↓															
9. Bombeo de agua	X ↓			X ↓	X ↓									↑↑		
10. Recargado de baterías	X ↓													↑↑↑		
11. Generación de electricidad				X ↓	X ↓									↑↑↑		

X Empleo habitual de fuentes en los distintos usos en el escenario base.

↓ ↓ ↓ ↓ Reducción del consumo específico de fuentes en usos determinados (tres niveles).

↑ ↑ ↑ Incremento del uso de fuentes alternas sustitutivas y/o nuevas (tres niveles).

USOS	FUENTES												ALTERNAS		
	ELC	GLP	KER	GLN	DIE	ALC	LEÑ	CBV	RSV	EST	BAT	PIL	VEL	SOL	otras
1. Iluminación	1,2,31,61 62	2,33,5	2,33		2,33							5	2,31,33 5	31	
2. Cocción		5	4			4	1,2,4,64	1,2,4,64	1,2,4,64	1,2,4,64					
3. Calentamiento de agua	2,32	2,32	4				2,32,4,64	2,32,4,64	2,32,4,64	2,32,4,64				32	
4. Calefacción de ambientes	11,31,32	11,31,32					11,31,32	11,31,32	11,31,32	11,31,32				32	
5. Acondicionam. ambientes	11														
6. Refrigeración de alimentos	1,61,62	5,61,62	5,61,62												
7. Audio-Visión											33,5	33,5			
8. Artefactos domésticos	61,62,63														
9. Bombeo de agua	33			33,5	33,5									33	
10. Recargado de baterías														33	
11. Generación de electricidad				33,5	33,5									33	

**Medidas de Mitigación:**

1 Mejora de la eficiencia de conversión energética de equipos y artefactos. 11 Conservación de la energía por mejores aslamentos térmicos.	4 Expansión del abastecimiento de GLP. 5 Expansión de la generación y de la red eléctrica.
2 Sustitución de tecnología y/o artefactos.	6 Proyectos relacionados con la mitigación.
3 Penetración de fuentes renovables	61 Demand Side Management, Sucre.
31 Energía solar: prolongación del tiempo de iluminación natural.	62 Demand Side Management, La Paz y Santa Cruz.
32 Energía solar térmica.	63 ESMAP 2
33 Conversión fotovoltaica	64 Programa Nacional de Biomasa.

Fuente: Andrés Trepp del Carpio.

Entre los criterios utilizados para la selección de las opciones de mitigación, el más importante está basado en la consistencia con los lineamientos determinados en el Plan General de Desarrollo Económico y Social de Bolivia 1997 - 2002 y la oportunidad de poder integrar cada una de las medidas de manera consistente con las políticas, planes y programas sectoriales que emanaron de esta estrategia nacional de desarrollo. Por otra parte, criterios fundamentales que surgieron del análisis de los escenarios base de demanda y transformación y de emisiones de GEI, fueron la importancia de cada uno de los sectores en la demanda de fuentes de energía y su contribución a la emisión de GEI, la importancia de cada una de las fuentes de energía en la demanda global y su contribución a la emisión de GEI y finalmente la importancia de cada uno de los usos finales de energía por sectores y su contribución a la emisión de GEI. Estos criterios están íntimamente vinculados con la temática del cambio climático y han permitido seleccionar las opciones que mejor se adecuan a la realidad económica, política, social y ambiental de Bolivia.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Las evaluaciones realizadas han permitido establecer una serie de medidas de mitigación en el sector Energético que reducirían los niveles de emisión de GEI y que pueden ser aplicadas en Bolivia, siempre y cuando se cuente con el apoyo técnico y económico internacional. Estas medidas se citan a continuación:

- Eficiencia en la Iluminación del Sector Residencial
- Eficiencia en cocinas que utilizan biomasa
- Eficiencia en la refrigeración del sector residencial
- Incremento del uso residencial del gas natural
- Incremento del uso de energía solar en el calentamiento de agua
- Electrificación rural sobre la base de energías renovables

- Eficiencia de iluminación en el sector comercial
- Eficiencia del uso comercial de la biomasa
- Conservación de energía eléctrica en los usos comerciales
- Conservación de la energía en la industria
- Incremento del uso del gas natural en el sector de transporte
- Reducción de la quema de gas natural en campos de explotación
- Redistribución de las opciones de expansión del sector de generación eléctrica

Basados en la comparación de los escenarios de mitigación y base se puede afirmar que es posible disminuir la demanda final global de energía para todo el sector energético. En el escenario modesto la reducción alcanzará a 0.36 millones de BEP para el año 2005 (1.10% de reducción), 1.33 millones de BEP para el año 2010 (3.35% de reducción), 2.87 millones de BEP para el año 2020 (5.25% de reducción) y 5.14 millones de BEP para el año 2030 (6.93% de reducción). En el escenario alto la reducción alcanzará a 0.44 millones de BEP para el año 2005 (1.28% de reducción), 1.58 millones de BEP para el año 2010 (3.70% de reducción), 3.63 millones de BEP para el año 2020 (5.50% de reducción) y 7.12 millones de BEP para el año 2030 (7.05% de reducción).

Por lo anteriormente expuesto, las emisiones de CO<sub>2</sub> no biogénico pueden ser reducidas en el escenario modesto aproximadamente en un 7.03% para el año 2005, en un 5.81% para el año 2010, en un 12.75% para el año 2020 y en un 15.07% para el año 2030, mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> biogénico pueden ser reducidas aproximadamente en un 2.30% para el año 2005, en un 4.07% para el año 2010, en un 6.14% para el año 2020 y en un 6.96% para el año 2030. En el escenario alto, las emisiones de CO<sub>2</sub> no biogénico pueden ser reducidas en el escenario modesto aproximadamente en un 7.07% para el año 2005, en un 5.87% para el año 2010, en un 15.65% para el año 2020 y en un 17.32% para el año 2030, mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> biogénico pueden ser reducidas aproximadamente en un 2.81% para el año 2005, en un 4.86% para el año 2010, en un 6.83% para el año 2020 y en un 6.66% para el año 2030. Paralelamente a éstas, en ambos escenarios también se registran reducciones en las emisiones de los otros GEI excepto el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O que registrarían aumentos no significativos en sus emisiones.

**Tabla 5.11. Reducción de las emisiones de GEI a la atmósfera, Escenarios de Mitigación respecto a Escenarios Base (Gg), 2005 -2030.**

Reducción Escenario Modesto					
EMISION / AÑO	2005	2010	2020	2030	TOTAL 2001 - 2030
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	604.99	632.31	1,854.36	3,076.40	44,386.28
DIOXIDO DE CARBONO, BIOGENICO	102.93	205.86	414.22	622.59	9,625.09
METANO	6.38	0.67	-1.05	-2.76	35.43
OXIDO NITROSO	-0.02	-0.03	-0.06	-0.08	-1.34
MONOXIDO DE CARBONO	30.39	60.77	154.35	247.94	3,514.85
OXIDOS DE NITROGENO	28.95	57.90	661.92	23.34	12,918.19
HIDROCARBUROS VOLATILES	0.01	0.03	0.07	0.12	1.69
DIOXIDO DE AZUFRE	0.02	0.03	0.07	0.11	1.61
Reducción Escenario Alto					
EMISION / AÑO	2005	2010	2020	2030	TOTAL 2001 - 2030
DIOXIDO DE CARBONO, NO BIOGENICO	640.75	703.84	2,649.50	4,595.15	61,406.12
DIOXIDO DE CARBONO, BIOGENICO	130.10	260.20	559.17	858.15	12,913.62
METANO	6.05	0.01	-2.22	-4.44	7.98
OXIDO NITROSO	-0.02	-0.04	-0.07	-0.11	-1.74
MONOXIDO DE CARBONO	39.18	78.35	204.66	330.97	4,650.46
OXIDOS DE NITROGENO	29.71	59.41	666.76	32.45	13,027.48
HIDROCARBUROS VOLATILES	0.02	0.04	0.08	0.13	1.91
DIOXIDO DE AZUFRE	0.02	0.04	0.08	0.12	1.83

Fuente: Elaboración sobre la base de resultados del sistema LEAP

Los resultados obtenidos en el Análisis de Costo - Beneficio están basados en un análisis social global e integrado de costo - beneficio del sistema energía - medio ambiente del país realizado con ayuda del modelo de Planificación Energética LEAP y la metodología propia desarrollada para el cálculo de Costos Anualizados (Nivelados) de Ahorro de Energía. Este análisis social de costo - beneficio se centra en los costos (también llamados "costos de oportunidad") a la sociedad de un grupo dado de acciones en el sistema energético y no referidos al consumidor de energía. Para el análisis se consideró una tasa de inflación promedio de 5.56% para todo el periodo de análisis y una tasa de descuento real de 12.07% (tasa social de descuento adoptada en diciembre de 1998 por el Gobierno Nacional).

**Tabla 5.12. Resultados del Análisis de Costos de Reducción de Emisiones de CO<sub>2</sub>, Escenarios Modesto y Alto.**

ESCENARIO MODESTO								
MEDIDA DE MITIGACION	Costo Nivelado de Ahorro de Energía \$US / GJ	Costo Total millones de \$US (1990)	Beneficio millones de \$US (1990)	Valor Presente Neto al 2030 millones de \$US	Relación Costo / Beneficio	Costo Nivelado de Reducción \$US (1990) / t CO2	Costo Anualizado Nivelado \$US / Año	Reducción de Emisiones Promedio 2001 - 2030 Gg CO2 / Año
Eficiencia en Iluminación del Sector Residencial	14.101	2.90	1.45	1.45	0.5003	5.09	157,540	42.27
Eficiencia en Cocinas que Utilizan Biomasa	0.197	0.45	9.02	-8.57	19.9790	-5.52*	-931,520	230.43*
Eficiencia en Refrigeración del Sector Residencial	62.267	51.45	4.81	46.64	0.0935	150.00	5,070,160	44.76
Incremento del Uso Residencial de Gas Natural	---	9.00	2.74	6.26	0.3042	20.00	680,600	46.89
Incremento del Uso de Energía Solar en el Calentamiento de Agua	---	12.06	1.86	10.20	0.1542	70.00 190.00*	1,108,870	22.33 8.18*
Electrificación Rural en base de Energías Renovables	---	14.96	6.93	8.03	0.4632	100.00	873,130	12.24
Eficiencia en Iluminación del Sector Comercial	1.39	0.29	1.35	-1.06	4.6619	-1.00	-115,160	52.01
Eficiencia en el Uso Comercial de Biomasa	0.259 leña 0.389 est.	0.22	3.03	-2.80	13.6199	-6.48*	-304,840	64.315*
Conservación de Energía Eléctrica en Usos Comerciales	13.238	14.06	6.37	7.69	0.4531	5.17	836,700	220.98
Conservación de Energía en la Industria	4.420 p.e. 0.518 p.t.	2.80	4.69	-1.89	1.6750	-1.90 -3.18*	-205,420	147.65 87.74*
Incremento del Uso de Gas Natural en el Transporte	---	59.28	119.06	-59.78	2.0084	-70.00	-6,480,000	120.34
Reducción de la Quema de Gas Natural en Campos de Explotación	---	0.00	18.34	-18.34	---	-9.48	-1,990,000	286.88
Redistribución de las Opciones de Expansión de Generación de Energía Eléctrica	---	19.42	68.38	-48.96	3.5211	-10.00 110.00*	-5,320,000	550.60 -67.99*

\* CO<sub>2</sub> biogénico  
 est. : estiércol  
 p.e. : procesos eléctricos  
 p.t. : procesos térmicos

**ESCENARIO ALTO**

MEDIDA DE MITIGACION	Costo Nivelado de Ahorro de Energía \$US / GJ	Costo Total millones de \$US (1990)	Beneficio millones de \$US (1990)	Valor Presente Neto al 2030 millones de \$US	Relación Costo / Beneficio	Costo Nivelado de Reducción \$US (1990) / t CO2	Costo Anualizado Nivelado \$US / Año	Reducción de Emisiones Promedio 2001 - 2030 Gg CO2 / Año
Eficiencia en Iluminación del Sector Residencial	14.101	3.84	1.32	2.52	0.3445	7.37	273,730	50.76
Eficiencia en Cocinas que Utilizan Biomasa	0.197	0.58	11.48	-10.90	19.7931	-6.21*	-1,180,000	260.80*
Eficiencia en Refrigeración del Sector Residencial	62.267	56.55	4.06	52.49	0.0718	160.00	5,706,230	48.68
Incremento del Uso Residencial de Gas Natural	---	11.80	3.33	8.47	0.2822	30.00	920,240	43.71
Incremento del Uso de Energía Solar en el Calentamiento de Agua	---	15.29	2.12	13.17	0.1387	80.00 200.00*	1,431,440	25.64 9.94*
Electrificación Rural en base de Energías Renovables	---	18.95	8.76	10.19	0.4623	100.00	1,107,880	14.56
Eficiencia en Iluminación del Sector Comercial	1.39	0.38	1.29	-0.91	3.3952	-1.78	-98,870	75.10
Eficiencia en el Uso Comercial de Biomasa	0.259 leña 0.389 est.	0.29	3.93	-3.65	13.7049	-5.89*	-396,580	91.95*
Conservación de Energía Eléctrica en Usos Comerciales	13.238	19.17	6.62	12.55	0.3453	5.74	1,364,290	324.86
Conservación de Energía en la Industria	4.420 p.e. 0.518 p.t.	3.65	5.37	-1.72	1.4712	-1.19 -1.85*	-187,010	215.32 138.09*
Incremento del Uso de Gas Natural en el Transporte	---	75.37	149.75	-74.38	1.9869	-70.00	-8,090,000	156.32
Reducción de la Quema de Gas Natural en Campos de Explotación	---	0.00	18.34	-18.34	---	-9.48	-1,990,000	286.88
Redistribución de las Opciones de Expansión de Generación de Energía Eléctrica	---	25.02	79.60	-54.58	3.1815	-10.00 120.00*	-5,930,000	872.44 -67.99*

