

# **UNA VISION REGIONAL SOBRE EL CAMBIO GLOBAL CLIMÁTICO**

**Dr. Ing. ENRIQUE PULIAFITO  
Dr. AMILCAR MOYANO  
Prof. Ing. JOSÉ LUIS PULIAFITO**

**Contribución a la Primera Audiencia Pública de Medio Ambiente convocada por el Consejo Provincial de Medio Ambiente de la Provincia de Mendoza, Mendoza, 28 de junio de 1993.**

## **PROLOGO**

La Tierra está en permanente cambio. El hombre como parte de la biosfera o el mundo viviente, también está afectado por este cambio. La actividad humana siempre influenció los ciclos naturales. Pero últimamente, con la creciente población de la especie humana, su interferencia ha alcanzado una nueva dimensión. Esta podría llegar a causar cambios sobre el medio ambiente sólo comparables a los grandes ciclos climáticos experimentados durante la transición de la era glacial a la interglaciar.

Los cambios ambientales globales, se caracterizan, más que ningún otro problema por su interrelación mundial. La circulación natural de los vientos, los ciclos ecológicos, la interacción entre la atmósfera, los océanos, las regiones polares y la masa continental se encuentran en permanente stress ambiental, aún en los puntos más distantes del planeta. Esto indica que la vida -tal como se la conoce-existe hasta ahora en un solo mundo y sólo la investigación y la acción cooperativa podrá proveer la ayuda necesaria para preservar las condiciones de su existencia.

Las investigaciones científicas indican que la industrialización, junto a la demanda creciente de energía y alimentos, han llevado a un incremento en la atmósfera del contenido de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de otros gases invernaderos y a la reducción de la capa protectora de

ozono en la estratosfera, a través de los compuestos de hidrocarburos halogenados (CFC), principales causantes todos estos de los cambios atmosféricos observados. La continua y creciente explotación destructiva de la selva tropical conduce también al aumento de la concentración del dióxido de carbono, además de la drástica reducción de la diversidad de las especies.

La única respuesta posible a este desafío es intensificar los esfuerzos de investigación para ampliar el entendimiento de los procesos claves, y sobre todo encontrar las acciones específicas preventivas para contrarrestar la amenaza permanente. Todo ello mediante un cambio de conducta y desarrollando una tecnología nueva, de avanzada que esté en armonía con el medio ambiente.

El Protocolo de Montreal de 1987 sobre la protección de la capa de ozono y la Convención de Río de Janeiro de 1992 son algunos de los esfuerzos internacionales para establecer medidas que permitan lograr la protección del medio ambiente en que vivimos. A pesar de las leyes que Argentina ha sancionado al respecto, no debe caerse en la tentación de creer que los problemas globales y los esfuerzos internacionales son ajenos a los propios problemas internos o de responsabilidad exclusiva de los países industriales. Por el contrario exigen la mayor atención y requieren definiciones locales, regionales y nacionales que acompañen dicho proceso. En este sentido aplicar el principio ambiental "**pensar globalmente y actuar localmente**", no sólo redundará en beneficio de la comunidad mundial, sino que permitirá acelerar el proceso de adaptación a una realidad socioeconómica distinta que se vislumbra cada vez más como inevitable y más próxima de lo que se creía: explicada por ahora, como regida por el derecho al desarrollo sustentable.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el curso de la historia de la Tierra ha habido decisivos cambios climáticos. Estos cambios se debieron a procesos causados por factores naturales, en especial relacionados con las variaciones en la intensidad de la radiación solar, producidas por los cambios en la órbita terrestre. Otros procesos, en cambio, están fundados en la actividad acaecida en el interior de la Tierra.

En el pasado, el hombre sólo podía adaptarse a las fluctuaciones naturales de las condiciones del medio ambiente, que en general ocurrían lentamente. Sin embargo, la interferencia de la actividad

humana con el ecosistema global puede generar cambios bruscos, a los cuales resulte muy difícil reaccionar. Ya que los componentes de la Tierra: atmósfera, hidrosfera, geósfera, criosfera y biosfera -incluidas las socioculturas que la habitan- están íntimamente relacionadas por numerosos procesos de intercambio; las modificaciones en un punto del sistema pueden tener efectos a largo plazo en alguna parte del mismo.

La interferencia humana a escala global sobre el medio ambiente natural es sobre todo evidente en la atmósfera y en la hidrosfera.

El efecto invernadero consiste en que el dióxido de carbono y otros gases atmosféricos retienen parcialmente el calor que la superficie expone en forma de rayos infrarrojos, igual que los cristales de un invernadero. La concentración de los más importantes gases invernaderos ha aumentado dramáticamente desde el comienzo de la era industrial. Paralelamente ha habido un incremento en la temperatura atmosférica. Actualmente, las causas de la correlación entre el aumento de dichos gases y el aumento de la temperatura y su impacto sobre el cambio climático sólo puede determinarse inadecuadamente aunque se reconoce un incremento en el nexo causal entre Cultura y Naturaleza.

Las causas de la disminución de la capa de ozono estratosférico sobre la Antártida, por ejemplo, pueden establecerse con mayor precisión. Sin embargo aún no se ha especificado de la misma forma cuáles son los efectos sobre los organismos vivientes.

Los cambios en la hidrosfera pueden apreciarse especialmente en el leve aumento del nivel del mar, como consecuencia de un calentamiento de los océanos y una expansión del volumen del agua.

Entre algunas de las causas de estos cambios pueden citarse, por ejemplo:

El crecimiento de la población que genera nuevas demandas de energía y alimentos. La necesidad de satisfacer esta demanda incrementará el stress sobre el medio ambiente (conforme con Robert S. McNamara, discurso en NU 10-12-1991).

El aumento de la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera, especialmente originado por la combustión de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) con una emisión anual de más de 20 mil millones de toneladas.

La explotación y quema de grandes áreas de selva tropical, con emisión de grandes cantidades de dióxido de carbono, y perdiéndose la capacidad de absorber y limpiar la atmósfera del dióxido de carbono por fotosíntesis (Conforme con **"Doc. de Política del Banco Mundial sobre el Sector Forestal"** Washington, 1992: **"la destrucción de bosques**

**tropicales húmedos trae como resultado neto un aumento de hasta 125 toneladas de carbono por hectárea en la atmósfera mundial").**

El océano es el otro dispositivo natural para la eliminación de dióxido de carbono de la atmósfera, pero insuficiente al efecto armónico que se persigue.

