

Bolivia Ecológica

EDICIÓN TRIMESTRAL REVISTA Nº 45

AÑO 2007



CAMBIO CLIMÁTICO

- Introducción
- Afrontando el cambio climático global
- ¿Qué es el cambio climático?
- Bases teóricas del cambio climático global
 - Océanos
 - Criósfera
 - Biósfera
 - Geósfera
- La atmósfera
 - Ozono atmosférico
 - Vapor de agua en la atmósfera
 - Dióxido de carbono
- Estructura vertical de atmósfera
- Composición atmosférica
- Principales gases
- El balance energético de la atmósfera
- Balance Radioactivo global
- Cambio climático global (efecto invernadero)
- Emisiones de gases de efecto invernadero en Bolivia
- Emisiones total de Bolivia en términos de CO₂
- Consecuencias del cambio climático
- Efectos del cambio climático
- Cambio climático: El rol de los bosques como sumideros de carbono
- Chaqueo fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero
- Resumen Nacional de emisiones del sector de cambio en el uso de la tierra y silvicultura
- Medidas de mitigación para el sector forestal en Bolivia
- Bibliografía



FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

EDITOR

CENTRO DE ECOLOGÍA DIFUSIÓN
SIMÓN I. PATIÑO

DIRECTORA DE LA PUBLICACIÓN

Carmiña Montoya Köster

ASESOR

Lic. MSc. Alaiza de Acha, Eduardo

COLABORACIÓN

Cristina Torrico Laserna
María Elva Aguilera

FOTO PORTADA

Patiño, Antonio

DISEÑO GRÁFICO

Sandra P. Heredia A.

ÍNDICE

CAMBIO CLIMÁTICO

• Introducción	pág	1
• Afrontando el cambio climático global	pág	1
• ¿Qué es el cambio climático?	pág	2
• Bases teóricas del cambio climático global	pág	3
- Océanos	pág	4
- Criósfera	pág	4
- Biósfera	pág	5
- Geósfera	pág	5
• La atmósfera	pág	6
- Ozono atmosférico	pág	6
- Vapor de agua en la atmósfera	pág	7
- Dióxido de carbono	pág	7
• Estructura vertical de atmósfera	pág	8
• Composición atmosférica	pág	9
• Principales gases	pág	10
• El balance energético de la atmósfera	pág	13
• Balance Radioactivo global	pág	14
• Cambio climático global (efecto invernadero)	pág	15
• Emisiones de gases de efecto invernadero en Bolivia	pág	16
• Emisiones total de Bolivia en términos de CO ₂	pág	17
• Consecuencias del cambio climático	pág	17
• Efectos del cambio climático	pág	18
• Cambio climático: El rol de los bosques como sumideros de carbono	pág	20
• Chaqueo fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero	pág	22
• Resumen Nacional de emisiones del sector de cambio en el uso de la tierra y silvicultura	pág	24
• Medidas de mitigación para el sector forestal en Bolivia	pág	25
• Bibliografía	pág	28

CENTRO DE ECOLOGÍA DIFUSIÓN



FUNDACIÓN SIMÓN I. PATIÑO

Independencia, Esq. Suárez de Figueroa - Tef. / Fax: (+ 591- 3) 3 37 57 26 - Casilla 1674 - Santa Cruz - Bolivia
E-mail: edifusion@fundacionpatino.org - www.cedsip.org

INTRODUCCIÓN

El cambio climático se encuentra actualmente, entre los fenómenos con mayor evidencia y de gran preocupación en el mundo, por sus graves consecuencias ambientales, sociales y económicas. No existe duda, de que las actividades humanas agravan este fenómeno, a través de la quema de **combustibles fósiles** y la **deforestación**. Se trata de un problema global, toda vez que los gases de efecto invernadero no respetan fronteras, razón por la cual, debe recibir tratamiento por parte de la comunidad internacional.

En los últimos años, la Agenda Internacional ha dado trascendencia a la temática del cambio climático, debido fundamentalmente, a los impactos negativos que el planeta ha estado sintiendo, como resultado del incremento excesivo de emisiones de gases de efecto invernadero, que trae consigo la elevación de la temperatura y el cambio en los patrones hidroclimatológicos, que incide con mayor fuerza en los países del tercer mundo.

En ese contexto, Bolivia ratificó en 1994 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático y en el año 1999 el Protocolo de Kyoto, como muestra de su interés por resolver un problema ambiental, que de lo global incide en lo local.

Bolivia cuenta con una Estrategia Nacional de Implementación de la Convención del Cambio Climático, creada en 1999 por Decreto Supremo No. 25558, que establece básicamente que el país en materia de cambio

climático debe priorizar sus acciones hacia la adaptación a dicho proceso, sin descuidar tareas de mitigación y las de reducción de emisiones en los sectores energéticos.

La interacción de todos estos impactos, si no se reduce a tiempo, o si la población no va generando sistemas de adaptación, provocará a su vez impactos negativos trascendentales en la economía del país, razón por la cual, el principio de prevención urge en su aplicación.

AFRONTANDO EL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Agenda 21

El resultado principal de la Conferencia sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), es el más completo de los planes de acción de los años 90 y más allá, adoptado por la comunidad internacional. Representa un conjunto de estrategias integradas y programas detallados para revertir los efectos de la degradación ambiental y promover el desarrollo adecuado y sustentable en todos los países.

Declaración de Río

Proclamación hecha por la Conferencia sobre Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, realizada en Río de Janeiro (Junio 1992), reafirma y construye sobre la declaración de la Conferencia sobre el Ambiente Humano de las Naciones Unidas proclamada en 1972. La meta de la declaración, es establecer la cooperación entre los estados miembros, para lograr acuerdos en las leyes y principios

que promuevan el desarrollo sustentable. La declaración confronta diversas áreas que se relacionan con el cambio climático, generando un contexto de políticas que afrontan el cambio global, incluye: recursos naturales, impactos ambientales del desarrollo, protección de ecosistemas, intercambio de ideas científicas, internalización de costos ambientales, etc.

Convención Marco sobre Cambio Climático

Firmada por 165 estados, compromete a sus firmantes a la meta de "estabilizar la concentración de gases invernadero en la atmósfera a niveles que eviten interferencias antrópicas con el sistema climático". La convención establece como meta provisional, reducir las emisiones de gases invernadero a niveles del año 1990 para el año 2000. La convención establece un protocolo, para que las naciones hagan un inventario de emisiones y puedan seguir sus progresos. También, afronta el tema de financiamiento y transferencia de tecnología, desde los países desarrollados a los países en vías de desarrollo.

Informe de la Segunda Evaluación del IPCC

El IPCC (Internacional Panel on Climate Change: Panel Internacional sobre el Cambio Climático) es un cuerpo internacional, que consta de delegados y científicos intergubernamentales, que desde 1988 están evaluando el calentamiento global. Su última evaluación mayor fue "Cambio Climático 1995", que provee las bases para la reunión de Ginebra y la reunión en Kyoto, Japón en diciembre 1997, que limitará las emisiones antropogénicas de dióxido de carbono (CO₂).

La Síntesis de la Segunda Evaluación, establece:

"Durante las últimas décadas, han resaltado dos importantes factores en la relación entre humanos y el clima mundial. Primero, las actividades humanas, que incluyen la quema de combustibles fósiles, cambios en el uso de las tierras y agricultura, están aumentando las concentraciones de gases invernadero (que tienden a aumentar la temperatura atmosférica) y en algunas regiones, aerosoles (que afectan el aire atmosférico). Estos cambios, juntos, se calcula que cambiarán el clima regional y global, junto con parámetros relacionados con el clima, tales como la temperatura, precipitación, humedad de suelos y el nivel del mar. Segundo, algunas comunidades humanas se han hecho más vulnerables a riesgos tales como tormentas, inundaciones y sequías como el resultado de un aumento de densidad de población en áreas riesgosas como cuencas de ríos y planicies costeras. Cambios serios se han identificado, como el aumento en algunas áreas, de la incidencia de eventos de alta temperatura, inundaciones, pestes, cambios en la composición, estructura y funcionamiento ecológico, incluyendo la productividad primaria". (Pace Energy Project, 1997)

¿QUÉ ES EL CAMBIO CLIMÁTICO?

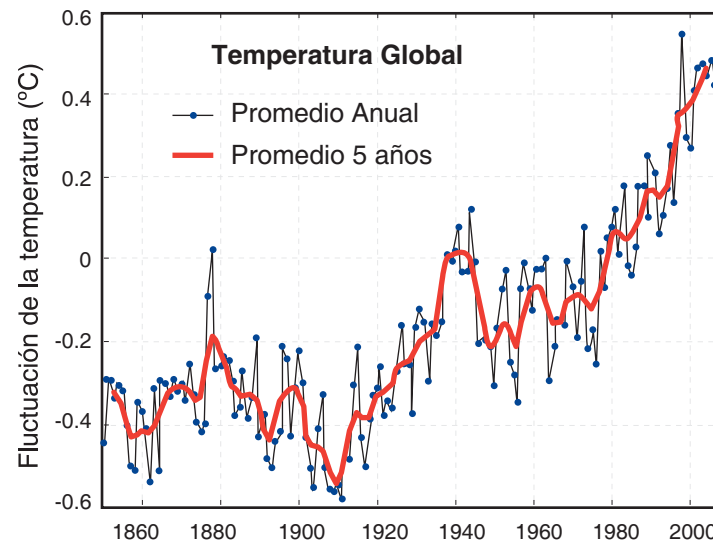
El cambio climático tiene su origen, principalmente por el aumento de concentración de los gases con actividad radiativa (cualidad atribuible a la radiación electromagnética) en la atmósfera, llamados gases de efecto invernadero, que se han ido acumulando desde la era preindustrial. Estos gases, durante las últimas décadas, han incrementado significativamente sus concentraciones debido a una

variedad de actividades humanas, contribuyendo de esta manera al calentamiento del planeta, como consecuencia del desequilibrio radiativo provocado en la atmósfera terrestre.

