

## **EMISIONES DE GASES Y PARTÍCULAS PRODUCTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN CUBA ENTRE 1989 Y 1999**

**MSc. Ricardo W. Manso Jiménez**

**Centro de Contaminación y Química Atmosférica. I. Meteorología. CITMA**

**Email [rwmanso@yahoo.com](mailto:rwmanso@yahoo.com)**

### **Resumen**

La biosfera juega un papel muy importante en la composición química de la atmósfera. Los estudios sobre el papel de los bosques tropicales como reguladores de la composición del aire atmosférico han estado intensificándose en los últimos años. La contaminación ambiental, el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono, han sido fenómenos poco relacionados, en el ámbito mundial, con los incendios forestales y las quemaduras de vegetación, siendo estos un elemento condicionante a los procesos de contaminación ambiental. En el proyecto de la FAO TCP/CUB/0066 se evaluó el impacto en la atmósfera de los gases y partículas emitidos durante los incendios forestales. En los procesos que involucran la combustión de biomasa, se emiten gases y partículas, para su estimación, los modelos y métodos han sido continuamente perfeccionados en los últimos años.

Se utilizó la Metodología “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” aplicada en Cuba para los Inventarios Nacionales de gases de Invernadero en el capítulo de Cambio de Uso de la Tierra y la Silvicultura, reportándose las emisiones de Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Metano y Óxidos de Nitrógeno. Fue aplicado el Criterio de Haltenhoff (1998) para estimar Hidrocarburos y partículas.

Se presentan tablas y gráficos con los resultados obtenidos mostrando la importancia de algunos gases por su Potencial de Calentamiento Global y algunas particularidades climáticas de los años seleccionados.

### **Introducción**

La biosfera juega un papel muy importante en la composición química de la atmósfera. Los estudios sobre el papel de los bosques tropicales como reguladores de la composición del aire atmosférico han estado intensificándose en los últimos años.

Los recursos forestales o ecosistemas forestales en particular, además participan en el mantenimiento del equilibrio global del planeta, aportan a la estructura y funcionamiento del entorno participando en procesos naturales que mantienen la biosfera, tales como la diversidad biológica, estabilización de ecosistemas y la regulación del clima

El fuego, principalmente originado por tormentas eléctricas y erupciones volcánicas, ha estado presente desde siempre, en muchas áreas del mundo, como un elemento activo en la dinámica ambiental y como regulador del crecimiento y renovación de múltiples asociaciones vegetales y ecosistemas naturales.

También éste ha sido utilizado por el hombre como una herramienta de trabajo para habilitar pequeñas extensiones de terrenos para la agricultura y la ganadería de trashumancia.

Se tiene evidencia que la quema de vegetación y los fuegos forestales disminuye la lluvia según información de la NASA procesada en la Universidad hebrea de Jerusalén (Rosenfeld,D; 1999) . El humo satura las nubes y estas deben crecer por encima de su nivel de congelación.

La contaminación ambiental, el efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono, han sido fenómenos poco relacionados, en el ámbito mundial, con los incendios forestales y las quemaduras de vegetación, siendo estos un elemento condicionante a los procesos de contaminación ambiental (Haltenhoff,H.1998).

De acuerdo a los compromisos suscritos por la Cumbre de la Tierra, realizada en Río de Janeiro en 1992, en Cuba se han realizado “Inventario de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero” tanto para el año base 1990, como para los años 1994,1996 y 1998 y se esta trabajando para los años 2000 y 2002. Donde se estimó que las emisiones gases provenientes de las quemaduras de vegetación, correspondían básicamente a Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono, Metano y Oxidos de Nitrógeno (INSMET, 2000).

El proyecto de la FAO TCP/CUB/0066 logró evaluar el impacto en la atmósfera de los gases y partículas emitidos durante los incendios forestales en Cuba.