Los hidrocarburos halogenados (CFC) están incrementando el efecto invernadero. Los CFC son de origen puramente industrial y se usan en la producción de propelentes, espuma plástica, en la refrigeración, aire acondicionado, etc. Estudios recientes han confirmado que los CFC son mayormente responsables en la reducción del ozono estratosférico sobre la Antártida.

En esta red complicada de procesos naturales y antrópicos de conversión, el hombre es a la vez actor y víctima de los cambios globales. El manejo de estos problemas llama a establecer estrategias políticas que no sólo evite futuros cambios, sino a prevenir las consecuencias negativas de los cambios a escala global. Dada la complejidad de estos problemas, las decisiones políticas deben basarse en investigaciones científicas sólidas y en modelos de predicción confiables.

Al presente muchos estudios ambientales han sido orientados al entendimiento de problemas locales o regionales, por ejemplo pronósticos meteorológicos, problemas de contaminación ambiental en ciudades, deposición de los gases contaminantes en ecosistemas pequeños. Sin embargo la creciente investigación lleva a la conclusión de que numerosos procesos no están limitados a escala local o regional sino que afectan a muchas naciones e incluso a continentes, por ejemplo, la ocurrencia de largos períodos de sequía, el calentamiento global y la disminución de la capa de ozono. Si bien las consecuencias de tales efectos son tratados a escala nacional o local, es cada vez más evidente, que éstos involucran a una compleja red de procesos que deben ser tratados en forma multidisciplinaria y mundial.

Por otro lado los cambios globales generan un mecanismo de realimentación que no puede ser únicamente explicado desde las ciencias naturales, sino que deben interpretarse desde un punto de vista socio-económico. Entre ellos el mayor dilema es la exigencia de una población creciente a un ritmo cada vez mayor. Esto fuerza a los pueblos a una explotación creciente de los recursos naturales, sin una consideración de los efectos dañinos sobre el medio ambiente, y al aumento en la demanda energética con su correspondiente incremento en el balance de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. Estos, sólo son algunos ejemplos que ilustran, que las consecuencias socio-econó-

micas del cambio global del medio ambiente, jugarán un rol preponderante en el desarrollo de las naciones, en su conocimiento actual.

Estas y muchas otras preguntas no tienen todavía una respuesta adecuada, pero lo que permanece cierto es que la interferencia humana en los últimos cien años ha tomado grandes proporciones, tanto en cantidad, como en velocidad. Sólo queda abierto a la especulación, cómo reaccionará la Naturaleza a este asalto masivo a escala global, y cuáles sus consecuencias naturales y culturales.

## **2. EVIDENCIA CIENTÍFICA DE LA RELACIÓN ENTRE EL CAMBIO GLOBAL Y LA INTERVENCIÓN ANTROPICA SOBRE LA NATURALEZA.**

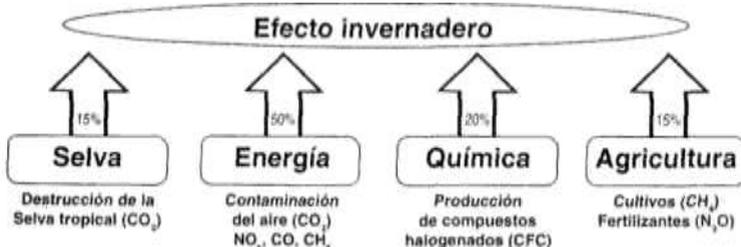
### **2.1.El efecto invernadero y la reducción de la capa de ozono.**

La atmósfera de la Tierra actúa como un invernadero, calentando el planeta de la misma forma que un invernadero habitual calienta el aire dentro de las paredes de vidrio. Como el vidrio, los gases en la atmósfera dejan penetrar la luz pero evitan que el calor escape. Los gases invernadero, tales como, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, y otros, son transparentes a ciertas longitudes de onda de la energía radiante del sol, permitiendo que ésta penetre hasta la superficie terrestre (fig. 1). Las nubes, las masas de hielo y las partículas en suspensión reflejan el 30% de esta radiación; pero el océano y la masa continental absorben el resto y devolviéndola al espacio exterior en forma de radiación infrarrojo. Los gases invernadero y las nubes previenen que parte de esta radiación infrarrojo escape, atrapándola cerca de la superficie, calentando la masa de aire cercana a ésta. Si esta barrera natural no existiera, este calor escaparía, y la temperatura media global sería 33<sup>6</sup>C menos que la actual (aproximadamente -18<sup>o</sup>C, actualmente es de +15<sup>o</sup>C). La concentración de gases invernadero ha variado naturalmente durante siglos, moderando la temperatura sobre la superficie, pero últimamente, la actividad humana ha conducido a un aumento muy rápido en la tasa de producción de dichos gases (Efecto invernadero adicional).

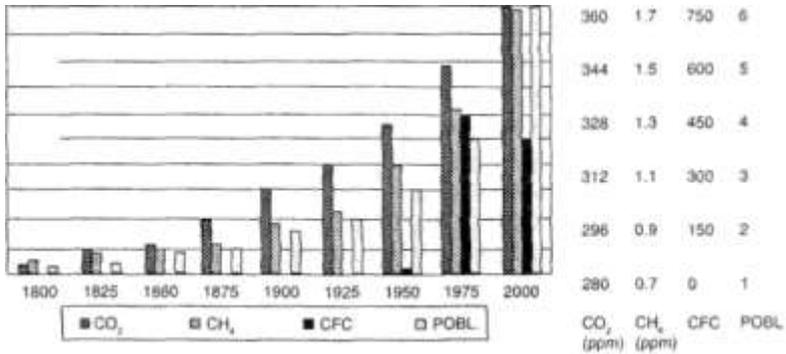
Los efectos de las actividades industriales, especialmente la emisión de los efluentes gaseosos y sus posibles efectos en el clima han atraído considerablemente la atención. El problema mejor conocido es ciertamente el del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), pero el ciclo de este gas entre la atmósfera, biosfera, hidrosfera (nubes y océano), y la litosfera (tierra sólida) permanece incierto. La emisión de CO<sub>2</sub> como resultado de

