

University of New Mexico UNM Digital Repository

Educational Materials on Latin American Energy

Latin American Energy Policy, Regulation and
Dialogue

11-1-2006

Module 3: Causes of Climate Change - Project: Training educators for the development of educational activities on climate change

Miguel Fernández F.

Iris Guzmán O.

Tania Vázquez V.

Ana María Michel V.

Gladys Rojas P.

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: https://digitalrepository.unm.edu/la_energy_education

Recommended Citation

Fernández F, Miguel; Iris Guzmán O.; Tania Vázquez V.; Ana María Michel V.; Gladys Rojas P.; Noelia Cerruto T.; Juan Carlos Parra B.; and Marcelo Torrez S.. "Module 3: Causes of Climate Change - Project: Training educators for the development of educational activities on climate change." (2006). https://digitalrepository.unm.edu/la_energy_education/3

This Learning Object is brought to you for free and open access by the Latin American Energy Policy, Regulation and Dialogue at UNM Digital Repository. It has been accepted for inclusion in Educational Materials on Latin American Energy by an authorized administrator of UNM Digital Repository. For more information, please contact disc@unm.edu.

Authors

Miguel Fernández F, Iris Guzmán O, Tania Vázquez V, Ana María Michel V, Gladys Rojas P, Noelia Cerruto T, Juan Carlos Parra B, and Marcelo Torrez S.



REPÚBLICA DE BOLIVIA

MINISTERIO DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL Y MEDIO AMBIENTE

Viceministerio de Planificación Territorial y Medio Ambiente

PROGRAMA NACIONAL DE CAMBIOS CLIMÁTICOS

MODULO 3

Causas del Cambio Climático

**PROYECTO:
FORMACIÓN A FORMADORES
PARA EL DESARROLLO DE ACCIONES EDUCATIVAS
EN CAMBIO CLIMÁTICO**



Programa Nacional
de Cambios Climáticos



Embajada del
Reino de los Países Bajos



ENERGÉTICA
ENERGÍA PARA EL DESARROLLO

GESTIÓN 2006

Reconocimientos:

El proyecto “Formación a formadores para el desarrollo de acciones educativa en Cambio Climático”, ha sido realizado gracias al apoyo de la Embajada del Reino de los Países Bajos.

En el diseño, elaboración y complementación de éstos módulos han participado el siguiente equipo de profesionales de ENERGETICA:

- *Ing. MSc. Miguel Fernández F. Coordinador General*
- *Ing. Iris Guzmán O. Especialista en Medio Ambiente*
- *Lic. Tania Vázquez V. Especialista en Capacitación y Diseño de Talleres*
- *Lic. Ana María Michel V. Facilitadora de Talleres y Desarrollo de Material Didáctico para Guías*
- *Lic. Gladys Rojas P. Facilitadora de Talleres y Relacionamento Institucional con Unidades Educativas*
- *Ing. Noelia Cerruto T. Apoyo en temas de Medio Ambiente*
- *Arq. Juan Carlos Parra B. Diagramación y Diseño Gráfico*
- *Ing. Marcelo Torrez S. Soporte Informático – Diseño Multimedia*

Adicionalmente se ha contado con la revisión, sugerencias y comentarios del equipo de profesionales del Programa Nacional de Cambios Climáticos:

- *Ing. MSc. Oscar Paz Rada Coordinador General*
- *Ing. Ivy Beltrán Area de Proyectos*
- *Ing. MSc. Freddy Tejada Area de Proyectos*
- *Dra. Marilyn Aparicio Consultora en Salud*

Cochabamba, Noviembre de 2006

Causas del Cambio Climático

Índice

1. Introducción	1
2. Emisiones de GEI del sector energía	3
2.1. Quema de combustibles fósiles y biomasa	4
2.2. Generación de energía eléctrica	6
2.3. Transporte	6
2.4. Consumo energético en industrias	7
2.5. Consumo energético residencial, comercial e institucional	7
2.6. Consumo energético en la agricultura, silvicultura y pesca, y otros sectores	8
3. Emisiones GEI del sector cambio de uso de tierra y silvicultura	8
3.1. Crecimiento demográfico	8
3.2. Alteración antropológica del ciclo hidrológico	8
3.3. Silvicultura	9
3.4. Cambio de uso de suelos	10
3.5. Agricultura	11
3.6. Desertificación	11
3.7. Deforestación	11
4. Emisiones de GEI del sector agrícola	13
5. Emisiones de GEI del sector de procesos industriales y uso de solventes	14
5.1. Extracción minera	14
5.2. Industria de cemento	15
5.3. Otras industrias	15
5.4. Uso de refrigerantes y extintores	15
5.5. Uso de solventes	16
5.6. Disminución de la capa de ozono y sus efectos en el cambio climático	16

6. Emisiones de GEI del sector residuos	17
7. Efecto invernadero acentuado	18
8. Calentamiento global	19
8.1. Calentamiento diferencial de tierras y aguas	20
8.2. Corrientes oceánicas	21
8.3. Cubierta de nubes y albedo	21
Bibliografía	23
Glosario	25

Módulo III

Causas del Cambio Climático

1. Introducción

La Tierra a lo largo de su existencia ha sufrido diversos cambios en su clima.

Nuestro planeta Tierra ha sufrido, a lo largo de varios miles de años, diversos cambios en su clima, como los ciclos glaciares e interglaciares. La glaciación es un enfriamiento producido en la Tierra, originado por veranos frescos e inviernos rigurosos; las glaciaciones están producidas por la unión de varios factores: Las variaciones orbitales de la Tierra también conocidos por ciclos de Milankovich, la atmósfera y la deriva continental.

Un cambio en el clima es natural en varios miles de años.

Actualmente nos encontramos en el periodo entre glaciaciones o interglaciar llamado holoceno (o flandrián), por lo que un cambio en el clima podría ser natural en un lapso de tiempo de varios miles de años. Sin embargo, en los tiempos actuales, el cambio climático de la Tierra se ha acelerado debido principalmente al incremento de la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera, que potencia el efecto invernadero natural y el aumento de la temperatura global del planeta.

La emisión de GEI se ha acelerado desde los inicios de la revolución industrial.

El incremento de la emisión de GEI se ha acelerado desde los inicios de la revolución industrial (fines del siglo XVIII), en gran parte provocado por el desarrollo socioeconómico, el cambio tecnológico, la actividad industrial, el crecimiento demográfico y la deforestación. A partir de 1950, estos factores han catalizado la sobreproducción y concentración de emisiones de gases como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O) y vapor de agua (H₂O); principalmente conocidos como Gases de Efecto Invernadero (GEI).

El CO₂, principal GEI, contribuye en un 54% al calentamiento global.

A nivel nacional y mundial la principal fuente de emisión de GEI está relacionada con la quema de combustibles fósiles y biomasa. El CO₂ es el principal GEI emitido a la atmósfera y contribuye en un 54 % al calentamiento global. Según el IPCC (2001), las emisiones globales de CO₂ para el año 1990 alcanzaban 7,1 GtC, de los cuales Bolivia aportaba 0,0275 GtC (0,0039 %) (PNCC, 2001).

Durante la década del noventa, la concentración de CO₂ aumentó a un ritmo de entre 0,9 a 2,8 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{a}^{-1}$ (IPCC, 2001). Para el año 2000, las emisiones de CO₂ y su presencia en la atmósfera alcanzaban los 7,97 GtC (IPCC, 2004). Ese mismo año, Bolivia emitía 0,0340 GtC (0,0043 %) de las emisiones mundiales (PNCC, 2001).

Los principales GEI fueron regulados por el Protocolo de Kyoto y los CFCs en el de Montreal.

En el cuadro 3.1 se identifican los principales GEI regulados por el Protocolo de Kyoto (PK), a excepción de los CFCs que se encuentran regulados por el Protocolo de Montreal en Sustancias Agotadoras del Ozono, promulgada en septiembre de 1987. En el mismo cuadro se identifican las principales fuentes antropogénicas de estos GEI, con sus respectivos tiempos de vida, Potenciales de Calentamiento Global (PCG o GWP) y el porcentaje de contribución a la composición de GEI en Bolivia para el año 2000.

Cuadro 3.1. Características de los GEI (adaptado de Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación, s.a.; IPCC, 2001; Uherek, et al., 2004)

Gas	Fuente emisora	Tiempo de vida	Potencial de Calentamiento Global ¹	Composición de los GEI en Bolivia para el año 2000
		año		---%--
Dióxido de carbono (CO ₂)	Uso de combustibles fósiles, deforestación, quema de suelos y biomasa, emisiones industriales	500	1	46.68
Metano (CH ₄)	Cría de ganado, descomposición de biomasa, cultivo de arrozales, escapes de gasolina, emisiones de minería, emisiones de rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	7 a 12	23	22.30
Oxido Nitroso (N ₂ O)	Uso de combustibles fósiles, actividad agrícola, deforestación y tratamiento de aguas residuales	114 a 190	296	1.47
Clorofluoro-carbonos (CFCs)	Refrigeración, uso de aire acondicionado, aerosoles, espumas plásticas	45 a 1700	4 600 a 14 000	NA
Hidrofluoro-carbonos (HFCs)	Refrigeración y usos de espumas refrigerantes	1 a 260	1 300	29.53
Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	Aislamiento y refrigeración de líneas de mediana y alta tensión, y en sistemas eléctricos cerrados y sellados	3 200	22 200	0.03
Perfluoro-carbono (CF ₄)	Refrigeración, aerosoles y extintores	50 000	5 700	NR

NA: No Aplica como gas regulado por el Protocolo de Kyoto (1997)
NR: No se tienen registros en Bolivia

Las actividades humanas que generan GEI son:

- producción de energía
- cambio de uso de suelo
- actividades agropecuarias
- actividades de manufactura
- procesamientos de desechos

De acuerdo al PNCC (s.a.), las actividades humanas que generan emisiones de GEI son muy variadas, pero se las puede agrupar en diferentes actividades que se detallan a continuación:

- ♦ Actividades de producción de energía con combustibles fósiles.
- ♦ Actividades relacionadas con el cambio de uso de suelo, como el crecimiento demográfico, agricultura, deforestación y la silvicultura.
- ♦ Actividades del sector agropecuario propiamente dicho, con la emisión de gases a través de los procesos agrícolas (emisión de gases directa de los cultivos) y pecuarios (emisión directa por los procesos digestivos de ganado).
- ♦ Actividades de manufactura, como la industria del cemento, recuperación de algunos metales (hierro, acero y aluminio), refinерías, industria del papel y de algunos productos químicos (fuertemente consumidores de energía) y otras industrias como las de alimentos y bebidas, la textil, la automotriz, la de madera y sus productos, etc. (menos ávidas de energía).
- ♦ Procesamiento de desechos sólidos o líquidos.

¹ El Potencial de Calentamiento Global (PCG o GWP) es una medida que sirve para conocer el efecto radiante relativo de una sustancia dada comparada con el CO₂.

Se usa esta medida para conocer en qué medida el efecto invernadero causado por este gas supera el efecto del CO₂ durante determinado horizonte de tiempo: 20, 100 y 500 años.

En este cuadro se utiliza el horizonte de tiempo de 100 años.

2. Emisiones de GEI del sector energía

Los combustibles biomásicos como la leña, bagazo, estiércol y etanol, no son tomados en cuenta en la contabilización de las emisiones del sector energético, debido a que existe la hipótesis de que todo consumo de biomasa es igual al volumen que se regenera de éste. Es decir, que todo el CO₂ emitido en la combustión de biomasa es capturado en el proceso de crecimiento de ésta.

El 47,75% de las exportaciones de Bolivia son hidrocarburos.

En Bolivia la energía ha sido un importante elemento de desarrollo. La exportación energética, principalmente de hidrocarburos, ha significado el 47,75 % de las exportaciones nacionales, para el año 2005 (INE, 2005).

Bolivia tiene el menor consumo de energía per capita del continente.

No obstante, Bolivia se encuentra entre los países de menor consumo de energía per capita, en el continente: 2,69 BEP hab⁻¹ (SNE, 2000). De este modo, la mayoría de las emisiones de GEI generadas en el sector energético provienen de la quema de combustibles fósiles y biomasa; y de las emisiones fugitivas de las actividades relacionadas con los hidrocarburos.

