

TRES MIL MILLONES DE HABITANTES - SOLO UNA BIOSFERA *

Un comentario que apareció en la prensa mundial hace unos meses llegaba a la conclusión de que un sencillo abrigo de piel de jaguar había sido confeccionado a costa de las vidas de 300 indios brasileños. ¿Por qué 300 vidas? Pues porque el jaguar, como especie animal, está a punto de ser exterminado por los cazadores sin escrúpulos y, en consecuencia, la jungla se está superpoblando de toda clase de animales pequeños, tales como ratas, que normalmente habrían sido devoradas por los jaguares. Esos pequeños animales son portadores de una grave enfermedad que mata a gran número de indios. De ahí la cifra de 300. Este es sólo uno de los muchos ejemplos del hecho de que el género humano, el *homo sapiens*, por ignorancia o voluntariamente, está cambiando el delicado equilibrio de los procesos biológicos o físicos de la biosfera. La finalidad de este artículo es demostrar muy brevemente la complejidad de los problemas asociados a estos hechos y cómo los meteorólogos y los hidrólogos están siendo cada vez más y más involucrados en problemas de esta naturaleza.

Sabemos que la raza humana existe desde hace dos millones de años, pero la grave cuestión planteada por los científicos hoy día es la siguiente: ¿Continuará la forma actual de vida sobre nuestro planeta durante millones de años o solamente durante unas cuantas décadas?

Población, alimentos y energía

Uno de los primeros problemas que viene a la mente es la relación entre alimentos y población. En el curso de dos millones de años, hasta 1920, la población mundial alcanzó los mil millones de habitantes, y se calcula que para el año 2000 llegará a los siete mil millones. ¿Seremos nosotros capaces de alimentar a toda esa gente por medio de la *revolución verde* o de cualesquiera otros progresos científicos? Los expertos no están completamente de acuerdo sobre esto, pero muchos creen que la cuestión importante no es si podremos producir suficientes alimentos, sino más bien, cuáles serán las consecuencias ambientales que se producirán si intentamos alimentar a las crecientes poblaciones. Hay muchos aspectos meteorológicos e hidrológicos de la producción alimenticia de los que me ocuparé aquí, aunque no quiero dejar de citar que uno de los problemas es el de las enormes pérdidas que ocasiona la erosión eólica en la producción de alimentos. Este asunto tiene también otro aspecto interesante: la erosión eólica contribuye notablemente al aumento de la cantidad de partículas presentes en la atmósfera y es uno de los factores importantes que influyen en la cantidad de radiación solar que alcanza la superficie terrestre. Más adelante veremos cuán importante es este asunto para los estudios de los cambios climáticos.

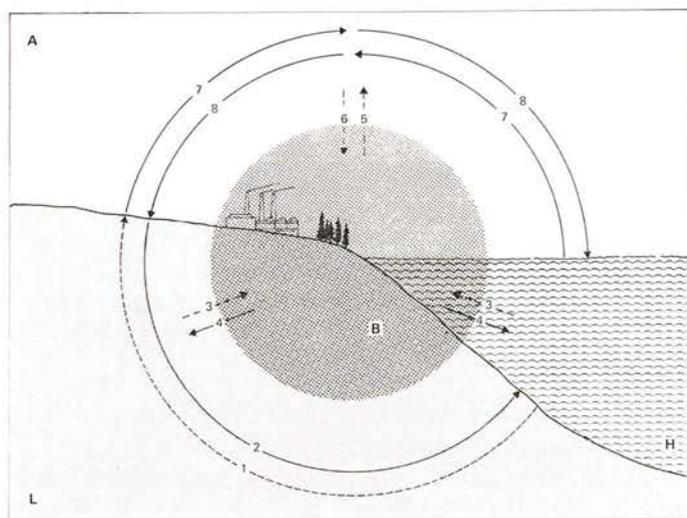
El problema general de la eliminación de residuos y del peligro de contaminación del aire, tierra, agua dulce y océanos es tan bien conocido que sólo citaré aquí como ejemplos el que en 1968 el americano medio produjo un

(*) Este artículo está basado en una charla pronunciada por el Dr. K. Langlo en la Asociación de Funcionarios de la OMM.

desecho de 300 latas de conservas, 150 botellas y 140 kilogramos de papel y que cuando Heyerdahl y su tripulación internacional atravesaron el Atlántico tropical en la *Ra II*, encontraron grandes zonas de mar visiblemente contaminado. El problema de la contaminación del mar es no sólo el de la eliminación de desechos, sino que está también relacionado con los procesos de intercambio que se producen entre la atmósfera y el océano; volvemos a enfrentarnos aquí con un problema interdisciplinar.

Volviendo ahora a las posibles consecuencias de la creciente utilización de energía y a los cambiantes orígenes de ésta, es digno de consignar que, para el año 2000, se espera que el consumo de energía sea, por ejemplo en Norteamérica, de más del doble del actual, y que mientras que al principio de este siglo el carbón contribuía con el 75 por 100 de la energía consumida, un porcentaje similar procede ahora del petróleo y sus derivados y del gas. Estudiaremos más adelante las posibles consecuencias de esto.