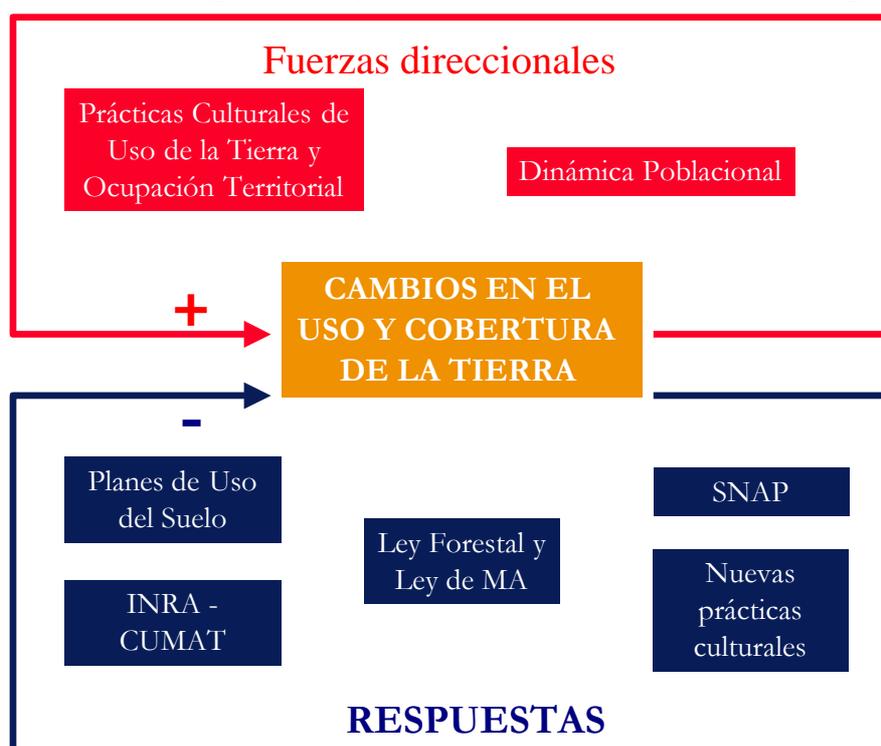
\* CO<sub>2</sub> biogénico  
 est. : estiércol  
 p.e. : procesos eléctricos  
 p.t. : procesos térmicos

## SECTOR AGRICOLA, GANADERO Y FORESTAL

En los sectores no-energéticos se propone como principales medidas de respuesta a los procesos de deterioro medio ambiental, aumento de la frontera agrícola y consecuente deforestación una serie de medidas que se enmarcan en el contexto de la legislación medio ambiental y de uso de la tierra.

En este sentido se espera que el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) con el principio de complementariedad a la actividad agrícola y forestal vigente apoyarían directamente al cambio tecnológico en la agricultura adaptando paulatinamente las prácticas agrícolas a la necesidad de mantener por largos periodos de tiempo la productividad de la tierra; disminuyendo la incidencia de las prácticas vigentes sobre los bosques como una de las principales medidas de mitigación.

### Modelo de Mitigación y Adaptación No - Energética



Otras medidas de mitigación estarían enmarcadas en la necesidad de proteger los bosques y la biodiversidad a través del fortalecimiento de los mecanismos de protección y vigilancia de áreas protegidas y la inducción en el marco de la ley forestal al cambio de las prácticas de manejo forestal (manejo forestal sostenible).

Un tercer grupo de medidas de mitigación esta compuesto por aquellas orientadas a aumentar el área de bosques (en este caso bosques inducidos por el hombre) que puedan

tener funciones de bosque energéticos o cultivos extensivos e intensivos de especies maderables.

En cuanto a los sectores agrícola y ganadero las medidas de mitigación están enmarcadas en medidas de mejoramiento del uso de suelos y aguas, la implementación de sistemas agroforestales y la regeneración natural de pastizales además de mejoras en las técnicas de producción animal para disminuir las emisiones de metano.

Las medidas seleccionadas guardan una estrecha relación con los lineamientos determinados en el Plan General de Desarrollo Económico y Social de Bolivia 1997 - 2002 y se integrarán a los planes y programas sectoriales que emanaron de la Estrategia Nacional de Desarrollo.

Para la implementación de la medidas seleccionadas, se solicitará a la comunidad Internacional el respectivo apoyo técnico y económico. Al respecto el Artículo 4, párrafo 3 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático establece que "Las Partes que son países desarrollados y las demás Partes desarrolladas que figuran en el Anexo II (de la CMCC), proporcionarán recursos financieros nuevos y adicionales para cubrir la totalidad de los gastos convenidos que efectúen las Partes que son países en Desarrollo para cumplir sus compromisos en virtud del párrafo 1 del Artículo 12 de la CMCC". De igual manera el Artículo 12, párrafo 6 del Protocolo de Kyoto señala también como una de las funciones del Mecanismo de Desarrollo Limpio el de "Ayudar según sea necesario a organizar la financiación de Proyectos con Actividades Certificadas".

Todas las medidas de mitigación de GEIs de los sectores Agricultura, Ganadería y Forestal, han sido discutidas y consensuadas en base a consultas y reuniones intersectoriales, utilizando como criterios de evaluación su prioridad, consistencia con las políticas planes y programas de desarrollo nacionales y sectoriales, oportunidad de alcance de objetivos, potencial de mitigación de emisiones, existencia de barreras para su implementación, beneficios conexos y costo - efectividad.

### **ESCENARIO BASE DE EMISIONES (1990)**

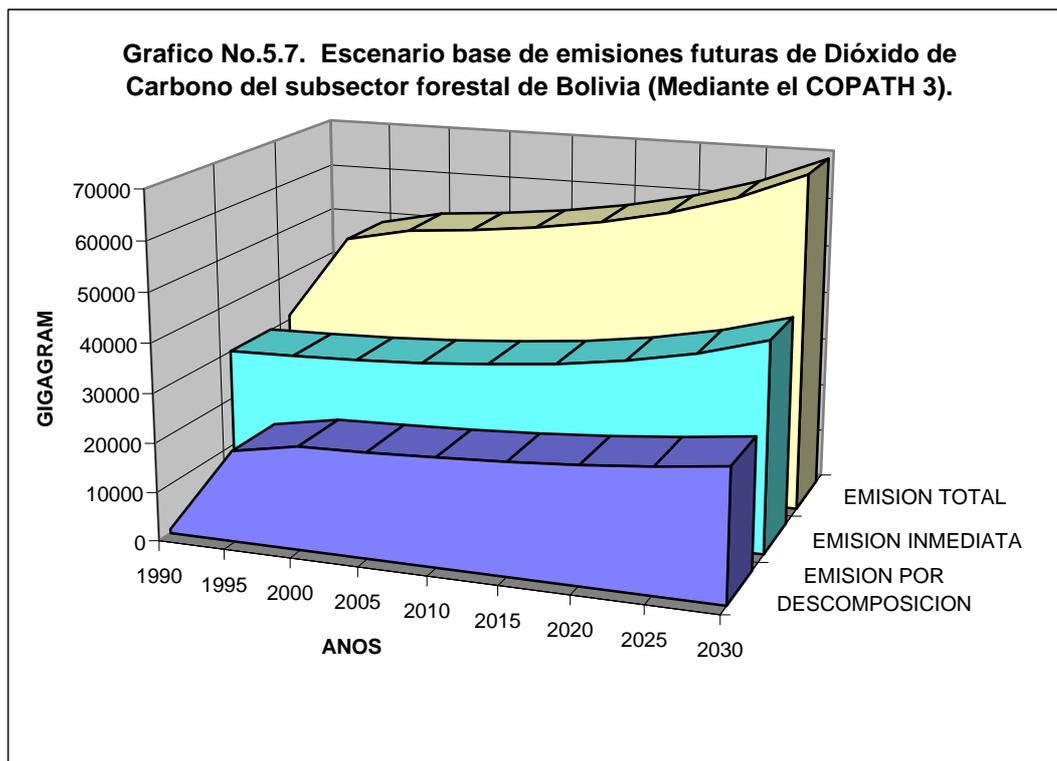
Las actividades relacionadas al cambio del uso de la tierra y la quema abierta de la biomasa forestal se constituyen en las principales fuentes de emisión de Dióxido de carbono en Bolivia. De acuerdo con el Inventario Nacional de Emisiones del año 1990 y 1994, elaborados en base a las Guías del IPCC (1995 y 1996), la cantidad de GEIs emitidos por los sectores Agricultura, Ganadería y Forestal se constituyó en la principal fuente de emisión de Gases de Efecto Invernadero en Bolivia, superando en emisión al sector Energético.

Para cada tipo de bosque fue estimada la superficie de cobertura forestal, la tasa de deforestación y el porcentaje del área deforestada destinada para la agricultura, pasturas, aclareos, extracción de madera, incendio de bosques y otros usos de la tierra. Las estimaciones se realizaron utilizando la tasa de deforestación de 100,000.00 ha/año para todo el territorio nacional (CUMAT, 1992 y Plan de Acción Forestal Nacional, MACA/FAO, 1993).

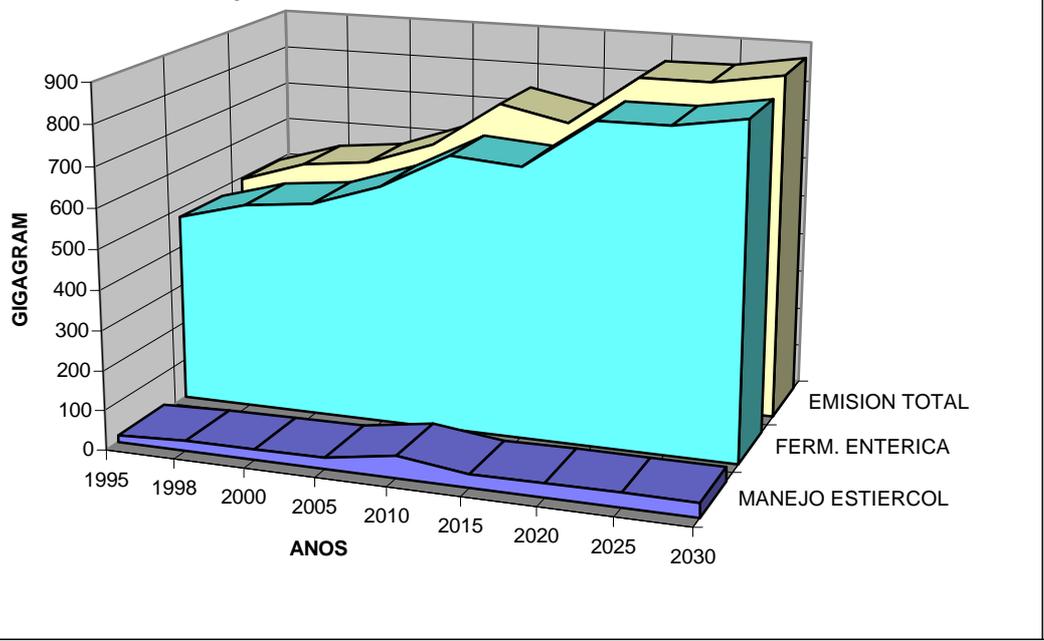
Las emisiones de CO<sub>2</sub> que tienen su origen en las actividades del cambio en el uso de la tierra y silvicultura alcanzan a 38,617.11 Gg el año 1994, y sus proyecciones (según COPATH) se incrementarán a 51,772.46 Gg el año 2000; 54,476.00 Gg el año 2010; 59,600 Gg el año 2020 y llegarán a 69,161.00 Gg el año 2030 (Gráfico 5.7)

Por otra parte, la emisión de metano (CH<sub>4</sub>), tienen como fuente principal la fermentación entérica del ganado y manejo de estiércol. Las emisiones alcanzan a 744.63 Gg el año 1994, incrementándose a 568.26 Gg el año 2000; 748.03 Gg el 2010; 839.47 Gg el 2020 y 870.02 Gg de CH<sub>4</sub> el año 2030 (Gráfico No.5.8). Proyecciones obtenidas de acuerdo al incremento de la población ganadera en el país.