la combustión de combustibles sólidos (carbón, petróleo) contribuye a la producción biosférica natural, y aparece como responsable del aumento del  $\text{CO}_2$  observado en la atmósfera. Por ende, parece ser (ver Bach, 1976) que entre 1960 y 1975 la cantidad total de  $\text{CO}_2$  en la atmósfera se incrementó entre 2,23 a  $2,47 \times 10^{12}$  toneladas. Tal incremento influencia el presupuesto térmico de la atmósfera, tanto mediante el enfriamiento debido al aumento en la emisión de la radiación infrarroja al espacio, como a través del calentamiento de las capas inferiores, debido a la absorción de la emisión infrarroja de la superficie terrestre, como de los gases atmosféricos. Los modelos globales indican que una duplicación del contenido actual de  $\text{CO}_2$ , incrementaría la temperatura de la Tierra de 1,5 a  $4,5^\text{B}^\text{C}$  (ÑAS 1983), lo cual podría influenciaren gran medida a los hielos polares y a los procesos de precipitación global. Esto a su vez puede afectar la radiación de albedo, e incrementar consecuentemente la temperatura e introducir una posible realimentación positiva cuyas eventuales consecuencias podrían ser muy significativas. La magnitud exacta del efecto del incremento de  $\text{CO}_2$  es difícil de establecer debido a las complicadas realimentaciones entre la atmósfera, los océanos y la biosfera. Las observaciones indican que ha ocurrido un aumento sistemático en la temperatura de la superficie terrestre desde 1900. Debido a que la variación singular de la temperatura es también dependiente de los aerosoles emitidos mediante erupciones volcánicas, no puede atribuirse al aumento de la temperatura, exclusivamente al  $\text{CO}_2$ .

Los cambios en la temperatura atmosférica alteran la rapidez de muchos procesos fotoquímicos y por lo tanto la concentración de especies menores. Por ejemplo un aumento de  $\text{CO}_2$  entre 30 y 50 km debería conducir a un incremento pequeño en la concentración de ozono, de acuerdo con modelos actuales. Perturbaciones térmicas pueden también influenciar la dinámica atmosférica.

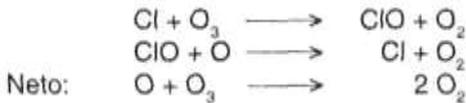


**Figura 1.** Causas principales del efecto invernadero adicional. Extraída de: "Conceptual Framework for Research on Global Change", Federal Minister for Research and Technology, Bonn, abril 1992.



**Figura 2:** Desarrollo (de izquierda a derecha) de la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (en partes por millón), metano (CH<sub>4</sub>, en partes por millón), producción de hidrocarburos halogenados (CFC, en kilotoneladas por año), y población mundial (POBL, en miles de millones) - Extraída de: "**Global Change: Our world in transition**"; Federal Minister for Research and Technology, Bonn Marzo 1991.

La emisión de compuestos derivados del cloro es también un tema de interés dado que el ozono puede destruirse mediante el siguiente ciclo catalítico (Storlaski y Cicerone, 1974; Molina y Rowland, 1974):

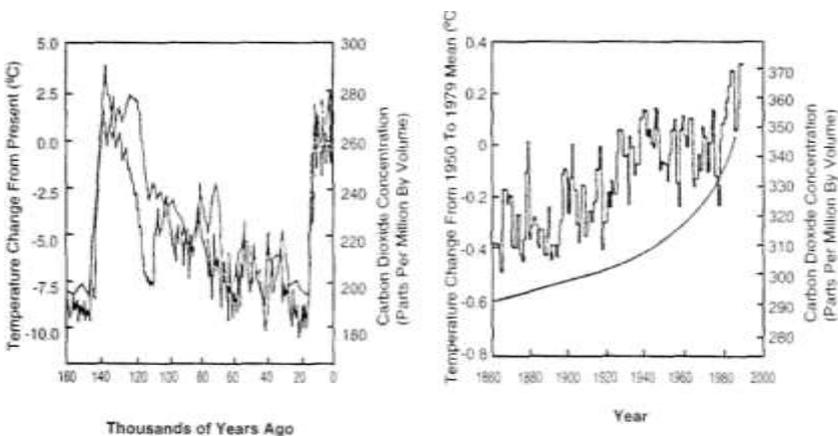


El átomo de cloro está presente en muchos productos industriales dispersados en la atmósfera, pero muchos de ellos se destruyen rápidamente a bajas altitudes y, por ende, no alcanzan la atmósfera media donde reside la mayor parte de la capa de ozono. Algunos compuestos industriales, sin embargo sí alcanzan altitudes superiores, teniendo tiempo de vida suficientemente largo como para perturbar potencialmente a la capa de ozono: principalmente el tetracloro de carbono (CCl<sub>4</sub> ó F-10), triclorofluormetano (CCl<sub>3</sub>F ó F-11), diclorodifluormetano (CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub> ó F-12) y el tricloroetano (CCl<sub>3</sub>CH<sub>3</sub>), los cuales pueden transportarse hasta la atmósfera media y emitir átomos de cloro. Estos compuestos industriales a base de hidrocarburos halogenados (CFC) se usan en numerosas aplicaciones, especialmente como propelentes para aerosoles, solventes y como elementos

refrigerantes. La cantidad de los compuestos halogenados emitidos a la atmósfera pueden determinarse por su producción industrial ya que son un producto de la actividad humana.

Se ha estimado que en 1976 la producción mundial era la siguiente (Bauer, 1978): 308 kilotoneladas de F-11, 380 kilotoneladas de F-12, 51 kilotoneladas de F-10 y 401 kilotoneladas de  $\text{CH}_3\text{CCl}_3$ . La rapidez de emisión de estos compuestos ha aumentado drásticamente desde el comienzo de la era industrial (1950) y tuvo una estabilización a partir de 1974 debido a la aplicación de medidas de control. Actualmente, se aprecia una reducción de estos valores (fig. 2).

Los modelos indican que el tiempo requerido por la atmósfera media para reaccionar a la emisión superficial de estos productos industriales es muy larga (varias décadas) y que la reducción de la concentración de ozono es mayor cerca de los 40 km de altura. Debe notarse además que los compuestos halogenados pueden afectar el balance de radiación atmosférica.



**Figura 3:** Correlación entre la concentración de dióxido de carbono y la temperatura media mundial. A la izq.: Eje vertical izq.: Cambio de temperatura al presente ( $^{\circ}\text{C}$ ), eje vertical izq.: concentración de  $\text{CO}_2$  (partes por millón). Eje horizontal: Miles de años pasados. A la derecha: Eje vertical izq. Cambio de temperatura respecto de la media (entre 1950 a 1979). Eje vertical derecho: Concentración de dióxido de carbono en partes por millón; eje horizontal: año. De acuerdo a S.H. Schneider, NCAR Boulder.

