

**Tema 1**  
**El Saneamiento Básico y Ambiental**  
**Ponencia**

**LA MITIGACION DE CAMBIOS AMBIENTALES GLOBALES**

**Federico Pannier**

Academia de Ciencias Físicas,  
Matemáticas y Naturales

En este Foro Conmemorativo de los 80 años de la creación de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, dedicado al tema del Saneamiento Ambiental, no podrá omitirse la problemática del Cambio Ambiental Global, ya que está plenamente confirmado que nosotros, los seres humanos, somos la causa primaria de las grandes alteraciones que están sufriendo los ambientes de nuestro planeta, tanto a escala local y regional como global.

Las fuentes de estos cambios son bien conocidas, y dependen en casi su totalidad del control humano. La combustión de combustibles fósiles, la deforestación, prácticas agrícolas inadecuadas y procesos industriales incontrolados, son sólo algunos de los orígenes de los males que aquejan la Fisiología de nuestro planeta, y que se manifiestan, entre otros, por el calentamiento atmosférico, la pérdida de la capa de ozono estratosférico, la contaminación de las aguas, la desertificación y la pérdida de la biodiversidad.

La necesidad de cuantificar las complejas interacciones entre causas y efectos de los cambios ambientales a nivel global, ha logrado consolidar un novedoso campo de investigación, conocido como "Ecología Global" al cual hemos hechos referencia en el último Foro Conmemorativo de la Academia, hace 5 años. (1). Este campo trata de describir y comprender los procesos interactivos de tipo físico, químico y biológico que regulan el Sistema Planeta -Tierra, considerado en su totalidad, con el fin de entender la manera en que este sistema reacciona a las perturbaciones de origen humano, y obtener así, informaciones de carácter práctico y predictivo que permitan mitigar los problemas ambientales que se presentan.

Las interacciones entre los procesos físicos determinantes del Sistema Climático de la Tierra y los procesos químico-biológicos reguladores de la Biosfera, son medidos por dos tipos de

ciclos fundamentales: el ciclo hidrológico y los ciclos biogeoquímicos que interconectan, ambos, los compartimientos del Sistema Tierra, representados por la atmósfera, las tierras continentales y los océanos.

La importancia de los ciclos biogeoquímicos, o sea, de las vías de movimiento, o flujos, de los elementos y compuestos inorgánicos indispensables para la vida, puede comprenderse a través de las siguientes estadísticas de interferencia humana ejercida sobre éstos en los últimos 40 años (2).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles han aumentado en un 200 %, llegando a alcanzar 6000 Megatoneladas de Carbono al año, (MTC/año) con un incremento progresivo anual de 80 MTC.

La emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera atribuibles a la deforestación ha aumentado en 100 %, alcanzando actualmente un valor de 1600± 500 MTC/año.

- La fijación industrial de Nitrógeno atmosférico ha aumentado en un 700 %, contribuyendo a emisiones anuales actuales de 60 Megatoneladas de Nitrógeno, en forma de NO<sub>x</sub> y NH<sub>x</sub>.
- La explotación mundial de fosfato ha aumentado en un 500 %.
- El consumo mundial de pesticidas ha aumentado en un 240 %.
- La descarga anual de sedimentos hacia los mares es de 20.000 MT, o sea, el doble de la descarga en épocas pre-industriales.
- Alrededor de un tercio de las tierras agrícolas arables del mundo se han perdido en los últimos 40 años, a una tasa de 10 millones de hectáreas por año.
- Durante el mismo espacio de tiempo se han construido 36.000 represas, cuyos reservorios, una vez llenos de sedimentos, representarían 280 veces el flujo global de sedimentos de todos los ríos del mundo.