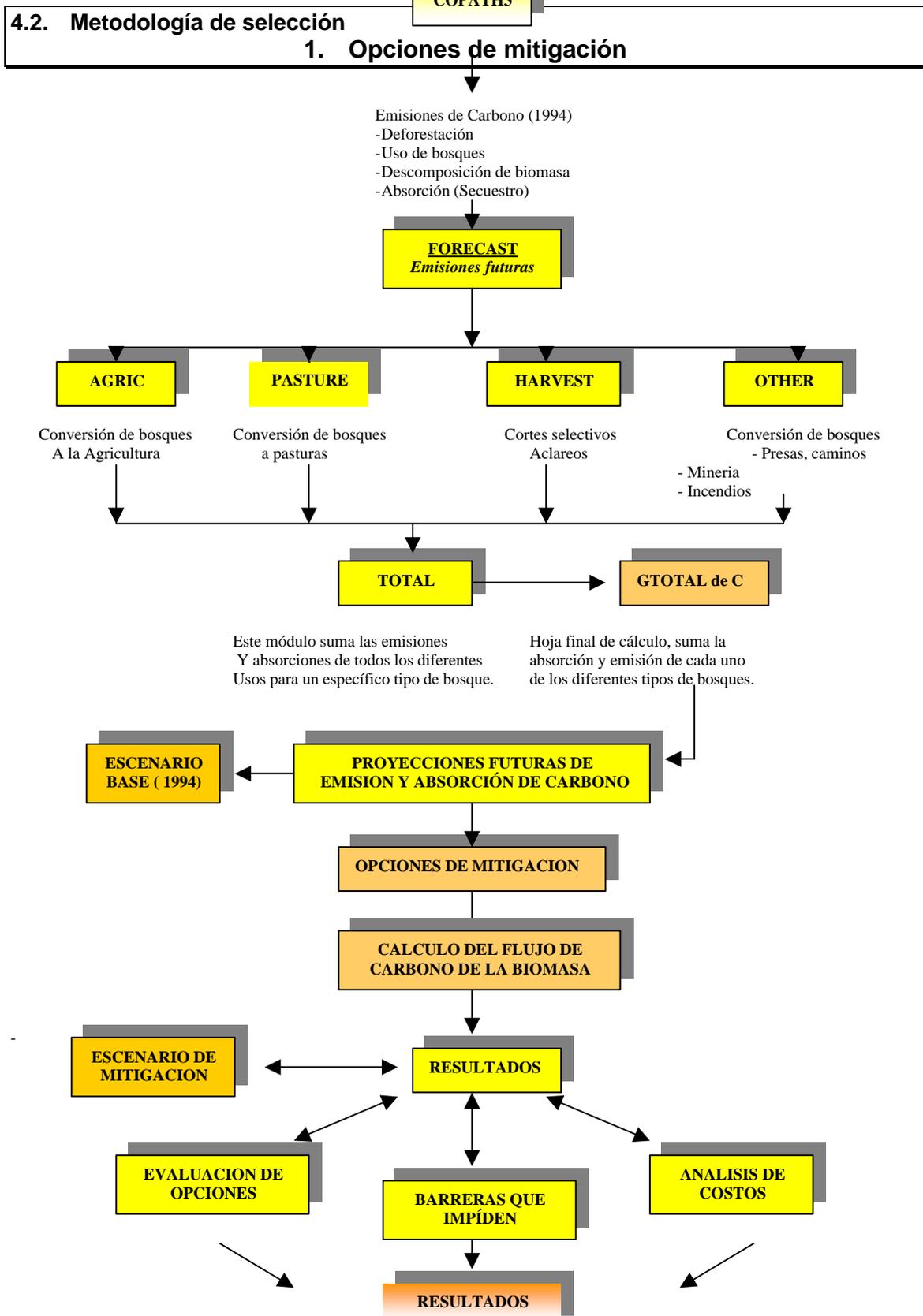
Las etapas seguidas para seleccionar las medidas de mitigación de emisiones de Dióxido de Carbono, son mostradas en el Flujograma No. 1, los principales criterios utilizados para su selección fueron principalmente: su prioridad, consistencia con las políticas planes y programas de desarrollo nacionales y sectoriales, oportunidad de alcance de objetivos, potencial de mitigación de emisiones, existencia de barreras para su implementación, beneficios conexos y costo – efectividad.



**Grafico No.5.8. Escenario base de emisiones futuras de Metano provenientes de sector Ganadería de Bolivia.**



Flujograma. 1



## Medidas para mitigar la Emisión de GEIs

Resulta difícil seleccionar las medidas de mitigación más adecuadas para el sector Forestal, puesto que están estrechamente relacionadas con otros problemas de orden económico, social y cultural del país, como ser la tenencia de la tierra, expansión de la frontera agrícola, formas tradicionales de cultivo y de producción animal, ganadería extensiva, explotación selectiva e industrial de bosques tropicales. A lo anterior se debe adicionar, las discrepancias respecto a la cubierta forestal y los actuales índices de deforestación en el país.

Las medidas de mitigación del sector Forestal relacionadas principalmente con el cambio en el uso de la tierra varían de acuerdo con las condiciones ecológicas ambientales de cada región. De esta manera, la mayoría de las medidas de mitigación propuestas, están dirigidas a la cuenca amazónica del país, debido a que en esta se registran las tasas más altas de deforestación. Estas medidas de mitigación están concebidas de manera a promover el uso sostenible de los recursos renovables de acuerdo a su capacidad de uso y empleando un sistema de aprovechamiento adecuado. Por lo tanto, se encuadran dentro de la política de Desarrollo Sostenible promovido por el Gobierno, mediante la Nueva Ley Forestal No. 1700 y la Ley INRA No. 1715. En este sentido las medidas de mitigación planteadas para el sector Forestal y Agrícola están orientadas a reducir la emisiones de carbono por dos vías:

- Aumentando el secuestro y almacenamiento de carbono.
- Evitando las emisiones de carbono a través de la Conservación forestal y Prevención de la deforestación.

Tomando en cuenta los criterios anteriormente señalados las medidas seleccionadas fueron las siguientes:

- **Formación de masas boscosas:** mediante la cual se impulsarán medidas orientadas a incrementar los sumideros de Dióxido de carbono, promoviendo el establecimiento de plantaciones forestales con especies nativas y algunas exóticas, principalmente en las regiones sujetas al proceso de desertificación (Altiplano, Valles interandinos y Llanura Chaqueña).
- **Regeneración natural de bosques:** a través la cual se impulsarán medidas orientadas a incrementar los sumideros de Dióxido de carbono, incentivando la implementación de proyectos que promuevan la regeneración natural de especies arbóreas nativas en áreas deforestadas y que anteriormente estaban cubiertas con bosques primarios en la región amazónica del país. Medida contemplada dentro de la Nueva Ley Forestal (Art. 69 Reglamentación de la Nueva Ley Forestal).
- **Alternativas a la agricultura de corte y quema:** mediante la cual se promoverán acciones o alternativas sostenibles a la agricultura de corte y quema, dirigidas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CO,

NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, y CH<sub>4</sub>), y que incentiven a un verdadero aprovechamiento o uso sostenible de las tierras: De forma planificada, ejecutada y supervisada para lograr el menor impacto posible sobre el medio ambiente.

- **Apoyar a la implementación de la Nueva Ley Forestal:** mediante la cual se apoyará a la efectiva implementación de la Nueva Ley Forestal con el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, y CH<sub>4</sub>), para tal efecto, se deberá implementar los mecanismos necesarios para su aplicación institucionalizada y contemplados dentro de la Nueva Ley, formas de control incluyendo la social, la cual deberá estar presidida por un fuerte componente de difusión y concientización a fin de generar una corriente creciente de acatamiento social a la Nueva Ley Forestal.
- **Fortalecimiento de la capacidad de Planificación, Protección y Vigilancia de las áreas protegidas:** mediante la cual se establecerán acciones orientadas a mantener o conservar los actuales niveles de carbono en la biomasa aérea de los bosques, comprendidas dentro de las áreas protegidas, y promoviendo al mismo tiempo el aprovechamiento sostenible de los recursos de la diversidad biológica.

En el caso de los sectores Agricultura y Ganadería, las medidas de mitigación además de reducir las emisiones de los principales Gases de Efecto Invernadero (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>), están dirigidas a mejorar la productividad y producción los cultivos y de la ganadería, las mismas que establecen lo siguiente:

- **Prevención y control de la degradación de tierras:** En el marco de esta medida de mitigación, se implementarán dos importantes medidas de mitigación, con el objetivo principal de incrementar los sumideros de CO<sub>2</sub> y al mismo tiempo tratar de solucionar los problemas derivados de la degradación de tierras en todas las regiones sujetas al proceso de desertificación: **Incentivar la implementación de Sistemas Agroforestales** y la **Regeneración natural pastizales**. Esta última medida deberá complementarse con la medida referida a mejorar las técnicas de producción animal.
- **Mejorar las técnicas de producción animal:** mediante la cual se impulsarán medidas orientadas a reducir las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica por la cría del ganado bovino y ovino en Bolivia, promoviendo acciones dirigidas a mejorar los actuales sistemas de manejo, alimentación y productividad de estos dos tipos de ganado.

## **EVALUACIÓN Y PROYECCIÓN DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

A nivel global, se han realizado numerosos análisis de las opciones de mitigación del sector Forestal y Agrícola (Agroforestal) los cuales han demostrado su gran potencial para el secuestro de carbono, sin embargo aún no se cuenta con procedimientos estándar para estimar las implicaciones, en términos económicos y de carbono en el caso que se pretenda llevar adelante proyectos orientados a reducir las emisiones de este gas y de incrementar su secuestro en los ecosistemas Forestales y Agrícolas (EPA, 1995). Durante la elaboración del presente documento, una vez que fueron

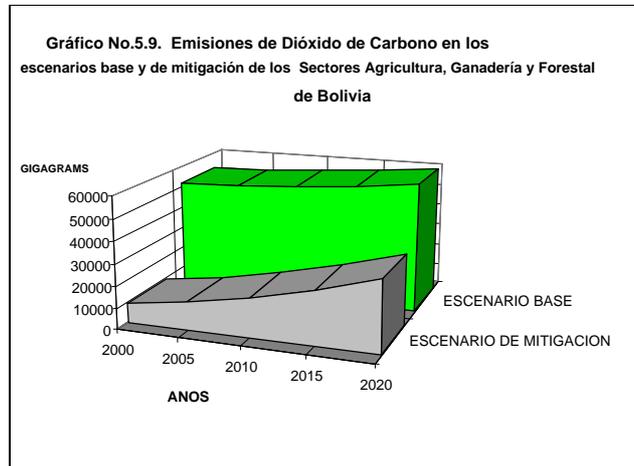
seleccionadas las medidas de mitigación, se estimó la cantidad de carbono secuestrado o conservado por unidad de área para cada una de las medidas de mitigación. Estos parámetros fueron la base para estimar las implicaciones del secuestro o conservación de carbono en escenarios futuros:

- La cantidad potencial de carbono secuestrado mediante la formación de masas boscosas, estimado principalmente para la zona templada de Bolivia fue de 2.39 tn C/ha anualmente, para un período de 40 años, esta cantidad puede ser considerada de optimista ya que la repoblación forestal en Bolivia generalmente se realiza en terrenos marginales, con escasez de nutrientes, principalmente de fósforo.
- Mediante la medida de regeneración natural de los bosques tropicales en Bolivia, se estima fijar o secuestrar 5.62 tn C/ha anualmente, para un período de 30 años, aunque este período puede ser superior a 30 años, considerando una tasa anual de crecimiento vegetal de 12.50 tn ms/año/ha para este tipo de bosques.
- A través de las alternativas a la agricultura de corte y quema, se pretende secuestrar aproximadamente 1.35 tn C/ha anualmente, para un período de 40 años, estableciendo principalmente Sistemas Agroforestales. Esta cantidad de carbono fijado se encuentra dentro de los límites estimados por Dixon et al.(1993) y Krankina & Dixon (1994), para las ecoregiones tropicales húmedas de Sudamérica, cuyos valores varían entre 0.78 a 2.04 tn C/ha/año.
- Las emisiones de carbono evitadas mediante las medidas de Apoyo a la implementación de la Nueva Ley Forestal y mediante el Fortalecimiento de la capacidad de planificación, protección y vigilancia de las áreas protegidas, asciende a 119.21 tn C/ha conservado en un bosque tropical húmedo, considerándose que la biomasa promedio del bosque es de 238.42 tn/ha, este valor puede ser superior a 300 tn ms/ha en los bosques primarios de la zona amazónica de Bolivia.
- Mediante las medidas orientadas a la Prevención y Control de la Degradación de Tierras, se estima fijar o secuestrar 1.35 tn C/ha anualmente, para un período de 40 años en los Sistemas Agroforestales y 1.12 tn C/ha anualmente, para un período de 25 años a través de la regeneración natural de pastizales.