El contenido de dióxido de carbono y la temperatura muestran una estrecha correlación. A través de muestras tomadas de hielos antárticos se han podido inferir datos de miles de años de antigüedad. Estos registros muestran que la temperatura en esta región y el contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera fueron aumentando casi simultáneamente cuando una de las eras glaciares había finalizado hace unos 130 mil años. Al comienzo de la próxima era glacial, tanto la temperatura como el dióxido de carbono decrecieron y luego aumentaron nuevamente cuando los hielos se retiraron hace 10 mil años atrás. El curso actual de la temperatura muestra un calentamiento ligero de medio grado. Se discute todavía si el aumento del contenido de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es el único responsable del calentamiento de medio grado, (fig. 3).

El efecto de la actividad humana en la estructura y composición de la atmósfera es, sin duda, nada despreciable aun cuando estos efectos, actualmente, no son claramente evidentes. El desarrollo agropecuario y las actividades industriales están afectando el ecosistema y la atmósfera terrestre. Es por lo tanto muy importante entender el comportamiento de la atmósfera, la cual es muy vulnerable a las perturbaciones externas y tan esenciales en el medio ambiente fotoquímico y climático de la Tierra.

## **2.2. Evolución de los estudios**

A pesar de algunas incertidumbres en el entendimiento de las complejas relaciones de causa y efecto, es evidente que deben tomarse todas las precauciones necesarias, ya que la omisión de actuar hoy podría significar un mal mayor en el mañana. Por otra parte los científicos han dedicado sólo las últimas décadas al estudio del cambio global y por tanto se requieren urgentemente mayores investigaciones.

Algunos programas internacionales ya han sido iniciados, como por ejemplo el Programa Internacional sobre Geósfera y Biosfera (IGBP) o el Programa de Investigaciones sobre Clima Mundial (WCRP). Estos y otros esfuerzos internacionales deben sumarse y complementarse con esfuerzos locales, nacionales y regionales. Con las ciencias naturales deben también colaborar las ciencias sociales y económicas para evaluar el impacto del cambio del medio ambiente en la sociedad y la economía. Este tipo de investigación interdisciplinaria es nueva y no ha sido todavía suficientemente abarcada.

Un concepto local y nacional para promocionar la investigación sobre Cambio Global debe basarse en los siguientes conceptos básicos:

- a. Existe actualmente un número de actividades de investigación tanto a nivel local, nacional como a escala internacional, estudiando

ciertos aspectos de la temática del Cambio Global que abarcan desde las corrientes oceánicas, la relación de la concentración del dióxido de carbono y otros gases con el clima, hasta el desplazamiento de las placas continentales. La característica específica de la investigación sobre Cambio Global es tal que, partiendo de dichas áreas particulares, se genere una síntesis de las mismas y se defina sobre esta base los esfuerzos selectivos adicionales necesarios.

b. La investigación científica actual cubre un amplio rango que va desde la investigación básica hasta estudios concretos sobre posibles medidas preventivas o curativas. La investigación de Cambio Global debe concentrarse particularmente en tópicos que envuelvan los cambios globales en el medio ambiente causados y sufridos por el hombre.

Las siguientes áreas requieren especial atención:

- Clima.
- Ozono estratosférico.
- Ecosistemas sensibles.
- Océanos.
- Selva tropical.

c. Integrar los esfuerzos científicos a los aspectos económicos y sociales que ayuden a la toma de decisiones políticas. La perspectiva general del estudio del Cambio Global debe orientarse hacia un mejor entendimiento de los decisivos procesos interrelacionados de los cambios ambientales. Basados sobre este entendimiento, estos procesos podrán predecirse y consecuentemente establecerse las medidas preventivas necesarias. Esto permitirá hacer frente a las amenazas, modificando la conducta y desarrollando una tecnología más apta para el medio ambiente.

Antes de que este desafío sea tomado, deben, sin embargo, aclararse los objetivos y sus estrategias. La más alta prioridad debe otorgarse al desarrollo de pronósticos confiables del sistema global, bajo condiciones conocidas, que permitan confirmar los modelos a usarse. Para ello deben seguirse los siguientes pasos:

a. Medir los procesos globales tanto en la historia terrestre como en el presente.

b. Identificar los procesos que son claves y que juegan el rol principal en los cambios, consolidando el conocimiento.

Estos dos primeros pasos están orientados a distinguir entre los procesos naturales y los antrópicos que causan el Cambio Global. De esta manera se podrán establecer modelos confiables y sus condiciones de contorno. El tercer paso será entonces,

c. Establecer modelos de predicción confiables. Estos modelos pueden ser comprobados usando los datos del pasado y del presente.

Podemos sumarizar la estrategia arriba mencionada por tres elementos: **medir - entender - predecir**.

### **2.3. Investigación del IEMA en el área del Cambio Global.**

La Universidad de Mendoza a través del Instituto de Estudios para el Medio Ambiente (IEMA) lleva a cabo en la actualidad diversos proyectos de investigación relacionados con la problemática del Cambio Global y la contaminación en los ecosistemas locales, regionales, nacionales e internacionales en cooperación con instituciones de investigación científica regionales, nacionales e internacionales. En particular, aquellos proyectos vinculados al Cambio Global son: Proyecto TROPWA (Vapor de agua troposférico), Proyecto TECUA (contenido Total de Electrones en la Ionosfera), Proyecto MAS (Sondeo Atmosférico por ondas milimétricas, a bordo del Space Shuttle). Los dos primeros proyectos se enmarcan en la cooperación bilateral científica-tecnológica argentino-germana. Estos proyectos han sido parcialmente financiados por el IB-GKSS de Geesthacht dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la República Federal de Alemania (BMFT).

#### **2.3.1. Proyecto TROPWA**

Se refiere al monitoreo del vapor de agua troposférico (0-12 km) y mesosférico (55 - 80 km) ozono y otros gases constituyentes menores de la estratosfera (12 - 55 km) por medio radiometría-espectrometría en ondas milimétricas (20 - 200 GHz), orientados a proveer información tanto para el estudio del Cambio Global Climático como para el estudio del ecosistema local.

Las mediciones de vapor de agua y agua líquida en la troposfera y la mesósfera son de gran importancia para la investigación meteorológica y climática. Especialmente cuando se trata no sólo de monitoreo experimental sino también operacional. El vapor de agua es uno de los compuestos gaseosos más extraños del universo dadas sus inusuales propiedades químicas y termodinámicas. Este juega un papel fundamental en la química heterogénea de la reducción de ozono antártico. Por ello, se prevé medir simultáneamente ozono y vapor de agua

#### **2.3.2. Proyecto TECUA**

Se refiere al monitoreo del contenido total de electrones en la ionosfera por efecto Doppler diferencial, con aplicación a la geodesia. Se

estudia además la posible interacción de las fluctuaciones de la ionosfera con mecanismos de transporte atmosférico, de interés para el estudio del Cambio Global Climático y del ecosistema local.