### **El impacto de los Incendio forestales**

El conocimiento por parte de la población en general de los daños que causan los incendios forestales es por demás objetivo, ya que son evidente las perturbaciones que sufren los recursos forestales y las implicaciones negativas y positivas de estos siniestros en el medio ambiente de una zona o región, así como las posibles afectaciones a la salud de sus habitantes y sobre todo a los combatientes de la lucha contra el fuego.

Durante mucho tiempo se ha pensado solamente en términos económicos para demostrar que el uso del fuego es una adecuada herramienta para el manejo de residuos agrícolas y forestales. Sin embargo, se ha excluido de estos análisis el impacto que tiene las emisiones de productos contaminantes a la atmósfera y cómo estos influyen sobre los cambios globales, y cómo esta práctica de quemar lo que nos sirve y los incendios forestales están influyendo directamente sobre el aire que respira la población.

En los procesos que involucran la combustión de biomasa, se emiten gases y partículas, para su estimación, los modelos y métodos han sido continuamente perfeccionados en los últimos años. Naturalmente aunque la incertidumbre asociada con la estimación del flujo de carbono a la atmósfera, disminuye, el producto final de la combustión de la vegetación representa una amplia variedad de sustancias, cuya proporción de estas sustancias son muy variables, dependiendo de las condiciones existentes durante su oxidación y descomposición.

La complejidad de las emisiones de la quema de vegetación comienza por la diversidad de los componentes de los árboles. La celulosa es el mayor constituyente, significa el 50% por peso de la madera. Esta es una gran cadena de polímeros compuesta de unidades de glucosa. La Lignina, en un 23 a 33% en maderas blandas, 16 al 25% en maderas duras y sobre el 65% en maderas muertas, tiene una estructura molecular mucho más compleja que la celulosa.

La Hemicelulosa, pertenece a la familia de los polisacáridos constituyendo dentro del 15 al 30% de la madera, dependiendo de la especie y los extractos, los cuales no forman parte de la estructura de la madera, pero contribuyen a la inflamabilidad y a la complejidad de los productos de la combustión. Estos incluyen los taninos, aceites, grasas, ceras y almidones. Los extractos están presentes entre el 5 y el 30%. La estiquimetrías de la combustión de una tonelada de madera nos da que contienen 50% de carbono, 6% de hidrógeno y 43% de oxígeno.

En el fuego hay dos procesos, que ocurren de forma simultánea: la pirólisis y combustión. Se producen grandes diferencias desde la capa vegetal entre fases, la fase de pre-ignición, la fase de llama y la fase de carbonización, pero son difíciles de identificar porque ocurren secuencial y simultáneamente.

Es importante enfatizar que la combustión en los incendios forestales y las quemaduras de vegetación no es un proceso químicamente eficiente. Una de las razones es el contenido de humedad de los combustibles, los cuales tienden a absorber diferentes cantidades de energía desde el fuego. La razón más importante es el movimiento del aire alrededor del fuego, el cual no aporta oxígeno en forma pareja para que se mezcle con los gases inflamables. Bajo estas condiciones muchos de los elementos no son consumidos completamente (Haltenhoff, H. 1998).

No existen modelos reales para medir el rango de emisión de los productos de la combustión desde las quemaduras. Sin embargo, han sido propuestos modelos termoquímicos (Becker, 1973, Stein y Bauske 1972; cit. p. Sandberg *et al.*, 1978) y modelos empíricos (Sandberg y Pickford 1976, Sandberg 1974; cit. p. Sandberg *et al.*, 1978). Estos deben ser tomados como resultado de una muestra instantánea desde las emisiones de una quema.

Algunos estimados encontrados en literatura sugieren que un promedio mundial que alrededor del 50% de la biomasa cortada es quemada en el primer año y el otro se deja descomponer (Houghton, 1991, and Crutzaen and Andreae, 1990). Pero es altamente recomendable utilizar los valores propios del lugar.