Además de incrementarse las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O) y ozono troposférico (O_3), y otros gases fotoquímicamente importantes (precursores del ozono), que contribuyen indirectamente al efecto invernadero como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO_x) y los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM), se han incorporado nuevos gases antes no presentes en la atmósfera, como los clorofluorocarbonos (CFC), hidroclorofluorocarbonos (HCFC), hidrofurocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC).

Por otra parte, se debe considerar que el dióxido de azufre (SO_2) contribuye negativamente al efecto invernadero, constituyendo una amenaza para el hombre, los ecosistemas y los recursos naturales.

Sin embargo, el efecto invernadero y sus impactos son todavía difíciles de demostrar, por una parte, debido a que la ciencia del cambio climático es relativamente nueva y los efectos sólo se pueden verificar en períodos largos de tiempo, para lo que se requiere de la información climática correspondiente, y por otra, debido a que las variaciones térmicas de los patrones de precipitación entre regiones, son muy diversos a nivel global, y no se dispone de toda la información necesaria para poder evaluar correctamente estos cambios.



Fuente: O.M.M.

BASES TEÓRICAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL

Para poder comprender el cambio global climático y el aumento de la temperatura global, se debe primero comprender el clima global y como opera.

El clima es consecuencia del vínculo que existe entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo (criósfera), los organismos vivos (biósfera), los suelos, sedimentos y rocas (geósfera).

Sólo si se considera el sistema climático bajo esta visión holística, es posible entender los flujos de materia y energía en la atmósfera y finalmente comprender las causas del cambio global (GCCIP, 1997). Por tanto, describiremos cada uno de los componentes interrelacionados:

Océanos

Existe transferencia de energía al océano, a través de los vientos superficiales, que a su vez movilizan las corrientes oceánicas superficiales globales. Estas corrientes asisten en la transferencia latitudinal de calor, análogamente a lo que realiza la atmósfera. Las aguas cálidas se movilizan hacia los polos y viceversa. La energía también es transferida a través de la evaporación. El agua que se evapora desde la superficie oceánica, almacena calor latente que es luego liberado cuando el vapor se condensa formando nubes y precipitaciones.

Lo significativo de los océanos es que almacenan mucha mayor cantidad de energía que la atmósfera. Esto se debe a la mayor capacidad calórica (4.2 veces a la de la atmósfera) y su mayor densidad (1000 veces mayor). La estructura vertical de los océanos puede dividirse en dos capas, que difieren en su escala de interacción con la atmósfera. La capa inferior, que involucra las aguas frías y profundas, compromete el 80% del volumen oceánico.

La capa superior, que está en contacto íntimo con la atmósfera, es la capa de frontera estacional, un volumen mezclado que se extiende sólo hasta los 100 m de profundidad en los trópicos, pero que llega a varios kilómetros en las aguas polares. Esta capa sola, almacena 30 veces más energía que la atmósfera. De esta manera, un cambio dado de contenido de calor en el océano redundará en un cambio por lo menos 30 veces mayor en la atmósfera. Por ello, pequeños cambios en el contenido energético de los océanos pueden tener un efecto considerable sobre el clima global y claramente sobre la temperatura global (GCCIP, 1997).

El intercambio de energía también ocurre verticalmente, entre la capa de frontera y las aguas profundas. La sal contenida en las aguas marinas se mantiene disuelta en ella al momento de formarse el hielo en los polos, esto aumenta la salinidad del océano. Estas aguas frías y salinas, son particularmente densas y se hunden, transportando en ellas considerable cantidad de energía.

Criósfera

Parte de la corteza terrestre en la cual se forma el hielo (del griego kryos = hielo) y donde se producen procesos relacionados con él o donde prevalecen en gran parte del año condiciones crióticas, es decir, donde los suelos o rocas están a temperaturas bajo cero.

La criósfera es muy sensible a los cambios climáticos. Los efectos del cambio climático global, tienen una acción directa sobre las regiones frías del globo, ocasionando por ejemplo, el retroceso de los glaciares o condicionando los procesos y las formas criogénicas relacionadas con el suelo congelado permanentemente (permafrost).

Bajo estas circunstancias, hay que considerar también lo que un calentamiento general del globo terráqueo puede traer conjuntamente en cadena. La aparición de un aumento en los valores de metano, por descongelamiento del permafrost en ambientes de turberas o en el ambiente criogénico andino, la fuerte reducción del recurso hídrico por el decrecimiento del permafrost, (reservorios de agua).

Biósfera

La vida puede encontrarse en casi cualquier ambiente terrestre. Pero al discutir el sistema climático es conveniente considerar la biósfera como un componente discreto, al igual que la atmósfera, océanos y la criósfera.

La biósfera afecta al albedo (capacidad de las superficies, o suelos de reflejar la radiación solar incidente) de la Tierra, sea sobre la tierra como en los océanos.

Algunos científicos, indican que la quema de combustibles fósiles no es tan desestabilizante como la tala de bosques y la destrucción de los ecosistemas que mantienen la producción primaria de los océanos (Anderson *et al*, 1987).

La biósfera también se ve afectada por los flujos de ciertos gases de efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono y el metano. El plancton de las superficies oceánicas utilizan el dióxido de carbono disuelto para la fotosíntesis. Esto, establece un flujo del gas con el océano, de hecho fijando gas desde la atmósfera. Al morir el plancton, transporta el dióxido de carbono a los fondos oceánicos. Esta productividad primaria reduce la concentración atmosférica del dióxido de carbono y debilita significativamente el efecto invernadero terrestre natural.

Se estima que hasta el 80% del oxígeno producido por la fotosíntesis, es resultado de la acción de las algas oceánicas, especialmente las áreas costeras. Por ello, la contaminación acuática en esos sectores podría ser muy desestabilizante (Anderson *et al*, 1987).

La biósfera también se ve afectada por la cantidad de aerosoles en la atmósfera. Billones de esporas, virus, bacterias, polen y otras especies orgánicas diminutas son transportadas por los vientos y afectan la radiación solar incidente, influenciando en el equilibrio energético global.

La productividad primaria oceánica, produce compuestos conocidos como dimetilsulfidos, que en la atmósfera se oxidan para formar sulfatos aerosoles que sirven como núcleos de condensación para el vapor de agua, ayudando así a la formación de nubes. Las nubes a su vez, tienen un complejo efecto sobre el balance energético climático. Por lo que cualquier cambio en la productividad primaria de los océanos, puede afectar indirectamente el clima global.

Geósfera

Consiste en suelos, sedimentos y rocas de las masas de tierra, corteza continental y oceánica, y en última instancia, el interior mismo de la Tierra. Tienen un rol de influencia sobre el clima global que varía en las escalas temporales.

Variaciones en el clima global que se extienden por decenas y hasta centenas de millones de años, se deben a modulaciones interiores de la Tierra. Los cambios en la forma de las cuencas oceánicas y el tamaño de las cadenas montañosas continentales, influyen en las transferencias energéticas del sistema climático.

En escalas mucho menores de tiempo, procesos químicos y físicos alteran ciertas características de los suelos, tales como la disponibilidad de humedad, la escorrentía, y los

flujos de gases invernadero y aerosoles hacia la atmósfera y los océanos. El vulcanismo, aunque es impulsado por el lento movimiento de las placas tectónicas, ocurre regularmente en escalas de tiempo mucho menores. Las erupciones volcánicas agregan dióxido de carbono a la atmósfera que ha sido removida por la biosfera y emiten además, grandes cantidades de polvo y aerosoles. Estos procesos explican someramente, como la geósfera puede afectar el sistema climático global (GCCIP, 1997).

LA ATMÓSFERA

La atmósfera terrestre es la envoltura gaseosa que rodea a la tierra y que permanece unida a ella gracias a la atracción de la fuerza gravitatoria. Su límite inferior son los continentes y los océanos de la superficie del planeta, se extiende más allá de los 1 000 km de altura. La densidad de la atmósfera disminuye con la altura a medida que la presión atmosférica va siendo menor, de manera que en los primeros 5 km se encuentra contenida la mitad de su masa total.

El aire de la atmósfera está compuesto por una mezcla de gases, cuya proporción se mantiene prácticamente constante en las capas bajas, y por una serie de partículas sólidas y líquidas que se encuentran presentes en suspensión en cantidades variables.