Las pérdidas actuales de los principales elementos biogeoquímicos son los siguientes:

- La movilización total anual del Azufre alcanza 150 MT/año, es decir, el 70 % del azufre que precipita mediante las lluvias sobre la superficie terrestre.
- La tasa anual de la movilización de Nitrógeno es de 140 MT/año, equivalente a 2 veces el flujo anual que cae por precipitación de lluvia, ó 5 veces la descarga fluvial global de nitrógeno a los océanos.
- La tasa anual de movilización de Fósforo es de 12 MTP/año, o sea, alrededor de 5 veces la descarga fluvial global de fósforo disuelto a los océanos.

Se comprende que estos enormes incrementos de los flujos de elementos esenciales para el funcionamiento de la Biósfera reflejan el desequilibrio al cual está sometido el Sistema Tierra.

Haciendo tan sólo referencia al elemento Carbono, cuyo exceso en la atmósfera en forma de CO<sub>2</sub> está contribuyendo, junto con otros gases invernadero, al calentamiento global de la atmósfera terrestre, se establece la urgente necesidad de emprender acciones que permitan mitigar el efecto de este calentamiento. Siendo las plantas verdes los únicos organismos que a través de su capacidad metabólica de producir y absorber el CO<sub>2</sub>, son capaces de remediar, atenuar o mitigar el proceso de calentamiento global atmosférico, se derivan de ello dos tipos de posibles acciones que pueden ser emprendidas por el hombre:

- A) Lograr cambios sustanciales de la Política Ambiental, y
- B) Aplicar Biotecnologías Ambientales.

A) Los cambios de Política Ambiental implican:

1) Detener la deforestación indiscriminada:

Si consideramos que la tasa de deforestación global es de 30 millones de hectáreas/año, esto significa, expresado en términos globales, que la pérdida por emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera como resultado de esta destrucción, es mayor que la fijación del CO<sub>2</sub> por la totalidad de la capa de vegetación terrestre.

En otras palabras, que la tala de los bosques, específicamente de los bosques tropicales que desempeñan una importante función de sumidero de carbono, está provocando una fuente adicional significativa de emisión de

Carbono hacia la atmósfera, contribuyendo de esta manera, al calentamiento atmosférico global.

2) Adoptar la Permacultura ("permanente + agricultura") Esta política ambiental consiste en intensificar la agricultura orgánica y el cultivo agroforestal, con el fin de restaurar la vitalidad de las tierras agrícolas, utilizar la fertilización de los suelos con residuos orgánicos productos de desechos de origen animal, siembras de leguminosas, con un mínimo arado del suelo. Este tipo de agricultura reduce sensiblemente el "subsidio petroquímico" requerido por la agricultura intensiva usual de alto rendimiento.

3) Intensificar la Reforestación:

Esta práctica, que está siendo aplicada en varios países, tiene la ventaja de incrementar el efecto sumidero de CO<sub>2</sub> por fijación fotosintética, además de contribuir a la prevención de la erosión del suelo y al control de las inundaciones.

Sin embargo, requiere de una cuidadosa selección de especies arbóreas, basada en su capacidad adaptativa al cambio climático (3).

B) La aplicación de las Biotecnologías Ambientales, específicamente utilizando organismos vegetales(4), se resumen en las siguientes posibilidades:

1. Desarrollo de variedades genéticas de especies vegetales tolerantes a la sequía y a la excesiva salinidad, así como también, resistentes a patógenos.

2. Establecimiento de cruces genéticos con plantas domésticas de tipo C<sub>3</sub> (como el trigo y el arroz ) que resultan en variedades con bajas tasas de fotorespiración y, en consecuencia, con menores emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. (En las plantas de tipo C<sub>3</sub>, más de la mitad del Carbono asimilado fotosintéticamente es reoxidado y emitido nuevamente a la atmósfera, lo que reduce su eficiencia fotosintética y contribuye al calentamiento atmosférico).

3. Selección y donación de especies en función de un mayor crecimiento y rendimiento de superficie

fotosintética, para así "atrapar" mayor cantidad de CO<sub>2</sub> desde la atmósfera.