### **Contaminantes emitidos durante la combustión de biomasa:**

#### **Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>):**

El CO<sub>2</sub>, es en cuanto a su proporción el más importante gas traza. Es transparente a la radiación solar, pero absorbe muy bien la radiación de onda larga entre 12 000 y 20 000 nm. (12 micras y 20 micras). En la Atmósfera, solamente las nubes y el vapor de agua absorben más infrarrojo que el dióxido de carbono (Dikerson y Cicerone, 1986).

El dióxido de carbono no es un contaminante del aire en un sentido usual. Sin embargo, es monitoreado por ser un indicador de eficiencia de la quema. Vines *et al.*(1971) cuantificó 1.658 kilos de CO<sub>2</sub> por tonelada de combustible quemado. Emisiones entre 906 y 1.586 kilos por tonelada fueron medidas en quemas experimentales (Ryan y McMahon, 1976; cit. p. Sandberg *et al.*, 1978).

Para estimar el CO<sub>2</sub>, se debe estimar primero la biomasa quemada, multiplicar por la cantidad de biomasa oxidada y determinar la cantidad de carbono liberado según las guías revisadas del IPCC(1996).

Los sistemas de producción silvícola y agrícolas tradicionales, con su movimiento de tierra y quema, provocan un incremento significativo del CO<sub>2</sub> en la atmósfera, representando el carbono liberado por las quemas un 30% de sólidos en suspensión que contribuyen al efecto invernadero.

### **Monóxido de Carbono (CO):**

El CO tiene una influencia indirecta sobre el equilibrio radiativo de la tierra. Las principales fuentes de CO son la quema de combustibles fósiles, las emisiones generadas por la quema de biomasa (principalmente en la limpieza del terreno y en los desechos agrícolas) y en la oxidación del CH<sub>4</sub> atmosférico y otros hidrocarburos no relacionados con el metano. El mayor sumidero es la reacción con el OH.

El monóxido de carbono es el más abundante de los gases contaminantes del aire generado por los incendios forestales, es un gas incoloro e inodoro altamente tóxico. Este puede afectar directamente la salud del hombre dependiendo de la duración, concentración y nivel de actividad física durante la exposición.

Haltenhoff cita a Sandberg *et al.* (1978), quién midió concentraciones superiores a 200 partes por millón (ppm) cercanas a la llama, pero observaciones de Fritschen y colaboradores (1970) citado por Sandberg *et al.* (1978), plantean que su nivel se reduce a menos de 10 ppm pasado los 30 metros desde el fuego.

Rayn y McMahon cit. p. Sandberg *et al.* (1978) indican que 226 kilos por tonelada pueden resultar desde la combustión sin llama en combustible húmedo y Sandberg *et al.* (1975) cit. p. Sandberg *et al.* (1978), midieron emisiones de 226 a 363 kilos por tonelada en incendios de laboratorio de gran intensidad.

Según las guías del IPCC, para estimar las emisiones de CO se debe multiplicar la cantidad de carbono liberado durante la quema por la relación media de emisión de 0.06 (variando en el intervalo entre 0.04 y 0.08), como recomienda Lacaux *et al.* ,1993.

Las medidas obtenidas del monóxido de carbono han dado como resultado entre 50 y 200 ppm, en el borde de un incendio y aún más alto en el incendio mismo. Si esto se compara a las 200 ppm en promedio de mediciones de monóxido de carbono en túneles de carreteras donde la producción es continua, puede ser poco significativo. Sin embargo, una exposición prolongada a estas concentraciones al borde de un incendio o quema puede ser un riesgo para el personal que trabaje en el control del fuego o en una quema controlada.

### **Metano ( CH<sub>4</sub>):**

El metano atmosférico absorbe la radiación infrarroja y contribuye directamente al efecto invernadero (Dikerson y Cicerone, 1986). Los niveles de metano en la Atmósfera han aumentado durante la era industrial.