La composición del aire seco por volumen, al nivel del mar, se ilustra en la tabla siguiente, esta se refiere a un lugar alejado de ciudades grandes e incendios de bosques:

Composición del aire seco

Gas	% en volumen
Nitrógeno	78.084
Oxígeno	20.946
Argón	0.934
Dióxido de carbón	0.033
Neón	0.00182
Helio	0.00052
Criptón, Hidrógeno, Zenón, Ozono, Radón, etc.	0.00066

Fuente: Alaiza de Achá, Eduardo

Por lo general, los gases de la atmósfera están presentes en la misma proporción hasta una altitud de aproximadamente de 80 km, (homosfera). Existen sin embargo, dos excepciones importantes: ozono (O₃) y vapor de agua (H₂O). También se encuentra alguna variabilidad en el dióxido de carbón (CO₂) en niveles bajos.

Ozono atmosférico

Las moléculas de ozono(O₃) consisten en tres átomos de oxígeno. La concentración de ozono varía con la altitud, latitud y estado del tiempo.

La mayoría de ozono se forma en la estratosfera superior como resultado de procesos, que incluyen la absorción de radiación ultravioleta. Las moléculas del ozono entonces, tienden a hundirse en la atmósfera y acumularse en la estratosfera baja, en altitudes entre los 15 a 25 km.

Pequeñas cantidades de ozono se producen también en el aire, cerca de la superficie de la tierra, como resultado de descargas eléctricas. Sin embargo, la concentración de ozono en cualquier altitud particular varía considerablemente debido a la circulación atmosférica.

La presencia del ozono en la estratosfera es esencial para nuestro bienestar en la tierra. Mediante la absorción de una gran cantidad de radiación letal ultravioleta del sol, hace posible la vida humana, animal y vegetal en la superficie de la tierra.

Vapor de agua en la atmósfera

La atmósfera nunca está seca. El vapor de agua está siempre presente, aunque en cantidades variables. En áreas tropicales calientes costeras puede llegar a una concentración de aproximadamente 3% de la masa de una muestra de aire. Al contrario en algunas localidades, ocurre en proporciones tan pequeñas que es difícil de medir.

Es notable como cantidades relativamente pequeñas de vapor de agua, pueden producir variaciones tan grandes en el tiempo. Esto se debe principalmente a los cambios que ocurren en su concentración en la troposfera, particularmente por debajo de los 6 km de altura, donde se encuentra una alta proporción de humedad. El vapor de agua entra primero a la atmósfera desde la superficie de la tierra mediante la evaporación de superficies de agua y por la transpiración de la vida vegetal; luego pasa al estado líquido o sólido y finalmente regresa a la superficie de la tierra como rocío, llovizna, lluvia, nieve o granizo.

En términos generales, la concentración de vapor de agua en la atmósfera disminuye con la altura, aunque de tiempo en tiempo esta distribución puede revertirse en algunas partes de la atmósfera.

Dióxido de carbono

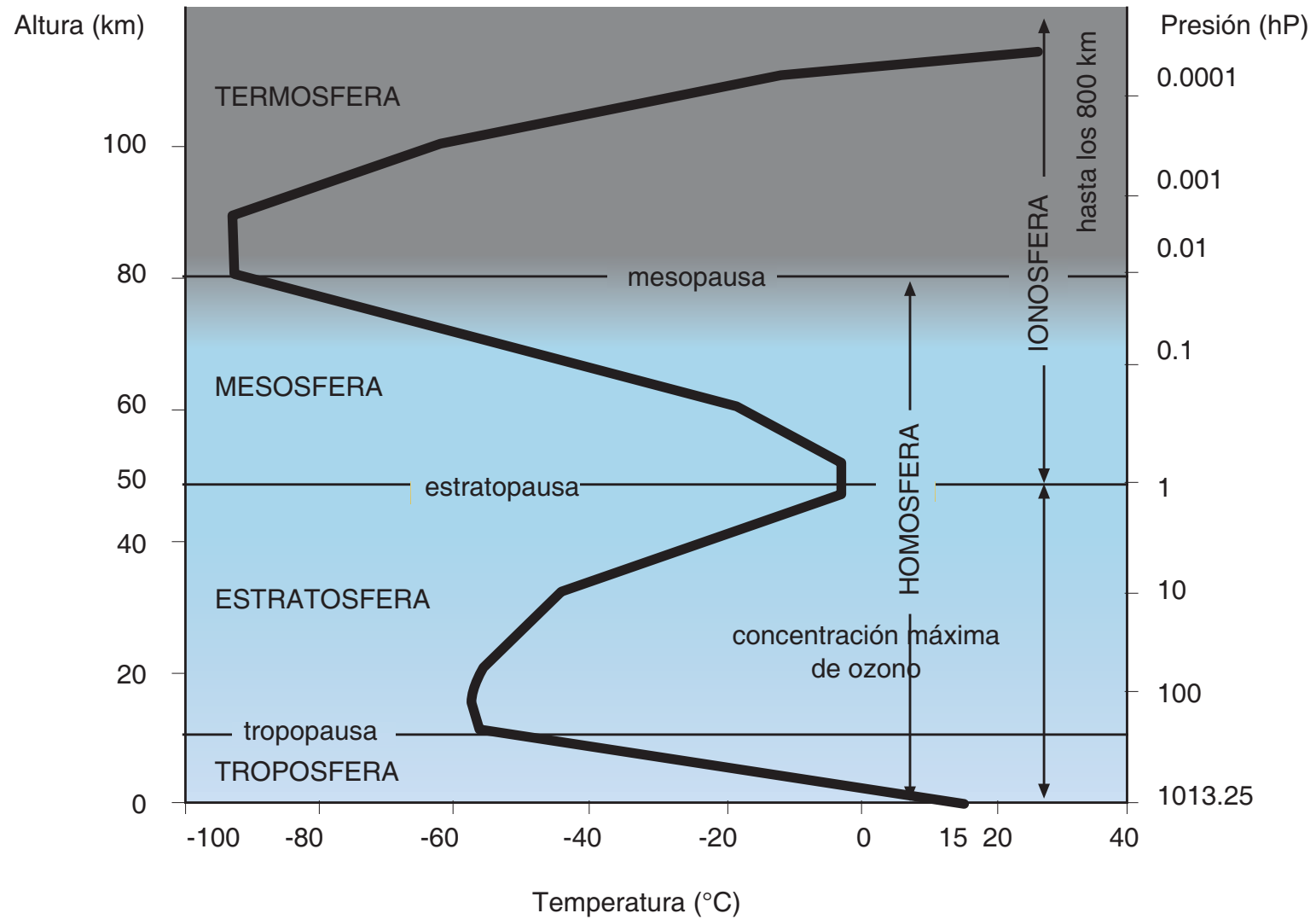
El dióxido de carbono (CO₂), ingresa a la atmósfera por procesos como la respiración humana y animal, la quemazón de materiales que contienen carbono y la actividad volcánica.

Aproximadamente un 99% del dióxido de carbono de la tierra, es disuelto en las aguas de los océanos. Sin embargo, la solubilidad varía con la temperatura, por lo tanto, el dióxido de carbono entra o sale del océano como resultado de los cambios de temperatura. Estos afectan la concentración de dióxido de carbono en el aire.

Se estima que el monto anual de dióxido de carbono que entra y sale del aire, representa aproximadamente una décima parte del total de contenido de dióxido de carbono de la atmósfera.

La concentración de dióxido de carbono cerca del suelo es variable. En las ciudades es elevado. Sólo a pocos metros del suelo y lejos de áreas industriales, las variaciones de los valores dados en la tabla de “composición del aire seco” son relativamente pequeñas. Sin embargo, en la alta atmósfera la distribución del dióxido de carbón es menos conocida.

ESTRUCTURA VERTICAL DE LA ATMÓSFERA



Elaboración: Alaiza de Achá, Eduardo

La estructura de la atmósfera esta compuesta por:

La **troposfera** o baja atmósfera, es la que está en íntimo contacto con la superficie terrestre y se extiende hasta los 11 km snm en promedio (Miller, 1991). Tiene un grosor que varía desde 8 km en los polos hasta 16 km en el Ecuador. Abarca el 75% de la masa de gases totales que componen la atmósfera

El aire de la troposfera incluye vapor de agua en cantidades variables de acuerdo a condiciones locales, por ejemplo, desde 0,01% en los polos hasta 5% en los trópicos (Miller, 1991).

La temperatura disminuye con la altura, en promedio de 6,5° C por kilómetro. La mayoría de los fenómenos que involucran el clima ocurren en esta capa de la atmósfera (Kaufmann, 1968), en parte sustentados por procesos convectivos que son establecidos por el calentamiento de gases superficiales, que se expanden y ascienden a niveles más altos de la troposfera, donde nuevamente se enfrían (GCCIP, 1997).

La **tropopausa** marca el límite superior de la tropósfera, sobre la cual la temperatura se mantiene constante antes de comenzar nuevamente a aumentar por sobre los 20 km snm Esta condición térmica, evita la convección del aire y confina de esta manera el clima a la troposfera (GCCIP, 1997).

La capa sobre la tropopausa en la que la temperatura comienza a ascender se llama **estratosfera**, esta capa alcanza los 50 km. de altura.