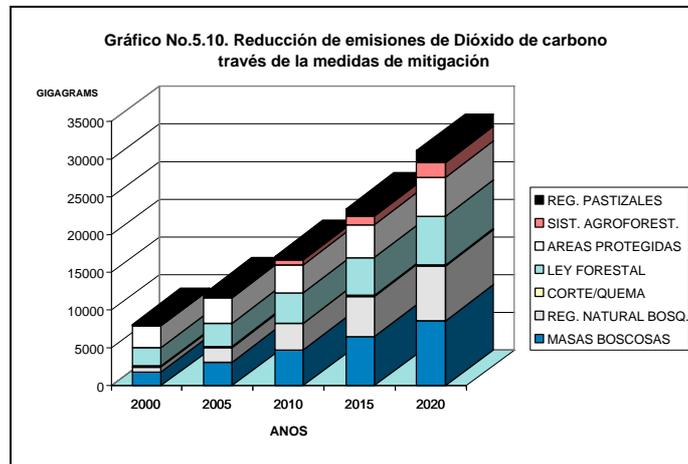
Respecto a la reducciones en las emisiones de metano producto de la aplicación de la medida de mitigación referida a Mejorar las Técnicas de Producción Animal, se estima incrementar los índices de productividad del ganado bovino y ovino en 10% del peso vivo. Esta mejora en la productividad animal, representa una reducción del 3.80% del metano emitido anualmente por la fermentación entérica, asumiendo que la medida se aplique al 5% del ganado bovino y ovino existente en el país.

El escenario de mitigación y su proyección para los principales Gases de Efecto Invernadero (Dióxido de carbono y metano) resultante de la aplicación de todas las medidas de mitigación recomendadas y descritas anteriormente, para los sectores Forestal, Agricultura y Ganadería, son presentados en la Tabla No. 5.13. De acuerdo con esta Tabla, se puede señalar que si el estado boliviano llega a ejecutar las 7 medidas de mitigación propuestas, es posible reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes

de los sectores de referencia pero principalmente del sector Forestal que emite casi la totalidad del CO<sub>2</sub> liberado en Bolivia. La reducción de CO<sub>2</sub>, será del orden de 15.63% para el año 2000, de 23.01% para el año 2005 y de 31.63% aproximadamente para el año 2010 (Gráfico 5.9).



También se puede notar que las medidas de mitigación que más contribuyen a la reducción de Dióxido de carbono son las referidas a la Formación de masas boscosas, apoyar a la implementación de la Nueva Ley Forestal y el Fortalecimiento de la Capacidad de Planificación, Protección y Vigilancia de las áreas protegidas. (Gráfico 5.10).



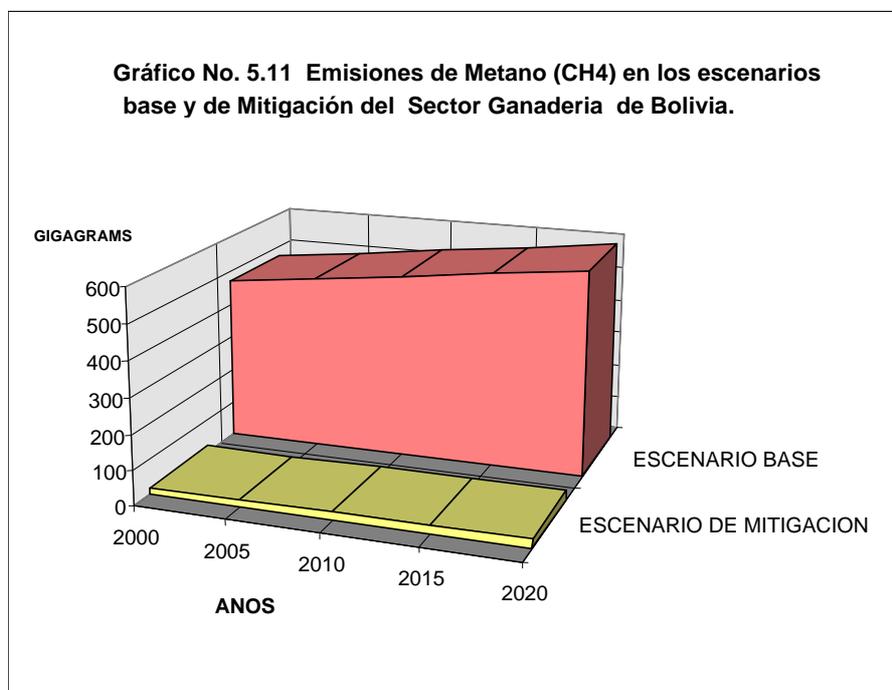
**TABLA No 5.13. Reducción total en la emisión de Gases de Efecto Invernadero (Dióxido de carbono y Metano en Gg), resultante del escenario de mitigación y su comparación respecto a los escenarios base sin medidas de mitigación.**

MEDIDA DE MITIGACIÓN PARA	AÑO				
	2000	2005	2010	2015	2020
LOS TRES SECTORES					
<b>DIÓXIDO DE CARBONO (CO<sub>2</sub>)</b>					
SECTOR FORESTAL:					
- Formación de masas boscosas. (Forestación y reforestación)	1.930.42	3,215.03	4,754.10	6,547.64	8,595.65
- Regeneración natural de bosques.	649.69	1,938.75	3,485.63	5,290.31	7,352.81
- Alternativas a la agricultura de corte y quema.	86.58	98.95	111.33	123.70	136.08
- Apoyar a la implementación de la Nueva Ley Forestal	2,409.51	3,075.22	3,924.84	5,009.21	6,393.16
- Fortalecimiento de la capacidad de Planificación, Protección y Vigilancia de áreas protegidas.	2,862.03	3,317.88	3,846.33	4,458.95	5,165.14
SECTOR AGRICULTURA:					
Prevención y control de la degradación de tierras:					
- Implementación de sistemas agroforestales.	81.92	283.03	603.93	1,128.58	1,968.69
- Regeneración natural de pastizales.	73.39	239.99	509.91	944.61	1,644.70
TOTAL (Gg) ESCENARIO A UTILIZANDO MEDIDAS DE MITIGACIÓN.	8,093.54	12,168.85	17,236.07	23,503.00	31,260.23
TOTAL (Gg) ESCENARIO B SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN	51,772.47	52,882.51	54,476.54	56,658.30	59,600.05
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN	15.63%	23.01%	31.63%	41.48%	52.45%
<b>METANO (CH<sub>4</sub>)</b>					
SECTOR GANADERIA:					
Mejorar las técnicas de producción animal.	17.83	19.02	20.21	21.41	22.60
TOTAL (Gg) ESCENARIO A UTILIZANDO MEDIDAS DE MITIGACIÓN.	17.83	19.02	20.21	21.41	22.60
TOTAL (Gg) ESCENARIO B SIN MEDIDAS DE MITIGACIÓN	467.74	498.13	528.52	558.91	589.30
PORCENTAJE DE REDUCCIÓN	3.81%	3.81%	3.82%	3.83%	3.83%

La cantidad de Dióxido de carbono fijado mediante la implementación de alternativas a la agricultura de corte y quema es muy reducida en relación a las otras medidas de mitigación, pero si tomamos en cuenta que por cada hectárea convertida a la tecnología

de manejo o uso sostenible de suelos (sistemas agroforestales), se salvan entre 1 a 3 ha de bosque tropical húmedo de la tala y quema no sostenible, obtendremos diferentes niveles de carbono potencial almacenado en los ecosistemas considerados. La reducción de CO<sub>2</sub> por la aplicación de la medida, para el período de 1998 a 2030, varía de 14% a 21% si consideramos una hectárea de bosque conservado, de 29% a 41% para dos hectáreas de bosque conservado y de 43% a 62% para tres hectáreas de bosque conservado. En consecuencia esta medida de mitigación puede ser considerada como una de las mejores alternativas para la reducción de las emisiones de Dióxido de carbono en Bolivia.

Por otra parte, la reducción de las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), como producto de ejecución de la medida de mitigación referida a mejorar las técnicas de producción animal descritas dentro del Plan de Mitigación, son de aproximadamente 3.81% para el año 2000, de 3.81% para el año 2005 y 3.82% para el año 2010 (Gráfico No. 5.11).



## ANÁLISIS DE COSTOS

El presupuesto requerido para implementar las ocho medidas de mitigación más adecuadas para reducir las emisiones de Dióxido de carbono y Metano, de los sectores Forestal, Agricultura y Ganadería para el año 2000, ascienden a la suma de US\$ 48.66 millones, de las cuales los más altos costos son presentados por las medidas referidas a mejorar las técnicas de producción animal y las alternativas a la agricultura de corte y quema (Tabla No.5.14).

Con referencia a los costos unitarios (US\$/Gg de CO<sub>2</sub> reducido), los más altos se refieren a la medida referida a alternativas a la agricultura de corte y quema, debido a

que en las estimaciones de carbono mitigado, no se incluye la cantidad de carbono conservado por la superficie potencial de tierra salvada de la deforestación usando este sistema alternativo de manejo. El costo unitario por tonelada de Dióxido de carbono mitigado, varía entre 1 a 79 dólares para las diferentes medidas. Al respecto se debe indicar que Costa Rica mediante proyectos de Implementación conjunta esta ofertando al mercado internacional a US\$ 8 a 10 la tonelada de Carbono fijado o conservado en sus bosques tropicales, sin que hasta el momento haya obtenido resultados importantes.

**TABLA No.5.14. Costo total y unitario de las medidas de mitigación planteadas para reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (Dióxido de carbono y Metano) en Bolivia.**

	AÑO 2000		AÑO 2010		AÑO 2020	
MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LOS TRES SECTORES	COSTO TOTAL 10 <sup>3</sup> US\$	COSTO UNITARIO US\$/Gg	COSTO TOTAL 10 <sup>3</sup> US\$	COSTO UNITARIO US\$/Gg	COSTO TOTAL 10 <sup>3</sup> US\$	COSTO UNITARIO US\$/Gg
<b>SECTOR FORESTAL:</b>						
Formación de masas boscosas.	3,044.00	1,576.80	4,204.00	884.20	5,364.00	624.00
Regeneración natural de bosques.	4,400.00	6,772.49	6,400.00	1,836.11	8,400.00	1,142.42
Alternativas a agricultura de corte y quema.	6,848.57	79,105.18	8,806.42	79,105.18	10,764.27	79,105.18
Apoyar a la implementación de la Nueva Ley Forestal.	3,307.50	1,372.68	5,387.56	1,372.68	8,775.78	1,372.68
Fortalecimiento de la capacidad de Planificación, Protección y Vigilancia de Áreas protegidas.	3,492.58	1,220.32	4,693.74	1,220.32	6,308.00	1,220.32
<b>SECTOR AGRICULTURA:</b>						
Prevención y control de la degradación de tierras:						
- Implementación de sistemas agroforestales.	2,420.00	29,540.11	6,276.85	10,341.86	16,280.54	8,269.74
- Regeneración natural de pastizales.	1,210.00	16,714.15	3,138.42	6,154.92	8,140.27	4,949.40
<b>SECTOR GANADERIA:</b>						
Mejorar las técnicas de producción animal.	16,945.00	950.39	19,287.00	954.02	21,629.00	956.89
<b>PRESUPUESTO ANUAL (US\$)</b>	<b>41,667.65</b>		<b>58,193.99</b>		<b>85,661.86</b>	

s/d: Sin determinar, debido a que no llega a completar la unidad de medida utilizada (Gigagram).

Las medidas tendientes a incrementar los sumideros de Dióxido de carbono, presentan elevados costos por hectárea, debido principalmente a lo costoso que representa el implementar las plantaciones forestales, agroforestales y silvopastoriles por unidad de superficie, los cuales varían en torno a los US\$ 500.00 a 750 por hectárea.

Para los posteriores años, el presupuesto se incrementa, debido al aumento en el área de acción de las medidas de mitigación orientados a una mayor reducción en la emisión de Dióxido de carbono y Metano, en este sentido, para el año 2010 el presupuesto asciende a US\$ 58.19 millones y la siguiente década a US\$ 85.66 millones.

Sólo una cooperación internacional sostenida por parte de los países Anexo I, apoyada por políticas gubernamentales nacionales, permitirán conseguir que las medidas del sector forestal y agrícola puedan ser implementadas en Bolivia.

## **CAPITULO V**

### **OBSERVACION SISTEMATICA, EDUCACION, Y SENSIBILIZACION PUBLICA**

#### **OBSERVACION**

##### **Sistemas globales de observación de la tierra e iniciativas regionales e internacionales de investigación**

La comunidad científica internacional viene realizando una serie de esfuerzos para definir grupos de trabajo en el marco del "cambio global". Cuatro aspectos de perturbaciones ambientales a escalas globales (I) cambios en el uso y cobertura de la tierra, (II) disminución de la biodiversidad a escala global, (III) cambios en la composición atmosférica, en especial el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>. y (IV) Cambios Climáticos, son tomados como temas centrales en la investigación de los cambios globales.