Para estimar la cantidad de metano emitido, se multiplica la cantidad de carbono liberado por la relación media de emisión para el CH<sub>4</sub>, 0.012 (0.009-0.015) según Delmas, 1993

### **Oxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y Oxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub> (NO y NO<sub>2</sub>))**

La quema de combustibles fósiles y de biomasa son así mismo fuentes de emisiones del N<sub>2</sub>O y los NO<sub>x</sub>.

El oxido nitroso tiene tres bandas de absorción, aproximadamente entre 7.7um, 9um y 17um. Las dos primeras caen dentro la ventana atmosférica.

La formación de óxidos de nitrógeno ocurre durante la fijación del nitrógeno atmosférico en la zona de combustión a temperaturas sobre los 1540°C (Hall, 1972; cit. p. Sandberg *et al.*, 1978), esto es sobre las temperaturas que ocurren normalmente en las quemadas.

El óxido de nitrógeno causa un olor desagradable y una neblina café que irrita los ojos y la nariz y es perjudicial para las personas. Los óxidos de nitrógeno son producidos solamente a altas temperaturas, que sólo se alcanzan cuando el combustible forestal es totalmente consumido.

Según las guías del IPCC, para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>, se considera la relación Nitrógeno - Carbono correspondiente a la biomasa quemada (el valor general por defecto es 0.01), se debe multiplicar la cantidad de nitrógeno liberado durante la quema por las relaciones medias de emisión para N<sub>2</sub>O y los NO<sub>x</sub>. 0.007 (con un intervalo entre 0.005 y 0.009), para el primer caso y para el otro 0.121 (con un intervalo entre 0.094 y 0.148), como recomiendan Crutzen y Andreae., 1990.

### **Hidrocarburos (HC):**

Los hidrocarburos contienen miles de componentes producidos durante la combustión de la materia orgánica. Algunos reaccionan en el aire para producir un “smog” irritante. La combustión del combustible forestal no es el mayor contribuyente de los hidrocarburos contaminantes. Las mediciones han oscilado entre 2,3 y 122 kilos por tonelada de combustible forestal, comparando a los 59 kilos producidos por tonelada de gasolina.

### **Partículas:**

Probablemente las más importantes categorías de emisiones son las partículas del humo. Ellas son la mayor causa de reducción de la visibilidad y sirven como superficie de absorción de los gases nocivos que puedan estar presentes en el ambiente.

Esta contaminación atmosférica, en especial el material particulado, influye significativamente al origen de problemas broncopulmonares en la población humana circundante y pueden agravar las condiciones respiratorias en individuos susceptibles, especialmente en combinación con los óxidos de sulfuro.

La emisión de partículas depende del tipo de combustible e intensidad del fuego. El frente del incendio produce por sobre tres veces más que la cola de los incendios (Rayn y McMahan, 1976; cit. p. Sandberg *et al.*, 1978). Estos aportes pueden variar entre 0.0025 a 0.0135 toneladas por tonelada de vegetación quemada.

Las emisiones por tonelada de combustible quemado están aproximadamente en inversa proporción con la intensidad del fuego. Combustible como acículas produce más partículas que los combustibles leñosos (Sandberg, 1974; cit. p. Sandberg *et al.*, 1978).

Cuando las partículas producto de la combustión están presentes en gran cantidad en la atmósfera, pueden causar una disminución drástica de la visibilidad y crear serios problemas en el transporte aéreo y terrestre. Por otra parte, en la noche la combustión, generalmente, produce más humo y permanece más tiempo en el suelo, debido a las inversiones de temperatura.

### **Incendios Forestales en Cuba**

La caña de azúcar fue introducida por el gobernador Diego Velázquez, pero no es hasta 1590 que se introduce su cultivo con fines comerciales. Se quemaron bosques para aprovechar sus cenizas como fertilizantes además del consumo de leña que requerían los ingenios para la producción de azúcar, las necesidades del ganado y otros cultivos. Es significativo que el nombre Quemados aparezca en varias regiones de Cuba durante el siglo XVII (Le Riverand, 1975).