Contiene pequeñas cantidades de los gases de la troposfera en densidades decrecientes proporcionales a la altura. Incluye también, cantidades bajísimas de ozono (O₃) que filtran el 99% de los rayos ultravioleta (UV) provenientes de las radiaciones solares (Miller, 1991). Es esta absorción de UV, la que hace ascender la temperatura desde los -60 °C hasta cerca de los 0 °C. de temperatura, permitiendo que la capa sea muy estable y evitando turbulencias. Está cubierta a su vez, por la **estratopausa**, otra inversión térmica a los 50 km. (GCCIP, 1997).

La **mesosfera** se extiende por encima de los 50 km, la temperatura desciende hasta -100 °C, a los 80 km su límite superior.

Por encima de los 80 km snm, sobre la mesosfera, se extiende la **termosfera**, en ella la temperatura asciende continuamente hasta por encima de los 1 000 °C. Por la baja densidad de los gases a esas altitudes las condiciones de temperatura, no son comparables a las que existirían en la superficie (GCCIP, 1997).

COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

La atmósfera está compuesta por una mezcla de varios gases y aerosoles (partículas sólidas y líquidas en suspensión) formando un sistema integrado con todos sus componentes. Entre sus variadas funciones mantiene condiciones aptas para la vida. Su composición es homogénea, resultado de procesos de mezcla, el 50% de la masa está concentrado por debajo de los 5 km snm.

La composición del aire de la homósfera, se mantiene constante gracias a los continuos movimientos verticales que aseguran su mezcla continua. Las turbulencias impiden que los gases menos pesados, como el hidrógeno y el helio, se disgreguen de los más pesados y escapen hacia los más altos.

Los gases más abundantes son, el N₂ y O₂. Los gases de invernadero cumplen un rol crucial en la dinámica atmosférica, entre los que podemos citar dióxido de carbono, metano, óxidos nitrosos, ozono, halocarbonos, aerosoles, entre otros.

Debido a su importancia y el rol que juegan en el cambio climático global, se analizan a continuación.

Previamente, es importante entender que el clima terrestre depende del balance energético, entre la radiación solar y la radiación emitida por la Tierra. En esta reirradiación, sumada a la emisión de energía geotectónica, los gases de invernadero juegan un rol crucial.

Antes de describir los gases atmosféricos, incluidos los gases de invernadero, es importante identificar las *fuentes*, *reservorios* o *sumideros* y el *ciclo de vida* de cada uno de ellos, datos cruciales para controlar la contaminación atmosférica.

Una **fuentes**, es el punto o lugar donde un gas, o contaminante es emitido, o sea desde el lugar por donde entra a la atmósfera.

Un **sumidero**, es un punto o lugar en el cual el gas es removido de la atmósfera, ya sea por reacciones químicas

o por absorción de otros componentes del sistema climático, incluyendo océanos, hielos y tierra.

El **ciclo de vida** denota el periodo promedio que una molécula contaminante que se mantiene activa en la atmósfera. Esto se determina por las velocidades de emisión y de captación en reservorios.

Se entiende por **adaptación**, a las acciones que puedan reducir la vulnerabilidad de un país ante el cambio climático, toda vez, que muchos sectores de la economía se verán afectados por los impactos del cambio climático (agricultura ligada a la seguridad alimentaría, los recursos hídricos reducirán sus volúmenes en unos casos y en otros generalmente inundaciones, salud con la presencia de enfermedades transmisibles, etc.). A nivel forestal, la alteración de zonas húmedas en semi húmedas o en semi secas, tendrán efectos negativos para los bosques y la biodiversidad.

La capacidad de adaptación, se refiere a la capacidad de una población para ajustarse al cambio climático (incluso a la variabilidad del clima y a los episodios extremos) de tal manera, de reducir los posible daños, aprovechar las oportunidades que este cambio podría significar o afrontar sus consecuencias.

PRINCIPALES GASES

Dióxido de carbono

El dióxido de carbono, es actualmente responsable de más del 60% del "efecto de invernadero ampliado", es decir, del

efecto agregado por la actividad humana. Este gas se da naturalmente en la atmósfera pero la combustión de carbón, petróleo y gas natural está liberando el carbono almacenado en estos combustibles fósiles a una velocidad sin precedentes.

Los niveles de dióxido de carbono parecen haber variado en menos del 10% durante los 10 mil años que precedieron a la industrialización. Sin embargo, en los 200 años que siguieron a 1800, los niveles se han elevado a más del 30%. Aún cuando la mitad de las emisiones de dióxido de carbono producidas por la actividad humana es absorbida por los océanos y la vegetación terrestre, los niveles atmosféricos siguen aumentando en más del 10% cada 20 años.

Fuentes naturales: respiración, descomposición de materia orgánica, incendios forestales naturales.

Fuentes antropogénicas: quema de combustibles fósiles, cambios en uso de suelos (principalmente deforestación), quema de biomasa, manufactura de cemento.

Sumidero: absorción por las aguas oceánicas, y organismos marinos y terrestres, especialmente bosques y fitoplancton.

Ciclo de vida: entre 50 y 200 años.

Metano

Los niveles de metano en la atmósfera, ya han crecido en un promedio de dos y medio veces durante la era industrial. Las principales nuevas fuentes de este poderoso gas de invernadero son la deforestación con fines de habilitación



Bombiat, Christian

Incendios aportan al calentamiento global.

de tierras para la agricultura, en particular los arrozales inundados y la expansión para la cría de ganado. También contribuyen las emisiones del vertido de desechos y las fugas de la extracción de carbón y producción de gas natural.

El metano de las emisiones arriba mencionadas contribuye actualmente en un 20% al efecto invernadero ampliado. El rápido aumento del metano comenzó más recientemente que el del dióxido de carbono, pero la contribución del primero se le ha ido poniendo a la par rápidamente. Sin embargo, el metano tiene un tiempo de vida atmosférico efectivo de sólo doce años, mientras que el dióxido de carbono persiste durante un periodo mucho más prolongado.

Fuentes naturales: a través de la descomposición de materia orgánica en condiciones anaeróbicas, también en los sistemas digestivos de termitas y rumiantes.

Fuentes antropogénicas: a través de cultivos de arroz, quema de biomasa, quema de combustibles fósiles, vertederos y el aumento de rumiantes como fuente de carne.

Sumidero: reacción con radicales hidroxilo en la troposfera y con el monóxido de carbono (CO) emitido por acción antropogénica.

Óxido nitroso

Se trata de una serie de gases industriales y de ozono, que contribuyen al restante 20% del efecto invernadero ampliado.

Fuentes naturales: producido naturalmente en océanos y bosques lluviosos.

Fuentes antropogénicas: producción de nylon y ácido nítrico, prácticas agrícolas, automóviles con convertidores catalíticos de tres vías, quema de biomasa y combustibles.

Sumidero: reacciones fotolíticas, consumo por los suelos puede ser un sumidero pequeño, pero aún no ha sido bien evaluado.

Halocarbonos

Son compuestos mayormente de origen antrópico que contienen carbono y halógenos como cloro, bromo, flúor y a veces hidrógeno; a este grupo pertenecen los clorofluorcarbonos (CFC), hidroclorofluorcarbonos (HCFC) y los hidrofluorcarbonos (HFC).

Clorofluorcarbonos (CFC)

Los CFC se están estabilizando debido a los controles de emisiones introducidos en el marco del Protocolo de Montreal para proteger la capa del ozono estratosférica; sin embargo, los niveles de gases de vida prolongada como los HFC, los PFC y el hexafloruro de sulfuro están en aumento.

Ozono

Es el principal oxidante fotoquímico presente en la atmósfera. La naturaleza del ozono, forma parte integrante de la composición química de la estratosfera, cumpliendo con la importante función de proteger la superficie de la Tierra de los rayos ultravioleta, provenientes de la radiación solar. Sin embargo, la presencia del ozono en la capa baja de la atmósfera (troposfera) –donde se desarrolla la vida de la

mayoría de los organismos– se debe a la transformación que sufren los hidrocarburos y óxidos de nitrógeno, por medio de reacciones fotoquímicas.

Si bien los niveles de ozono estratosférico están disminuyendo, los niveles de este gas se están elevando en algunas regiones en la capa inferior de la atmósfera, debido a la contaminación del aire.

Agua

El factor que más contribuye al efecto invernadero, es el vapor de agua, aunque su presencia en la atmósfera no está determinada por la actividad humana.

El vapor de agua es un constituyente vital de la atmósfera, en un promedio del 1% por volumen, aunque con variaciones significativas en las escalas temporales y espaciales. Por su abundancia, es el gas de invernadero de mayor importancia, jugando un rol vital en el balance global energético de la atmósfera.

Aerosoles

La variación en la cantidad de aerosoles afecta también el clima. Incluye polvo, cenizas, cristales de sal oceánica, esporas, bacterias, etc., etc. Sus efectos sobre la turbidez atmosférica pueden variar en cortos periodos de tiempo, por ejemplo tras una erupción volcánica.

A largo plazo, los efectos son bastante equilibrados debido al efecto natural de limpieza atmosférica, aunque el proceso nunca es completo. Las fuentes naturales se calculan que

son de 4 a 5 veces mayores que las antropogénicas. Tienen el potencial de influenciar fuertemente la cantidad de radiación de onda corta que llega a la superficie terrestre.

