

NOTAS

EL CAMBIO CLIMATICO GLOBAL Y SU POSIBLE IMPACTO EN LAS INDUSTRIAS PETROLERA Y CARBONERA*

por

Hernando Dueñas J.

La quema de combustibles fósiles (petróleo, Carbón) junto con la deforestación, es sindicada de ser la fuente principal de Gases de Invernadero, los cuales han logrado cambiar la composición química de la atmósfera y podrían llegar a producir, de seguir acumulándose al ritmo actual, un Cambio Climático Global de consecuencias impredecibles.

Como respuesta preventiva, se ha propuesto adoptar a nivel mundial medidas que involucran; — La reducción del consumo de combustibles fósiles. — El incremento en la eficiencia con que se utilizan estos combustibles. — La utilización de Gas Natural como sustituto energético del Petróleo y del Carbón. — El incremento del uso de energías “más limpias” como la atómica y la solar.

Aunque la teoría del Cambio Climático Global, no es aceptada por una parte de la Comunidad Científica Internacional, ha logrado inquietar a los estamentos políticos y se ha convertido en un nuevo ingrediente que debe ser tenido en cuenta en los futuros planes Petroleros y Carboneros.

Introducción

La Tierra es un planeta dinámico, es un ente en permanente movimiento, en constante evolución y los seres que en ella habitan, deben adaptarse a estos continuos cambios. Los que no se adaptan, perecen. Esta ha sido una invariable ley de causa y efecto intrínseca a la historia del Planeta.

El clima, que es la respuesta del sistema terrestre (Tierra, Mar Atmósfera) a la radiación solar, ha sido uno de los factores que más ha influido sobre la evolución de las especies. Variaciones climáticas se han presentado desde la formación misma del Planeta. Evidencias de glaciaciones por ejemplo, han sido reconocidas desde el Precámbrico (2.300 millones de años).

Las variaciones climáticas más conocidas, por haber sido las mejor estudiadas y de las cuales se tienen registros completos, son aquellas que se presentaron en los últimos millones de años (Cuaternario). El registro más completo sobre los cambios climáticos Cuaternarios se encuentra en la Sabana de Bogotá, en donde con base en

estudios paleontológicos de las arcillas lacustres que forman el relleno de esta cuenca y a estudios radiométricos de las capas de cenizas volcánicas que se encuentran intercaladas entre estas arcillas, se ha podido determinar en forma continua las variaciones climáticas (Glaciales, Interglaciales) ocurridas en los últimos 3 millones de años.

Las causas de las variaciones climáticas Cuaternarias son motivo de investigación y de controversia. Para tratar de explicar este fenómeno se han formulado teorías que involucran aspectos cósmicos, galácticos, solares, planetarios, atmosféricos, hidrosféricos y litosféricos. Hoy en día los científicos trabajan en una teoría que tenga en cuenta todos estos aspectos. Sin embargo, debido al aspecto cíclico de estas variaciones climáticas, la mayoría de los científicos se inclinan hoy en día por la teoría astronómica propuesta por el astrónomo yugoslavo Milutin Milankovitch en 1920 y cuyas bases son los cambios en la inclinación del eje de rotación de la Tierra y los cambios en la excentricidad de la órbita terrestre.

En lo que todos los científicos están de acuerdo, es en que no hay evidencia alguna que permita sugerir que estas variaciones climáticas que empezaron hace millones de años hayan finalizado. El último cambio climático ocurrió hace aproximadamente 10.000 años, cuando después de un muy prolongado período glacial, un aumento en la temperatura global produce el retroceso de los casquetes de hielo, permitiendo al género humano su mayor expansión (período interglacial holocénico). Durante los últimos 10.000 años, la temperatura no ha sido constante.

En los últimos 1.000 años, de los cuales se tienen registros históricos e instrumentales, se han presentado períodos muy cálidos (1.000 a 1.200 años, período Medieval cálido) y períodos muy fríos (1.600 a 1.800 años. Pequeña edad de Hielo). A partir del año 1.850, la temperatura global ha estado en constante aumento. Es importante resaltar el hecho, de que las variaciones climáticas globales que dieron origen a los apelativos de “Período Cálido Medieval” y “Pequeña Edad de Hielo”, no sobrepasaron un grado centígrado. Esto nos está indicando que el clima reacciona al menor desequilibrio de cualquiera de las variables que en él intervienen.