En el marco de investigaciones de los cambios globales destaca la relación de los cambios en el uso y cobertura de la tierra y los cambios en la composición atmosférica. en especial el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub>.

Existen en este sentido una serie de iniciativas a nivel global como el IGBP (International Geosphere Biosphere Program) orientado a la investigación de los cambios ambientales de carácter global y el IHDP (international Human Dimensions Program) orientado a la investigación de la dimensión humana de los cambios ambientales globales; estos programas conjuntamente con ICSU y SCOPE (Scientific Committee on the Problems of the Environment) y el IPCC (Intergubernamental Panel on Climate Change) vienen constituyendo el marco científico para la investigación de los cambios globales en íntima cooperación con el sistema de Naciones Unidas.

Existen iniciativas globales de observación en el marco de las Naciones Unidas como el G3OS constituido por tres sistemas de observación de la tierra como el GCOS (Sistema Global de Observación Climática). GOOS (Sistema Global de Observación Oceánica). y el GTOS (Sistema Global de Observación Terrestre) que deberían encontrar sistemas de observación análogos a nivel nacional.

El IAI (Interamerican Institute for Global Change Research) se constituye en la organización regional para llevar adelante la investigación de los cambios globales en América a la cual Bolivia se adscribirá próximamente como en miembro pleno.

##### **Facilitar el intercambio y la accesibilidad de los datos**

Bolivia desea acceder a todos los mecanismos de intercambio de información por lo que busca generar un espíritu de cooperación y confianza entre los diferentes actores que participan en el proceso de investigación. Las redes de cooperación deberán permitirán el intercambio cooperativo de los datos y los resultados de la investigación a través de

publicaciones periódicas. El Estado deberá promocionar el acceso a datos de carácter público integrando en la medida de lo necesario a sus instituciones en las redes de cooperación y facilitando los procesos de intercambio de información. La implementación de un boletín informativo y/o una revista científica podría apoyar a este proceso

Bolivia pese a ser un país con grandes limitaciones económicas, que se encuentra altamente vulnerable a los cambios climáticos, que afectaran su producción agrícola, sus bosques y recursos hídricos, y que implicará en efectos negativos sobre la salud humana, cuenta con una red hidrometeorológica que no alcanza a cubrir toda la extensión de su territorio.

Para adaptar los diferentes sectores productivos al cambio climático y aumentar los niveles de seguridad humana. El país deberá fortalecer sus capacidades de observación y monitoreo de los cambio climáticos y sus causantes, aumentar sus niveles de entendimiento de las fuerzas direccionales que coadyuvan al deterioro de las bases productivas de la sociedad (recursos naturales y humanos) y al aumento de las emisiones de GEI y fortalecer los lazos y alianzas estratégicas de trabajo conjunto entre la comunidad científica, los decisores políticos y los actores sociales.

Actualmente esta red esta siendo manejada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), entidad dependiente del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, que forma parte de la Organización Meteorológica Mundial.

El SENAMHI tiene como objetivos centralizar la información meteorológica, operar y mantener la red nacional de Estaciones, estudiar el clima, proporcionar información sobre el tiempo y los recursos hídricos de tal manera de proporcionar la información necesaria a las instituciones que manejan y trabajan con el aprovechamiento de los recursos naturales no renovables. Sin embargo, existen limitaciones de carácter infraestructural que permitan hacer un seguimiento de carácter científico a las variaciones climáticas y a los cambios climáticos.

Con el objeto de enfrentar los compromisos contraídos por Bolivia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, el país participa, pese a sus limitaciones, en las reuniones del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), de las reuniones del la CMNUCC, de los diferentes Programas de Naciones Unidas que se hallan relacionados con la Biodiversidad, Desertificación, Bosques, etc.

Bolivia ha creado el Programa Nacional de Cambios Climáticos (PNCC), dependiente del Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal, del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, con el objetivo de encarar todas sus acciones con relación a la Convención de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto. Asimismo, ha creado el Consejo Interinstitucional del Cambio Climático (CICC), que se halla conformado por diversas instituciones gubernamentales, no-gubernamentales, privadas y científicas, con la finalidad de proponer políticas y acciones relacionadas con el Cambio Climático y sus implicaciones. El CICC se halla conformado por:

- Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación
- Viceministerio de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Desarrollo Forestal
- Viceministerio de Política Exterior
- Viceministerio de Energía
- Viceministerio de Agricultura y ganadería
- Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo
- Academia Nacional de Ciencias
- Confederación de Empresarios Privados
- Organismos no - gubernamentales.

En los últimos años se han incorporado en la investigación de Gases de Efecto Invernadero, Análisis de Vulnerabilidad y Mitigación, Institutos de Investigación de diferentes universidades del país.

## **EDUCACION**

El aumento de las capacidades científicas en materia de cambio climático se constituye en elemento de trascendencia por los siguientes objetivos estratégicos.

- Mejorar la infraestructura de adquisición de datos e información;
- Aumentar el entendimiento sobre el cambio global y sus repercusiones sobre las sociedades;

Por la forma en la que este proceso se lleva a cabo en ámbitos nacionales, regionales e internacionales ambos objetivos se encuentran entrelazados; mejor infraestructura de observación y medición es una condición básica para aumentar el entendimiento sobre los fenómenos, pero al mismo tiempo mayores niveles de entendimiento repercute sobre el desarrollo de una infraestructura óptima de observación. Este proceso es parte de un círculo continuo de aprendizaje.

El desarrollo de la infraestructura no debería verse como un desarrollo netamente institucional, la tarea buscará potenciar la infraestructura existente en el país a tiempo de que esta, en la medida de lo necesario, sea simultáneamente utilizada para diferentes fines.

Por este motivo se deberán definir los temas prioritarios de trabajo en cambio climático con el objetivo de generar grupos de trabajo y/o redes de cooperación que puedan acceder a eventuales proyectos de potenciamiento.

Eventualmente estos grupos de trabajo y redes de cooperación deberán formarse de acuerdo a las necesidades prioritarias de la sociedad y en concordancia con las tendencias globales para facilitar la cooperación internacional.

### **Meteorología y calidad ambiental**

Se deberán aumentar las capacidades meteorológicas en el país para poder entender a mayor profundidad la variabilidad climática. El aumento de la productividad agrícola depende fuertemente de la disponibilidad de datos climáticos y meteorológicos

confiables y a escalas microregionales, por lo que se deberá avanzar significativamente en la expansión de la red de mediciones meteorológicas.

El SENAEMI deberá ser fortalecido en sus capacidades de tratamiento de la información. Se deberá evaluar la posibilidad de trabajo conjunto con los municipios para la adquisición de datos meteorológicos municipales y ampliar la red de medición a un mayor número de estaciones.

El SENAEMI deberá también integrarse con mayor fuerza en iniciativas regionales de monitoreo del evento "El Niño" así como en otras iniciativas regionales para la medición de emisiones de GEI.

La investigación meteorológica deberá alcanzar niveles de trabajo sistemático de riesgos (sequías e inundaciones) y convertirse en uno de los elementos constituyentes del sistema de defensa civil. La construcción de modelos de Circulación General a escala regional se hacen indispensables, por lo que acciones internacionales, para la construcción de dichos modelos es altamente necesario.

Los laboratorios de calidad ambiental por su lado deberán apoyar al monitoreo de emisiones e inmisiones de GEI con especial énfasis en el monitoreo de la calidad ambiental en centros urbanos

### **Vulnerabilidad de ecosistemas**

Los cambios climáticos producirán cambios en los patrones de habitabilidad de diferentes especies de flora y fauna. Existen medianos niveles de certidumbre que diferentes ecosistemas productivos (bofedales, sabanas y bosques) sean estresados por cambios en la disponibilidad de agua y aumentos de la temperatura. Existe altos niveles de certidumbre de que el déficit hídrico de algunos ecosistemas pueda agudizarse aumentando los niveles de desertificación y erosión del suelo lo que convierte a Bolivia es un país altamente vulnerable desde el punto de vista de sus ecosistemas.

La temática del Cambio Climático deberá ser divulgada en los centros de investigación ecológica en todo el país para poder iniciar mayor número de investigaciones relacionadas a esta temática.

La comunidad internacional deberá inducir a aumentar los niveles de comunicación entre los diferentes centros de investigación a través de talleres y simposios nacionales y ayudar a la formación de grupos de trabajo de especialistas en el tema Vulnerabilidad de Ecosistemas

### **Plagas y enfermedades**

Un aspecto de principal importancia es el monitoreo de plagas y enfermedades que podrían ser exacerbadas como efecto del cambio climático. Existen medianos niveles de certidumbre de que los cambios en el clima puedan exacerbar los niveles de incidencia de enfermedades transmitidas por vectores; expandir o mudar el hábitat de algunos vectores, generar nuevas especies de vectores y/o aumentar la incidencia de

enfermedades relacionadas a la calidad del agua y del aire o a la calidad y disponibilidad de alimentos.

El gobierno de Bolivia, con la cooperación internacional, deberá inducir a fortalecer los centros de investigación en materia de enfermedades tropicales a tiempo de fortalecer paulatinamente el proceso de descentralización del sistema de asistencia primaria y prevención en salud.

Existe alto grado de certidumbre que enfermedades y plagas a los cultivos pueden cambiar sus patrones de incidencia, por lo que la observación de estos es de carácter prioritario.

Se deberá poner especial énfasis en el desarrollo de tecnologías de control biológico de plagas y vectores.

### **Cambios en el uso y cobertura de la tierra**

El uso de tecnologías de GIS y Teledetección desde los años 70 han permitido superar la fuerte brecha de información existente en cuanto a mapas temáticos y mejorar los mecanismos de Ordenamiento Territorial.

Los Planes de Uso del Suelo elaborados en parte por el ZONISIG y por el PLUS Santa Cruz, contemplan un Perfil Ambiental y Socioeconómico con lo que establecen buenas bases informativas para el desarrollo de Planes de Ocupación Territorial (Desarrollo de Polos de Desarrollo e infraestructura), para el ordenamiento territorial y para asegurar las expectativas del Estado en cuanto al manejo sostenible de los bosques y el cuidado y protección de la biodiversidad.

### **Desarrollo limpio**

El paradigma del desarrollo limpio deberá ser estudiado bajo las condiciones y prioridades del país en cuanto al desarrollo de la industria, a la generación y uso de la energía, al manejo forestal y otros elementos complementarios que deberán ser discutidos como la generación de pequeñas y medianas empresas, sobre la participación del Estado en la investigación de tecnologías limpias, incentivos, créditos de potenciamiento y otros.

### **Vulnerabilidad humana, seguridad alimentaria, disponibilidad y manejo del agua, refugiados ambientales**

Se deberán desarrollar indicadores agregados para el monitoreo del desarrollo humano en el país. Un indicador efectivo podría ser el Índice de Vulnerabilidad Social y el Índice de Desarrollo Humano, así como el Índice de Pobreza Humana, pero al mismo tiempo se deberán revisar continuamente los indicadores en forma aislada para encontrar ciertas causantes de la vulnerabilidad humana.

En la discusión científica sobre vulnerabilidad y adaptación humana es cada vez más clara la incidencia de la pobreza en los niveles de vulnerabilidad. Los pobres son los más vulnerables al cambio climático.

Temas que han adquirido importancia en la opinión pública como seguridad alimentaria, disponibilidad del agua y el de refugiados ambientales, tienen desde la óptica del cambio climático relevancia de primer orden.

El Gobierno de Bolivia deberá inducir a aumentar los niveles de comunicación entre los diferentes individuos, centros de investigación, programas e instituciones, a través de talleres y simposios nacionales y ayudar a la formación de grupos de trabajo de especialistas en el tema Vulnerabilidad Humana.

### ➤ *EDUCACIÓN FORMAL Y NO FORMAL*

La estrategia de Educación deberá apoyar a las dos líneas estratégicas de Potenciamiento y Transformación Productiva y a la de Seguridad Humana. La comunidad internacional viene elaborando curriculums para la educación formal en la temática de los cambios ambientales globales. Estos curriculums pueden encontrar a nivel nacional esferas similares y replicarse en todos los niveles de la educación formal.

Por otra parte los cambios culturales que se buscan en el marco de un proceso de adaptación deberán ser amparados por procesos paralelos de educación no formal en todas las esferas de la sociedad.

Las características del curriculum de educación en cambios climáticos deberá ser analizado y discutido en el marco de la temática del desarrollo sostenible y la reforma educativa y detallado sistemáticamente durante la elaboración de un plan de acción en educación que considere a mayor profundidad el contexto nacional propuesto en conceptos y consideraciones en el marco de esta estrategia.