Los aerosoles creados por el hombre tienen un efecto de enfriamiento general. Las emisiones de sulfuros de las centrales de energía alimentadas con carbón o petróleo y la combustión de material orgánico, producen partículas microscópicas que pueden reflejar la luz del sol devuelta en el espacio y afectar también a las nubes.

EL BALANCE ENERGÉTICO DE LA ATMÓSFERA

La Tierra recibe energía del Sol en forma de radiación electromagnética, la superficie terrestre recibe radiación ultravioleta (UV) y radiación visible y emite radiación terrestre en forma de radiación infrarroja.

Estos dos grandes flujos energéticos deben estar en equilibrio, pero la atmósfera afecta la naturaleza de este balance. Los gases invernadero permiten que la radiación de onda corta solar penetre sin impedimento pero absorben la mayor parte de la emisión de ondas largas terrestres. Por ello, la temperatura global promedio es de 288K o 15 °C, 33° más alta que si no existiera atmósfera. Este efecto se llama el "Efecto Invernadero" (GCCIP, 1997).

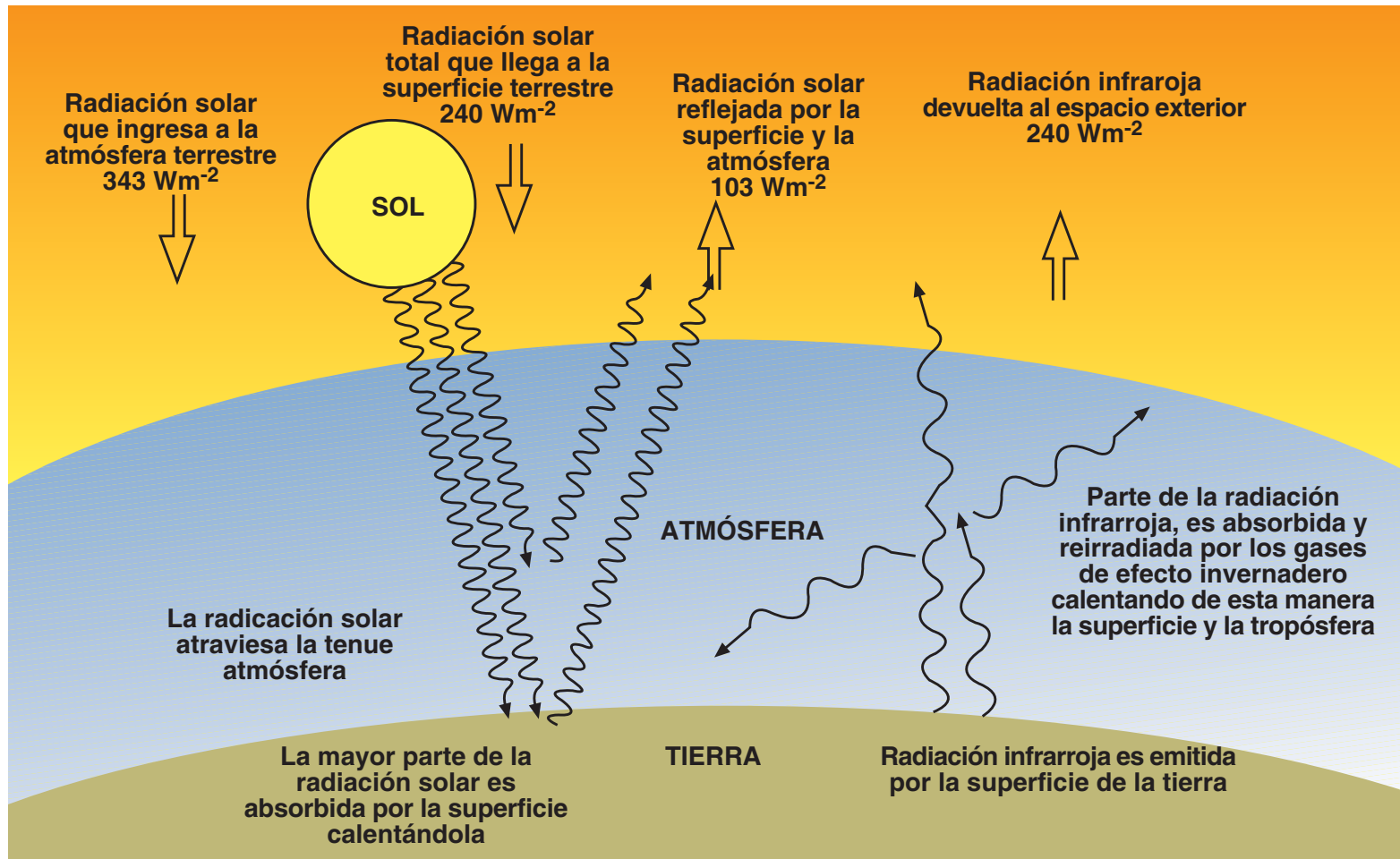
Los flujos de humedad, masa y otros dentro de la atmósfera y los componentes del sistema climático deben estar en equilibrio.

El balance de los flujos determina el estado de los climas y los factores que influyan sobre ellos a escala global deben ser considerados los causantes del cambio global.

BALANCE RADIATIVO GLOBAL

El balance radiativo global, se interpreta como el equilibrio entre la radiación solar incidente del sol (de onda corta 0.15 a 4 micrones) y la radiación terrestre reflejada al espacio

exterior por la superficie y la atmósfera terrestre (de onda larga 4-80 micrones).



CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL (Efecto invernadero)

El efecto invernadero es un fenómeno atmosférico natural que permite mantener la temperatura del planeta, al retener parte de la energía proveniente del Sol. El aumento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) proveniente del uso de combustibles fósiles, ha provocado la intensificación del fenómeno y el consecuente aumento de la temperatura global, el derretimiento de los hielos polares y el aumento del nivel de los océanos.

La razón de esta discrepancia de temperatura, es debido a que la atmósfera es casi transparente a la radiación de onda corta, pero absorbe la mayor parte de la radiación de onda larga emitida por la superficie terrestre. Varios componentes atmosféricos, tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono tienen frecuencias moleculares vibratorias en el rango espectral de la radiación terrestre emitida. Estos gases de invernadero absorben y reemiten la radiación de onda larga, devolviéndola a la superficie terrestre, causando el aumento de temperatura, fenómeno denominado Efecto Invernadero (GCCIP, 1997).

Una de las muchas amenazas a los sistemas de sostén de la vida, resulta directamente de un aumento en el uso de los recursos: la quema de combustibles fósiles y la tala y quema de bosques, liberan dióxido de carbono.

La acumulación de este gas, junto con otros, atrapa la radiación solar cerca de la superficie terrestre, causando un calentamiento global. Esto podría en los próximos 45 años, aumentar el nivel del mar lo suficiente como para inundar ciudades costeras en zonas bajas y deltas de ríos.

También alteraría drásticamente la producción agrícola internacional y los sistemas de intercambio (WMO, 1986). Los principales gases del efecto invernadero, están aumentando como resultado de la actividad humana.

La Tierra, al calentarse bajo el influjo de la energía solar que atraviesa su atmósfera, devuelve parte de esta energía al espacio en forma de radiación infrarroja. Los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera impiden que la radiación infrarroja escape directamente de la superficie al espacio, en tanto esta radiación no puede atravesar directamente el aire como la luz visible.

El aumento de gases invernadero atmosféricos ha incrementado la capacidad que tiene para absorber ondas infrarrojas, aumentando su reforzamiento radiativo, que aumenta la temperatura superficial. Este fenómeno se mide en watts por metro cuadrado (W/m²).

Los principales gases de efecto invernadero son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el ozono, el metano, el óxido nitroso, los halocarbonos y otros gases industriales creados por el hombre.

Si bien estos gases en su conjunto representan menos del 1% de la composición de la atmósfera, cumplen la vital función de producir el "efecto invernadero natural", gracias al cual existe la vida en el planeta tal y como la conocemos.

De esta manera, el problema no radica en la existencia y comportamiento de estos gases, que resultan esenciales para la vida, sino en el hecho de que los principales GEI (posiblemente con la excepción del vapor de agua) están

umentando como resultado directo de la actividad humana, en particular las emisiones de dióxido de carbono principalmente de la combustión de carbón, petróleo y gas natural, el metano y el óxido nitroso debido esencialmente a la agricultura, la descomposición de la materia orgánica y a los cambios en el uso de la tierra, el ozono generado por los escapes de los automotores y otras fuentes, y los gases industriales de vida prolongada tales como los clorofluorocarbonos (CFC), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los hidrocarburos perfluorados (PFC). De esta forma, el efecto invernadero natural es sobrepasado por el impacto de la actividad humana.

EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN BOLIVIA

Las estimaciones de las emisiones de GEI que se presentan a continuación, se encuentran separadas por sectores y por categorías de fuentes de emisión y sumideros en el caso de absorción.

Los diferentes sectores y categorías corresponden a los recomendados por las metodologías estándar 1996 del IPCC, para la elaboración de inventarios de gases de efecto invernadero.

Resultados de las estimaciones de emisiones en Bolivia, muestran que el gas de efecto invernadero más importante en el país es el CO₂, que principalmente proviene de las actividades de cambio del uso de la tierra y silvicultura (emisiones netas – contabilizando las absorciones) con un aporte del 80% en el año 1990 y 77% en el año 2000.