De acuerdo al reporte de Oharriz *et al.*, (1990), se tiene que en Cuba más del 60 % de la ocurrencia de incendios de bosques se producen en áreas reforestadas y su comportamiento puede apreciarse en la Tabla 5.9. En la Fig. 5.4 se muestra la distribución porcentual de las causas que originan los incendios forestales en Cuba de acuerdo a los autores citados anteriormente.

El *Pinus caribaea* está más expuesto a incendios por la gran cantidad de material combustible de las hojas caídas y herbáceo, que alcanza valores hasta de 17 t/ha –Región de Algodonal, Noroeste de la zona norte y centro de Pinar del Río. El *Pinus Tropicalis* es más resistente que el *Pinus caribaea* y este a su vez algo más resistente que el *Pinus cubensis*.

En estudios realizados por el Ministerio de la Agricultura de Cuba, se reporta que los períodos más críticos y de mayores desastres son los comprendidos entre enero y mayo – con particular énfasis entre el 15 de febrero y el 30 de abril– y entre junio y agosto – caracterizado por incendios causados por descargas eléctricas y con mayor afectación espacial en el extremo occidental de la Isla. El período septiembre–diciembre es poco peligroso pues se produce en este, solamente, el uno por ciento de los incendios forestales.

## **Métodos usados para estimar las emisiones de gases y partículas por incendios forestales y quemas agrícolas**

I) - Herbert Haltenhoff refiere en su trabajo “Impacto del Fuego sobre el Medio Ambiente” (1998), factores de emisión para dióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrocarburos y partículas

II)- En el Manual “Greenhouse Gas Inventory Reference Manual ” de “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories” viene la Metodología aplicada en Cuba para los Inventarios Nacionales de gases de Invernadero en el capítulo de Cambio de Uso de la Tierra y la Silvicultura.

Estas guías tienen métodos de cálculo con diferentes niveles de complejidad y calidad de los resultados. El empleo de uno u otro método, está en dependencia de la información y recursos disponibles para esta actividad en el país. Dado que en la mayoría de los países – especialmente en desarrollo–, no se dispone de resultados relativos a determinaciones experimentales de las emisiones –ni de los costosos recursos que requieren estas determinaciones– las Guías proporcionan información denominada “por defecto” para facilitar las estimaciones.

Esa información por defecto se incluye principalmente para proporcionar a los usuarios un punto de partida para la elaboración de sus propios supuestos y datos a escala nacional. De hecho, estos últimos son siempre preferibles ya que los datos por defecto podrían no ser apropiados en contextos nacionales específicos.

En dicha Guía se considera que si no se tienen determinados coeficientes propios del lugar, se utilice otros “por defecto”, es decir otros que facilite la guía o se tome de otra región con similares condiciones físico - geográficas.

Se puede adaptar, considerando en que tipo de tierra se efectuó el incendio y posteriormente se calcula cual es el cambio en biomasa y obtenemos la pérdida de biomasa asociada al incendio. Prácticamente basta tener cual fue la superficie quemada y estimar entonces la pérdida de biomasa y consecutivamente la pérdida de carbono(y CO<sub>2</sub>) y de ahí estimar los gases CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>, producto de la quema de biomasa para la obtención de energía, así como la quema de las sabanas y de los residuos agrícolas.

El método de cálculo depende de la estimación del flujo bruto de carbono. Las emisiones de CH<sub>4</sub> y CO se estiman como relaciones con respecto a los flujos de carbono emitidos durante la quema. El contenido total de nitrógeno se estima atendiendo a la relación de nitrógeno-carbono. Las emisiones de N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub> se calculan como relaciones con respecto al nitrógeno total. Se exponen los estimados de emisión obtenidos por este concepto y donde –como se observa– corresponden al CO los mayores aportes.