La ionosfera pertenece a la cubierta gaseosa de la Tierra. Por lo tanto cambios globales en la troposfera (ver Proyecto Tropwa) influyen en los procesos ionosféricos mediante un complejo acoplamiento vertical. La importancia de tales efectos y sus posibles mecanismos de realimentación no están bien entendidos en la actualidad.

### **2.3.3. Proyecto MAS**

Este proyecto abarca mediciones globales de ozono, vapor de agua, monóxido de cloro, temperatura y presión, en forma de perfiles de altura y en función de la latitud. Este instrumento es parte de las misiones ATLAS de la NASA a bordo del transbordador espacial y proveerá de mediciones simultáneas especialmente relevantes para el estudio de los procesos fotoquímicos y al estudio de los ciclos catalíticos de la pérdida de ozono.

En este proyecto colaboran instituciones científicas de Alemania Federal, Suiza y Estados Unidos. La Universidad de Mendoza participa como co-investigadora en este proyecto internacional.

Existen otros proyectos en estado de planificación preliminar, de planificación avanzada o de definición de recursos y cooperación local, regional, nacional e internacional. Algunos de ellos son: **Proyecto SAIR**, monitoreo de gases residuales como  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{O}_3$  mediante radiometría en infrarrojo; **Proyecto SEAM**: Instalación de un observatorio para mediciones atmosféricas en alta montaña. **Proyecto MONAIR**: Monitoreo operacional de gases de contaminación ambiental a nivel de superficie, tales como  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$ , partículas en suspensión y parámetros micrometeorológicos.

## **3. LA CONVENCIÓN MUNDIAL SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA POSICIÓN RELATIVA NACIONAL**

### **3.1. Antecedentes principales**

La Convención Internacional sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza a Larga Distancia del 13.11.1979, suscripta en Ginebra, tiene por objeto la disminución de los óxidos de nitrógeno. Argentina, no es parte, ni parece ser relevante en el contexto universal: 1/5 de la

emisión de EE.UU., 1/4 de la emisión de la ex Unión Soviética, 1/5 de las del resto de Europa. Incluso, debe advertirse que estas proporciones se han estimado para toda América Latina, y no sólo para Argentina. (Caluder Duplessy y Pierre Morel, "**Gros temps sur le planète**", Jacobo Odile, París, 1989, p. 251).

En 1980, 27 Estados crearon por un acuerdo informal, el Comité Coordinador de la Capa de Ozono (COOL). Posteriormente el 22.3.1985 se convirtió en la Convención Internacional para la Protección de la Capa de Ozono, ratificada por Argentina y publicada como ley nacional 23.724, entrando en vigor desde el 22 de setiembre de 1988. El 2.3.1987 EE.UU., Canadá y los países Escandinavos coincidieron en limitar gradualmente los CFC y otros gases degradantes de la capa (L. Sinclair "**New WRI Report Details Estrategies for Protecting the Ozone Layer**"; en Rev. Ambio, Suecia, vol. XVI, 1.11.1987; y la Rev. "**Environmental Policies and Law**", vol 28, N° 3, junio 1988). Los protocolos ulteriores determinaron índices de reducción de los CFC.

En la actualidad rige el Protocolo de Montreal del 16.9.1988 (ratificado por la Argentina y publicado a través de la ley 23.778), que impuso una reducción de más de la mitad de la producción de CFC para fin de siglo, y que luego de las reuniones de Helsinki, Londres y Copenhague, redujeron la producción a cero, y el plazo al 1 de enero de 1996.

En la Argentina, la ley 24.040 hace cesar la producción y uso de las sustancias que -a criterio de la autoridad de aplicación- son las que más contribuyen al agotamiento de la capa de ozono: CFC y halones. Prohíbe la radicación de industrias que las produzcan, la autorización de nuevas fórmulas que las contenga, y su comercialización y uso como propelente en aerosoles a partir del 1 de enero de 1994 y en extinguidores de incendio a partir del 1 de enero de 1997. La ley 20.284 del 16-4-1973 se había ya referido a las emisiones de ozono y otros gases, a la que adhirió Mendoza por la ley 5.100 del 14-7-1986 y el decreto reglamentario 2.404-89.

La Convención sobre el Cambio Climático fue hecha en Nueva York el 9.5.1992 y puesta a la firma en Río y Nueva York (Naciones Unidas) del 20.6.1992 al 19.6.1993. Se desconoce, a la fecha de cierre, a las partes firmantes, pero se sabe que Estados Unidos de América -el país que más CO<sub>2</sub> emite en el mundo- no firmó la Convención, "**por no considerar fehacientemente acreditado que las emisiones de CO<sub>2</sub> sean las causantes del efecto invernadero**".

### 3.2. Aspectos que abarca el Tratado de Río

No está referida al CO<sub>2</sub>, sino **"a la estabilización de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antrópicas peligrosas en el sistema climático"**. Su finalidad no es una norma jurídica, en cuanto sus objetivos están redactados en forma potencial, a través de la fórmula **"debería"**.

Los principios que guían al objetivo de la Convención y a sus Disposiciones son igualmente potenciales.

Los compromisos sobre los efectos del Cambio Climático están redactados como normas jurídicas obligatorias, pero como su finalidad y disposiciones tienen un objetivo potencial, es difícil atribuirles el carácter de normas jurídicas. De cualquier forma, la actitud de Estados Unidos advierte de una obligatoriedad que no ha querido ser asumida: inventarios nacionales de gases no controlados por el Protocolo de Montreal; programas nacionales y regionales; incorporación de tecnología; promoción de sumideros y depósitos de gases; ordenación de los recursos naturales; aporte oportuno de información; deber de educación, etc.

La afirmación de los Estados Unidos ha llevado a Bjorn Larsen y a Anwar Shah, en **"El efecto invernadero y cómo combatirlo"**, en Rev. Finanzas y Desarrollo, ed. FMI y BM, Washington, dic. 1992, vol. 29 N<sup>o</sup> 4, p. 20, a proporcionar la eliminación o reducción a las subvenciones que los Estados dan a la energía proveniente de combustibles fósiles (calculada aproximadamente en U\$S 230.000 millones), las otorgadas a los productos derivados del petróleo, del carbón y del gas natural; en forma paralela, han propuesto la aplicación de impuestos a las emisiones de carbono.