Posteriormente, se sitúa el sector energético con un aporte del 18 y el 21% para los mismos años respectivamente, finalmente se encuentra el sector de procesos industriales con el 1,14% y 1,79% para los años mencionados.

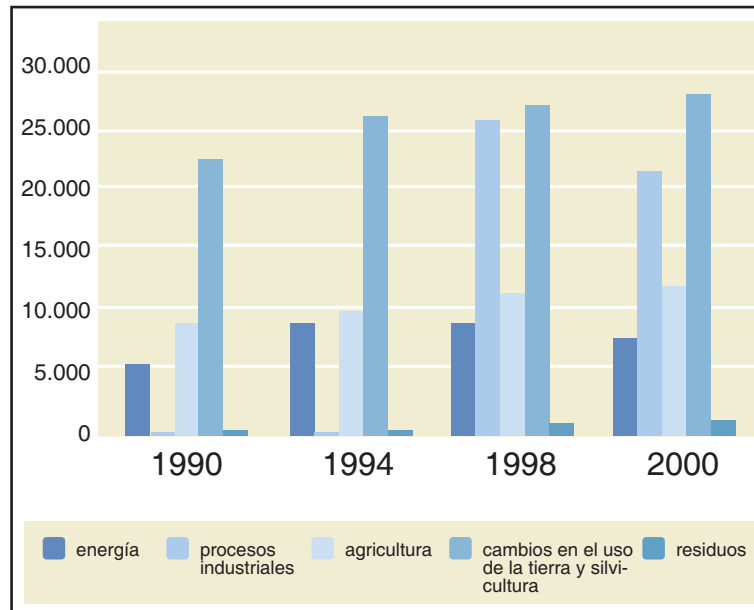
En segundo lugar de importancia de GEI que se presentan a nivel nacional, se encuentran las liberaciones de metano (CH₄), gas que proviene principalmente del sector agrícola, seguido del sector cambio del uso de la tierra y silvicultura, del sector de energía y de residuos.

Las liberaciones de metano, emisiones de óxido nitroso (N₂O) ocurren en orden de importancia por actividades realizadas en los sectores agrícola, cambio de uso de la tierra, silvicultura, residuos y el sector energía.

Los otros gases, provienen del sector de energía y de procesos industriales, a excepción del monóxido de carbono (CO), que presentan los sectores: cambio de uso de la tierra, agrícola y energía entre los más importantes.

Las emisiones nacionales en términos de dióxido de carbono (CO₂) en términos de equivalencia a través del potencial del calentamiento global (se entiende como el índice que permite calcular la contribución al calentamiento mundial relativo, debido a la emisión en la atmósfera de un kg de un gas determinado de efecto invernadero, comparado con la emisión de un kg de dióxido de carbono para un horizonte de tiempo de 100 años):

EMISIONES TOTALES DE BOLIVIA EN TÉRMINOS DE CO₂



Fuente: Programa Nacional de Cambios Climáticos

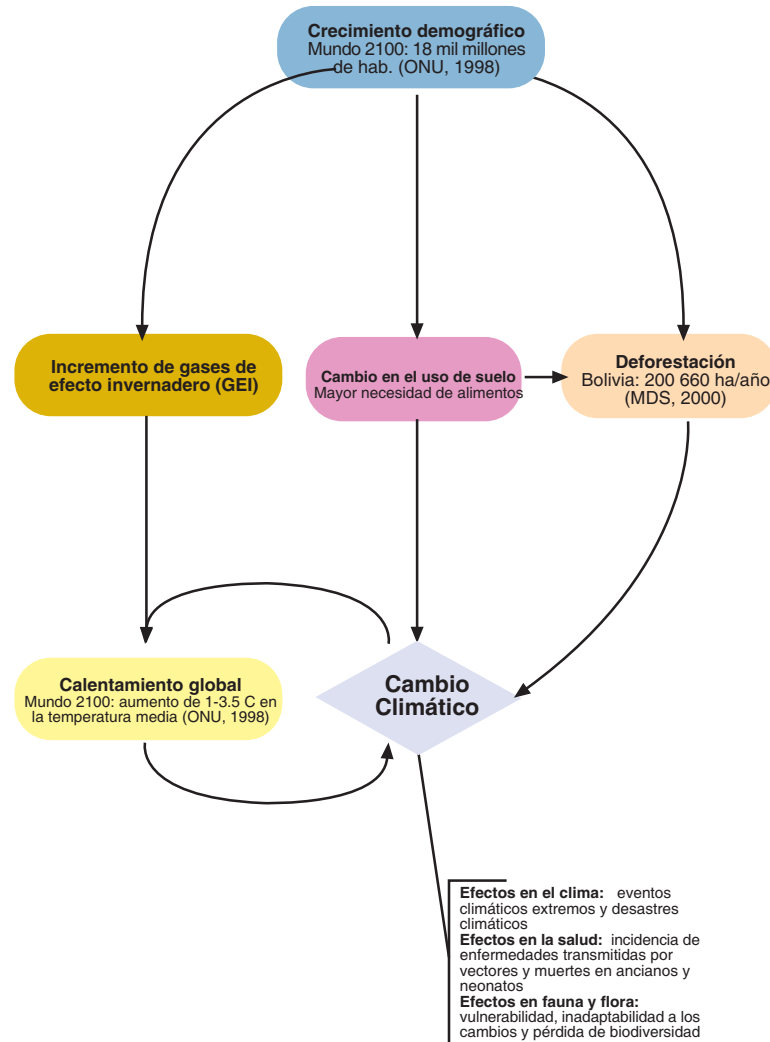
CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

¿Qué consecuencias tiene que aumente las concentraciones de CO₂ en la atmósfera?

Según el Programa Nacional de Cambios Climáticos, las principales consecuencias directas son el aumento de la temperatura global, aumento del nivel del mar por deshielos y una mayor frecuencia de los fenómenos climáticos extremos. Entre los cuales se pueden citar:

- La temperatura media de la superficie terrestre se ha incrementado a lo largo del siglo XX en 0,6% °C. En el siglo XXI se prevé que la temperatura global se incremente entre 1 y 5 °C.
- En el siglo XXI el nivel del mar subirá entre 9 y 88 cm, dependiendo de la evolución de las acciones humanas.
- Sequías y disminución de las reservas hídricas en numerosas regiones por evaporación y evapotranspiración vegetal.
- Incremento de fenómenos de erosión y salinización.
- Aumento de propagación de enfermedades infecciosas.
- Aumento en frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, con importantes pérdidas de vidas humanas y económicas.
- Pérdida de capacidad productiva agrícola en grandes zonas.
- Desplazamientos de las especies hacia altitudes o latitudes más frías, buscando los climas a los que están habituados (en algunas zonas puede llegar a ser de hasta 1 km/año). Aquellas especies que no sean capaces de adaptarse ni desplazarse se extinguirán.

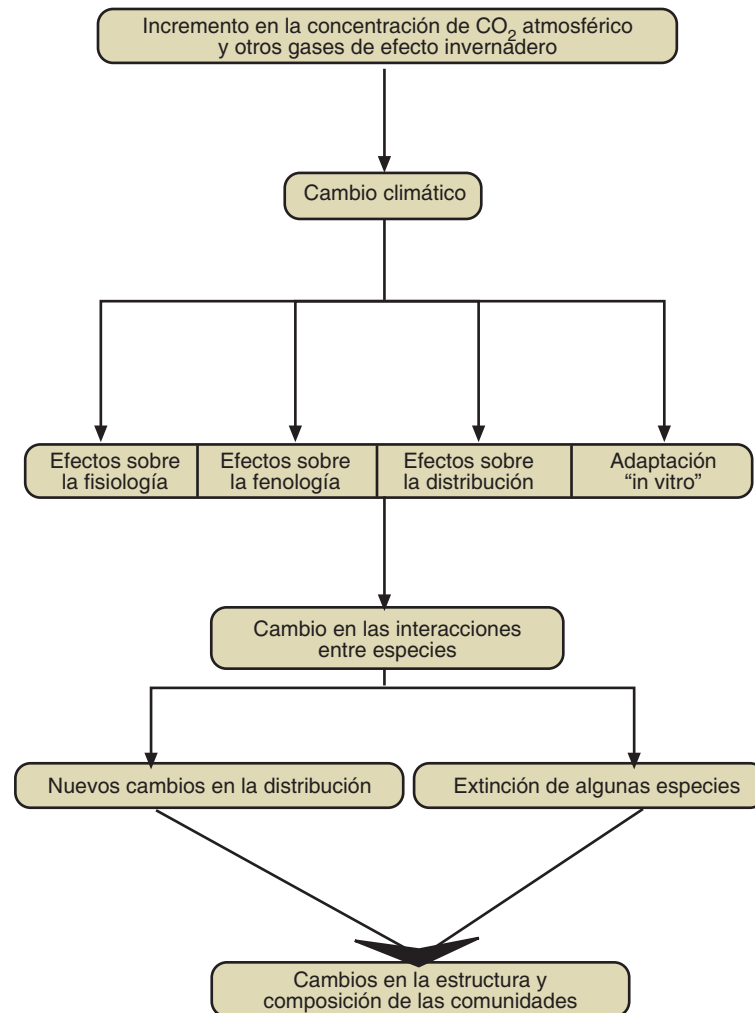
ESQUEMA DE LAS CAUSAS Y EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO



Fuente: Programa Nacional de Cambios Climáticos

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Efectos en la biodiversidad



Fuente: Adaptado de Alvarado et al., 2002

Los efectos del cambio climático más estudiados a nivel mundial, son las consecuencias de éste sobre las interacciones intra e inter especies, así como sobre las relaciones entre las especies y su medio inmediato.