En nuestro caso, hicimos la aproximación basándonos en el criterio de Haltenhoff, sobre la emisión media de monóxido de carbono, que su amplitud es mas estrecha que la del dióxido de carbono.

A partir de la estimación de las toneladas de monóxido de carbono emitido, calcula las toneladas quemadas y aplicando el criterio señalado, calculamos los hidrocarburos y las partículas.

## Resultados

Del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases de Efecto Invernadero, año base 1990 (INSMET, 2000) la cual es la única fuente publicada donde se refiere a las emisiones de gases de efecto invernadero por actividades antrópicas. Si queremos el total de emisiones debemos añadirle un 16%, que fueron para este año las causas de origen natural (descargas eléctricas), para este año. Para los otros años oscila alrededor del 15%.

A continuación presentaremos la tabla 3, donde mostremos el estimado total de emisiones y de gases y partículas entre los años comprendidos entre 1989 y 1999, incluyendo por supuesto el año 1990, pero sin excluir el por ciento debido a los factores naturales como las descargas eléctricas.

Los datos disponibles son del total nacional se considero que los incendios ocurrieron en territorios con las condiciones climáticas medias de Cuba, es decir con precipitaciones entre 1000 y 2000 milímetros.

Además, la provincia con un porcentaje predominante del total de incendios forestales del país más afectada históricamente es Pinar del Río, y dicha provincia se encuentra en el rango de lluvia anteriormente especificado.

**Tabla 3 Estimado de Emisiones de Gases y Partículas 1989-1998**

Años	Superficie Quemada (ha)	CO <sub>2</sub> (Ton)	CO (Ton)	CH <sub>4</sub> (Ton)	N <sub>2</sub> O (Ton)	NO <sub>x</sub> (Ton)	HC (Ton)	Partículas (Ton)
1989	2929	375840	14616	1670.4	114.8	415.5	3082.0	397.7
1990	3127	388800	15120	1728.0	118.8	429.8	3188.6	411.4
1991	6582	855360	33264	3801.6	261.4	945.6	7014.8	905.1
1992	4442	570240	22176	2534.4	174.2	630.4	4676.6	603.4
1993	5380	699840	27216	3110.4	213.8	773.7	5734.4	740.6
1994	6152	803520	31248	3571.2	245.5	888.3	6589.7	850.3
1995	8731	1127520	43848	5011.2	344.5	1246.5	9246.9	1193.1
1996	3905	505440	19656	2246.4	154.4	558.8	4145.4	534.8
1997	4708	609120	23688	2707.2	186.1	673.4	4995.4	644.6
1998	4144	531360	20664	2361.6	162.4	587.4	4357.7	562.3
1999	22900	2967840	115416	13190.4	906.8	3281.1	18139.4	3140.6

## Conclusiones

- Los años con mayores emisiones en el período de tiempo estudiado, son el 1995 y 1999, sobrepasando el millón de toneladas de CO<sub>2</sub>.
- Las cifras de CO y NOx son altas y además de su papel como gases de efecto invernadero, tienen un impacto negativo sobre la salud humana.
- Aunque, los cálculos están enmarcados en un margen de incertidumbre, estos reflejan un estimado de los daños que se provocan a la atmósfera por los incendios forestales incidiendo posteriormente sobre todo el medio ambiente por lo que permite evaluar la contribución en particular al calentamiento global y a los cambios climáticos.