La respuesta que parece más satisfactoria a la rigidez que anima a la política de Estados Unidos, es la propuesta por el "Consejo de las Empresas para un Desarrollo Sostenible" integrado por 48 directivos de las principales empresas de todo el mundo, creado en 1990 y presidido por Stephan Schmidheiny). Schmidheiny, industrial suizo, fue el principal asesor de Maurice Strong, Secretario General de la Conferencia de la NU para el Medio Ambiente y el Desarrollo, realizada en Río, en junio de 1992 (CNUMAD.Río '92). Antes de ésta, el Consejo presidido por Schmidheiny, publicó el libro **"Changing Course"** (Cambio de Rumbo), en el que los empresarios proponen una "asociación" con los gobiernos o una participación directa y efectiva con ellos, al efecto de conservar las decisiones políticas y empresariales de modo que no lleguen a ser contradictorias para ambos intereses, asumiendo que la **"eficacia**

**ecológica"** es un aspecto tecnológico que las empresas más importantes han implementado y, que el resto, deberá hacerlo en breve plazo. Stephan Schmidheiny, ha reiterado la **"necesidad del énfasis asociativo"** para desarrollar una estrategia empresarial - gubernamental bajo un mismo cronograma, ante el peligro de convertir a la actividad industrial en una amenaza de riesgo o daño ilícito para la comunidad de cada Estado (Amílcar Moyano, **"Responsabilidades ambientales de los municipios en los países unitarios y federales frente a los poderes superiores o ciudadanos"**, en Curso Latinoamericano 1993, ed. CDS, Bs. As. mayo 1993, doc. CDS 93/51).

Debe tenerse en cuenta que Argentina no figura en ninguno de las Anexos (I y II) de la Convención, por lo cual no tiene obligaciones especiales. Sin embargo, sí goza de los eventuales beneficios que importa tener zonas áridas y semiáridas y expuestas al deterioro forestal, propensas a los desastres naturales, expuestas a la sequía y desertificación, de alta contaminación urbana, con ecosistemas frágiles (montañosos), con economías dependientes de combustibles fósiles y con Estado sin litoral

Por de pronto, los analistas políticos señalan que **"la industria ambiental es un millonario boom"**, como en el caso de México, que en 1990 significó 132 mil millones de dólares, el 2,7% del PNB, (Feliciano Hernández, Rev. Latinoamericana, vol. 80, N°7, ed. Visión, México, abril de 1993). De aquí que científicos sociales, como el Decano del Instituto de Estudios Políticos y Sociales de Brasil (Helio Jaguaribe, en "Las Relaciones EE.UU. - América Latina", Rev. Visión Latinoamericana, vol. 80, N° 1, ed. Visión, México, enero de 1993) señalan divisiones para la región: a- por un lado tres grandes subregiones: México, América Central y el Caribe, y América del Sur; b- esta última a su vez dividida entre: Colombia y Venezuela vinculadas al NAFTA (North American Free Trade Agreement), Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay vinculadas al MERCOSUR, Chile por sus características económicas presentes y finalmente Bolivia, Ecuador y Perú en una situación intermedia; c- México por su especial vinculación con el NAFTA; y d- América Central y el Caribe aglutinadas en economías clientes de EE.UU. La región de este punto de vista es una potencialidad de homogeneidad productiva que puede alcanzar un desarrollo sustentable por sí o por un tercero que interactúa política o económicamente a través de ella.

La convención crea un órgano supremo: **la Conferencia** de las Partes, que se reúne anualmente, o extraordinariamente. Un órgano dependiente y de enlace del anterior con las Partes y demás Organismos

y Organizaciones: es la **Secretaría**, con funciones permanentes. Se crea también un **órgano subsidiario de Asesoramiento Científico y Tecnológico**, y un **órgano subsidiario de Ejecución** encargado de ayudar a la Conferencia de la Partes.

Existe un mecanismo de financiación, y una obligación generalizada de transmisión de información, y un mecanismo de solución de controversias, otro de propuestas de enmienda, y otro de agregados a la Convención a través de **protocolos** aprobados por la Conferencia de las Partes.

Toda esta normativa, es inaplicable en Argentina, a menos que se aprueben los siguientes pasos (conforme a la doctrina que surge de la nueva jurisprudencia de la Corte Suprema de Justicia de la Nación CSJN, en el caso "Ekmekdjian C. Sofvich y otros" del 7-7-1992):

1. firma por el Presidente (cumplido)
2. aprobación por el Congreso a través de una ley (?)
3. ratificación por el Presidente (?)
4. depósito mínimo de 50 documentos ratificatorios, de aceptación o aprobación según el derecho positivo interno de las partes firmantes (?)
5. haya transcurrido un plazo de 90 días, a contar desde el día que se cumpla el anterior (?).

### **3.3. Opciones que ofrece la Convención**

Las opciones están referidas, a instancias económicas, y a instancias políticas vinculadas a las económicas. Casi íntegramente giran en función de la oposición de Estados Unidos, y a un dato -no conocido- que es, en qué porcentual influye el PBI de cada país en la industria emisora de gases de efecto invernadero.

a. Para William R. Cline, en "**The Economics of Global Warming**", ed. Institute for International Economics, Washington, 1992, empleando la técnica del análisis de costos-beneficios, se justifica que la tasa para calcular el valor actual de los rendimientos netos de las industrias emisoras de gases que producen el efecto invernadero, dicha tasa aumente por año, el 2%.

b. Para Lawrence Summers, en "**The Economist**", del 30.5.1992, y para Nancy Birdsall y Andrew Steer, en "**El calentamiento de la atmósfera: actuemos ya, pero sin falsear las cifras**", en Rev. Finanzas y Desarrollo, ed. FMI y BM, marzo de 1993, vol. 30 N° 1, p. 6, la tasa no es tan relevante como los factores ambientales que deben acompañar al desarrollo, pero dicha tasa anual, se incrementaría, por año, 8%.

Debe advertirse que, en cualquiera de los dos supuestos, la economía es preponderante, que se desconoce en cuánto influiría esa tasa por país, y que al desconocerse esto último, una medida general adoptada por un eventual protocolo del Convenio estaría siempre siendo injusta e inequitativa. Además, mientras Estados Unidos de A. y los demás países no participen de la Convención, continúen siendo ajenos, sólo se beneficiarán con los ajustes que hagan los demás Estados. Sólo la ilicitud sancionada por el orden de cada Estado aconseja tomar medidas drásticas de política, pero aun así, toda decisión local debe ser compatible con la internacional general, haciendo recomendable la tesis de Schmidheiny.