El sector energético nacional se compone de la generación, transmisión y distribución de electricidad, y de la exploración, producción y transporte de hidrocarburos. Las principales actividades del sector son:

1. Producción de hidrocarburos, compuesta por petróleo condensado, 15 416,919 barriles para el año 2005, y gas natural, 442 694,393 millones de pies cúbicos para el año 2005 (INE, 2005).
2. Transformación de energía en refinерías de productos de petróleo y plantas de gas
3. Transporte de hidrocarburos y derivados
4. Generación de energía eléctrica en centrales hidroeléctricas (41,1 % el año 2005)
5. Generación de energía eléctrica en plantas termoeléctricas (58,9 % en el año 2005), que utilizan principalmente gas natural. Las plantas de menor capacidad o sistemas aislados utilizan diesel. Las plantas de autoconsumo como los ingenios azucareros utilizan el bagazo (INE, 2005).
6. Transporte en general (aéreo y terrestre)
7. Consumo de combustibles fósiles y biomasa en industrias, comercios, instituciones y residencias, y otras actividades

El diesel, leña, gasolina, gas natural, GLP, bagazo, y la electricidad son la principales fuentes de energía.

La principal fuente de energía en Bolivia es el diesel oil, seguido por la leña, gasolina, gas natural, GLP, bagazo, y por último, la electricidad. La demanda de energía se concentra principalmente en los sectores industrial, transporte y residencial; el restante porcentaje, en las actividades comerciales y el sector agropecuario (PNCC, et. al, 2003).

Por otro lado, fuentes de energía primaria como la biomasa (leña, estiércol animal y bagazo) son importantes en la satisfacción energética en las zonas rurales del país; es decir, el 37,6 % de la población de Bolivia (INE, 2002).

El consumo de este tipo de combustibles es importante, generando 3 393,44 Gg de CO₂ emitidos a la atmósfera (PNCC, 2001), más del doble de las emisiones originadas por la generación de energía eléctrica. Cabe recalcar que las emisiones generadas por la quema de biomasa no se contabilizan dentro de las emisiones del sector energía.

El total de CO₂ emitido a la atmósfera por el sector de energía sigue la tendencia que se muestra en la figura 3.1, con una generación de 5072,22 Gg, 7682,76 Gg, 8276,87 Gg y 7056,38 Gg, en los años 1990, 1994, 1998 y 2000 respectivamente. El resumen de la generación de gases diferentes del CO₂ en el sector energético en nuestro país se muestra en el cuadro 3.2.

Figura 3.1. Tendencia de emisiones de CO₂ del Sector Energía (en base a PNCC, 2001)

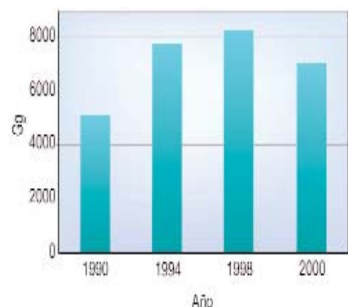
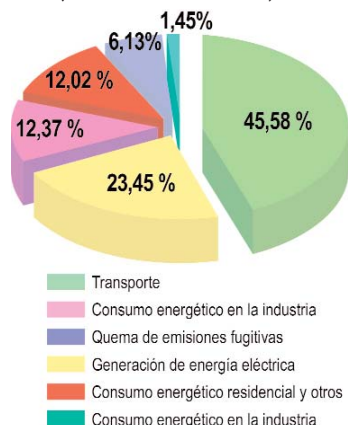


Figura 3.2. Emisión de CO₂ de cada sub-sector dentro del sector energía, para el año 2000 (en base a PNCC, 2001)



² Se indican las actividades en orden de importancia según el GEI.

Cuadro 3.2. Resumen de las emisiones de gases distintos del CO₂ del sector de energía

Gas de efecto invernadero	Fuentes principales de emisión en el sector energético ²	Emisión 1990	Emisión 2000
		--- Gg ---	
Metano (CH ₄)	Emisiones fugitivas, consumo energético residencial, generación de energía eléctrica, consumo energético en industrias	8,43	6,58
Oxido nitroso (N ₂ O)	Transporte, consumo energético residencial, consumo energético en industrias, generación de energía eléctrica, emisiones fugitivas	0,21	0,26
Monóxido de carbono (CO)	Transporte, consumo energético residencial, consumo energético en industrias, generación de energía eléctrica, consumo energético en la agricultura, silvicultura y pesca	294,73	304,63
Oxidos de nitrógeno (NOx)	Transporte, generación de energía eléctrica, consumo energético en industrias, consumo energético residencial, quema controlada	31,54	46,24
Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM)	Transporte, consumo energético residencial, emisiones fugitivas, generación de energía eléctrica, consumo energético en industrias	43,31	44,27
Oxido de azufre (SO ₂)	Transporte, consumo energético residencial, emisiones fugitivas, consumo energético en industrias, generación de energía eléctrica	9,83	10,32

(adaptado de PNCC, 2001)

El sector energía se disgrega en sub-sectores para facilitar la contabilización de las emisiones como se muestra en la figura 3.1; estos sub-sectores son:

- ◆ Quema de combustibles y biomasa
- ◆ Generación de energía eléctrica
- ◆ Transporte
- ◆ Consumo energético en industrias
- ◆ Consumo energético residencial, comercial e institucional
- ◆ Consumo energético en la agricultura, silvicultura y pesca, y otros sectores

2.1. Quema de combustibles fósiles y biomasa

Los combustibles fósiles y la biomasa son la fuente principal de energía para uso doméstico, industrial y de transporte; repartiéndose el consumo más o menos en

Figura 3.3.
Círculo de efectos del uso de combustibles fósiles (www.sdnnic.org.ni)



partes iguales. Para el año 2000, a nivel mundial, el 95 % de la energía provenía de la utilización de combustibles fósiles: petróleo (44 %), carbón (25 %) y gas natural (26 %). Sólo un 2,5 % se obtenía de la energía hidroeléctrica y un 2,4 % de la energía nuclear.

La producción de energía solar y eólica era, a nivel global, casi insignificante, quedando por debajo del 0,2 % (Universidad Politécnica de Cataluña, 2000).

Desde el comienzo de la era industrial, la quema de combustibles fósiles entre los que están el petróleo, carbón y gas, en su consumo como fuentes de energía, han agregado grandes cantidades de CO₂ a la atmósfera, 67 % del total mundial (Universidad Politécnica de Cataluña, 2000). Todo este consumo causó y está causando el calentamiento global y consecuente cambio climático. Se puede observar en la figura 3.3 el círculo de efectos del uso de combustibles fósiles.

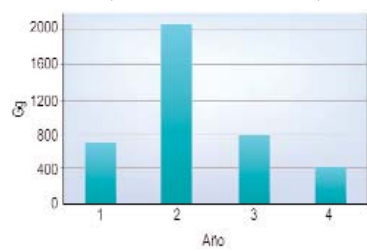
Figura 3.4.
Estados de mezcla de aerosoles y hollín (Cannell, et. al., 2002)



De la combustión completa de carbono (quema de combustible en presencia de oxígeno en exceso) se emite a la atmósfera el dióxido de carbono (CO₂). Cuando la combustión es incompleta se generan emisiones de monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) y diferentes compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM). Estas emisiones de carbono son expuestas a la atmósfera como material particulado (cenizas, hollín), que al cabo de unos días (y hasta años) son oxidados a CO₂.

Dependiendo de la pureza del combustible, condiciones de combustión y tecnología, el sector energía es también responsable, en parte, de la emisión de SO₂ y NO_x. Por otro lado, la quema de biomasa y combustibles fósiles está interfiriendo con la reflectividad de los aerosoles. Los aerosoles son pequeñas partículas formadas a partir del dióxido de sulfuro, que enfrían la superficie terrestre al hacer rebotar la luz solar hacia el espacio.

Figura 3.5.
Tendencia de emisiones por quema controlada (en base a PNCC, 2001)



Nuevos estudios plantean que las emisiones de humo u hollín, provenientes de la combustión de biomasa y combustibles fósiles, están oscureciendo el color de los aerosoles, de tal modo que absorben más radiación. Esto reduce el efecto de enfriamiento de los aerosoles y podría significar que el color del humo de la combustión es una causa también importante del calentamiento global.

Usualmente los aerosoles y las partículas de hollín están separados, o mezclados de manera externa. Sin embargo existe también un estado de mezcla interna en el cual los aerosoles y el hollín se combinan. De este modo se determinó que, en el estado de mezcla interna de estos compuestos, la radiación infrarroja es absorbida en mayor proporción que en el estado de mezcla externa, como se muestra en la figura 3.4 (Cfr: Cannell et al., 2002).

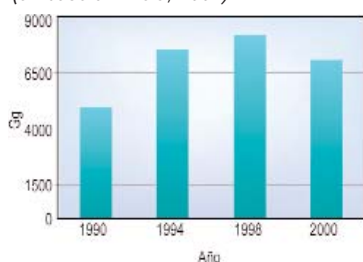
Cuadro 3.3.
Emisiones por quema controlada (en base a PNCC, 2001)

Año	Emisión de CO ₂	
	--- Gg ---	--- % ---
1990	700,66	14,07
1994	2 100,75	27,74
1998	798,32	9,81
2000	432,85	6,13

Existen también emisiones por actividades de exploración y producción, procesamiento, transmisión, almacenamiento y uso de combustibles. Durante algunas de estas actividades se generan emisiones (CO₂, N₂O, CO, COVDM, NO_x y SO₂) por la quema controlada de gas natural o petróleo.

Esta quema se realiza cuando existe exceso de presión, presencia de compuestos no aprovechables; esto, para liberar espacios no utilizados, y evitar de este modo fugas de CH₄ (con mayor PCG). La tendencia de estas actividades en su contribución a las emisiones de CO₂ se muestra en la figura 3.5 y el cuadro 3.3.

Figura 3.6.
Tendencias de emisiones de CO₂ del sub-sector Quema de combustibles (en base a PNCC, 2001)



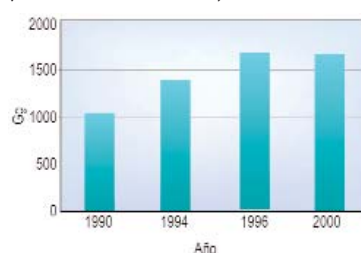
Cuadro 3.4.
Emisiones del sub-sector Generación de energía eléctrica (en base a PNCC, 2001)

Año	Emisión de CO ₂	
	--- Gg ---	--- % ---
1990	4 981,32	98,21
1994	7 572,40	98,53
1998	8 133,71	98,27
2000	7 056,38	98,34

Cuadro 3.5.
Incidencia de combustibles en la generación de emisiones de CO₂ del sector energía (adaptado de PNCC, 2001)

Combustible	Emisión	
	--- Gg ---	--- % ---
Líquido	5 046,48	64,8
Gaseoso	2 735,87	35,1
Sólido	6,34	0,1

Figura 3.7.
Tendencia de emisiones de CO₂ del sub-sector Generación de energía eléctrica (en base a PNCC, 2001)



Cuadro 3.6.
Emisiones del sub-sector Generación de energía eléctrica (en base a PNCC, 2001)

Año	Emisión de CO ₂	
	--- Gg ---	--- % ---
1990	1 055,41	21,19
1994	1 389,07	18,34
1998	1 674,26	20,58
2000	1 654,93	23,45

En Bolivia las actividades de combustión, incluida la quema en campos de explotación, generan alrededor del 98 % de las emisiones del sector energía. Durante la década del 90 las emisiones se redujeron, como se aprecia en la figura 3.6, debido a las actividades de quema controlada y a la reducción de las importaciones de diesel oil. La tendencia de estas emisiones y su contribución al sector energía se aprecian en el cuadro 3.4.

En el sector energía, las distintas actividades utilizan combustibles fósiles líquidos (gasolina, GLP, diesel oil, gasolina de aviación, fuel oil, kerosene, asfaltos, lubricantes y parafinas usadas como combustibles), gaseosos como el gas natural y combustibles sólidos (antracita, carbón de coque, carbones bituminosos y sub-bituminosos, lignitos y esquistos bituminosos, todos éstos importados). La incidencia de estos combustibles en la generación de emisiones de CO₂ para el año 2000 se muestra en el cuadro 3.5.

Actualmente, el gas natural (combustible fósil) está siendo promocionado como un combustible limpio y hasta "ecológico". Sin embargo, podría decirse que el gas natural es apenas "menos sucio", en algunos casos. Si bien tiene menores emisiones de CO₂ (28 % menos que el petróleo) y de SO₂ (muy bajas emisiones), mantiene altos niveles de emisiones de NO_x y O₃ ambos con fuertes impactos a nivel local.