La educación no-formal deberá llevarse a cabo en los siguientes campos prioritarios y como apoyo a los programas ya existentes de educación ambiental y con el objetivo de fortalecer y viabilizar las medidas de adaptación

- Educación para la introducción de tecnología y cambios culturales en la producción
- Educación para la salud

La implementación de las medidas de adaptación solo serán realizables si se respalda fuertemente el componente de educación, solo si existe plena conciencia de los beneficios de las medidas de adaptación estas serán implementadas con las fuerzas subyacentes de las comunidades, municipios y regiones. Estos procesos de educación deberán ir de la mano con otros procesos de capacitación y formación durante el desarrollo de microempresas y desarrollo regional integral.

Medidas de cambio tecnológico por lo general encuentran el rechazo de la gente por que no conocen las repercusiones que estas puedan tener en sus formas de vida, sus economías comunales, familiares, la organización y el liderazgo.

La educación deberá amparar entonces proyectos piloto de desarrollo integral de las comunidades, municipios y regiones. Para asegurar la salud pública es importante una amplia participación ciudadana en la implementación de las medidas de mitigación y adaptación a los impactos de los cambios climáticos.

## **CAPITULO VI**

### **INFORMACION COMPLEMENTARIA**

Bolivia ha iniciado una acción agresiva que permita coadyuvar a los países del Anexo I en la reducción de emisiones de GEI, según lo que estipula la CMNUCC y el Protocolo de Kioto, para ello sus políticas gubernamentales han involucrado la variable del cambio climático como un elemento importante que pueda coadyuvar en su desarrollo sostenible.

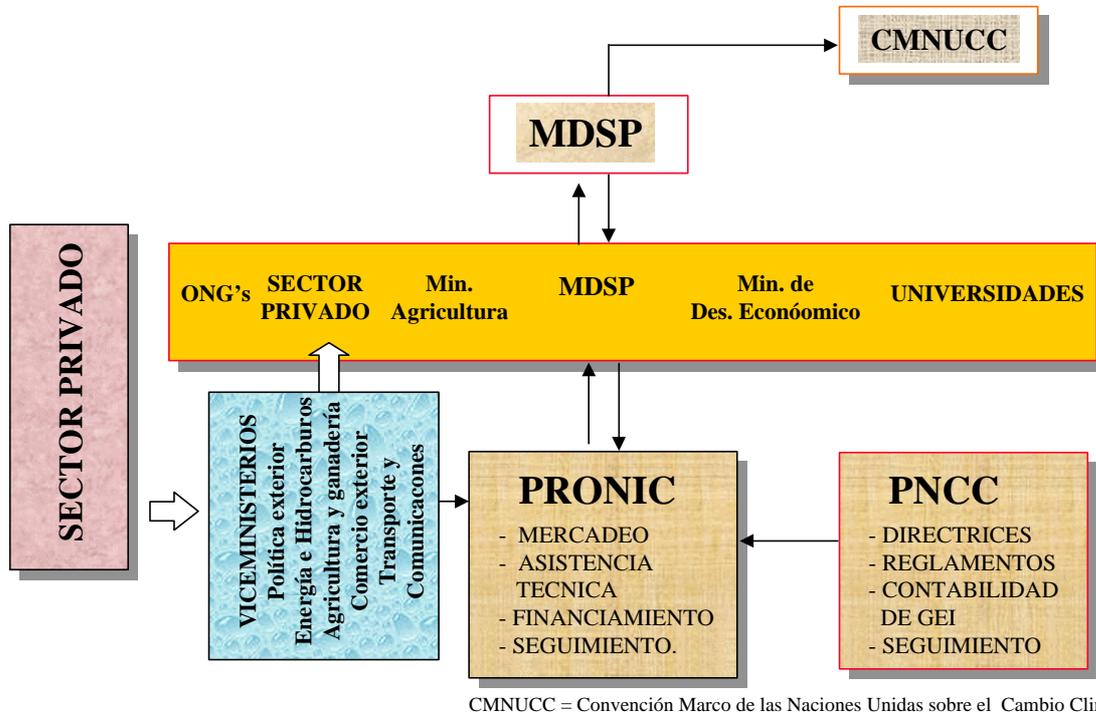
Haber conformado una estructura institucional liderada por el Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación y haber desarrollado escenarios de mitigación de GEI en los sectores energético y forestal, que puedan ser implementados a través de diferentes proyectos, es una muestra de voluntad política que debe ser necesariamente comprendida por la comunidad internacional.

El país en base a discusiones intersectoriales a desarrollado un Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático, estableciendo acciones y prioridades que pueden realizarse en el país, con el financiamiento internacional, para lograr reducir emisiones de gases de efecto invernadero.

La fase Piloto de la Implementación Conjunta sirvió para que en Bolivia se desarrollen varios proyectos con la cooperación de inversores de países que conforman el Anexo I de la CMNUCC. Estos proyectos servirán de base para la acumulación de experiencia en cuanto a procedimientos, metodologías, sistemas de monitoreo, sistemas de certificación y sistemas de distribución de Certificados de Reducción de Emisiones, lo que se implantará en una acción futura para aquellos proyectos que se enmarquen dentro del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto.

Bolivia ha conformado el Programa Nacional de la Implementación Conjunta (PRONIC), el cual será encargado de manejar todos los proyectos futuros del MDL, para ello se tiene una organización inicial que aprueba los proyectos a través de un directorio interinstitucional como se muestra en el cuadro siguiente.

**ORGANIZACION DEL PROGRAMA DE IMPLEMENTACION  
CONJUNTA EN BOLIVIA (D.S. 25031)**



Entre los proyectos de Actividades Implementadas Conjuntamente que actualmente se desarrollan en el país, podemos citar:

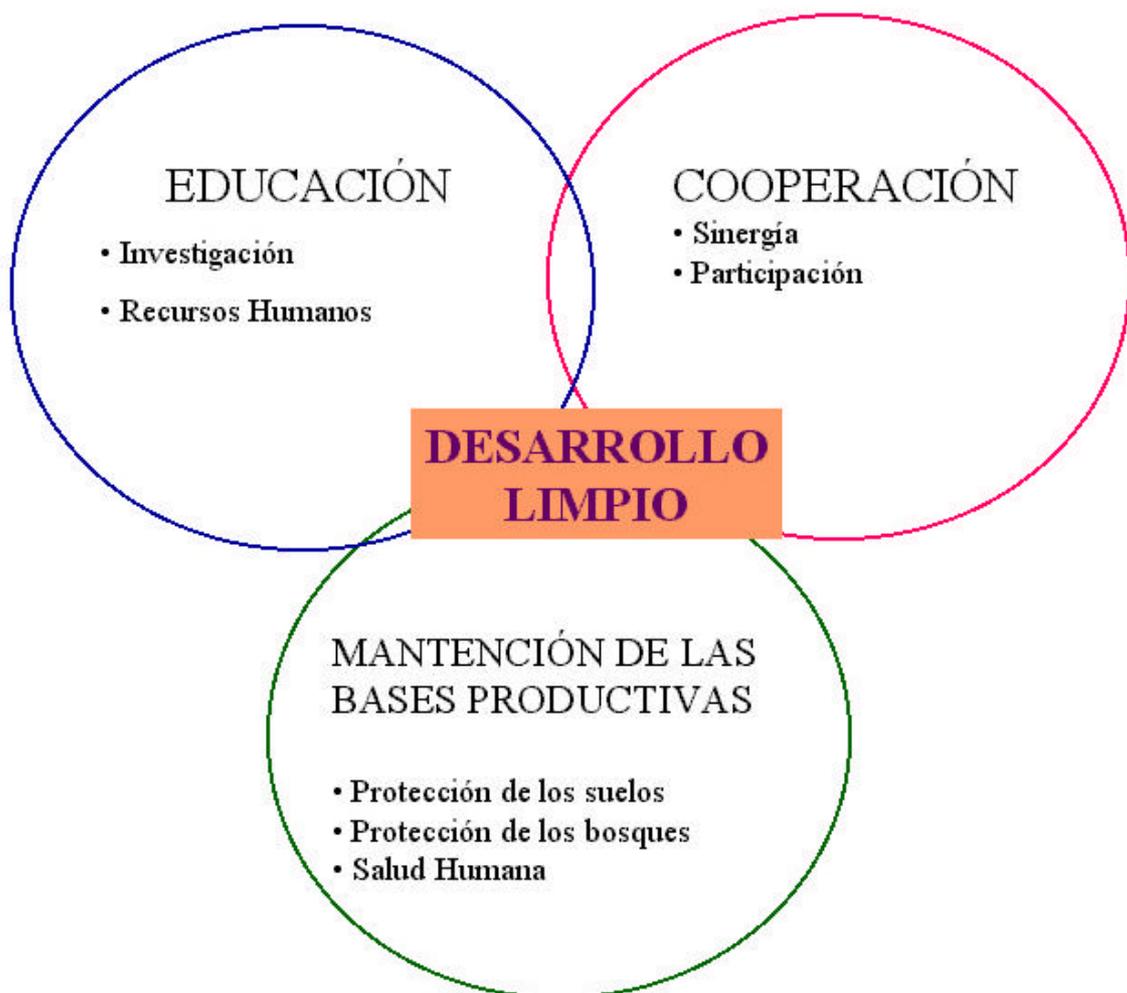
- Proyecto de Acción Climática Noel Kempff Mercado.
- Proyecto de Electrificación Solar Rural en Bolivia - Fase Piloto, provincias de Chuquisaca y Oruro,
- Proyecto Electrificación rural en provincias de Ñuflo de Chavez y Guarayos.
- Formulación de proyectos de Implementación Conjunta.

Los dos primeros proyectos realizados a través de la Oficina de Implementación Conjunta de los Estados Unidos, y los dos restantes con la Oficina de Implementación Conjunta del Reino de los Países Bajos.

Estos esfuerzos deben necesariamente ser comprendidos por la comunidad internacional, que tiene la obligación histórica, en cuanto a cambio climático se refiere, de apoyar a los países altamente vulnerables como Bolivia en mejorar su infraestructura de observación climática, procesamiento de datos que permitan medir los efectos del cambio climático, continuar la investigación de emisiones de GEI, profundizar la construcción de capacidades nacionales a nivel institucional como humano y apalancar proyectos de adaptación en los sectores agrícolas.

## ESTRATEGIA NACIONAL

El Gobierno de Bolivia esta trabajando en el desarrollo de una Estrategia Nacional de Implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Dicha Estrategia pretende establecer una visión compartida entre los diferentes actores de su implementación. Asimismo, la Estrategia establecerá la misión institucional de los órganos que liderizan su implementación.



La Estrategia de Bolivia sobre el Cambio Climático pretende centrarse en cuatro pilares, los cuales a su vez responden a sus líneas de acción del Desarrollo Económico y Social:

- Promocionar el desarrollo limpio en Bolivia, a través del fomento de cambios tecnológicos en las prácticas agrícolas, forestales e industriales, que reduzcan emisiones pero que impacten positivamente al desarrollo del país.
- Coadyuvar a la conservación de carbono en bosques, humedales y otros ecosistemas naturales manejados.

- Aumentar la efectividad de la infraestructura y uso de energía, para disminuir riesgos de contingencias y mitigar los efectos de las emisiones de GEI.
- Incidir al aumento de la observación, entendimiento de los cambios climáticos y ambientales en Bolivia para desarrollar respuestas efectivas.

Estos pilares buscaran como objetivos:

- Coadyuvar con políticas de adaptación al cambio climático, a la transformación productiva y al cambio tecnológico en los diferentes sectores productivos a tiempo de introducir tecnologías limpias de manera paralela al desarrollo del rubro productivo.
- Aumentar los niveles de seguridad humana tanto desde el punto de vista de contingencia como de vulnerabilidad humana.
- Integrar la temática de cambio climático en los procesos educativos de la sociedad para inducir a su adaptación.
- Generar alianzas estratégicas necesarias para la implementación de la Estrategia Nacional.

De todo ello se definen las líneas estratégicas a seguir:

- **Potenciamiento y transformación productiva;**
- **Seguridad humana;**
- **Educación y comunicación para la adaptación al cambio climático; y**
- **Alianzas Estratégicas para la adaptación al cambio climático.**

Asimismo, Bolivia ha iniciado con el apoyo de la Cooperación Suiza y el banco Mundial el Estudio de la Estrategia de Participación en el mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto, como acción inmediata a la Ratificación de dicho Protocolo, realizada por el país en noviembre de 1999 ante el Secretariado de la Convención.

## REQUERIMIENTOS

Existe una marcada necesidad financiera y tecnológica no sólo en Bolivia sino en la región, que permita la implantación de estrategias y líneas de acción para enfrentar las causas e implicaciones del cambio climático.

Se hace necesario recursos que mejoren la construcción de escenarios climáticos a escalas reducidas, debido a la considerable variación climática en las diferentes regiones de América Latina en general y Bolivia en particular, de manera tal que permita reducir el nivel de incertidumbres en todos los aspectos.

Similar necesidad existe en cuanto a la valoración de emisiones de GEI provocadas por los sectores del cambio en el uso de la tierra y silvicultura y algunos sectores particulares del área energética.