En última instancia, la política jurídica de Argentina, debe prever, la instrumentación de la cooperación y del beneficio que le traiga aparejado la implementación del mecanismo financiero del Convenio (que incluye mejores términos en la transferencia de tecnología), cuando apoye a uno u otro grupo de Estados. Y ello, dadas todas las variables de fragilidad ambiental que padece en su territorio, y que el Convenio establece.

#### **4. REFLEXIONES HACIA UNA POSTURA REGIONAL SOBRE EL CAMBIO GLOBAL**

##### **4.1 .El desarrollo ecoeficiente como respuesta al cambio global**

Uno de los problemas severos con los que se enfrenta la comunidad mundial es aceptar que la evolución implica constantes cambios, más o menos acelerados por la intervención humana. Desechar la idea de equilibrios estacionarios significa primariamente aceptar que no existen convenientes retornos naturales (ciclos) o soluciones tecnológicas mágicas de restitución ecológica que nos permitan dilatar la adopción de medidas fundamentales. Sólo podemos aspirar a que controladas hoy las principales causas de degradación antropogénica retornemos al mediano plazo a un ritmo más o menos natural de cambios ecológicos. Esto no significa desconocer cierta capacidad natural de reversión sino simplemente de reconocer una elasticidad ecológica limitada.

El concepto de desarrollo sustentable, por las razones arriba expuestas, llama a confusión y tal vez por ello resulte difícil acordar medidas efectivas. Ante esto es preferible plantear un concepto más directamente relacionado con los mecanismos biocibernéticos naturales, como el que abarca el desarrollo ecoeficiente. El mismo se basa sobre dos principios fundamentales:

1. La protección de la biodiversidad.
2. La maximización de la eficiencia de todo proceso de transformación física (mínimo incremento entrópico).

Por el primero se tiende a garantizar el mejor grado de adaptabilidad de la naturaleza, ya que en el sentido más amplio la protección de la biodiversidad (que incluye la diversidad biológica y abarca a todos los elementos de un ecosistema) implica no sólo preservar la existencia de la mayor cantidad de especies (calidad), sino también se refiere a cuidar la cantidad y distribución de las mismas. Esto último está directamente relacionado con una regla natural de descentralización, que la ingeniería moderna de sistemas reconoce como patrón de diseño.

Con el segundo se busca coordinar los intereses de desarrollo de la actual generación con los intereses de las futuras, ya que el uso de los recursos por parte de la primera compromete al mínimo las posibilidades de las segundas. De este principio se pueden derivar patrones tales como la disminución del consumo específico de energía, la disminución de residuos de un proceso, la minimización misma del consumo total y la participación directa de cada interesado en la toma de decisiones que afecten el nivel de riesgo asumido con el pacto social conocido como Constitución.

La opción ecoeficiente -sin desentenderse de la necesidad de imponer limitaciones a través de regulaciones acordadas- apunta más a un aprovechamiento racional de los recursos del ecosistema en que globalmente la especie humana está envuelta, que sea compatible -por otra parte- con la evolución Natural y Cultural del hombre.

#### **4.2.La opción ecoeficiente en nuestro desarrollo regional**

El debilitamiento a largo plazo de los flujos netos de recursos (no sólo energéticos sino de todos en mayor o menor medida) que alimentan la estructura productiva de los oasis artificiales, constituye, además de los que se comparten a nivel global, uno de los más importantes desafíos que debe enfrentar la Provincia de Mendoza y en general la región oeste del país.

En regiones como la de Cuyo, la Andina, la de América del Sur y las de análogas o similares características, el balance de materia y energía es delicado, y exige una disposición especial para enfrentar su administración. Por lo pronto, reconocer el conflicto potencial tal como se presenta, conduce también a la oportunidad de encontrar vías de superación; vías que, por otra parte, pueden llevar a cambios cualitativos en desarrollo sustentable.

El diseño de una política en este sentido debe ser, desde luego, materia de un amplio debate, pero se puede plantear -aunque sea preliminarmente- algunas líneas estratégicas básicas. Estas pueden ser las siguientes:

I. Aumento de la eficiencia del consumo de las actividades económicas.

Esta estrategia implica un amplio proceso de renovación y optimización tecnológica. Dicho proceso coincide simultáneamente con otros dos objetivos primarios: reducción de los residuos y de los costos de producción.

II. Disminución del consumo de las actividades no económicas.

Esta estrategia abarca aspectos como:

racionalización del uso del transporte público y privado (vías y medios)

reutilización y disminución de residuos tecnología doméstica de control en viviendas adaptación y estacionamiento de horarios descentralización informatizada de actividades.

III. Optimización del uso de las fuentes renovables de energía convencionales.

Esto se refiere fundamentalmente a los aprovechamientos hidroeléctricos integrales de pequeña y mediana escala.

IV. Sustitución de tecnologías y desarrollos de fuentes energéticas alternativas.

Esto abarcaría los siguientes elementos:

- uso del GNC como etapa intermedia en la sustitución del petróleo en el transporte.
- aplicación de la tecnología solar de pequeña escala en viviendas: a- calentamiento solar, b- construcción bioclimática, c- generación de energía eléctrica;
- generación eléctrica de mediana y gran escala: pequeños pueblos, interconexión con redes de distribución;
- almacenamiento de energía solar con sistemas autónomos o por ciclos combinados;
- tecnología de hidrógeno como segunda etapa de la sustitución del petróleo; combinación de la misma con la energía solar; biogas;

- nuevos desarrollos en transporte;
- informatización y automatización integral.

#### V. Educación ambiental.

Educación integral a través de los medios formales e informales de enseñanza, para el desarrollo ecoeficiente de toda la población en sus diferentes niveles culturales, adecuándola a las últimas herramientas tecnológicas.

Si las estrategias anteriores se conciben y operan integralmente dentro de un plan general de control ambiental de largo plazo, estas generan tres componentes de rentabilidad económica muy importantes:

- se mejora el balance energético;
- se disminuyen los costos de tratamiento de residuos;
- se produce desarrollo tecnológico local exportable.

El flujo financiero necesario para las inversiones en pos de la ecoeficiencia puede canalizarse a través de diversas líneas:

- invirtiendo parte de la regalías petroleras en el desarrollo de la nueva política energética;
- promoviendo a través de legislación apropiada la inversión privada: ley de conversión a GNC, supresión de subsidios, etc.;
- canalizando fondos de cooperación internacional que vayan apareciendo como consecuencia de los acuerdos post-ECO 92.