Entretanto, el alto porcentaje de gas metano (CH₄) contenido en el gas natural (90 %) hace que las pérdidas en las cañerías de las redes de transporte y distribución de gas natural se transformen en fuentes muy importantes de emisión de CH₄, otro de los GEI.

Es así, que el CH₄ tiene 56 veces más "potencial de calentamiento atmosférico" que el CO₂; es decir, que cada molécula de CH₄ en la atmósfera es equivalente a 56 de CO₂ a los efectos del calentamiento global (Universidad Politécnica de Cataluña, 2000).

2.2. Generación de energía eléctrica

En el año 2005, al rededor del 59 % de la capacidad de generación eléctrica del país se concentró en las plantas termoeléctricas, siendo el gas natural el principal recurso energético (más o menos 93 % del total).

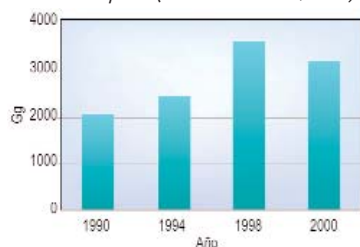
El gas natural, utilizado como recurso energético en la generación termoeléctrica, contribuye con el 91,0 % de las emisiones de la actividad, mientras que el diesel oil aporta el 4,6 % y el combustible líquido de refinería con el restante 4,4 %.

La tendencia de emisiones de este sub-sector se aprecia en la figura 3.7. La contribución del sub-sector a la contabilización total de emisiones del sector energía se aprecia en el cuadro 3.6.

2.3. Transporte

El sub-sector transporte incluye el transporte aéreo, ferroviario, terrestre. Sin embargo, el transporte terrestre es el más importante; tanto por el consumo de combustible como por la generación de emisiones, alcanzando alrededor del 90 % del total, en ambos casos.

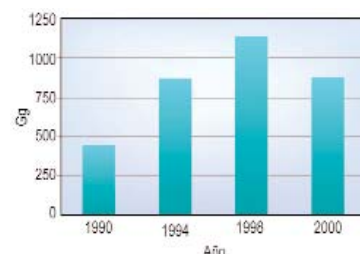
Figura 3.9. Tendencia de emisiones de CO₂ del sub-sector Transporte (en base a PNCC, 2001)



Cuadro 3.7. Emisiones del sub-sector Transporte (en base a PNCC, 2001)

Año	Emisión de CO ₂	
	--- Gg ---	--- % ---
1990	2 057,55	41,31
1994	2 465,80	32,56
1998	3 599,30	44,25
2000	3 145,60	44,58

Figura 3.10. Tendencia de emisiones de CO₂ del sub-sector Consumo energético en industrias (en base a PNCC, 2001)

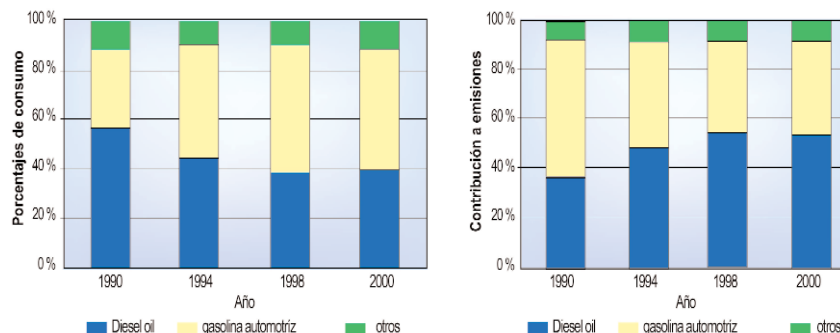


Cuadro 3.8. Emisiones del sub-sector Consumo energético en industrias (en base a PNCC, 2001)

Año	Emisión de CO ₂	
	--- Gg ---	--- % ---
1990	456,00	9,15
1994	870,54	11,50
1998	1 131,43	13,91
2000	872,60	12,37

Los principales combustibles usados en este sub-sector son el diesel oil, la gasolina automotriz y otros como el jet fuel, gas natural comprimido y GLP (utilizado de manera no formal y sin normas en el transporte terrestre). La tendencia de consumo de combustibles y su contribución a las emisiones se muestra en la figura 3.8.

Figura 3.8. Tendencia de consumo de combustibles y tendencia de contribución de emisiones por combustibles (en base a PNCC, 2001)



La tendencia de emisiones de este sub-sector se aprecia en la figura 3.9. La contribución del sub-sector a la contabilización total de emisiones del sector energía se aprecia en el cuadro 3.7.

2.4. Consumo energético en industrias

El consumo energético en industrias se centra en la utilización de gas natural para la generación de vapor y calor en equipos industriales como calderos, hornos, desecadores, equipos de generación de electricidad para autoconsumo, etc., lo que genera entre el 67 y 80 % de las emisiones de este sub-sector. Además de gas natural se utiliza biomasa, y el diesel y gasolina para el uso de generadores y otros equipos.

La tendencia de emisiones de este sub-sector se aprecia en la figura 3.10. La contribución del sub-sector a la contabilización total de emisiones del sector energía se aprecia en el cuadro 3.8.

2.5. Consumo energético residencial, comercial e institucional

El consumo energético residencial, comercial e institucional se centra en el consumo de combustibles para la calefacción, cocción de alimentos y calentamiento de agua. Durante la década de los noventa el principal combustible utilizado en esta categoría fue el GLP; segundo, el kerosene que fue desapareciendo; y, por último, el gas natural que por el contrario, ha ido en aumento durante los últimos años. El consumo de GLP y su contribución a las emisiones del sub-sector residencial se muestran en la figura 3.11.

Figura 3.11. Tendencia de consumo y contribución de emisiones del GLP al sub-sector (en base a PNCC, 2001)

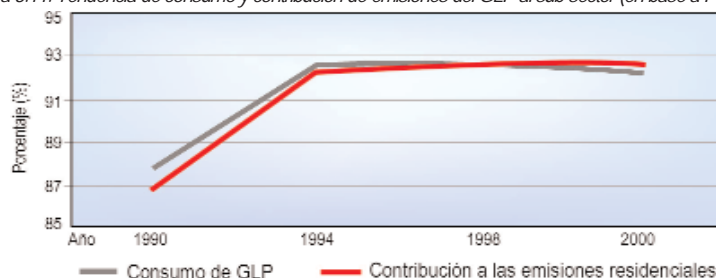
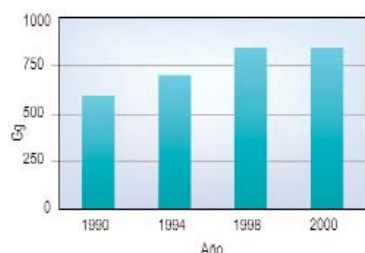


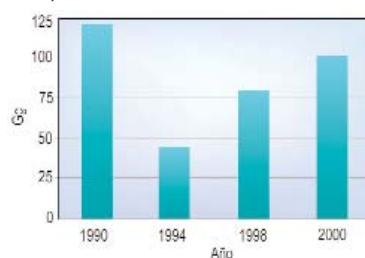
Figura 3.12.
Tendencia de emisiones de CO₂ del sub-sector Consumo energético residencial, comercial e institucional (en base a PNCC, 2001)



Cuadro 3.9.
Emisiones del sub-sector Consumo energético residencial, comercial e institucional (en base a PNCC, 2001)

Año	Emisión de CO ₂	
	--- Gg ---	--- % ---
1990	590,64	11,85
1994	701,27	9,26
1998	850,21	10,45
2000	848,04	12,02

Figura 3.13.
Tendencia de emisiones de CO₂ del sub-sector Consumo energético en la agricultura y otros (en base a PNCC, 2001)



Cuadro 3.10.
Emisiones del sub-sector Consumo energético en la agricultura y otros (en base a PNCC, 2001)

Año	Emisión de CO ₂	
	--- Gg ---	--- % ---
1990	121,25	2,43
1994	44,96	0,6
1998	80,12	0,99
2000	102,36	1,45

La tendencia de emisiones de este sub-sector se aprecia en la figura 3.12. La contribución del sub-sector a la contabilización total de emisiones del sector energía se aprecia en el cuadro 3.9.

2.6. Consumo energético en la agricultura, silvicultura y pesca, y otros sectores

El diesel oil es el principal combustible utilizado en las actividades agrícolas de silvicultura y pesca. Este combustible se utiliza principalmente en la maquinaria agrícola y la producción forestal. Además, se lo utiliza en la explotación metalúrgica y minera.

Otras actividades como la construcción de caminos, carreteras y en menor medida la metalurgia y la minería consumen combustibles como el GLP, kerosene, fuel oil y gasolina. La tendencia de emisiones de este sub-sector se aprecia en la figura 3.13. La contribución del sub-sector a la contabilización total de emisiones del sector energía se aprecia en el cuadro 3.10.

3. Emisiones de GEI del sector cambio de uso de tierra y silvicultura

A nivel mundial se ha previsto que la producción agrícola y pecuaria variará en los próximos años en función a la demanda de alimentos de la población humana. De este modo, el crecimiento demográfico, que se estima en el peor de los escenarios llegará a 18 000 millones de habitantes para el año 2100 (según las Naciones Unidas, 1998), requerirá de una mayor producción de alimentos. Esto implica que los campos de cultivo y cría de ganado se ampliarán, ocasionando la deforestación de bosques primarios y secundarios, erosión y consecuente desertificación de los suelos.

3.1. Crecimiento demográfico

El hombre a lo largo de su tiempo de residencia en este planeta como la especie dominante, ha ido modificando los ecosistemas en favor de su supervivencia. Hasta antes de la revolución industrial (fines del siglo XVIII), la interacción entre el ser humano y su entorno no habían provocado efectos negativos a los cuales los ecosistemas y sus componentes no pudieran adaptarse.

Sin embargo, la distribución actual de la población humana (rural y urbana) o su densidad pueden tener efectos ambientales muy distintos; dependiendo de sus relaciones con el entorno. La densidad poblacional en zonas urbanas incrementa la emisión de GEI por el funcionamiento de edificios residenciales y comerciales.

El uso de tecnología obsoleta o mal aplicada, el exceso de demanda de recursos sobre lo que el entorno es capaz de tolerar y la ampliación de la frontera urbana y agrícola tienen efectos de tipo degradativo sobre los ecosistemas y por lo tanto, sobre su funcionamiento biológico y climático.

3.2. Alteración antropológica del ciclo hidrológico

La densidad poblacional en áreas urbanas es la principal causa de alteración antropológica del ciclo hidrológico, por el asentamiento humano en amplias zonas de captación de agua. La urbanización de estas áreas de captación impermeabiliza los

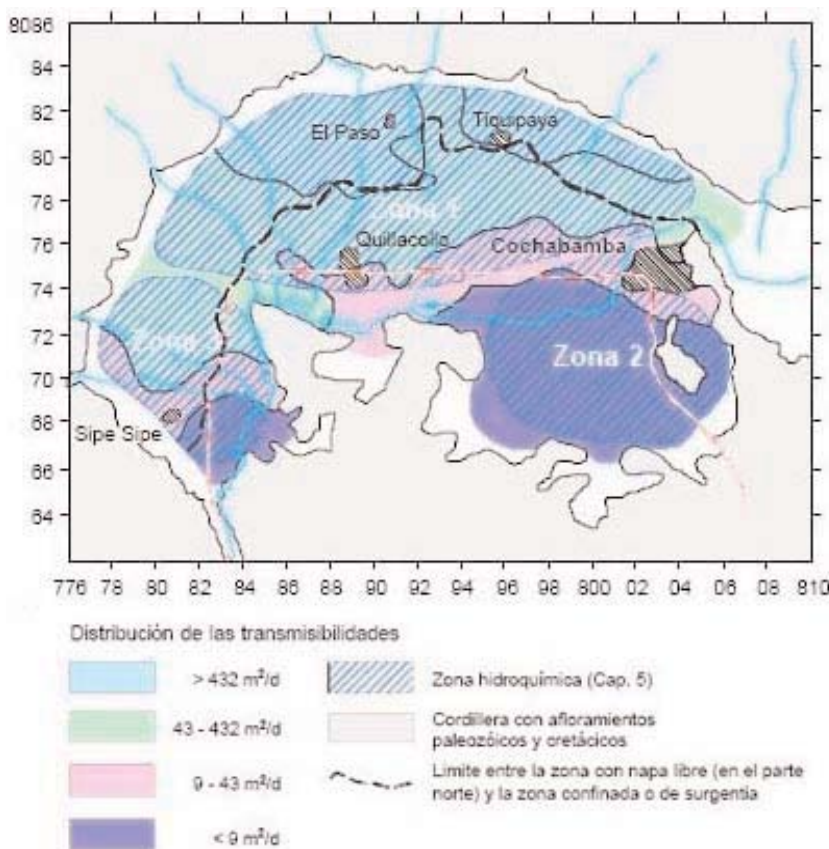
suelos al construir infraestructuras de vivienda, áreas recreativas y complejos industriales.