El Mecanismo de Desarrollo Limpio, se presenta como un reto muy importante para los países en vías de desarrollo, sin embargo las desigualdades en cuanto a capacidades nacionales entre unos y otros, significaran desigualdades en la oportunidad de acceso a los proyectos y financiamientos, por lo que se hace imprescindible un tratamiento justo por parte de la CMNUCC en esta materia, por lo que debe desarrollarse un apoyo decisivo a los países en materia de fortalecimiento de recursos humanos e institucionales, desarrollo de cartera de proyectos, construcción de escenarios de líneas de base, certificación, etc.

Finalmente, es imprescindible un apoyo efectivo por parte del Secretariado de la CMNUCC al fortalecimiento institucional del Programa Nacional de Cambios Climáticos de Bolivia, con la finalidad de garantizar y consolidar el proceso de implementación de la CMNUCC en el país.

## REFERENCIAS

- ASOCIACIÓN INTERINSTITUCIONAL FORESTAL ANDINA. 1995. Plan quinquenal 1995 - 2000. Ed. AIFOR ANDINA. La Paz (Bolivia). 103 pp.
- Analysis for Version 95.0 - Overview for Version 94.0. Boston, MA, USA: Stockholm Environment Institute - Boston, Tellus Institute.
- Anuario Estadístico del Sector Eléctrico Boliviano 1995 y 1996, 1996, 1997. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo de Económico – Viceministerio de Energía e Hidrocarburos.
- Balance Energético, 1983 - 1995. Sistema de Información en Energía, 1995. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo de Económico - Secretaría Nacional de Energía.
- Banco Mundial - METMIN. Diálogos ambientales (en prensa)
- BAIRON. M.. 1996. Propuesta para el desarrollo regional urbano de La Paz. La Paz
- BROCKMAN. C.. 1978. Mapa De Cobertura Y Uso Actual De La Tierra. La Paz: ERTS-GEOBOL
- BANDY, D.; GARRITY, D.P.; SÁNCHEZ, A.P. 1994. El problema mundial de la agricultura de tala y quema. In Agroforesteria en las Américas: Julio-septiembre, 1995. CATIE. Turrialba (Costa Rica). Año 2, No. 7:7 pp.
- BELLON, R.M.; MASERA, O.; SEGURA, G. 1994. Response options for sequestering carbon in Mexico`s forest. Centro de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México D.F. (México). 29 pp.
- BRACK, W. 1994. Experiencias agroforestales exitosas en la Cuenca Amazónica. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima (Perú).
- BRAATZ, V.B. 1995. Overview of greenhouse gas emissions inventory methods and their limitations: Land-Use change, Forestry, and Biomass burning. Latin American Greenhouse Gas Emissions and Mitigation Options. Universidad Central de Venezuela 10(1-2):109-118.
- BROWN, S.; LUGO, A.E. 1992. Aboveground biomass estimates for tropical moist forest of the Brazilian Amazon. Interciencia 17:8-18.
- CANNEL. M.G.R.. 1995. Climate Change Impacts on Forests. en Climate Change 1995. Impacts Adaptation and Mitigation of Climate Change: Scientific - Technical Analyses. UNEP - WMO. IPCC. Cambridge University Press. Melbourne
- CARDENAS. V.H.. 1994. Reflexión sobre la Ley de Reforma Educativa. en Foro Económico. La Paz. ILDIS
- CHIPANA. R.; SEJAS. K.. 1999. Vulnerabilidad y opciones de adaptación del cultivo de soya al posible cambio climático. utilizando escenarios climáticos y modelos de simulación. documento no publicado.
- Compañía Boliviana de Energía Eléctrica S.A., 1995. Información del Sistema Eléctrico de COBEE para el Centro de Despacho de Cargas. La Paz, Bolivia: COBEE.
- Centro de Información para el Desarrollo. 1994. Anuario estadístico del sector rural de Bolivia, Año 1994. Ed. CID. La Paz (Bolivia). 331 pp.
- Centro de Información para el Desarrollo. 1996. Anuario estadístico del sector rural de Bolivia, Año 1995-1996. Ed. CID. La Paz (Bolivia). 297 pp.
- Centro Internacional de Agricultura y Pesca. 1991. Annual Report of 1990. Cali (Colombia).
- CORNEJO, G.J. 1994. Estudio preliminar del recurso forestal en la zona de colonización Yucumo-Rurrenabaque. CEATA. Santa Cruz (Bolivia). 75 pp.
- CHANDRASEKHARAN, C. 1996. Costos, incentivos y obstáculos para la práctica de la ordenación forestal sostenible. United Nations Development, Programme Sustainable Energy and Environment División. New York (U.S.A.). 65 pp.
- DIXON, R.K. 1995. Sistemas agroforestales y gases de efecto invernadero. In Agroforesteria en las Américas: Julio-septiembre, 1995. CATIE. Turrialba (Costa Rica). Año 2, No. 7:7 pp.

Energy in Bolivia – Information Bulletin of the Viceministry of Energy and Hydrocarbons, Winter 1999 Year 2 N° 2, 1999. La Paz, Bolivia: Viceministerio de Energía e Hidrocarburos – Unidad de Promoción de Inversiones.

U.S.EPA 1990. Greenhouse gas emissions from agricultural systems. Environmental Protection Agency. Washington, D.C. (U.S.A.). 1(2).

Empresa Nacional de Electricidad S.A. - ENDE, 1995. Plan de Expansión del Sistema Interconectado Nacional Período 1995 - 2005. Cochabamba, Bolivia: ENDE. 26 p.

Empresa Nacional de Electricidad S.A. - ENDE, 1990 - 1994. Resultados Técnicos de Explotación 1990, 1991, 1992, 1993, 1994. Cochabamba, Bolivia: ENDE.

Empresa Nacional de Electricidad S.A. - ENDE, 1990 - 1994. Memoria Anual 1990, 1991, 1992, 1993, 1994. Cochabamba, Bolivia: ENDE.

ESQUINAS ALCÁZAR, J.T. 1981. Los recursos fitogenéticos una inversión segura para el futuro. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid (España). 31 pp.

FASSBENDER, H.W. 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Ed. CATIE y GTZ. Turrialba (Costa Rica). 475 pp.

FEARNSIDE, P.M. 1992. Greenhouse gas emission from deforestation in the Brazilian amazon. Ed. Willy Makundi & Jayant Sathaye, EPA and Lawrence Berkeley Laboratory. Berkeley (USA). 73 pp.

FISCHERMAN, B. 1996. Las congruencias y diferencias entre la Nueva Ley Forestal y uso tradicional Chiquitano del Bosque. Boletín BOLFOR, No. 7. Santa Cruz (Bolivia). 7:11-15.

ESCOBAR, J..1998. Políticas Doblemente Ganadoras para el cambio climático en Bolivia. documento no publicado.

ETARE (a)(Equipo Técnico de Apoyo a la Reforma Educativa). 1993. "Reforma Educativa: Propuesta." Cuadernos de la Reforma. La Paz

\_\_\_\_\_(b). 1993. Educación es participación. Memoria Seminario Taller: La Educación Intelectual Bilingüe. Cuadernos de la Reforma. La Paz

FNUAP (Fondo de Población de las Naciones Unidas). 1993. La población del siglo XXI

G-DRU (Grupo de Desarrollo Rural). 1994. Anuario Estadístico del Sector Rural 1994. CID. La Paz

\_\_\_\_\_, 1996. Anuario Estadístico del Sector Rural 1995 - 1996. CID. La Paz

Gobierno de Bolivia. 1997. Plan Operativo de Acción 1997 - 2002 "Para vivir mejor". La Paz

\_\_\_\_\_, 1998b. Plan General de Desarrollo Económico y Social "BOLIVIA XXI. país socialmente solidario". La Paz

\_\_\_\_\_, 1994. Plan General de Desarrollo Económico y Social "El cambio para todos". La Paz

Gobierno de Bolivia y Cooperación Internacional, 1998, Bolivia towards the 21<sup>st</sup> Century, 11<sup>th</sup> Consultive Group, Paris

GARCÍA, C.M. 1996. Evaluación de la vulnerabilidad de los cultivos al cambio climático en Bolivia: Serie documentos sobre Gases de efecto invernadero, cambio climático y vulnerabilidad de ecosistemas. PNCC, MDSMA. La Paz (Bolivia). pp. 1-8.

GOITIA, A.L.; GÓMEZ, G.J.; TAKASHI, S. 1996. El sector forestal en Bolivia. In. Actas del Seminario sobre manejo forestal de bosques nativos y plantaciones forestales, Santiago (Chile), marzo, 1996. Ed. INFOR-AGCI-JICA. Santiago (Chile).

HOLDRIDGE, L. 1970. Forest environment in tropical life zones a pilot study. Oxford: Pergamon Press Inc. 736 pp.

Instituto Nacional de Estadística. 1994. Boletín de Estadísticas Agrícolas 1992-1993. INE. La Paz (Bolivia). 53 pp.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 1995. IPCC Guidelines for Greenhouse Gas Inventory: Reference Manual. Ed. IPCC. Washington (USA). 3(5)1-57.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 1990. Climate Change, The IPCC Scientific Assessment. Ed. J.T Houghton, G.J. Jenkins and J.J. Ephraums, Cambridge University Press. Cambridge, U.K.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 1992. Cambio climático, Evaluación Científica del IPCC. Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático. Madrid (España).

International Energy Initiative, 1995. Estudio Sobre los Usos Finales de la Energía Eléctrica en el Sector Residencial del Departamento de La Paz - Bolivia. Sao Paulo, Brasil - La Paz, Bolivia: International Energy Initiative. 19 p.

INE. 1995. Anuario Estadístico. La Paz

INE. 1996. Cuentas Nacionales. La Paz

INEb. 1996. Encuesta Nacional de Consumos de Energía en el Área Rural de Bolivia. La Paz

International Bahá'í Community . 1998. Valuing Spirituality in Development; Initial Consideration Regarding the Creation of Spiritually Based Indicators for Development.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1997. IPCC Special Report. The regional impacts of climate change: An assessment of vulnerability

\_\_\_\_\_. 1995. Climate Change 1995. Impacts. Adaptation. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press

IUCN (International Union for the Conservation of Nature). 1997. Participatory and Reflective Analytical Mapping (PRAM)

\_\_\_\_\_. 1997. Performance Assessment for Human and Ecosystem Wellbeing and Sustainable Development: A System Assessment Method

Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996. Methods for Assessment of Mitigation Options. Technical Appendix to Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York, USA: Cambridge University Press.

Instituto Nacional de Estadística - Cuentas Nacionales, 1996. Bolivia: Estimación del PIB, Niveles y Proyecciones de Crecimiento. Bolivia: Estimaciones y Proyecciones de la Población 1950 - 2050. La Paz, Bolivia: Instituto Nacional de Estadística.

JARVIS, P.G. 1989. Atmospheric carbon dioxide and forest. Phil. Trans. R. Soc. London. B324:369-392.

KRANKINA, O.N.; DIXON, R.K. 1994. Forest management options to conserve and sequester terrestrial carbon un the Russian Federation. World Resources Review. 6:88-101.

LIGA DE DEFENSA DEL MEDIO AMBIENTE. 1992. De la conciencia a la acción, El estado del medio ambiente en Bolivia. Ed. LIDEMA. La Paz (Bolivia).

LITSINGER, J.A. 1993. Evaluación del potencial de incremento de la producción de arroz en la región del Chaparé en el trópico boliviano. Development Alternatives Inc, USAID. Cochabamba (Bolivia). 54 pp.

MAKUNDI, W.; SATHAYE, J.; KETOFF, A. 1991. A Spreadsheet Model for Estimating Carbon Flows Associated with the Use of Forest Resources (COPATH3). Lawrence Berkeley Laboratory, University of California & U.S. Environmental Protection Agency. Berkeley CA. (U.S.A.). 19 PP.

MASERA, C.O.; ORDOÑES, J.M.; DIRZO, M.R. 1992. Carbon emissions from deforestation in Mexico: Current situation and long-term scenarios. Ed. Willy Makundi & Jayant Sathaye, EPA and Lawrence Berkeley Laboratory. Berkeley (USA). 49 pp.

MANCILLA, T.R.; ANDALUZ, A. 1996. Cambios sustanciales en la Legislación Forestal Nacional. Boletín BOLFOR, ED. No. 7. Santa Cruz (Bolivia). 7:6-7

MANCILLA, T.R. 1996. Estados de Conservación de los bosques en Bolivia: Hacia el Manejo Forestal Sostenible. Ed. BOLFOR, MDSMA. Santa Cruz (Bolivia). pp. 111-125.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE, SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, SUBSECRETARIA DE RECURSOS NATURALES. 1995a. Mapa forestal de Bolivia. La Paz (Bolivia). 43 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE, SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, SUBSECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE. 1995b. Marco referencial para la acción ambiental en Bolivia. La Paz (Bolivia). 217 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION, VICEMINISTRO DE PLANIFICACION Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 1998. Plan General de Desarrollo Económico y Social 1997 - 2002. La Paz (Bolivia). 112 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y PLANIFICACION, VICEMINISTRO DE PLANIFICACION Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL. 1997. Marco Conceptual Estratégico del Nuevo Plan General de Desarrollo Económico y Social. La Paz (Bolivia). 46 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO - Viceministerio de Energía e Hidrocarburos, 1998. Estrategia de Energía Rural. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico - Viceministerio de Energía e Hidrocarburos. 39 p.