La radiación solar llega a la Tierra calentándola e iluminándola. Mucha de la radiación solar es reflejada por la atmósfera, pero parte de ella es absorbida por la misma atmósfera, por la hidrosfera, por la litósfera y por la biósfera. Todos estos cuerpos al calentarse emiten energía en forma de radiación infrarroja o calor. Esta radia-

* Ponencia presentada en el Simposio del Pacífico para recursos energéticos, marinos y minerales realizado en Quito — Ecuador, en febrero de 1992.

ción infrarroja se libera al espacio en cantidades significativas y la parte que no es liberada, es reciclada en otros procesos pero siempre manteniéndose un equilibrio entre la radiación recibida, la reciclada y la devuelta al espacio. Para que la Tierra mantenga constante su temperatura media, las emisiones infrarrojas (calor) deben compensar la radiación solar recibida.

En 1896, el químico sueco Svante Arrhenius, reconoció que el dióxido de carbono en la atmósfera producía un efecto similar al que produce el vidrio de un invernadero, el cual permite libremente el paso de la radiación solar, pero evita que el calor (radiación infrarroja) escape, impidiendo al mismo tiempo, que el aire calentado en este sistema pueda mezclarse con el aire del exterior. Los llamados gases de invernadero (heat-trapping gases) tales como el CO_2 , CH_4 , N_2O , CFC-11, el CFC-12 y el vapor de agua entre otros, permiten el libre paso de las radiaciones solares hacia la superficie terrestre, pero retienen parte de la radiación infrarroja emitida por ella, produciendo un aumento en la temperatura de las capas de aire cercanas a la superficie (tropósfera) y un enfriamiento en las capas altas (estratósfera). Este comportamiento es conocido como Efecto Invernadero.

Con un modelo matemático simple, Arrhenius estimó que si se duplicaba la concentración atmosférica de dióxido de carbono, la superficie del planeta podría llegar a incrementar su temperatura media en cinco grados centígrados. La idea de Arrhenius, menospreciada a finales del siglo pasado, ha sido reconsiderada en los foros científicos desde 1960 y ha sido confirmada por los modernos Modelos Climáticos de Circulación General. En 1939 G.S. Callender al analizar el calentamiento progresivo de la Tierra entre 1880 y 1939 consideró que era debido al incremento del CO_2 en la atmósfera producido por la quema de combustibles fósiles (carbón) y material vegetal.

La idea de considerar a la quema de combustible fósiles como principal causante de un calentamiento global, fue retomada por G.N. Plassen en 1952 y desde esta época, abiertamente se vincula a las Industrias Petrolera y Carbonera de ser las causantes del desequilibrio que han sufrido la atmósfera y el clima.

Desde comienzos de siglo, se ha observado un aumento en la temperatura global de 0.5°C . Siete de los años más cálidos del siglo se registraron en la década de los ochenta. En orden descendente de temperatura estos años fueron: 1989, 1988, 1987, 1983, 1981, 1980 y 1986. Durante 1989, se registró en Estocolmo el invierno más cálido de los últimos 230 años y en Francia el mes de mayo fue el más cálido del que se tenga noticia. En los últimos veinte años se ha registrado un aumento en la temperatura promedio en los lagos canadienses así como una disminución en la extensión máxima de los casquetes polares y un retroceso de los glaciales. Todos estos hechos son evidencias de un calentamiento global progresivo.

Con anterioridad a la denominada Revolución Industrial (año 1800) los cambios climáticos tuvieron causas naturales. Posterior a ella, algunos de estos cambios pueden ser atribuibles a la acción del hombre (fenómenos antropogénicos). La posibilidad de que las actividades humanas de quema de combustibles fósiles, junto a la deforestación en gran escala, incrementen el contenido de CO_2 atmosférico hasta niveles que afecten seriamente el clima global, mantiene en alerta a la comunidad científica internacional.

Es por lo tanto necesario cuantificar el efecto antropogénico sobre el clima y para ello es importante conocer en detalles las variables que influyen sobre el clima global actual, así como las variaciones que experimentó el clima durante el pasado geológico y el pasado histórico para poder deducir tendencias futuras de corto, mediano y largo plazo. Si el presente es la llave del pasado (ley del Uniformitalismo), el pasado debe ser considerado como la clave del futuro. Si nos enfrentamos a un nuevo cambio climático global de origen natural no nos queda otro recurso más que utilizar de nuevo nuestra capacidad adaptativa. Si el cambio es de origen antropogénico, hay que buscar rápidamente un consenso sobre las medidas que deben ser adoptadas por atajar, atenuar o desviar la contaminación y a sus efectos.