Esta situación se puede apreciar en la ciudad, con la urbanización de la principal zona de captación de agua: las faldas de la cordillera del Tunari, donde la cota de urbanismo abarca una gran parte de la superficie de sobrecarga de aguas subterráneas (zona de transición entre la zona de abanicos aluviales y la zona lacustre) de la cuenca del valle central de Cochabamba. Las transmisibilidades³ de la cuenca se pueden apreciar en la figura 3.14 (CGIAB, 2006).

El asfaltado y el vaciado de cemento, comunes en las áreas urbanizadas, forman una cubierta impermeable (no permiten el paso del agua hacia el interior del suelo), aumentando la escorrentía y disminuyendo la capacidad de almacenamiento de agua del suelo, para alimentar las fuentes de agua subterránea.

Estas aguas subterráneas alimentan ríos y lagos que luego serán evaporados por la acción del sol para ser devueltos a la atmósfera y formar nubes y lluvia, que son los principales reguladores de la temperatura terrestre.

Figura 3.14. Situación hidrogeológica del Valle Central de Cochabamba (Neumman-Redlin et al., s.a.)



³ Transmisibilidad es la capacidad hidrogeológica de un acuífero para transmitir agua y se mide en metros cuadrados por día [m^2/d ó $m^2 d^{-1}$]. Por ejemplo, los pozos que son perforados en rocas sólidas producen medidas de transmisibilidad demasiadas lentas, no así los pozos perforados en perfiles arenosos.

3.3. Silvicultura

Es la ciencia destinada a la formación y cultivo de bosques o montes y también la ciencia que trata de este cultivo. Una de las principales etapas de la silvicultura es la formación del bosque. Forman parte de su campo el arte de crear o conservar un bosque, y la teoría y la práctica de regular el establecimiento de una masa arbórea,

su composición y desarrollo (Wikipedia, s.a.).

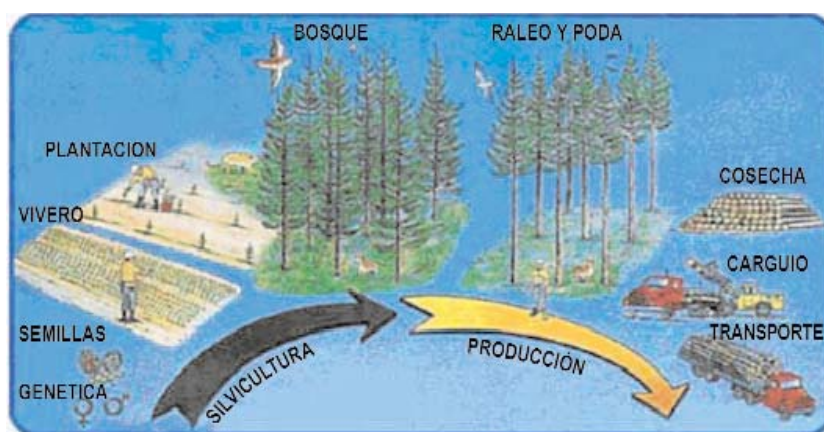


Figura 3.15. Silvicultura (www.papelnet.cl)

Según el Mapa Forestal de Bolivia (SIFOR/BOL) elaborado el año 2000, la cobertura de bosques alcanzaba a 52 220 027 ha que representan el 47,53 % de la superficie del país, con una tasa de deforestación de 244 831 ha a⁻¹.

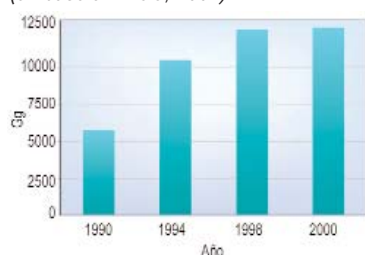
Los cambios en la biomasa de los bosques tropicales se deben principalmente a las plantaciones forestales. En Bolivia, el cultivo de especies forestales asciende a 19 485,89 ha, hacia el año 1998. Del total de esta superficie cultivada, 54 % se encuentra en el departamento de Cochabamba, 37 % en Chuquisaca y 9 % en Tarija (SIFOR/BOL, 2000).

El cambio en la existencia de biomasa y otros tipos de vegetación leñosa aportan al secuestro de las emisiones de CO₂. Al inicio de la década de los noventa el secuestro de carbono era bastante menor a las tendencias de secuestro actual.

Una vez promulgada la Ley forestal en 1996, los volúmenes de emisiones secuestradas aumentaron debido a la reforestación y regeneración de bosques y a la reducción en la cantidad de madera extraída (por el pago de patentes por concesiones forestales).

La tendencia en el secuestro de carbono de la actividad silvícola se muestra en la figura 3.16. Los bosques cerrados, primarios, secundarios y las plantaciones forestales registraron el secuestro de 5 780,74 Gg de CO₂, 10 556,12 Gg de CO₂, 12 481,61 Gg de CO₂ y 12 739,19 Gg de CO₂, para 1990, 1994, 1998 y 2000 respectivamente.

Figura 3.16.
Tendencia de secuestro de emisiones de CO₂ de la actividad de silvicultura (en base a PNCC, 2001)

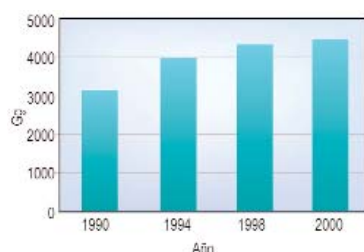


3.4. Cambio de uso de suelos

El cambio de uso de suelos afecta la capacidad de captación de CO₂, debido a que se disminuye el área de cobertura boscosa y se la reemplaza con especies perennes (plantaciones hortícolas y frutícolas) y otras comerciales que secuestran CO₂ en menor cantidad. El aprovechamiento y extracción forestal disminuye también la capacidad de captación de CO₂ de los bosques nativos.

Además, el cambio de uso de suelos y la explotación maderera (silvicultura) generan emisiones de CH₄ y CO₂, por varios años; debido a que grandes cantidades de biomasa son dejadas en los alrededores, descomponiéndose. Por otro lado, parte de la biomasa es quemada in situ (generando cantidades importantes de GEI).

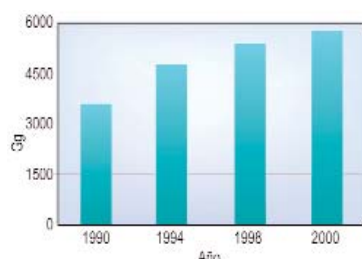
Figura 3.17.
Tendencia de emisiones de CO₂ del cambio de uso de suelo (en base a PNCC, 2001)



Cuadro 3.11.
Emisiones de la actividad de cambio de uso de suelo y superficie de suelo convertida (en base a PNCC, 2001)

Año	Emisión de CO ₂	Superficie convertida
	--- Gg ---	--- ha ---
1990	31 508,37	100 000
1994	40 301,00	197 090
1998	43 591,61	199 450
2000	44 756,22	200 660

Figura 3.18.
Tendencia de secuestro de emisiones de CO₂ por el abandono de tierras (en base a PNCC, 2001)



Las mayores emisiones de CO₂ debidas al cambio de uso de suelos, se presentan durante el proceso de chaqueo⁴ para la habilitación de suelos agrícolas y de pastoreo. En los procesos de quema se desprenden también emisiones de CH₄, N₂O, CO y NO_x.

La tendencia de emisión de CO₂ de esta actividad se muestra en la figura 3.17 y el cuadro 3.11. El año 1998 registra apenas un pequeño incremento de emisiones, debido a la implementación de la Ley forestal y al gran incremento de la agricultura industrial en el departamento de Santa Cruz. En el cuadro 3.11 se puede apreciar también la superficie de suelos convertidos, en cada año de contabilización de emisiones de CO₂.

3.5. Agricultura

Luego de la explotación de los suelos para fines agrícolas, estos son abandonados debido al agotamiento de su productividad. De esta manera, se inicia la regeneración de la vegetación con la formación de los bosques secundarios. Estos bosques captan, a través del proceso fotosintético de su crecimiento (hasta 30 años), importantes cantidades de CO₂.

En la figura 3.18 se muestra la tendencia de secuestro de emisiones que aporta la agricultura a través del abandono de tierras.

3.6. Desertificación

La desertificación es la degradación de las tierras áridas, semiáridas y zonas subhúmedas secas, causado principalmente por variaciones climáticas y actividades humanas tales como el cultivo y el pastoreo excesivo, la deforestación y la falta de riego.

La desertificación no sólo se refiere a la expansión de los desiertos existentes; sucede porque los ecosistemas de las tierras áridas, que cubren una tercera parte del total de la tierra, son extremadamente vulnerables a la sobreexplotación y aun uso inapropiado de la tierra.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la desertificación amenaza a la cuarta parte de las tierras del planeta, así como a 250 millones de personas y el sustento de más de 1 000 millones de habitantes de 100 países a causa de la disminución de la productividad agrícola y ganadera. Estas personas incluyen muchos de los países más pobres, los más marginados y los ciudadanos políticamente más débiles. (CINU, 1998).

La sobreexplotación de los recursos hídricos, la tala indiscriminada de bosques, la agricultura intensiva, los incendios y la ocupación del suelo para el negocio inmobiliario son, en gran parte, responsables de la desertificación. A los problemas causantes de la desertificación y de la sequía se suman los efectos que el cambio climático está provocando, a nivel global, cambios en las pautas meteorológicas o variaciones en los regímenes de temperatura y precipitación.

3.7. Deforestación

Los sistemas ecológicos de la Tierra desempeñan un rol importante en el ciclo del carbono mundial. Existen procesos dentro de los ecosistemas, especialmente los

⁴ El chaqueo supone el desbroce del sotobosque (roza), la tala de los árboles (tumba) y la quema de toda esta biomasa. Esta práctica de cambio de uso de suelos reduce los sumideros de la superficie terrestre, dejando escapar a la atmósfera el carbono almacenado.

Cuadro 3.12.
Cantidad mundial de carbono presente en la vegetación y en los reservorios de carbono hasta una profundidad de 1 m. (Adaptado de IPCC, 2000)

Bioma	Área (109 ha)	Carbono mundial almacenado		
		Vegetación --- Gt de Carbono ---	Suelo	Total
Bosques tropicales	1,76	212	216	428
Bosques templados	1,04	59	100	159
Bosques boreales	1,37	88	471	559
Sabanas tropicales	2,25	66	264	330
Herbazales templados	1,25	9	295	304
Desiertos y semidesiertos	4,55	8	191	199
Tundra	0,95	6	121	127
Humedales	0,35	15	225	240
Tierras de cultivo	1,60	3	128	131
Total mundial	15,12	466	2 011	2 477

Nota: aunque existe una incertidumbre considerable con respecto a las cifras indicadas, dada la ambigüedad de las definiciones de bioma, esta tabla proporciona sin embargo una panorámica general de la magnitud de carbono almacenado en los sistemas terrenos.

forestales, por medio de los cuales el carbono queda retenido en la biomasa viva, en la materia orgánica en descomposición y en el suelo (Cuadro 3.12). El carbono es intercambiado de manera natural entre estos sistemas y la atmósfera mediante los procesos de fotosíntesis, respiración, descomposición y combustión.

Las actividades humanas alteran el carbono almacenado en esos reservorios y los intercambios entre éstos y la atmósfera mediante el uso de las tierras, el cambio de uso de las tierras y las explotaciones forestales, entre otras actividades.