4. Mejoramiento genético de plantas, con fines de disminuir su excreción de compuestos de carbono por vía de las raíces, los cuales, por acción de degradación microbiana en el suelo, retornan el carbono en forma de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Se estima que alrededor del 40 % de productos fotosintéticos se pierden por esta vía contribuyendo así, notablemente, al calentamiento global de la atmósfera.

5. Incremento, a través de procedimientos biotecnológicos, de la formación de cristales de oxalato de calcio, insoluble en ciertos cultivos, como una manera de contribuir a la remoción del carbono excedente en la atmósfera.

6. Incrementar la fijación fotosintética del carbono por el fitoplancton marino mediante la fertilización de los mares con mezclas de nutrientes. La inducción de esta fijación por adición de hierro (Fe) es particularmente prometedora, pero se requieren aún estudios de prevención del impacto ecológico resultante.

Todas estas consideraciones de carácter ambiental global, tienen como objeto ir creando un interés y preocupación en nuestro medio sobre aspectos a los cuales no nos podemos sustraer como habitantes de un mismo planeta, pese a los imperantes problemas de orden económico, social y ambiental que ocurren actualmente en nuestro país.

No olvidemos que continuamente estamos confrontando contingencias ecológicas inesperadas, trátase de alteraciones climáticas inesperadas que afectan nuestro entorno y que pueden estar relacionados con fenómenos de aparición de plagas, mareas rojas, y mortandad masiva de peces(4) y arrecifes coralinos(5), alteraciones de eventos fenológicos de cultivos, o cambios de la diversidad biológica de nuestros ecosistemas.

Es evidente que debemos conocer las relaciones causales que determinan estos eventos, e interpretar los orígenes de las situaciones problemáticas, para poder así confrontar el reto de vivir en un mundo y en un país aceleradamente cambiantes.

Debemos promover y apoyar la investigación del cambio global en nuestro país a través de proyectos y programas científicos diseñados para tal efecto. (5,6,7). Es obligación, no sólo de nuestra Academia sino de todo el sistema de investigación científica del país, contribuir a cumplir esta tarea ineludible, de mitigar los cambios ambientales a los cuales todos estamos expuestos.

#### REFERENCIAS:

1. Pannier, F. (1992). Ecología Global . En : Foro sobre la trascendencia del cambio global para la conservación de los sistemas naturales. Bol. Acad. Cien. Fís Mat.Nat. 52, Nos, 169-170,62-86.
2. Mackenzie, J. (1996). Comunicación personal.
3. Shands, W.E. y J. S. Hoffman (Eds.). (1987) The Greenhouse Effect, Climate Change, and U.S. Forest: The Conservation Foundation. Washington,D.C., USA.
4. Pannier, F. (1990). Preservation of the Global Environment Using Plant Sciences. En: Proceedings of the International Biotechnology Symposium: Biotechnology for solving global environmental problems, p.8. 14. Bioindustry Development Center, BIDEC. Tokyo. Japan.
5. Pannier, F. (1989). Effects of the mortality and decomposition of a large fish population on mangroves in Venezuela. En: Coral reefs, seegrass beds and mangroves: Their interaction in the coastal zones of the Caribbean. UNESCO, Report in Marine Sciences 23, 128-130.
6. Losada, F. J. y E. Klein (1996). Informe sobre la mortandad masiva de organismos marinos en el Parque Nacional Morrocoy, (Enero 1996), p. 1-12. (mimiogr). Comisión Nacional de Oceanología, CONICIT.
7. Pannier, F.( 1996). El Programa Internacional Geosfera-Biofera (IGBP). Informe General de Política Internacional, CONICIT, P.1-22. (mimiogr.)
8. IPCC- Intergovernmental Pannel Climatic Changes. (1995) Climate Changes 1995, 3vol.
  1. Contribution in Economic and Social Dimension
  2. Contribution of Working Group, II-IPCC.
  3. The Science of Climate Changes. Press Syndicate, Univ. Cambridge. New York.