Parte de la controversia sobre el calentamiento global se centra en los potenciales efectos compensatorios que puedan proporcio-

nar las nubes, los vientos y el océano. Pero aún si el incremento de la nubosidad pudiera contrarrestar en parte el calentamiento global al aumentar la cantidad de radiación solar reflejada, este incremento influiría en forma impredecible en los otros elementos climáticos (precipitación, corrientes de aire, etc.). Cualquiera que sea el desenlace de esta controversia, el planeta evoluciona hacia un nuevo régimen climático determinado en parte por la actividad humana. Este cambio esta en marcha y no existe hoy en día una tecnología para revertirlo.

El CO_2 es producido por la quema de combustibles fósiles así como por la descomposición y quema de material vegetal. La mayor parte del CO_2 es reciclado por la acción fotosintética de los vegetales. En la terminología actual se designa a los bosques como sumideros de CO_2 y a las zonas agrícolas e industriales como manaderos. Experimentos en invernaderos, han probado que en una atmósfera saturada de CO_2 la acción fotosintética de las plantas se incrementa. Sin embargo, sería muy atrevido pensar que los bosques reaccionen de igual manera que las plantas experimentales. Hasta el momento no conocemos si existe un punto en el cual la capacidad fotosintética de las plantas se sature y también desconocemos si por "stress" las plantas presentan un punto de quiebre en su capacidad de absorción de CO_2 . En lo que toda la comunidad científica está de acuerdo, es en que el manejo adecuado de los bosques y la reforestación masiva, son factores que pueden reducir la contaminación atmosférica.

Aportes importante de CO_2 también pueden provenir de los océanos, de los cuales aún desconocemos la manera como interaccionan con la atmósfera. Los océanos contienen unas sesenta veces más de CO_2 que la atmósfera.

Se ha planteado la posibilidad de que los océanos absorban parte del CO_2 atmosférico convirtiéndolo en carbonatos y bicarbonatos. Esta teoría, aunque atractiva, no ha podido ser confirmada y hasta el momento no se ha reportado un incremento en la precipitación de carbonatos.

En 1896 la concentración atmosférica de dióxido de carbono era de 280 ppm. Con la tendencia actual de acumulación de dióxido de carbono, el punto de duplicación ($2 \times \text{CO}_2$) podría ser alcanzado hacia el año 2050. En la actualidad la concentración de este gas es de 354 ppm (ver Tabla 1).

Las gráficas de Temperatura y de Concentración de CO_2 presentan una excelente correlación a través del tiempo geológico lo cual permite plantear una relación directa entre estos dos valores. Al mismo tiempo, que permite plantear un gran interrogante: ¿Es la temperatura la que controla la producción y acumulación de CO_2 ? ¿o es el CO_2 quien controla la temperatura?

En los últimos 100 años la curva de acumulación del CO_2 presenta una tendencia ascendente mientras que la temperatura, aunque en forma general ha aumentado 0.5 grados centígrados, lo ha hecho en forma fluctuante. De 1890 a 1920 el aumento de la temperatura fue pequeño. De 1920 a 1940 el calentamiento fue acelerado. De 1940 a 1970 la tendencia ascendente de la temperatura se pierde y hasta se invierte. De 1970 al presente el aumento de temperatura es considerable considerándose la década de los 80 como la más cálida del siglo. ¿Por qué, en un período de constante incremento de CO_2 (1940-1970) se presenta un enfriamiento del planeta?

El vapor de agua, es un eficaz absorbente de radiación infrarroja al mismo tiempo que se convierte en un factor de retro-alimentación del sistema invernadero. El aumento de temperatura media global produce un calentamiento del aire y una mayor evaporación. El aire caliente puede contener mayor cantidad de vapor de agua el cual, al absorber radiación infrarroja proveniente de la Tierra, eleva la temperatura media del sistema.

El Metano (CH_4) se produce por la quema de combustibles fósiles así como por la descomposición de la materia orgánica en pantanos, zonas agrícolas y zonas ganaderas. Comparado con el CO_2 , el CH_4 retiene por molécula, treinta y dos veces más de radiación infrarroja. Los suelos húmedos, en donde el Metano se produce por la degradación anaeróbica, representa la principal fuente global de este gas. Desde el comienzo de la era industrial, la presen-

cia de este gas en la atmósfera se ha venido incrementando notoriamente (ver tabla 1).

Los Clorofluorocarbonos, son gases eminentemente industriales utilizados en los aerosoles y en los refrigerantes principalmente. Estos gases, fuera de tener un potencial de absorción varias veces mayor de calor que el Metano, actúan directamente sobre la capa de ozono destruyéndola.