Los recursos forestales han sido afectados por la tala y quema de grandes extensiones boscosas en favor de la expansión de la agricultura y la ganadería, o para satisfacer las necesidades, en materia prima, de las industriales madereras y del papel. Estas mismas actividades amenazan la sostenibilidad de la importancia ecológica de los bosques:

1. Sostienen una importante diversidad comunitaria.
2. Contribuyen a modular el clima y la temperatura regional, ya que su follaje absorbe, intercepta y refleja los rayos del sol. Además, los árboles y plantas retienen humedad en el aire debido a sus funciones de transpiración y evaporación. A falta de bosques, la zona afectada se torna cálida y seca, y disminuye la cantidad de lluvia en esa región.
3. Son sumideros de carbón, al captar el CO₂ para la fotosíntesis retienen este GEI y contribuyen a la disminución del calentamiento global, siempre y cuando se mantenga un equilibrio entre la densidad de plantas y la concentración del gas en la atmósfera. Cuando las plantas mueren, el carbono de sus tejidos (que tiene una concentración tres veces mayor que el carbono en el aire) se oxida a CO₂ que regresa a la atmósfera. Por esta razón es importante la reforestación con árboles jóvenes que integren a su metabolismo el gas emitido por las plantas muertas.
4. Mantiene la calidad del suelo, aportando humedad y evitando la compactación y erosión del suelo.

En nuestro país, la tala de especies maderables para su comercialización y la deforestación de bosques primarios y secundarios, a través de los chaqueos (roza, tumba y quema), para aumentar las tierras de cultivo agrícola y ganadero, son las principales causas de deforestación de bosque tropical. En la figura 3.19 se puede observar la evolución de la deforestación en zonas tropicales de Bolivia.

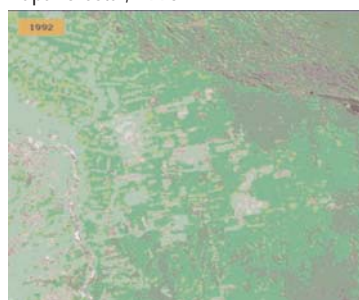
Por otro lado, en muchas zonas rurales, la madera sigue siendo el principal combustible de uso doméstico, lo que ha provocado la desaparición de los árboles y bosques nativos. Para 1993 la cobertura boscosa del país equivalía al 48 % del territorio nacional (53 444 182ha). La tasa de deforestación determinada para el año 2000 es de 200 660 ha^{a-1}.

El mapa de cobertura forestal de Bolivia, elaborado para el año 2000 muestra una cobertura boscosa de 47,75 % del territorio nacional (52 220 027 ha), tomando en cuenta las plantaciones forestales y las áreas reforestadas para uso comercial (PNCC, 2001).

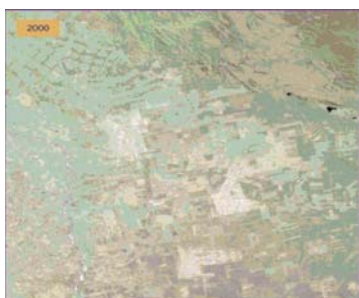
Figura 3.19.
Deforestación en zonas tropicales en Bolivia (Cruz, s.a.)
MACA/FAO, 1993



Mapa forestal, 1995



BOLFOR, 2003



Cuadro 3.13.
Resumen de las emisiones de GEI del sector cambio de uso de tierra y silvicultura, para el año 2000 (adaptado de PNCC, 2001)

Actividad	GEI				
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO	NO _x
	--- Gg ---				
Silvicultura	-12 739,19				
Cambio de uso de suelo	44 756,22	98,15	0,67	858,81	24,39
Abandono de tierras de cultivo y posterior regeneración	-5 807,9				
Total	26 209,17	98,15	0,67	858,81	24,39

A nivel mundial, la deforestación contribuye con el 33 % del total de CO₂ en la atmósfera; debido a que por una parte se reduce la absorción de CO₂ por las plantas y por otra se libera CO₂ en el proceso de descomposición de las plantas tumbaradas o cuando éstas se queman (<http://bibliotecnica.upc.es>). De manera general, se muestra en el cuadro 3.13 el resumen de las emisiones de GEI del sector cambio de uso de tierra y silvicultura.

4. Emisiones de GEI del sector agrícola

En el sector agrícola, los procesos de rumia y descomposición anaerobia del estiércol de los animales, descomposición de materia orgánica, manejo de suelos agrícolas, y la quema de sabanas, pastizales y residuos agrícolas, cultivo de arroz de secano producen también GEI, principalmente emisiones de metano CH₄.

La actividad pecuaria en el país es extensiva, manejada de forma tradicional y dependiente de las condiciones climáticas, la actividad ganadera crece en la medida en que existen praderas, pastizales y forrajes disponibles para cubrir el consumo del ganado. La cantidad y calidad del forraje consumido por el ganado incide directamente en las emisiones de este sector por la fermentación entérica y los sistemas de manejo de estiércol.

En nuestro país es bastante utilizado el estiércol de animales como fertilizante para los cultivos. Durante la etapa de almacenamiento del estiércol, para su maduración antes de la incorporación al suelo, se genera N₂O como producto de la oxidación de nitrógeno presente y CH₄ como producto de la fermentación anaerobia.

La quema de biomasa y suelos agrícolas contribuye también con las emisiones de N₂O y NO_x (por la presencia de actividad microbiana en los procesos de nitrificación y desnitrificación de los suelos) y monóxido de carbono CO (por la combustión incompleta del carbono), metano CH₄ y dióxido de carbono CO₂.

Según la Superintendencia Agraria, en el año 2000 la superficie quemada alcanzó a 1 003 230 ha, dando como resultado la emisión de CH₄, N₂O, NO_x y CO. Por otro lado, la quema de biomasa en forma de residuos alcanza a 342 910 t de materia seca que emiten también cantidades considerables de CH₄, N₂O, CO y NO_x.

Las emisiones de CH₄ debidas a la fermentación entérica, en Bolivia, representaron el 91,1 % de las emisiones registradas el año 2000; concentrándose las emisiones más importantes en la región tropical del país, donde se encuentra la mayor población de ganado. Las emisiones de CH₄ por el manejo de estiércol alcanzaron al 0,36 % en el año 2000. Por otro lado, las emisiones de CH₄ producidas por el cultivo de arroz de secano ascendieron al a 0,26 % para el año 2000.

Las emisiones de N₂O debido a la oxidación de estiércol animal representaron el 0,25 % para el año 2000. Las emisiones de N₂O directas e indirectas por el manejo de los suelos agrícolas (pérdida de nitrógeno por la actividad microbiana y volatilización de nitrógeno) alcanzaron a 82,1 % en el año 2000. En el cuadro 3.14 se muestran las tendencias de emisión de gases distintos al CO₂ generados por el sector agrícola.

Figura 3.20.
Uso de solventes influye en las emisiones de GEI.



La revolución industrial y el aumento de emisiones y acumulación de GEI.

Figura 3.21.
Minería a cielo abierto.
Mina Inti Raymi - Oruro.



Las fundiciones son fuente importante de emisiones de SO₂.

⁵ Se indican las actividades en orden de importancia según el GEI.

Cuadro 3.14. Tendencia de las emisiones de gases distintos del CO₂ del sector agrícola (adaptado de PNCC, 2001)

Gas de efecto invernadero	Fuentes principales de emisión en el sector agrícola ⁵	Emisión 1990	Emisión 1994	Emisión 1998	Emisión 2000
		--- Gg ---			
Metano (CH ₄)	Fermentación entérica, manejo de estiércol, cultivo de arroz, quema de suelos agrícolas	396,87	441,67	488,61	516,38
Oxido nitroso (N ₂ O)	Manejo de suelos agrícolas, quema de estiércol, quema de residuos agrícolas	1,35	2,15	2,09	2,24
Monóxido de carbono (CO)	Quema de suelos agrícolas, quema de residuos agrícolas	280,39	293,16	309,20	341,44
Oxidos de nitrógeno (NO _x)	Quema de suelos agrícolas, quema de residuos agrícolas	5,56	5,73	6,05	6,65

5. Emisiones de GEI del sector de procesos industriales y uso de solventes

El inicio de la revolución industrial es el marco utilizado para medir el aumento de emisiones y acumulación en la atmósfera de GEI. Por los procesos productivos y tecnologías desarrolladas que utilizan muchas industrias, se las considera actualmente "industrias contaminantes" (PNCC, 2001).

El PIB nacional, según las actividades económicas, presenta una composición del 54,7 % de aporte de las actividades de comercio y servicios, 25,3 % de aporte de las actividades agropecuarias y extractivas, y 20 % de aporte de las actividades de transformación (industria manufacturera y construcción) (PNCC, 2001).

La industria en Bolivia crece con una tasa promedio de 3,8 % anual desde 1990 a 2000. Para el año 2000, el 80 % de los establecimientos industriales se concentraron en las ciudades de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz. La industria está compuesta en un 82 % por la microindustria, 12,7 % por la pequeña industria y 1,7 % por la gran industria (PNCC, 2001). El aporte del sector industrial al PIB en el año 2000 alcanzó al 16,3 % y el aporte a las exportaciones en 1998, llegó al 49,4 %.

La producción industrial en Bolivia se encuentra compuesta en un 52 % por la fabricación de industrias textiles, papel, químicos, plástico, cemento, fundiciones, metal-mecánica y joyería. El restante 48 % está compuesta por la fabricación de bebidas, alimentos y tabaco. Los sectores más representativos de la industria boliviana son las bebidas (16 %), los textiles (12 %) y la molinería (12 %).

5.1. Extracción minera

Muchos metales procesados en actividades mineras están combinados en forma natural con azufre. Con frecuencia, para extraer el metal de las rocas minerales es necesario fundirlas. Es decir, se calienta el sulfuro metálico en aire para formar el óxido del metal y óxido de azufre (SO₂). De este modo, las fundiciones son fuente importante de emisiones de SO₂.

Figura 3.22.
Industria de cemento FANCESA -
Sucre.



Figura 3.23.
Industrias de bebidas.



Figura 3.24.
Emisión de CFCs por uso de extingui-
dores.



5.2. Industria de cemento

Durante la obtención de clínker (componente principal del cemento) en la fabricación de cemento, se emite a la atmósfera CO₂ como producto de la calcinación de piedra caliza y SO₂ como producto de la cocción de arcillas con contenido de azufre. Durante la fabricación de cemento asfáltico y el asfaltado mismo se emiten COVDM, debido a la presencia de compuestos de carbono en el asfalto (derivado del petróleo).

5.3. Otras industrias

En esta categoría se encuentran las industrias manufactureras. Del total de emisiones del sector energético (7,6 x 106 t), este sector genera el 10,7 %. La fabricación del papel, por su lado, es fuente importante emisiones de CO, NO_x, SO₂ y COVDM. El procesamiento de vidrio es otra fuente importante de COVDM. Las industrias alimenticias como la fabricación de pan, azúcar, café tostado y bebidas alcohólicas producen emisiones de COVDM durante la etapa de fermentación.

Cuadro 3.15. Resumen general de emisiones de GEI del sector procesos industriales para el año 2000 (PNCC, 2001)

Proceso	GEI						
	CO ₂	SO ₂	NO _x	CO	COVDM	HCFs	SF ₆
	--- Gg ---						
Producción de cemento	593,0	0,3					
Producción de cal viva	14,48						
Pavimentado asfaltado		3,2 ⁺	22,0 ⁺	0,9 ⁺	4,91		
Producción de vidrio					350 ⁺		
Producción de papel		160 ⁺	34 ⁺	128 ⁺	85 ⁺		
Producción de químicos		490 ⁺	0,3 ⁺			8,37	
Producción de bebidas						0,353	
Producción de margarina						180 ⁺	
Producción de azúcar						3,205	
Producción de café tostado						20 ⁺	
Producción de carne de res y aves						700 ⁺	
Producción de equipos eléctricos						8,5 ⁺	
Total	607,480	0,360	0,006	0,013	4,953	12,018	0,001

5.4. Uso de refrigerantes y extinguidores

Los compuestos clorofluorocarbonados (CFCs) se usan como refrigerantes para refrigeradores y aire acondicionado; también para fabricar productos desechables como vasos y platos, aerosoles en latas, disolventes para limpiar circuitos electrónicos, espumas plásticas y otros.

Los CFCs se conocen con el nombre comercial de freones y pueden permanecer en la atmósfera entre 70 a 400 años, se difunden con lentitud hacia la estratósfera donde pueden tardar años en llegar sin sufrir cambio.

Los freones más comunes son los CFCl₃ (freón 11), CF₂Cl₂ (freón 12), C₂F₃Cl₃ (freón 113) y C₂F₄Cl₄ (freón 114). Estos gases son destructores potenciales de la capa de ozono al reaccionar con éste en la estratosfera (Véase disminución de la

capa de ozono y sus efectos en el cambio climático).

Existen en el mercado extinguidores de incendio que contienen bromo en uno de sus componentes activos. Cuando el mecanismo de extinción es activado, los compuestos no reactivos de bromo eventualmente llegan a la estratosfera, donde son descompuestos por la radiación UV. Cada átomo de bromo destruye cientos de veces más moléculas de ozono que un átomo de cloro.