Las alteraciones producidas por el cambio climático, introducen en las especies y ecosistemas, cambios en la estructura y disposición, provocando en algunos casos, la extinción de especies y cambios en la composición de las comunidades.

La fragmentación de los ecosistemas como consecuencia de las actividades humanas en la actualidad, ya constituyen una de las causas de la pérdida de la biodiversidad.

Los cambios en la temperatura, precipitación y régimen de humedad limitará aún más la capacidad de las especies de adaptarse y sobrevivir al cambio climático.

Se ha determinado que el cambio climático conducirá a una extensa pérdida de hábitat y desaparición de especies, “en un escenario en que se dupliquen las emisiones de CO₂, el calentamiento global tiene el potencial de destruir el 35% de los hábitats terrestres del planeta, sin que se pueda tener certeza alguna de que serán remplazados por sistemas igualmente diversos, o que ecosistemas similares tendrán la capacidad de desarrollarse en otro lugar” (WWF – Efectos del Cambio Climático – Módulo 4 – Programa Nacional de Cambios Climáticos).

Efectos en la salud humana

Estudios realizados por el Programa Nacional de Cambio Climático (PNNC), muestran que en Bolivia este proceso del calentamiento global, tiene efectos principalmente en el

área de la salud humana, entre algunos indicadores investigados y analizados científicamente se pueden mencionar los siguientes:

- Pérdidas de vidas humanas, por el incremento en la frecuencia inusual de intensidad de eventos extremos (lluvias, inundaciones, sequías, etc.).
- Enfermedades asociadas a la calidad de las aguas: baja calidad de aguas, como consecuencia de la contaminación industrial y minera de los reservorios y fuentes, constituyéndose la principal fuente de incubación de vectores que transmiten enfermedades tales como el dengue, fiebre, amarilla, etc.
- Incremento de enfermedades transmitidas por vectores: el PNNC ha determinado un incremento en el área geográfica de desarrollo de vectores, detectando a los mismos en altitudes en las que anteriormente no estaban presentes.

Efectos en los glaciares de la Cordillera Andina

Según investigaciones realizadas por la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), el efecto de invernadero, o mayor calentamiento del aire en la troposfera baja, se deja sentir mediante efectos irreversibles de incalculables consecuencias como ser:

- Reducción de los glaciares andinos, cuyo rol principal es el de generar agua para el consumo humano en la altiplanicie boliviana, así como también para fines de riego agrícola.
- Incremento en la aridez de los ecosistemas andinos.
- Disminución del área agrícola en el Altiplano.
- Dramática reducción en la producción alimentaria.

CAMBIO CLIMÁTICO: EL ROL DE LOS BOSQUES COMO SUMIDEROS DE CARBONO

Como se mencionó anteriormente, la principal causa del cambio climático global, es la emisión de gases provenientes de la combustión de fuentes de energía fósil, que provocan el denominado "efecto invernadero".

El gas más importante es el dióxido de carbono (CO₂), que deja pasar la radiación de onda corta proveniente del sol y que al llegar a la superficie de la tierra se convierte en calor. Parte de este calor es transferido al suelo y parte es reflejado como radiación de onda larga. Luego, esta radiación de onda larga que emite la tierra, choca en las capas bajas de la atmósfera con los GEI, siendo devueltas hacia el suelo en forma de radiación (calórica) de onda larga.

Este fenómeno físico es responsable de calentar la atmósfera, llevando la temperatura media anual de -18 °C a alrededor de 15 °C, lo que hace posible la vida en nuestro planeta (Loguericio, G. A. - CIEFAP).

Desde el inicio de la era industrial, como producto del uso de energías derivadas de fuentes fósiles (petróleo, carbón, gas, etc.), las emisiones antropogénicas han aumentado considerablemente la concentración de CO₂ en el aire.

En los últimos 50 años este aumento de la concentración ha sido mayor al 25 %. Considerando las absorciones por los sumideros naturales (bosques, otra vegetación y mares) y las emisiones por las fuentes de CO₂, el balance anual neto de emisiones a la atmósfera llega a 3 000 millones de toneladas/año. Como producto de este exceso de concen-

tración de CO₂, se ha incrementado el efecto invernadero, provocando un aumento en la temperatura media de la atmósfera desde el inicio de la era industrial del orden de 0,6 °C. Esto ha provocado cambios en los procesos físico-meteorológicos y medioambientales, responsables de que en algunas regiones ocurran inundaciones y en otras sequías profundas, así como una mayor ocurrencia de tornados, huracanes, etc. Todos con sus consecuencias negativas, tanto biológicas como económicas y sociales.

¿Cómo se puede enfrentar el problema?

Lo primero que se debe hacer para enfrentar este grave problema, es disminuir las emisiones industriales y domésticas de CO₂, a través de la incorporación de tecnologías menos contaminantes o cambios hacia fuentes de energías limpias (eólica, solar, etc.). Para ello, se requieren transformaciones profundas, las cuales los países industriales (mayores responsables de las emisiones presentes y pasadas) están dispuestos y obligados a realizar, por su responsabilidad histórica, sin poner en peligro el desarrollo económico y social alcanzado.

El Protocolo de Kyoto, que es el marco legal más avanzado que han logrado las negociaciones internacionales en este tema, establece que, tras su ratificación las naciones desarrolladas deberán en promedio reducir sus emisiones (para un primer período entre los años 2008 - 2012) en una cantidad equivalente del 5,2 % de la emisiones verificadas en el año 1990.

Por otro lado, los países en vías de desarrollo también tienen su responsabilidad en las emisiones de GEI (aunque

en menor medida), sobre todo por la quema y cambios de uso de la tierra en los bosques tropicales, donde se envían al aire grandes cantidades de CO_2 , así como, por el incremento del uso de energía fósil, como producto del aumento de la población y del crecimiento económico.

El rol de los bosques como sumideros de carbono

Los bosques almacenan una gran cantidad de carbono, tanto en la vegetación, como en los suelos y tienen un papel muy activo en el intercambio de dióxido de carbono entre la biosfera y la atmósfera (Jaramillo, 2002). Por este motivo, juegan un papel clave en el ciclo global del carbono, elemento químico precursor del dióxido de carbono.

Existen dos procesos fundamentales de intercambio de la vegetación y suelos con la atmósfera:

- a) la fotosíntesis, mediante la cual el CO_2 atmosférico es convertido en carbohidratos y “capturado” en los ecosistemas forestales.
- b) la respiración (incluyendo procesos de descomposición) y quema de los bosques, mediante los cuales se libera CO_2 a la atmósfera.

Dependiendo de qué procesos predominen, los bosques serán “sumideros” netos o “fuentes” netas de CO_2 . Este papel dual de los bosques y en general de la vegetación y suelos terrestres, es fundamental para entender su potencial contribución al cambio climático.



Navarro, Gonzalo

Bosque pluvial húmedo (Yungas).



Navarro, Gonzalo

Bosques pluviales hiperhúmedos.

Los bosques, en particular, juegan un papel preponderante en el ciclo global del carbono (C) ya que:

- Almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (tronco, ramas, corteza, hojas y raíces) y en el suelo (mediante su aporte orgánico).
- Intercambian carbono con la atmósfera, a través de la fotosíntesis y respiración.
- Son fuentes de emisión de carbono cuando son perturbados por causas naturales, por ejemplo incendios, avalanchas, etc., o antrópicas, como la quema para habilitar campos para actividades agropecuarias, explotaciones forestales, sin conceptos silviculturales.
- También son sumideros (transferencia neta de CO₂ del aire a la vegetación y al suelo, donde son almacenados) cuando se abandonan las tierras perturbadas, que se recuperan mediante la regeneración natural.