El N_2O es un gas que llega a las capas atmosféricas principalmente como subproductos de la descomposición de fertilizantes minerales.

El efecto más directo que producirá el atrapamiento del calor que irradia la tierra, es un calentamiento global. El incremento en la temperatura dependerá en alto grado del incremento en la producción de los gases de invernadero. Aún si pudiéramos eliminar por completo la emisión de estos gases, la concentración existente de ellos en la atmósfera producirá un aumento en la temperatura global.

Los modelos matemáticos predicen un incremento en la temperatura entre 0.3 y $0.5^\circ C$ por década, si se continua incrementando los gases de invernadero a la rata actual. Esto implica que para el año 2.050 el incremento de temperatura podría estar entre 1.5 y $2.5^\circ C$. Este valor excede, las más altas temperaturas globales registradas en los últimos 10.000 años.

La mayor parte de la emisión de gases de invernadero ha provenido y proviene de las Naciones Industrializadas. Sin embargo, es probable que los efectos más catastróficos de este calentamiento global se presenten en Naciones en desarrollo. Todas las Naciones necesitan de un crecimiento económico, pero este crecimiento debe darse sobre una base ecológica sólida.

Los modelos matemáticos también predicen aumentos de temperatura moderados en las regiones tropicales mientras que en las regiones polares el aumento en la temperatura sería por lo menos el doble de la que se presente en el trópico.

Un incremento en la temperatura de 1.5 a $2.5^\circ C$ podría producir una elevación en el nivel de los mares entre 0.5 y 2.5 metros como consecuencia directa del deshielo de los casquetes polares y de los glaciales, afectando en una forma catastrófica las costas y los deltas, regiones estas en donde se encuentran localizadas las dos terceras partes de los asentamientos humanos.

Un aumento de la temperatura global producirá cambios hasta el momento impredecibles en las precipitaciones, los vientos, las corrientes marinas, la evaporación, la humedad relativa, la nubosidad, el nivel de los mares, la erosión de los ríos y de los mares y el deshielo de los nevados entre muchos otros. Cualquiera de estos cambios, repercutirá en nuestra agricultura, ganadería, piscicultura, etc. En pocas palabras, repercutirán en la producción y distribución de alimentos así como en la relación entre las diferentes Naciones.

La preocupación de la Comunidad Internacional ante la posibilidad de un nuevo cambio climático global se refleja en el gran número de documentos publicados que son el resultado de numerosas reuniones de trabajo regionales y locales. Todas estas reuniones "ambientales" de una u otra manera están relacionadas con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo que se celebrará en Río de Janeiro en junio de 1992 (Eco-Brasil 92).

Sólo esperamos que toda esta preocupación sea canalizada para fortificar la Cooperación Internacional que permita a todos los países alcanzar lo que se ha dado en llamar el desarrollo sustentable, el cual ha sido definido como "El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la posibilidad que las generaciones futuras puedan también satisfacer sus necesidades". Este aspecto es de capital importancia en la Industria Petrolera puesto que todos los que participamos de ella, somos conscientes de que lo que hoy utilizamos como combustible, las generaciones futuras podrían llegar a necesitarlo como alimento.

Las declaraciones Internacionales de alto nivel en los últimos tres años, contienen referencias explícitas al deterioro ambiental haciendo énfasis en el carácter universal de sus consecuencias. Por primera vez la humanidad reconoce sin distinciones de razas, políticas, religiones o grado de desarrollo, que tiene un punto en común, su gran vulnerabilidad ante el deterioro ambiental.

Desde 1987 el IGBP (International Geosphere Biosphere Programme) auspiciado por la ICSU (International Council of Scientific Unions) en sus publicaciones y reportes internos, ha manifestado que el Efecto de Invernadero es producto directo de la quema de combustibles fósiles: "La quema de combustible fósiles libera dióxido de carbono a la atmósfera. Este dióxido de carbono se acumula y forma capas de gases que atrapan calor cerca a la superficie, calentando el planeta y en últimas cambiando el clima terrestre. Este es el Efecto de Invernadero".

La relación Quema de Combustible Fósiles - Efecto de Invernadero fue ampliamente discutida en las Reuniones Internacionales sobre Cambio Climático llevadas a cabo en Villach, Austria (1985, 1987); Bellagio, Italia (1987) y Toronto, Canadá (1988).