5.5. Uso de solventes

Muchas de las industrias en Bolivia utilizan solventes y otros productos que transforman química o físicamente los materiales usados durante ciertos procesos. Solventes como el tinner, percloroetileno, acetona y metil etil cetona producen emisión de gases COVDM durante su uso y consumo en industrias y hogares.

Cuadro 3.16. Porcentaje de emisiones de COVDM provocadas por el uso de solventes en diferentes industrias, entre 1990 y 2000 (en base a PNCC, 2001)

Solvente	Industria					
	Cur-tiem-bres	Ind. quí-mica	Pin-turas	Cos-mé-ticos	Limpie-za en seco	Otros
Percloro-etileno		45			30	25
Tinner	24	47	29			
Acetona			63	36		1
Metil etil-cetona		68				32

Algunas de estas industrias son la de textiles, química, pinturas, artes gráficas, lavado en seco, curtiembres, automotriz y producción de cosméticos (cuadro 3.16). En 1990 las emisiones de COVDM provocadas por el uso de solventes alcanzaban al 0,093 Gg, mientras que en 2000 alcanzaron los 0,988 Gg.

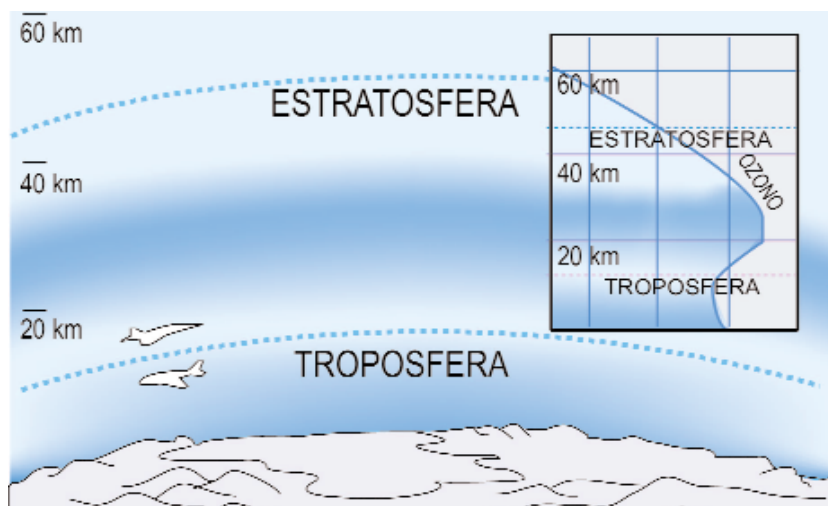
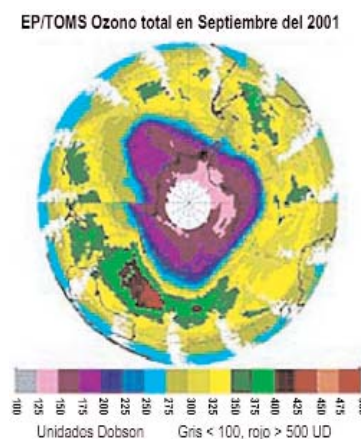
5.6. Disminución de la capa de ozono y sus efectos en el cambio climático

La capa de ozono se concentra en la estratosfera entre los 20 y 40 km de altura (Figura 3.25). Los gases generados a partir de las actividades humanas como los CFCs y los óxidos de nitrógeno (NO y NO₂), además del bromo, tienen la capacidad de destruir la capa de ozono una vez que llegan a la estratósfera.

Figura 3.25. La capa de ozono (adaptado de Inzunza, 2003)

La destrucción del ozono tiene conocidas consecuencias biológicas en el ser huma-

Figura 3.26. Concentración de O₃ sobre la Antártica del día 15 de octubre de 2001 (NASA, 2006)



no: incidencia de cáncer en la piel, mayor presencia de cataratas y supresión parcial del sistema inmunológico; pero además, tiene consecuencias sobre el clima.

El ozono estratosférico absorbe la radiación ultravioleta (UV) del sol para calentar la parte baja de la estratósfera (20 km de altitud), por lo tanto al disminuir la concentración de O₃ en la capa de ozono (Figura 3.26), disminuye la absorción de calor proveniente de la energía solar.

Por otro lado, a medida que la capa de gases de efecto invernadero se va haciendo más denso cerca de la superficie de la tierra, éste acentúa su efecto de cobija; impidiendo la salida de calor hacia la baja estratosfera. Este fenómeno ocasionado por los GEI y el efecto invernadero, junto con la disminución de la capa de ozono, acrecientan el enfriamiento estratosférico (Uherek et. al., 2004). Ya existe evidencia de que la temperatura global promedio a 50 km de altitud ha bajado 1,7 °C en la última década (Jaramillo, s.a.).

El enfriamiento estratosférico y la diferencia de temperaturas entre la troposfera y la atmósfera tienen efectos en el movimiento de masas de aire y vientos globales, que modificarían en gran medida el clima global del planeta.

6. Emisiones de GEI del Sector de residuos

La disposición de aguas residuales se realiza en sistemas de tratamiento anaerobio

La disposición de residuos sólidos (descomposición anaerobia de la materia orgánica) y el tratamiento de las aguas residuales son dos más de las actividades humanas que generan emisiones, particularmente de metano (CH₄).

En Bolivia el promedio de los residuos sólidos generados están constituidos por un 48% de materia orgánica fermentable, 20 % de materia inerte, 4 % de plásticos, 6 % de papel y cartón, 4 % de vidrio, 3 % de metales, 2 % de textiles y 12 % de materiales no clasificados. La disposición de estos residuos se realiza, en nuestro país, en vertederos y rellenos sanitarios ubicados en áreas alejadas de los núcleos urbanos.

Cuadro 3.17.
Resumen general de emisiones de GEI del sector residuos (PNCC, 2001)

Fuente de los GEI	Metano (CH ₄)		Óxido nítrico (N ₂ O)	
	1990	2000	1990	2000
	--- Gg ---		--- Gg ---	
Rellenos sanitarios	2,40	35,67		
Tratamiento de residuos líquidos	1,87	17,23		
Residuos humanos			0,29	0,43
Total	4,27	52,90	0,29	0,43

La disposición de aguas residuales en Bolivia se realiza en sistemas de tratamiento anaerobio mediante lagunas de estabilización o en cuerpos de agua (ríos, lagunas y lagos). Muchas de estas aguas residuales contienen materia orgánica, grasas, sólidos en suspensión y sustancias nocivas que pasan por procesos de descomposición anaerobia.

Por otro lado, existe en nuestro país la disposición directa de excremento humano. Es decir, que es bastante común la presencia de excremento a la intemperie. Esta situación genera, por su lado, emisiones indirectas de N₂O. Por las características alimenticias en nuestro país, una persona puede eliminar 16gr de nitrógeno en sus excrementos, a través de la emisión indirecta de N₂O. El resumen de la contabilización de las emisiones de GEI, ocurridas en Bolivia en el año 1990 y 2000 en los diferentes sectores categorizados por el IPCC, se muestra en el cuadro 3.18.

Cuadro 3.18. Resumen general de emisiones de GEI en Bolivia por sectores en los años 1990 y 2000 (PNCC, 2001)

Sector	Año	Dióxido de carbono (CO ₂)	Metano (CH ₄)	Óxido nítrico (N ₂ O)	Óxidos de nitrógeno (NO _x)	Monóxido de carbono (CO)	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano (COVDM)	Óxido de azufre (SO ₂)	Hidrofluorocarbonos (HFCs)	Hexafluoruro de azufre (SF ₆)	Perfluorocarbono (PF ₆) o (CF ₄)
Energético	1990	5 148,04	43,98	0,22	32,07	295,60	49,83	10,98			
	2000	7 413,98	38,59	0,28	47,32	305,09	52,13	11,74			
Cambio de uso de suelos y silvicultura	1990	22 096,72	50,34	0,35	12,55	440,47					
	2000	26 209,17	98,15	0,67	24,39	858,81					
Agrícola	1990		397,07	1,35	5,55	280,40					
	2000		516,38	1,25	6,65	341,44					

NO: Emisiones que no ocurren en el país

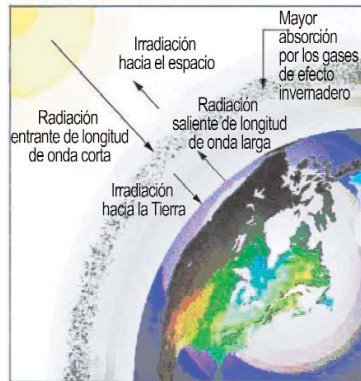
NE: Emisiones no estimadas

Figura 3.27.
Efecto invernadero acentuado
(Cannell et al., 2002)

Efecto invernadero natural



Efecto invernadero acentuado



7. Efecto invernadero acentuado

Los climatólogos suelen utilizar la analogía física que existe entre un invernadero construido con vidrio para explicar como ocurre el calentamiento de la atmósfera de la tierra.

La generación de calor en un invernadero ocurre cuando la energía del sol, transmitida como luz visible, pasa a través del cristal sin ningún obstáculo. Esta luz es absorbida por el piso y los elementos que se encuentran dentro del invernadero. Estos elementos a su vez, convierten la energía solar que reciben, en radiación infrarroja para emitirla nuevamente hacia el espacio dentro del invernadero.

Debido a que la radiación infrarroja no puede pasar el vidrio del invernadero, tan fácil como la luz del sol, parte de ella se retiene en el interior del invernadero generando artificialmente un ambiente más cálido que estimula el crecimiento de las plantas.

Como ya se explicó en el módulo II; en el efecto invernadero natural de la Tierra, la atmósfera de la tierra, compuesta naturalmente por vapor de agua, CO₂, CH₄, N₂O, O₃ y otros, actúa en forma análoga a los vidrios de un invernadero, absorbiendo y reteniendo la radiación infrarroja saliente de los elementos del invernadero. En la figura 3.27a se puede observar esta analogía con la atmósfera del plante Tierra.

Hasta hace poco, gases como el CO₂, CH₄ y vapor de agua, gracias a los cuales existe en nuestro planeta una temperatura templada, eran emitidos y removidos de la troposfera por los principales ciclos biogeoquímicos de la Tierra. El efecto invernadero acentuado ocurre porque las actividades humanas aumentan el nivel de concentración del CO₂, el CH₄ y el vapor de agua; además de otros gases⁶ como los clorofluorocarbonos (CFCs), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO₂), hidrofluorocarbonos (HFCs), hexafluoruro de azufre (SF₆) y el ozono (O₃) troposférico que contribuyen al efecto invernadero.

El aumento en la concentración de los GEI es equivalente al aumento de espesor del vidrio de un invernadero; intensificando sus propiedades aislantes, debido a la mayor absorción de radiación infrarroja por parte de los GEI. En la figura 3.27b se observa gráficamente el aumento en la concentración de GEI en la atmósfera terrestre (Cannell et al., 2002).

Debido al aumento en la concentración de GEI en la atmósfera aumenta también la capacidad de la atmósfera para absorber la radiación infrarroja. Esta capacidad de absorber radiación infrarroja es provocada por la contribución de un elemento o de un compuesto al forzamiento radiativo⁷.

Este forzamiento radiativo, a su vez, depende de las propiedades radiativas moleculares del gas, de la magnitud del aumento de su concentración en la atmósfera y del tiempo de residencia de dicho elemento en la atmósfera, una vez emitido (IPCC, 2001 y Cannell et al., 2002).

A principios del año 2001, Los científicos de la Facultad Imperial de Ciencia, Tecnología y Medicina de Londres, Inglaterra, publicaron la primera observación experimental de un cambio del efecto invernadero. Este estudio se concentró en la detección de los cambios en el efecto invernadero de la Tierra a partir de las variaciones en el espectro de la radiación de longitud de onda larga emergente. Esta es

⁶ Estos gases son llamados "gases traza", porque su concentración en la atmósfera es mucho más pequeña que la del dióxido de carbono (CO₂).

⁷ El forzamiento radiativo es una medida de la influencia que un factor ejerce en la modificación del equilibrio entre la energía entrante y saliente en el sistema Tierra-atmósfera, y es un índice de la importancia del factor como mecanismo potencial de cambio climático. Se expresa en vatios por metro cuadrado (Wm⁻²).

una medida de la forma en que la Tierra emite calor hacia el espacio que además, tiene las huellas de los gases responsables del efecto invernadero (Cfr: Cannell et al., 2002).