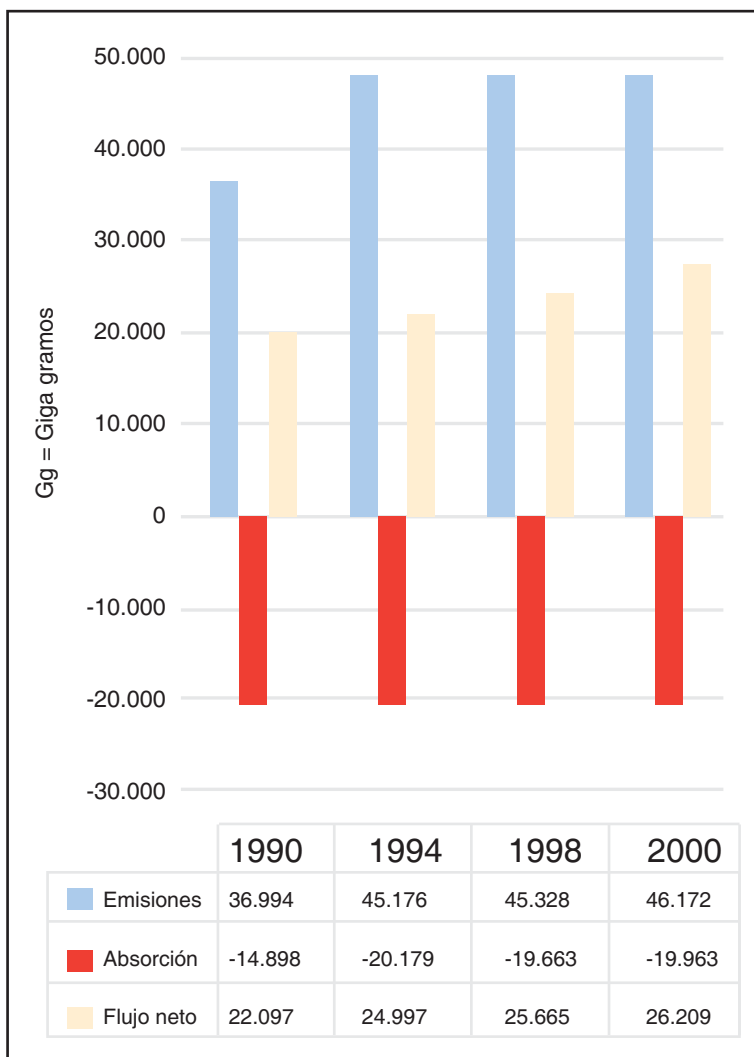
CHAQUEO FUENTE IMPORTANTE DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Según Arana, I., 2005, el cambio de uso de la tierra a través de la tala y quema de bosques es común en las zonas tropicales y sub tropicales del país constituyendo a escala nacional una de las más importantes fuentes de emisión de dióxido de carbono y gases distintos al CO₂.

Anualmente son transformadas superficies significativas de bosque a tierras agrícolas y de pastoreo, especialmente en regiones de colonización, consumiendo por la actividad de corte y quema gran cantidad de biomasa y consecuentemente liberando a la atmósfera importantes cantidades de gases de efecto invernadero. Los aportes de estos gases, se encuentran entre el 80% de las emisiones a nivel nacional. En este contexto y los cambios observados en la cobertura vegetal, muestran la contribución significativa a proceso de degradación de tierras producto de la expansión agrícola.

La habilitación de bosques a tierras de cultivos ha provocado una de las más altas incidencias de incendios forestales en el país como quemas no planificadas, asociadas a periodos secos y disponibilidad de material combustible en forma de residuos vegetales, que aparte de contribuir al sobrecalentamiento de la superficie del planeta han significado también pérdidas económicas a nivel de habitantes de las regiones donde se han registrado.

Las emisiones provenientes de la agricultura, de corte y quema, junto a las actividades de aprovechamiento forestal se describen en la siguiente figura:



Fuente: Programa Nacional de Cambios Climáticos



BOLFOR

Incendios forestales en bosques de tierras bajas.



BOLFOR

Tala indiscriminada en los bosques de tierras bajas de Bolivia.

RESUMEN NACIONAL DE EMISIONES DEL SECTOR DE CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA EN Gg*

SUBMÓDULO	TIPOS DE GASES	1990	1994	1998	2000
Cambios de la biomasa	CO ₂	-5781,74	-10556,15	-12481,61	-12739,15
Conversión de bosques y praderas	CO ₂	31508,37	40301,71	43591,61	44756,22
Abandono de tierras cultivadas	CO ₂	-3629,90	-4748,55	-5444,91	-5807,90
TOTAL		22096,72	24997,01	25665,09	26209,17
Cambios de la biomasa	CH ₄				
Conversión de bosques y praderas	CH ₄	50,34	79,86	80,82	98,15
Abandono de tierras cultivadas	CH ₄				
TOTAL		50,34	79,86	80,82	98,15
Cambios de la biomasa	CO				
Conversión de bosques y praderas	CO	440,47	698,78	707,21	858,81
Abandono de tierras cultivadas	CO				
TOTAL		440,47	698,78	707,21	858,81
Cambios de la biomasa	N ₂ O				
Conversión de bosques y praderas	N ₂ O	0,35	0,55	0,56	0,67
Abandono de tierras cultivadas	N ₂ O				
TOTAL		0,35	0,55	0,56	0,67
Cambios de la biomasa	NO _x				
Conversión de bosques y praderas	NO _x	12,51	19,84	20,08	24,39
Abandono de tierras cultivadas	NO _x				
TOTAL		12,51	19,84	20,08	24,39

Fuente: ARANA, P.I., 2003

* Gg= gigagramos

MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA EL SECTOR FORESTAL EN BOLIVIA

Formación de áreas boscosas

Una gran proporción de suelos son degradados como resultado del sobrepastoreo, el mal uso del suelo, debido principalmente a la destrucción de la cobertura vegetal para la extracción de leña en zonas del altiplano y en los valles interandinos de Bolivia (Programa Nacional de Cambios Climáticos, 2006).

Los bosques contribuyen benéficamente al medio ambiente, ya que constituyen sumideros de CO₂, disminuyen la velocidad del viento, reducen la pérdida de humedad como consecuencia de la evaporación de los suelos y la evotranspiración de la plantas. Razón por lo cual, es importante incrementar los sumideros de dióxido de carbono, a través del incremento de plantaciones forestales con especies nativas, sobre todo, en zonas desertificadas y de degradación notoria como: el Altiplano, Valles interandinos y Región Chaqueña.

Regeneración natural de bosques

Actualmente existen áreas deforestadas que son abandonadas, debido principalmente a la reducción de fertilidad de los suelos, como consecuencia de técnicas incorrectas de cultivo o porque simplemente las condiciones agroecológicas, no eran las adecuadas para el establecimiento de monocultivos (zonas tropicales de Bolivia).



Patiño, Antonio

La deforestación y degradación de suelos contribuyen al efecto invernadero.



Patiño, Antonio

Tala indiscriminada de bosques.

En este caso, como medida de mitigación es importante aumentar los sumideros de dióxido de carbono en áreas que estén en descanso o barbecho, para de esta manera, ayudar a la regeneración natural de especies arbóreas nativas en áreas deforestadas que en principio eran bosques primarios (Programa Nacional de Cambios Climáticos, 2006).

Alternativas a la agricultura de tala y quema

Actualmente se evidencia una ampliación de la frontera agrícola y de las áreas para crianza de ganado bovino, que ha provocado un desmonte en zonas tropicales del país. Para la incorporación de estas tierras a la producción agropecuaria se recurre al chaqueo y luego a la quema de material vegetal.

Los efectos nocivos del chaqueo, están relacionados directamente con la emisión de los gases de efecto invernadero. Aproximadamente el 25% del total de las emisiones de gases de invernadero en el mundo, son ocasionados por la tala de bosques húmedos tropicales (EPA, 1990).

Por tanto, es fundamental promover acciones o alternativas de tala y quema para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aprovechar de este modo el uso sostenible de las tierras a partir de una planificación, ejecución y supervisión adecuada.

Las alternativas de tala y quema, más importantes que contribuyen a la disminución de gases de efecto invernadero son:



Expansión de la frontera agrícola.

BOLFOR



Expansión de la agricultura en tierras forestales (Chapare - Cochabamba).

DIRECO

- Considerar una labranza cero o mínima.
- Manejar correctamente los insumos, cobertura vegetal y residuos de cosecha.
- Cubrir la superficie terrestre constantemente.
- Eliminar problemas de sequías y malezas.
- Orientar a los departamentos para el correcto aprovechamientos de sus recursos.
- Incorporar a las comunidades en decisiones sobre el manejo de bosques.

Un ejemplo en Bolivia de secuestro de carbono, es el Proyecto de Acción Climática Noel Kempff Mercado, el cual busca reducir la emisión de gases de efecto invernadero, al prevenir la deforestación y la degradación de los bosques.



Justiniano, Hermes

Catarata Federico Ahfeld (PNKM).



Justiniano, Hermes

Serranía Caparú (PNKM).

BIBLIOGRAFÍA

Alaiza de Achá, Eduardo. 2006. Introducción a la Meteorología. Santa Cruz, Bolivia.

Gallardo. M. A. 1997. Curso de Tópicos de Ciencias Ambientales. Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales, Centro EULA - Chile.

Internacional Panel on Climate Change. 1997. Informe de la Segunda Evolución del Cambio Climático. Kyoto, Japón.

Jaramillo, V. 2002. El ciclo global del carbono. Instituto Nacional de Ecología, Mexico D.F., Mexico.

Programa Nacional de Cambios Climáticos. 2003. Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Bolivia para la década 1990 – 2000 y su análisis tendencial. La Paz, Bolivia.

Programa Nacional de Cambios Climáticos. 2005. Bolivia Frente al Cambio Climático. La Paz, Bolivia.

Programa Nacional de Cambios Climáticos. 2005. Boletín No. 1, La Paz, Bolivia.

Programa Nacional de Cambios Climáticos. 2005. Causas del Cambio Climático. Módulo 3. La Paz, Bolivia.



Bomblat, Christian