## Recomendaciones

- Se deben monitorear a escala local, con estaciones automáticas, o al menos estimar, estas emisiones por su daño directo a la salud y al medio ambiente. Debe impedirse que ocurran muertes por intoxicación, sobre todo en el caso del monóxido de carbono por su carácter inodoro actúa sobre el combatiente, pero también sobre poblaciones cercanas
- Para nuestras condiciones tropicales se deben estudiar los distintos factores de emisión y otros coeficientes que permite evaluar las cantidades de los gases y partículas que se emitan a la atmósfera por tipo de ecosistema y factores como combustibilidad y humedad de la madera, si tienen corteza resinosa, madurez, estratos etc. Por ello que se requiere de experimentos que nos permita conocer coeficientes y mejorar la estimación de las emisiones, establecer un monitoreo permanente en algunas zonas específicas y desarrollar pronósticos de incendios basándose en condiciones climáticas que perfeccione la vigilancia del cuerpo de guardabosques.
- Dada la importancia de evaluar y controlar la composición química y contaminación de la atmósfera, producto de la combustión de la vegetación, las acciones deben estar dirigidas a asegurar no sobrepasar los niveles de sustancias extrañas en esta, así como reducir y controlar emisiones de contaminantes que pueden afectar a la salud y al cumplimiento de los compromisos internacionales asumidos por el país.

## Referencias

1. **Crutzen, P.J. y M.O. Andrae (1990):** Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles. *Science* 250: 1669-1678.
2. **Dickerson, R. E. Y R.J. Cicerone, 1986:** Future global warming Fremy atmospheric trace gases, *Nature*, 319, 109-115

3. **Delmas, R.(1993):** An overview of present Knowledge on methane emission Fremy biomass burning. In A. R. van Amstel (ed.) Proceeding of an International IPCC Worshop: Methane and Nitrous Oxides, Methods in National Emissions Inventories and Options for Control, 3-5 February 1993, Amersfoort, NL. RIVM Report No. 481507003, Bilthoven, The Netherlands, july.
4. **Denniston, D (1991)** Air Pollution damaging forest in : Vital Signs: L.R.Brown. H.Kanze
5. **Haltenhoff, H. (1998).** *Impacto del Fuego sobre el Medio Ambiente.* Corporación Nacional Forestal. Chile. 16 p.
6. **Houghton, R. A. (1994):** Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. Climatic Change.
7. **ISMET, (2000).** Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones de Gases Invernadero, año 1990. República de Cuba. Ediciones GEO. Cuba. 340 p.
8. **IPCC (1996):** Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. UNEP,WMO,OEC,DIEA.
9. **Lacaux, J. P., H. Cachier and R. Delmas (1993):** Biomass burning in Africa: an overview of its impacts on atmospheric chemistry. In P.J.Crutzen and J.G.Goldammer (eds), Fire in the Environment : The Ecological, Atmospheric and Climatic Importance of Vegetation Fires. J.Wiley & Sons Ltd.
10. **Logan, J.A., M.J. Prather, S.C. Wofsy y M.B. McElroy, (1981):** Tropospheric Chemistry: A global perspective, Jour. Geophys. Res., 86, 7 210-7 254.
11. **Oharriz. S. Et.al.(1990).** *Estadísticas de los Incendios Forestales en Cuba. Durante el Periodo 1981-1985.* Ministerio de Agricultura. Dirección de Protección al Bosque y la Fauna. Cuba. 40 p.
12. **Pinto, E. (1997).** *Efectos del Fuego.* Seminario para Ingeniero de Ejecución Forestal. Universidad Católica del Maule. Chile. 67 p.
13. **Rosenfeld,D; (1999) :** Copyright 1999, Environmental News Network Related SitesTRMM NASA Goddard Space Flight Center, Geophysical Research Letters.Hebrew University of Jerusalem.
14. **Simard. A.J.(1976).** *Wildland Fire Management. The Economics of Policy Alternatives.* Department of Environment. Canadian Forestry Service. Canadá. 52 p.
15. **Simard. A.J.(1976).** *Wildland Fire Management. The Economics of Policy Alternatives.* Department of Environment. Canadian Forestry Service. Canadá. 52 p.
16. **Vélez. R. (2000).** La Defensa Contra Incendios Forestales. Fundamentos y Experiencias. Ed. Mc GrawHill. España.
17. **Thompson, A.M.,1992:** The oxidizing capacity of the earth's atmosphere: probable past and future changes, Science, 256, 1 157- 1 165.