Desde octubre de 1996 hasta julio de 1997, un instrumento a bordo del satélite japonés ADEOS midió los espectros de radiación de longitud de onda larga emergentes de la Tierra. El grupo de la Facultad Imperial comparó los datos del satélite ADEOS con los datos obtenidos en 1970 con un instrumento similar a bordo del satélite meteorológico Nimbus 4 de la Administración Nacional de Aeronáutica Espacial (NASA, por sus siglas en inglés). La comparación de los dos espectros infrarrojos a cielo descubierto, proporcionó evidencia de un aumento significativo en los niveles atmosféricos de CH₄, CO₂, O₃, y CFCs desde 1970. (Cfr: Cannell et al., 2002).

Por otro lado, si observamos en el cuadro 3.1 los potenciales de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) de cada GEI podemos inferir que con el aumento de la concentración de GEI aumenta potencialmente el calentamiento global de la atmósfera.

8. Calentamiento global

El calentamiento global como consecuencia final de las actividades humanas es el catalizador del cambio climático global (Inzuna, 2003). Las actividades productivas humanas son las principales responsables del aumento en la concentración de GEI en la atmósfera. Como consecuencia del incremento del CO₂ en la atmósfera, el aumento de temperatura global registrado desde fines de 1800 fue de 0,3 a 0,6 °C y de 0,2 a 0,3°C en los últimos 50 años.

Se estima un aumento en la temperatura global, en torno a 1,4°C y 5,8°C.

Las predicciones indican que el CO₂ se incrementará entre 540 $\mu\text{mol.m}^{-3}$ y 970 $\mu\text{mol.m}^{-3}$ para el año 2100 (IPCC, 2001). Con estos incrementos en la concentración de CO₂, se estima un aumento en la temperatura global, en torno a 1,4°C y 5,8°C, promediando los distintos escenarios de aumento de emisiones GEI desarrollados por el IPCC (2001), como se muestra en la Figura 3.28.

Figura 3.28. Elevación de la temperatura global de acuerdo a los distintos escenarios climáticos desarrollados por el IPCC (IPCC, 2001)

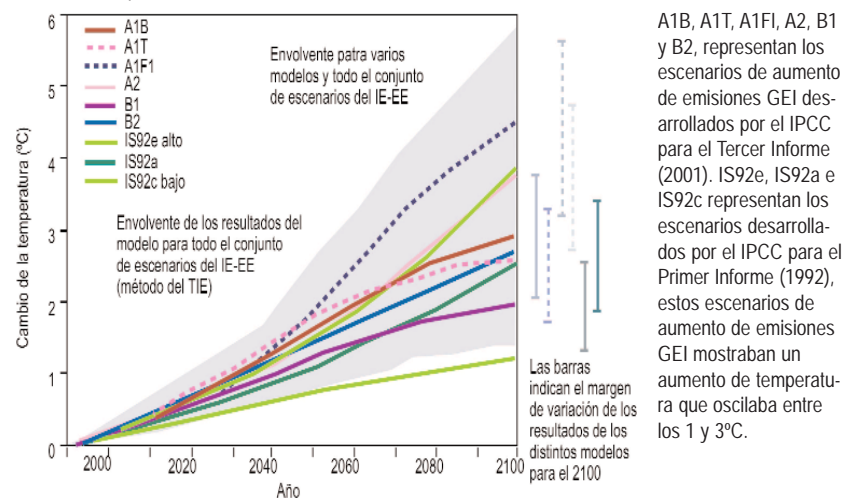
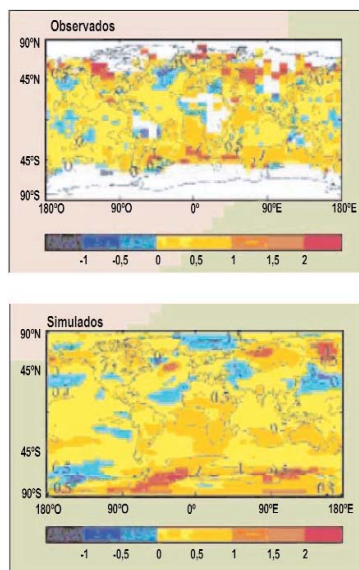


Figura 3.29.
Cambio de la temperatura superficial
del aire global (Cannell et al, 2002)



Investigadores del Centro Hadley de Predicción e Investigación del Clima, en Berkshire, Inglaterra compararon los patrones geográficos del cambio de temperatura superficial del aire a lo largo de la superficie terrestre.

Utilizaron modelos para simular las variaciones en la temperatura del aire, causadas por las concentraciones de GEI y la compararon con la "huella" resultante de los patrones de cambio surgidos de la observación directa.

Existen notables similitudes entre la huella generada por la simulación de los cambios de temperatura durante los últimos 100 años y los patrones efectivamente observados durante dicho periodo (Cfr: Cannell et al., 2002). En la figura 3.29, los valores aumentan de positivos a negativos, a medida que la escala de color pasa de rojo a azul.

Existen varios factores que producen cambios en la temperatura del aire sobre el planeta. Entre estos factores se encuentran principalmente los físicos (ángulo de incidencia de los rayos solares, posición geográfica, altura sobre el nivel del mar y latitud), pero además, de manera más zonal se encuentran factores como el calentamiento diferencial de tierras y aguas, la incidencia de las corrientes oceánicas y la cubierta de nubes y su albedo.

8.1. Calentamiento diferencial de tierras y aguas

El aire es calentado desde la superficie terrestre, por lo tanto para entender las variaciones en la temperatura del aire debemos conocer las variaciones en las propiedades del calentamiento de los diferentes tipos de superficie que se exponen a los rayos solares: tierra, agua, bosques, arenas, hielo, etc. Las diferentes superficies absorben y reflejan cantidades diferentes de radiación solar, que a su vez producen diferentes temperaturas en el aire sobre ellas.

Pero el mayor contraste se da entre las superficies de tierras y aguas. Los suelos sólidos se calientan y enfrían más rápidamente y con temperaturas más altas o bajas que las aguas; por lo tanto, las variaciones en la temperatura del aire son mayores sobre las superficies de tierras que de aguas.

También hay que considerar que el agua es muy móvil por lo que la temperatura en las superficies de agua aumenta y disminuye más lentamente que la temperatura de las superficies de suelos. Cuando el agua se calienta, la convección distribuye el calor por el movimiento de grandes masas de agua.

Por el contrario, el calor no penetra profundamente dentro del suelo y rocas, sino que se acumula cerca de la superficie; además que aquí no se produce convección sino que el calor se transporta por conducción. Otros factores que contribuyen al calentamiento diferencial de tierras y aguas son los siguientes:

- a) Las aguas son transparentes, por lo tanto la radiación solar puede penetrar varios metros de profundidad. En cambio los suelos sólidos son opacos, por lo que el calor es absorbido sólo por la superficie y se calientan o enfrían mucho más que las aguas.
- b) La evaporación (que es un proceso de enfriamiento) desde las superficies de aguas es, obviamente, mayor que desde suelos; por lo tanto, las superficies de

agua se calientan menos que las de suelo sólido.

c) El calor específico (que se define como el calor necesario para elevar la temperatura de un gramo de sustancia en 1 °C, entre 14,5 y 15,5 °C) es casi tres veces mayor para el agua que para tierras (cagua = 1cal/g K, ctierra = 3). Esto significa que se requiere mucho más calor para elevar la temperatura del agua, que de una misma cantidad de tierra; es decir una misma cantidad de radiación solar eleva más la temperatura de los suelos que de las aguas.

Las corrientes oceánicas están estrechamente relacionadas con la circulación de la atmósfera.

Las corrientes oceánicas tienen un importante efecto sobre el clima.

8.2. Corrientes oceánicas

En las superficies de aguas, se transfiere energía desde los movimientos del aire al agua por fricción. Por este efecto, los movimientos del aire inducen movimientos en la superficie de los océanos, llamados corrientes oceánicas. Entonces, las corrientes están estrechamente relacionadas con la circulación de la atmósfera, la cual a su vez regula el desigual calentamiento sobre la tierra.

Las corrientes oceánicas tienen un importante efecto sobre el clima. La energía solar llega en distintas proporciones a la superficie de la tierra. En los trópicos la energía llega en mayor proporción que en las latitudes altas (más hacia el norte y más hacia el sur) por la forma de la tierra (Figura 3.30). Así que los vientos y corrientes oceánicas tienden a igualar el desbalance de calor, transportándolo desde las zonas de exceso a las de déficit.

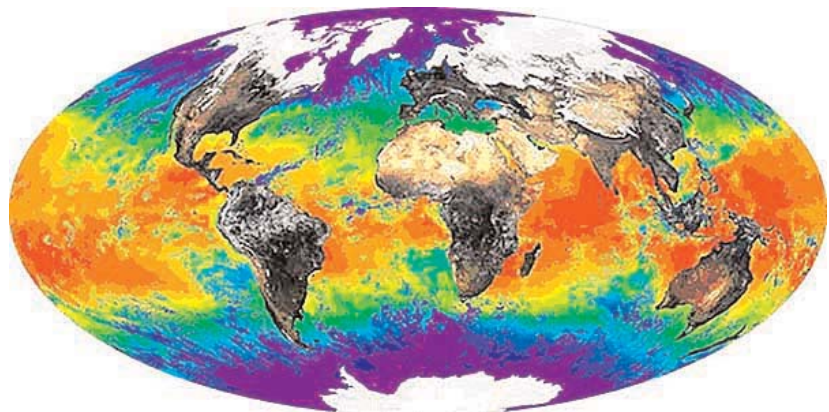


Figura 3.30. Distribución de la energía en la superficie de la Tierra (<http://es.wikipedia.org>)

Al calentarse la tierra por el efecto de los GEI, el desbalance de calor se hace cada vez menor; afectando el funcionamiento normal de las corrientes de masas de aire y las corrientes oceánicas que regulan el clima global.

La cobertura nubosa tiene un efecto sobre la distribución de temperatura.

La cubierta de nubes reduce la amplitud de temperatura.

8.3. Cubierta de nubes y albedo

Las observaciones de satélites revelan que casi la mitad del planeta está cubierto de nubes en cualquier instante, entonces la cobertura nubosa tiene un efecto sobre la distribución de temperatura de un lugar.

Las nubes pueden tener un alto albedo (reflexión hacia el espacio de la energía solar recibida), esto reduce la cantidad de radiación solar que llega a la superficie, disminuyendo la temperatura de las capas bajas durante el día.

En la noche el efecto es opuesto, porque las nubes absorben la radiación terrestre y la reemiten a la superficie; manteniendo una cantidad de calor cerca de superfi-

cie y aumentando la temperatura respecto a noches despejadas. El efecto de la cubierta de nubes es reducir la amplitud diaria de temperatura de un lugar, disminuyendo los máximos en el día y aumentando los mínimos en la noche.

Bibliografía

Cannell et. al.

2002 El calentamiento global y la industria de la exploración y producción en www.slb.com (verificado el 25 de febrero de 2006)

CGIAB - Comisión para la Gestión Integral del Agua en Bolivia

2006 Cuenca de Cochabamba en www.aguabolivia.org (verificado el 10 de mayo de 2006), Cochabamba

Cruz D.

s.a. Bosques, cambio climático y vulnerabilidad, Programa Nacional de Cambios Climáticos, La Paz

INE - Instituto Nacional de Estadística

2002 Censo Nacional de Población y Vivienda 2001 en www.ine.gov.bo (verificado el 15 de mayo de 2006), La Paz

INE - Instituto Nacional de Estadística

2005 Anuario Estadístico 2005 versión 1.0, La Paz

Inzunza J.

2003 Meteorología descriptiva, 5ta versión, Santiago

IPCC - Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

2000 Informe Especial del IPCC. Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura en www.ipcc.ch (verificado el 20 de mayo de 2006), Ginebra

IPCC - Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

2005 IPCC Data Distribution Center en <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk> (verificado el 22 de mayo de 2006), East Anglia

IPCC - Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

2001 Tercer Informe de Evaluación. Cambio Climático 2001, La Base Científica, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático en www.ipcc.ch (verificado el 20 de febrero de 2006), Ginebra

Jaramillo

s.a. El Cambio Climático y la capa de ozono en www.union.org.mx (verificado el 28 de mayo de 2006), México

Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación

s.a. Estrategia Nacional de implementación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, s.e., La Paz

CINU - Naciones Unidas Centro de Información

1998 Centro de información, México, Cuba y republica Dominicana

en www.cinu.org.mx (verificado el 25 de febrero de 2006), México

NASA - National Aeronautics and Space Administration

2006 Ozono en <http://jwocky.gsfc.nasa.gov> (verificado el 28 de mayo de 2006)

Neumman-Redlin et. al.

s.a. Hidrogeología del Valle Central de Cochabamba, Bolivia en
www.bgr.bund.de (verificado el 10 de mayo de 2006), s.e. s.l.