La coordinación con otras políticas de protección y optimización ambiental potencia unas a otras e impulsan el desarrollo y/o adaptación de nuevas tecnologías. Un caso típico es la limitación de emisiones ya discutido anteriormente y que deriva en aplicación de tecnologías de pre y postratamiento de la materia prima y de los residuos de los procesos de transformación respectivamente. Tal es el caso de sustitución progresiva del petróleo como combustible, en donde aún en las etapas intermedias planteadas es necesario mantener limitada la emisión de productos contaminantes a la atmósfera.

### **4.3. Algunas recomendaciones**

A la luz de lo discutido precedentemente pueden establecerse una serie de pautas para generar y conducir una postura regional sobre el Cambio Global Climático. Entre ellas se pueden destacar:

1. La necesidad de consultar oficialmente (a través del Poder Ejecutivo Provincial, de la Legislatura, de la Suprema Corte o del Consejo Federal Ambiental o aún del Pacto Federal Ambiental) al PEN

y a la Cancillería, cuál es el estado del procedimiento de entrada en vigencia de la Convención, sin perjuicio de hacer igual consulta al Congreso, pero, teniendo en cuenta que no depende de él.

2. La necesidad de estudiar, con la participación del Consejo Provincial de Medio Ambiente, y de la Unión Comercial e Industrial de Mendoza (UCIM) en particular, la disminución de la rentabilidad anual que provocaría un plan de prohibiciones y disuaciones a las actividades económicas-productivas y de servicios emisoras de gases invernaderos.

3. En concordancia con lo anterior proyectar la rentabilidad de una transformación productiva hacia tecnologías conservantes que aumenten la eficiencia económica y reduzcan paralelamente los riesgos ambientales.

4. La necesidad de que el Gobierno Provincial, elabore a los fines anteriores un plan de compensaciones en el PBI y de inversiones de sustitución tecnológica que incluyan como fuentes de inversión, los fondos para la transformación productiva en discusión y las posibles ayudas o cooperaciones que surgirían de la Convención.

5. Promover fuertemente e integrar la investigación ambiental referida a los ecosistemas en los distintos niveles y según las necesidades, favoreciendo la más amplia cooperación internacional. Esto se justifica principalmente debido a la necesidad de obtención de información y tecnología de primera línea a fin de protagonizar los cambios socioeconómicos que se avecinan en el concierto mundial.

6. La necesidad de evaluar instrumentos legislativos de soporte en el marco de la Legislatura Provincial, que se ajuste a una opción de desarrollo ecoeficiente como la que se propone.

## **5. AGRADECIMIENTOS**

Se agradece muy especialmente a la Universidad de Mendoza, a través de su Centro de Estudios Superiores (CIS), representada por su Rector Prof. Ing. Salvador Puliafito, por su permanente apoyo, sugerencias y observaciones a las tareas de investigación y desarrollo, particularmente en lo referido al estudio e investigación de las soluciones a los problemas ambientales.

Al Dr. Gerd Karlheinz Hartmann, Director científico externo del Instituto (IEMA) e Investigador Principal del Instituto Max Planck für Aeronomie de la República Federal de Alemania, por su constante

estímulo, pensamientos e inestimables reflexiones en temas vinculados a este trabajo, ¡muchas gracias!

Sean agradecidos también el Prof. Arq. Alberto Cutropia y Prof. Dipl.-Ing. Carlos M. Puliafito por su aporte en la confección, correcciones y valiosas discusiones contenidas en este artículo.

Por último, y en general, desea dar las gracias a todo el personal técnico-científico del IEMA por su continuo, valioso e inestimable como silencioso trabajo cotidiano en pos de un mundo con una calidad de vida mejor, y de cuya verdad surgen estas breves líneas.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

1. The Federal Minister for Research and Technology: "**Conceptual Framework for Research on Global Change. 1992-1995**". República Federal de Alemania. Bonn, abril de 1992.
2. The Federal Minister for Research and Technology: "**Global Change. Our World in Transition**". República Federal de Alemania. Bonn, marzo de 1991.
3. Fabián, Feter: "**Atmósfera y Medio Ambiente**". Ed. EDIUM UM-02-06-0638-1190. Mendoza, 1990.
4. Brasseur, Guy and Susan Solomon: "**Aeronomy of the Middle Atmosphere**". Second edition. D. Reidel Publishing Company. 1986.
5. Puliafito, José Luis: "**Criterios para el monitoreo del medio ambiente en el Oasis Norte de Mendoza y Gran Mendoza**". Editorial Idearium. UM 01-03-06-0619-1188. Mendoza, 1988.
6. Hartmann, Gerd K.: "**Remote Sensing for the Observing, Perceiving, and Conserving Utilization of the Environment. Part I and II**". Editorial Idearium. UM-01-08-06.0641-0491. Mendoza, febrero de 1989.
7. Bach, W.: "**Global air pollution and climatic change**", Rev. Geophys. Space Phys., 14, 429-474, 1976.
8. Bauer, E.: "**A catalog of perturbing influences on stratospheric ozone**", Federal Aviation Admin. Report, FAA-EQ-78-20, 1978.
9. Molina, M. J. and F. S. Rowland: "**Stratospheric sink for chloro-fluoromethanes: Chlorine atom catalyzed destruction of ozone**", Nature, 249, 810, 1974.
10. Moyano, Amilcar: "**Derecho Ambiental, en el desarrollo de los recursos naturales**", Ed. UM, 02-03-06-0639-1290, Mendoza, PRIDEMA, IEMA, LEGAMB, párrafo 11, 12 y 16.

11. ÑAS (National Academy of Sciences), **"Changing climate, Report of the carb3n dioxide assessment committee"**, National Academy Press, (Washington, D.C.), 1983.

12. Storlarski, R. S., and R. J. Cicerone: **"Stratospheric chlorine: a possible sink for ozone"**, Can. J. Chem., 52, 1610, 1974.

13. National Aeronautics and Space Administration (NASA): **"ATLAS 1: Encountering Planet Earth"**, 1992.

14. Seminario sobre Legislaci3n Ambiental, organizado por la Secretar3a de Recursos Naturales y Ambiente Humano, SRNyAH, Proyecto AR-0065/BID, Am3lcar Moyano: **"Estado actual de la legislaci3n ambiental argentina"**, Universidad de Bs. As., Fac. de Derecho y Ciencias Sociales, Bs. As., 1993, p. 10 literal a.