MARCONI, M. 1991. Conservación de la Biodiversidad en Bolivia. Ed. Centro de Documentación de la Conservación, CDC/USAID. La Paz (Bolivia).

MELILLO, J.; CALLAGHAN, T.V.; WOODWARD, F.I.; SALATI, E.; SINHA, S.K. 1992. Cambio Climático: Efectos sobre los ecosistemas. IPCC. Trad. Instituto Nacional de Meteorología. Madrid (España). pp. 313-340

MINISTERIO DE ASUNTOS CAMPESINOS Y AGROPECUARIOS. 1993. Plan de acción forestal nacional. Ed. MACA-CDF-SENMA. La Paz (Bolivia). 76 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE, SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, SUBSECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMATICOS. 1997a. Bolivia: Plan Nacional de Acción para el Cambio Climático. La Paz (Bolivia). 14 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE, SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, SUBSECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMATICOS. 1997b. Inventariación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Bolivia, 1990. La Paz (Bolivia). 43 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE, SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, SUBSECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMATICOS. 1997c. Vulnerabilidad de los Ecosistemas al posible Cambio Climático y Análisis de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero. La Paz (Bolivia). 257 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE, SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, SUBSECRETARIA DE MEDIO DE RECURSOS NATURALES, DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN DE TIERRAS. 1996. Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía. Ed. Centro de Información para el Desarrollo. La Paz (Bolivia). 164 pp.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE, SECRETARIA NACIONAL DE RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE, SUBSECRETARIA DE MEDIO DE RECURSOS NATURALES, DIRECCIÓN DE CONSERVACIÓN DE TIERRAS. 1996. Mapa preliminar de erosión de suelos : Región árida, semiárida y subhúmeda seca de Bolivia. La Paz (Bolivia). 56 pp.

MINISTERIOS DE ENERGIA E HIDROCARBUROS - Plan Nacional de Energía, 1993. Balance Energético 1992. Boletín 2/93. La Paz, Bolivia: Ministerio de Energía e Hidrocarburos. 50 p.

MINISTERIO DE HACIENDA - INE / DEE / DI - ESMAP - Banco Mundial, 1996. Encuesta Nacional de Consumos de Energía en el Area Rural de Bolivia - Sector Doméstico Rural. La Paz, Bolivia: Instituto Nacional de Estadística. 250 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO - Secretaria Nacional de Energía, 1996. Plan Indicativo de Electrificación Rural de Bolivia. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaria Nacional de Energía. 37 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO - Secretaria Nacional de Energía, 1996. Programa de Inversiones en Electrificación Rural - Bolivia - (1996 -2001). La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Económico - Secretaria Nacional de Energía. 19 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y MEDIO AMBIENTE - Secretaría Nacional de Recursos Naturales y Medio Ambiente - Subsecretaría de Medio Ambiente - Programa Nacional de Cambios Climáticos, 1996. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Origen Antropogénico de Bolivia para el año 1990. La Paz, Bolivia: Programa Nacional de Cambios Climáticos. 32 p.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. 1998. Estrategia de Electrificación Rural. La Paz

\_\_\_\_\_. 1998. Tabla no publicada

MINISTERIO DE DESARROLLO HUMANO. 1996. Distritación Municipal. La Paz

\_\_\_\_\_. 1997. Mujer Territorio y Participación Popular. La Paz

\_\_\_\_\_.1995. Mapa de la Pobreza; una guía para la acción social. La Paz. UDAPSO-INE-UPP-UDAPE

- MINISTERIO DE HACIENDA. 1996. Estrategia de transformación productiva del agro. La Paz
- MDSMA. 1997b. Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. Bolivia - 1990. La Paz
- \_\_\_\_\_. 1996. Agenda Bolivia 21. La Paz
- \_\_\_\_\_. 1995. Estrategia Nacional de Desarrollo Sostenible. (esquemas no publicados). La Paz
- MDSP .1999. Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático - Sector No Energético. La Paz
- \_\_\_\_\_. 1998. Plan Nacional de Acción sobre el Cambio Climático - Sector Energético. La Paz
- ONU (Organización de las Naciones Unidas). CMNUCC Convención sobre el cambio climático
- \_\_\_\_\_. Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
- \_\_\_\_\_. 1974. Conferencia Mundial de Población. Bucarest
- \_\_\_\_\_. 1989. Foro Internacional sobre la Población en el siglo XXI. Amsterdam
- \_\_\_\_\_. 1992. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. "Adopción de acuerdos sobre el medio ambiente y el desarrollo. Programa 21". A/CONF.151/4
- PAZ, O., ROMERO, S., TEJADA, F., GARCIA, M., HANNA, J. y otros, 1997. Vulnerabilidad y Adaptación de los Ecosistemas al Posible Cambio Climático y Análisis de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente - Programa Nacional de Cambios Climáticos.
- PAZ, O., ROMERO, S., TEJADA, F., GARCIA, M., HANNA, J. y otros, 1997. Inventariación de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Bolivia - 1990. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente - Programa Nacional de Cambios Climáticos.
- Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - Gerencia de Planificación, División de Estadística, 1996. Informe Estadístico 1996. La Paz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. 17 p.
- REYES, G.; BROWN, S.; CHAPMAN, J.; LUGO, A.E. 1992. Wood densities of tropical tree species. USDA Forest Service, General Technical Report S0-88, Souther Forest Experiment Station. New Orleans, Louisiana (USA).
- ROMERO, C.S. 1996. Emisiones de gases de efecto invernadero del sector cambio en el usos de la tierra y silvicultura de Bolivia: Serie documentos sobre Gases de efecto invernadero, cambio climático y vulnerabilidad de ecosistemas. PNCC, MDSMA. La Paz (Bolivia). pp. 1-9.
- RUSSELL, E.C. 1994. An environmental assessment of the National Programme for the Sustainable Use of Bolivian Forest Resources and Increase in Exports. ONU, ONUDI. La Paz (Bolivia).
- ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS. 1986. Programa Regional Energético Boliviano. OEA. La Paz (Bolivia).
- Perspective: Creating sustainable communities. One country. Volume 7. 1998
- Prefectura de La Paz - Secretaría Departamental de Participación Popular. 1997. Administración Departamental y Legislación. La Paz
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 1998. DESARROLLO HUMANO EN BOLIVIA 1998
- \_\_\_\_\_(a). 1998. INFORME SOBRE DESARROLLO HUMANO 1998.
- \_\_\_\_\_(b). 1998. Issues & Options. The Clean Development Mechanism.
- \_\_\_\_\_. 1997. Energy after Rio - Prospects and Challenges. Executive Summary.
- \_\_\_\_\_(a). 1996. Poverty Eradication. A Policy Paper for Country Strategies.
- \_\_\_\_\_(b). 1996. Progress Against poverty. A Report on Activities Since Copenhagen.
- \_\_\_\_\_(c). 1996. World Resources. WRI-UNEP-UNDP-WB
- \_\_\_\_\_. 1994. INFORME SOBRE DESARROLLO HUMANO 1994

Presidencia de la República de Bolivia, 1998. Plan General de Desarrollo Económico y Social 1997 – 2002. La Paz, Bolivia: Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. 136 p.

PLAN DE ACCIÓN FORESTAL. 1997. Guía para inversión forestal en Bolivia: Versión preliminar. FAO, CGP. Santa Cruz (Bolivia). 67 pp.

RIOS, C., FERNANDEZ, M., 1997. Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe – Estudio de Caso de Bolivia (primera versión sujeta a revisión). La Paz, Bolivia: Proyecto OLADE/CEPAL/GTZ "Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y El Caribe".

REYNER. S.. MOLONE. E.. 1998. Human Choice & Climate Change. Ten Suggestions for Policymakers. Battelle Memorial Institute. Ohio

RIVERA. M.O.. 1992. Regiones Ecológicas. en Marconi. M. Editora. Conservación de la Diversidad Biológica en Bolivia. CDC-USAID

SENAHMI. 1998. Estudio de escenarios climáticos. La Paz

SNPP (Secretaría Nacional de Participación Popular). 1996. informe de actividades. La Paz

Sustainable communities in an integrating world. One country. Volume 8. 1998

SÁNCHEZ, A.P.; SALINAS, G.J. 1990. Suelos ácidos: Estrategias para su manejo con bajos insumos en América tropical. 85 pp.

SÁNCHEZ, A.P.; PALM, C.A.; SMYTH, T.J. 1990. Approaches to mitigate tropical deforestation by sustainable soils management practices. In Soils on a warmer earth, developments in soils science. Ed. H.W. Scharpenseel, M. Schomaker and A. Ayoub. Amsterdam (Holanda). 20:211-220.

SECRETARIA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. 1993. Estrategia de Desarrollo Agropecuario 1994-2003. Ed. SNAG. La Paz (Bolivia). 160 pp.

SECRETARIA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERÍA: SUBSECRETARIA, PRODUCCIÓN VEGETAL. 1997. Situación del sector agropecuario en Bolivia. Seminario Taller: Vulnerabilidad de los ecosistemas agrícolas al cambio climático, La Paz, 30 julio - 1 agosto 1997. La Paz (Bolivia).

SHORT, W., PACEY, D.J., y HOLT, T., 1995. A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies. Golden, Colorado, Estados Unidos: National Renewable Energy Laboratory. 96 p.

Stockholm Environment Institute - Boston, 1995. Long-range Energy Alternatives Planning System - User Guide for Version 95.0 - Training Exercises for Greenhouse Gas Mitigation

SERVICIO GEOLÓGICO DE BOLIVIA. 1978. Mapa de cobertura y Uso Actual de la Tierra: Programa del Satélite Tecnológico de Recursos Naturales (ERTS). [Memoria Explicativa serie Sensores Remotos 2]. Ed. GEBOL-YPF. La Paz (Bolivia). 116 pp.

TEJADA, M.F. 1997. Complementación a la Evaluación de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático - Sector Forestal. PNCC. La Paz (Bolivia). 9 pp.

TORRICO. A.; CHIPANA. R.. 1999. Vulnerabilidad y opciones de adaptación del cultivo de papa (*Solanum Tuberosum*) al cambio climático para condiciones de altiplano y valles. documento no publicado.

UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment - Risø National Laboratory, 1994.

UNEP Greenhouse Gas Abatement Costing Studies. Analysis of Abatement Costing Issues and Preparation of a Methodology to Undertake national Greenhouse Gas Abatement Costing Studies. Phase Two – Part One: Main Report, Part Two: Country Summaries. Roskilde, Denmark: UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment - Risø National Laboratory. 128 p., 170 p.

UDAPE. 1997. Dossier de información de estadísticas económicas de Bolivia. La Paz  
Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas, 1998. Dossier de Estadísticas Sociales y Económicas de Bolivia – Volumen No. 8. La Paz, Bolivia: Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas. 421 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1994. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-1993. U.S. EPA. Washington, D.C., U.S.A. 58 pp.

Universidad Mayor de San Simón - GTZ - Universidad Mayor de San Andrés, 1992. II Seminario Nacional de Energía Solar. La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón. 396 p.

WENNERGREN, E.B.; WHITAKER, M.D. 1975. The Status of Bolivian Agriculture. Praeger Special Studies in International Economics and Development. New York (USA). 308 pp.

WORLD RESOURCES INSTITUTE. 1990. World Resources Report 1990-91. World Resources Institute. Washington, DC (U.S.A.).

WORLD RESOURCES INSTITUTE. 1997. Linking Biodiversity and Agriculture: Challenges and Opportunities for Sustainable Food Security. Washington

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos – Unidad de Negociaciones y Contratos, Control Area de Producción, 1998. Resumen Mensual Nacional de Producción de Hidrocarburos. Santa Cruz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. 26 p.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - GID Oriente, 1995. Ahorro de Energía y Control de CO<sub>2</sub> a la Atmósfera - Refinería "Guillermo Elder". Santa Cruz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - Gerencia Comercial, 1993 - 1997. Gerencia Comercial - Informe Anual Gestiones 1992, 1993, 1994, 1995, 1996. La Paz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.

Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - Gerencia de Planificación – División de Estadística, 1996. Actividad Petrolera en Cifras 1986 - 1995. La Paz, Bolivia: Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos. 60 p.

ZAMBRANA. F.. 1998. Tecnología y Comunicación Agropecuaria. en Paz. D. (Editor) Cuestión Agraria Boliviana. Presente y Futuro. La Paz

ZEBALLOS. H.. 1998. Producción Agropecuaria Nacional. en Paz. D. (Editor) Cuestión Agraria Boliviana. Presente y Futuro. La Paz

ZONISIG (Zonificación y SIG). 1997. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica y Perfil Ambiental del Departamento de Pando. La Paz