PNCC - Programa Nacional de Cambios Climáticos

2001 Inventario de Emisiones 1990-2000, s.e., La Paz

PNCC - Programa Nacional de Cambios Climáticos

s.a. Informe Nacional, s.e., s.l

SIFOR/BOL - Sistema Nacional de Información Forestal - Bolivia

2000 Mapa Forestal de Bolivia, La Paz

SNE - Superintendencia Nacional de Energía

2000 Balance Nacional de Energía, La Paz

Universidad Politécnica de Cataluña

2000 "Incremento del CO₂" en <http://biblioteca.upc.es>
(verificado el 15 de marzo de 2006), Cataluña

Uherek, et. al.

2004 "Enfriamiento estratosférico" en www.atmosphere.mpg.de
(verificado el 20 de mayo de 2006)

Wikipedia

s.a. Pagina WEB en <http://es.wikipedia.org>
(verificado el 20 de marzo de 2006)

SENAMHI - Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

2002. Clima actual de Bolivia. <http://www.senamhi.gov.bo/meteorologia/nino.php>
(verificado 15 de septiembre de 2006)

Glosario

a.C.	Antes de Cristo
ACACIA	Consortio para la Aplicación de Evaluaciones de Impacto Climático
ACV	Análisis del Ciclo de Vida
ADN	Acido desoxirribonucleico, constituye el material genético de los organismos. Es el componente químico primario de los cromosomas y el material del que los genes están formados.
AND	Autoridad Nacional Designada
APyC	Asociación de Productores de Yeso y Cal
ATP	Adenosina trifosfato, es una molécula que consta de una purina (adenina), un azúcar (ribosa), y tres grupos fosfato. Gran cantidad de energía para las funciones biológicas se almacena en los enlaces de alta energía que unen los grupos fosfato y se liberan cuando uno o dos de los fosfatos se separan de las moléculas de ATP.
BOLFOR	Bolivia Forestal
CC	Cambio Climático
CEL - 4	Cocina Eficiente a Leña de 4W de potencia
CERs	Certificados de Emisiones Reducidas (CERs por sus siglas en inglés)
CGIAB	Comisión para la Gestión Integral del Agua en Bolivia
CI	Conservación Internacional
CIDE	Comercio Internacional de Derechos de Emisión
CIN	Comité Intergubernamental de Negociación
CINER	Centro de Información en Energías Renovables
CINU	Naciones Unidas Centro de Información
CMNUCC o UNFCCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNE	Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (Costa Rica)
CNI	Cámara Nacional de Industrias
CNUCUSDB	Convenio de Naciones Unidas sobre Conservación y Uso Sostenible de la Diversidad Biológica
CoP	Conferencia de las Partes
CTH	Circulación Termohalina
CORDELIM	Oficina Nacional de Promoción del Mecanismo de Desarrollo Limpio de Ecuador
DMAEPN	Departamento de Medio Ambiente de la Escuela Politécnica Nacional
ENI	Estrategia Nacional de Implementación
ENOS	El Niño - Oscilación del Sur (o ENSO en inglés)
EPA	Environmental Protection Agency
ERF - 2000	Evaluación de los Recursos Forestales mundiales 2000
FAN	Fundación Amigos de la Naturaleza
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FMAM	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
FUNDESNAF	Fundación para el Desarrollo del Sistema Nacional de Areas Protegidas
GCM	Modelos de Circulación General
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLP	Gas Licuado de Petróleo

GRID	Bases de Datos sobre Recursos Mundiales ICSU Consejo Internacional para las Ciencias (ICSU por sus siglas en inglés)
IE-EE	Informe Especial sobre Escenarios de Emisiones del IPCC.
INE	Instituto Nacional de Estadística
INFOTERRA	Red Mundial de Intercambio de Información y Servicios de Respuesta a Preguntas Técnicas sobre Medio Ambiente
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change o Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático
IS92	Escenario de Emisiones publicado en 1992 en el reporte suplementario a los asesores del IPCC. El IS92 consta de 6 escenarios IS92a, IS92b, IS92c, IS92d, IS92e, IS92f.
IUCC	Information Unit on Climate Change - Servicio de Información sobre Cambio Climático
LULUCF	Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y del Sector Forestal (LULUCF por sus siglas en inglés)
MACA	Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MoP	Reunión entre Partes
m.s.n.m.	Metros Sobre el Nivel del Mar
NADPH o NADP	Nicotiamida-Adenina Dinucleotido fosfato, es una coenzima utilizada en la fase oscura de la fotosíntesis (ciclo de Calvin) que se encarga de reducir el CO ₂ a carbón orgánico (Es una coenzima y recibe hidrógenos para convertirse).
NASA	National Aeronautics and Space Administration
OAN	Oscilación del Atlántico Norte
ODL	Oficina de Desarrollo Limpio
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OMM o WMO	Organización Meteorológica Mundial o World Meteorological Organization
OMS o WHO	Organización Mundial de la Salud o World Health Organization
ONGs	Organización No Gubernamental
ONU, UN o UN	Organizaron de las Naciones Unidas
OS	Oscilación del Sur
PAC-NK	Proyecto de Acción Climática Noel Kempff (PAC-NK)
PCG o GWP	Potencial de Calentamiento Global o Global Warming Potential (GWP)
PK	Protocolo de Kyoto
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PMC	Programa Mundial sobre el Clima
PM10	Material Particulado menor a 10 m
PNA	Plan Nacional de Adaptación
PNB	Producto Nacional Bruto
PNCC	Programa Nacional de Cambios Climáticos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
POPs	Contaminantes Orgánicos Persistentes (POPs en inglés)
PPP	Public-Private-Partnership
SBI	Organo Subsidiario de Ejecución
SBSTA	Organo Subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico
SERNAP	Servicio Nacional de Áreas Protegidas

SI	Sistema Internacional de Unidades
SIE	Segundo Informe de Evaluación del IPCC
SIFOR/BOL	Sistema Nacional de Información Forestal - Bolivia
USGS	United State Geological Survey
SNE	Superintendencia Nacional de Energía
TAR	Tercer Reporte de Evaluación (Third Assesment Report) del IPCC
TER	Tasas de Emigración Requeridas
TNC	The Nature Conservancy
VPTMA	Viceministerio de Planificación Territorial y Medio Ambiente
UE	Unión Europea
UKHI	United Kingdom Meteorological Office
URE	Unidades de Reducción de Emisiones
UV	Ultra Violeta (radiación proveniente de la actividad solar)
WCP	Programa Climático Mundial (WCP por sus siglas en inglés)
WWF	World Wild Foundation
ZCIT	Zona de Calmas Ecuatoriales o Zona de Convergencia Intertropical

COMPUESTOS QUÍMICOS

CH ₄	Metano
CFC o CFCs	Clorofluorocarbonos
CO ₂	Gas dióxido de carbono
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano
HFCs	Hidrofluorocarbonos
NO	Oxido nítrico u Oxido de nitrógeno
NO _x	Oxidos de nitrógeno
N ₂	Nitrógeno gaseoso
N ₂ O	Oxido nitroso
O	Oxígeno atómico o átomo de oxígeno
O ₂	Oxígeno gaseoso
O ₃	Ozono
PFCs	Perfluorocarbonos
SF ₆	Hexafluoruro de azufre

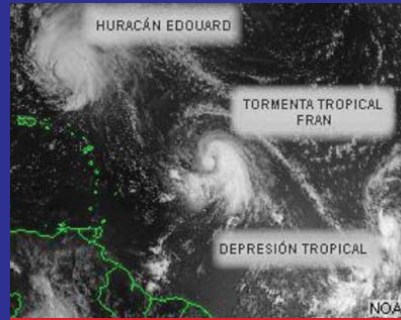
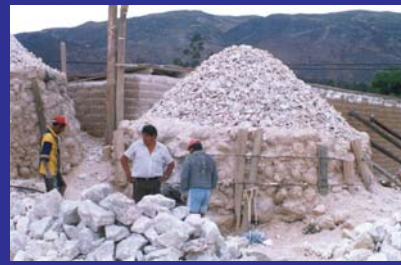
UNIDADES DEL SISTEMA INTERNACIONAL

a	año; 1a = 365 d
atm	Simboliza la unidad de presión en atmósfera estándar; 1 atm = 101 325 Pa
BEP hab ⁻¹	Barril equivalente de petróleo por habitante (medida de consumo de recursos energéticos)
°C	Además de la cantidad de temperatura termodinámica (símbolo T), expresado en la unidad kelvin, se usa también la cantidad de temperatura Celsius (símbolo t) definida por la ecuación $t = T - T_0$, donde $T_0 = 273,15$ K por definición.

Para expresar la temperatura Celsius, se utiliza la unidad de grados Celsius, símbolo °C, el cual es igual en magnitud a la unidad kelvin; en este caso, "grado Celsius" es un nombre especial usado en lugar de "kelvin".

Un intervalo o diferencia de temperatura Celsius puede ser expresado en unidades kelvin así como en unidades de grados Celsius.

$^{\circ}\text{C}\cdot\text{km}^{-1}$ ó $^{\circ}\text{C}/\text{km}$	Cambio en la temperatura (en grados centígrados) por cada kilómetro de aumento vertical
d	día; 1d = 24 h
Gg	Giga gramos (medida de masa). Giga representa un factor multiplicador de 109 ó 1 000 000 000.
$\text{gr}\cdot\text{cm}^{-3}$ ó gr/cm^3	gramos (masa) presentes en un centímetro cúbico (volumen) medida de densidad
GtC	Giga toneladas de Carbono. Giga representa un factor multiplicador de 109 ó 1 000 000 000.
h	hora; 1h = 60 min = 3600 s
ha	hectáreas, medida de superficie, generalmente utilizada para medir terrenos. 1 ha = 10 000 m ²
ha·a ⁻¹	variación anual de una superficie
hPa	Simboliza la unidad de presión en hecto Pascales (Pa); 1PA = 1N·m ⁻² ó N/m ² = m ⁻¹ ·kg · s ⁻² ó kg/m/s ² . Hecto (h) representa un factor multiplicador de 102 ó 100
K	Es la unidad de temperatura termodinámica, y es la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. Un intervalo de temperatura puede también expresarse en grados Celsius °C
$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ó kg/m^3	kilogramos (masa) presentes en un metro cúbico (volumen) medida de densidad
$\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ ó km/h	Cambio en la distancia (en kilómetros) por cada hora transcurrida (medida de velocidad)
$\text{km}\cdot\text{s}^{-1}$ ó km/s	Cambio en la distancia (en kilómetros) por cada segundo transcurrido (medida de velocidad)
kWh	kilo Watt hora, medida de flujo radiante multiplicado por el factor 103
l a ⁻¹	Cambio en el volumen (en litros) por cada año transcurrido (medida de caudal) 1 l ó L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
l d ⁻¹	Cambio en el volumen (en litros) por cada día transcurrido (medida de caudal) 1 l ó L = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³
µm	micrometro es una medida de longitud cuyo factor multiplicador el 10 ⁻⁶ ó 0,000001
µmol·m ⁻³	En las unidades del sistema internacional (SI) representa una medida de concentración cuyo factor multiplicador es 10 ⁻⁶ ó 0,000001 y puede ser igualado a la expresión ppm.
µmol·m ⁻³ · a ⁻¹	Concentración anual
mbar	Simboliza la unidad de presión en mili bares; 1 bar = 0,1 MPa = 100 kPa = 1000 hPa = 105 Pa. Mili representa un factor multiplicador de 10 ⁻³ ó 0.001.
m ² d ⁻¹	medida de transmisibilidad en hidrogeología
nm	nanometro es una medida de longitud cuyo factor multiplicador el 10 ⁻⁹ ó 0,000000001
t	tonelada métrica, 1 t = 103 kg
Wm ²	Wm ² es una medida de flujo radiante (watt o W) en un área determinada. Su expresión en términos de unidades base del SI es: m ² · kg · s ⁻³ .



ENERGÉTICA
ENERGÍA PARA EL DESARROLLO