En la reunión llevada a cabo en New Delhi, en abril de 1989 se menciona:

"Teniendo en cuenta que el Cambio Climático es ciertamente un problema Global, requiere de soluciones Globales. El incremento de la polución atmosférica es causado por una gran variedad de actividades humanas entre las cuales se incluyen:

- 1) Quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón).
- 2) Otras actividades industriales.
- 3) Deforestación.

G A S	CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE CALOR (INFRARROJO) COMPARADA CON EL CO_2	CONTRIBUCION AL EFECTO INVERNADERO % 1990	CONCENTRACION ANTERIOR AL PERIODO INDUSTRIAL	CONCENTRACION ACTUAL
CO_2	1	55	280	354
CH_4	32	15	0.8	1.7
N_2O	160	4	288	310
CFC_{11}	14.000	7	0	280
CFC_{12}	17.000	12	0	484
Otros CFC	----	2	0	---
O_3 Troposféro	----	2	---	---
Otros Gases	----	3	---	---

Es necesario por lo tanto:

- Incrementar drásticamente la eficiencia con que los combustibles fósiles son usados. La tecnología necesaria esta disponible hoy en día.
- Introducir energías no relacionadas con combustibles fósiles. Los candidatos disponibles son la energía Nuclear y Energías Renovables (solar).
- Como combustible fósil transicional es preferible el uso de Gas Natural sobre el uso de Petróleo y Carbón".

Una de las principales conclusiones de la declaración de Nairobi, Kenya (mayo 1990) fue:

"Esta Conferencia ha considerado las potenciales consecuencias del continuo incremento de los gases de Invernadero como muy serias. Por lo tanto, la comunidad Mundial debe estar preparada a finales de siglo para reducir las emisiones del equivalente global de dióxido de carbono entre un 60 y 80% por debajo de los niveles de 1990".

En la reunión de Sao Paulo, Brasil (1990), se solicitó:

- " - Reducción inmediata del uso de combustibles fósiles por medio de aumento de la eficiencia de su uso y la utilización de energías alternativas.
- Reducción para el año 2000 de por lo menos un 60 a 80% de las emisiones de dióxido de carbono tomando como base los niveles de 1990 como única alternativa para estabilizar la atmósfera.
- Parar en forma inmediata la deforestación de Bosques".

En la reunión de Bangkok, Thailandia (junio 1991) se menciona:

- " - Teniendo en cuenta que el sector energético es el mayor productor de gases de invernadero, los planes de desarrollo económico deben enfatizar la eficiencia en la producción y el uso de la energía como parte integral de una estrategia energética general.
- Adicionalmente, todas las naciones deberían utilizar las tecnologías de energías renovables a medida que estén comercialmente disponibles.

- La causa principal del Efecto Invernadero es el patrón de consumo energético de los países Industrializados. Cualquier solución por lo tanto, debe tener en cuenta la reducción de sus consumos energéticos. Hasta que nuevas tecnologías sean desarrolladas, todos los esfuerzos deben enfocarse hacia la conservación energética y reducción de la demanda".

El documento Sustainable Development A guide to Our Common Future de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1990) refiriéndose al uso de combustibles fósiles menciona "En términos de riesgos de polución, el Gas Natural es por muy lejos el combustible más limpio, el petróleo está en segundo lugar y el carbón esta en última posición".

El Eco-Brasil 92, el tema de la quema de combustibles fósiles será analizado por las Naciones Unidas, así como las propuestas sobre reducción del uso de combustibles fósiles a nivel mundial. Una Declaración de las Naciones Unidas sobre reducción del consumo de combustibles fósiles podría afectar los precios de Petróleo y Carbón al afectar la demanda.

La información disponible hasta el momento, es suficiente para empezar a tomar medidas preventivas. En aspectos ecológicos, nunca es demasiado pronto para actuar, puesto que un medio ambiente intervenido nunca recupera sus características originales por más esfuerzos que se hagan. Las medidas que se adopten, deben ser analizadas y evaluadas en forma prudente por cada nación para no cometer un error histórico ya bien sea por exageración o por omisión.

El Manejo adecuado de los bosques, la reforestación, el incremento en la eficiencia del uso de los combustibles fósiles, el estudio detallado de los fenómenos climáticos y el monitoreo permanente del clima entre otras, son medidas beneficiosas y que pueden ser adoptadas aún si el Efecto de Invernadero no se presenta.

Independiente de si la teoría del Cambio Climático Global sea cierta o no, de si estamos o no viviendo los efectos de Invernadero, lo real es que todos los aspectos ecológicos que se mezclan en esta teoría se han convertido en un nuevo elemento que debe ser analizado y tenido en cuenta en los futuros planes petroleros y carboneros.