Se ha planteado la cuestión de si el creciente consumo de energía artificial puede tener alguna influencia sobre el clima. Si en un plazo de cincuenta años el resto del mundo alcanzase el actual nivel de consumo de energía de Esta-



1 — *Eutrofización de la biosfera* — El ciclo intensivo del fósforo, del nitrógeno y del azufre empieza (1) con el empleo del fósforo como fertilizante que retorna (2) a la litosfera, y es entonces absorbido (3) por organismos terrestres y acuáticos y devuelto (4) a la litosfera y a la hidrosfera por descomposición. El dióxido de carbono, los nitratos y los sulfatos se elevan (5) a la atmósfera procedentes de la actividad industrial y, al caer (6) en forma de lluvia, pueden ser reabsorbidos por la vegetación. Los elementos solubles y volátiles son transportados por medio del ciclo evaporación (7) — precipitación (8). (A = Atmósfera, B = Biosfera, H = Hidrosfera, L = Litosfera). (Tomado de *Ciclos minerales*, de Edward S. Deevey, Jr. Propiedad literaria © septiembre 1970 de «Scientific American, Inc.». Todos los derechos reservados.)

dos Unidos, el total anual de energía artificial sería, de acuerdo con F. Singer, de aproximadamente 1/1000 de la energía anual que la tierra devuelve por radiación al espacio. Esta es una cantidad pequeña pero, según el profesor Budyko, puede ser suficiente, haciendo caso omiso de otros factores, para

cambiar el actual clima inestable en uno estable (véase *Boletín*, Vol. XX, N.º 3, pág. 193).

Ciclos químicos en la biosfera

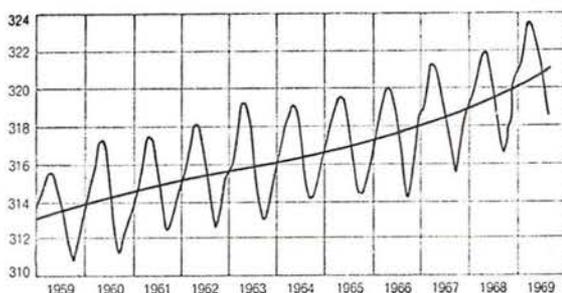
Permítasenos ahora echar una ojeada más concreta a la biosfera, la cual, al efecto que nos ocupa, puede ser sencillamente definida como «la parte de la litosfera, hidrosfera y atmósfera en la que la vida puede existir». Sabemos que uno de los procesos fundamentales que ocurren en la biosfera es la utilización de la energía solar por la vegetación, en presencia de agua (H_2O), para la reducción fotosintética del dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera con el fin de formar compuestos orgánicos (CH_2O) por una parte, y oxígeno molecular (O_2), por otra. Si examinamos la composición química de la materia viva (principalmente los árboles), en una superficie terrestre media, encontraremos que, además del oxígeno, carbono e hidrógeno involucrados en la fotosíntesis, la materia viva contiene también grandes cantidades de nitrógeno y menores de azufre y de fósforo, todas las cuales figuran entre los elementos de la naturaleza que han sufrido la influencia de las actividades humanas.

Formada a partir de hidrógeno y de oxígeno, el agua es con mucho la sustancia simple más abundante en la biosfera y cierto número de problemas que se suscitan en ésta están relacionados con el muy conocido ciclo hidrológico (por evaporación desde el océano, condensación en la atmósfera, precipitación y luego a través de lagos, glaciares y ríos, vuelve al océano). Uno de los aspectos interesantes de este ciclo es la relativamente pequeña cantidad de agua que existe en la atmósfera en forma de vapor de agua, o sea, un espesor equivalente de sólo 0,03 metros si estuviera regularmente distribuida sobre la superficie de la tierra. Por otra parte, el espesor equivalente de todo el hielo y nieve se estima entre 50 y 120 metros, de lo que fácilmente se deduce que los cambios climáticos relativamente pequeños que puedan influir sobre los glaciares del mundo, pueden tener catastróficas consecuencias. El uso del agua con fines industriales y domésticos es enorme, y está aumentando continuamente, con lo cual, al mismo tiempo, es alarmante la contaminación del agua. Para remediar esta situación se están estudiando diversas alternativas, entre las que se encuentran el uso creciente de agua subterránea, la desalinización del agua del mar y la modificación artificial del tiempo y del clima, además de la desviación parcial del curso de los principales ríos.

Se cree que el oxígeno que existe actualmente en la atmósfera es principalmente de origen biológico. El contenido de oxígeno ha fluctuado notablemente en el pasado y muchas de las actividades humanas, tales como la combustión de los aceites minerales, la pavimentación de superficies verdes, etcétera, pueden ejercer influencia sobre dicho contenido. Sin embargo, los científicos creen que una reducción de varios tantos por ciento del contenido de oxígeno en la atmósfera no producirá ningún efecto adverso. Parte del oxígeno atmosférico es transformado en ozono (O_3), el cual elimina por filtración determinadas componentes perjudiciales de la radiación solar de las longitudes de onda del ultravioleta. Se ha especulado mucho sobre los posibles efectos que pueden producir los aviones supersónicos de transporte (SST), al volar al nivel de la máxima concentración de ozono (18-20 km), y algunos científicos son de la opinión de que un gran número de aviones SST pueden reducir el poder protector de la capa de ozono y, a la larga, causar efectos nocivos para la salud. Otros científicos han demostrado que los efectos de las

operaciones regulares de tales aviones serán probablemente tan pequeños (del orden de 1/30 de las variaciones diarias de la cantidad total de ozono), que difícilmente podrán medirse con los espectrofotómetros normales de ozono.

Pasando ahora al ciclo del nitrógeno, a pesar de que el hombre y los animales viven en un océano de aire que contiene un 79 por 100 de nitrógeno, no somos capaces de utilizarlo directamente. El nitrógeno ha sido *fijado*, es decir, incorporado a un compuesto químico que puede ser utilizado por plantas y animales. La fijación industrial del nitrógeno excede en magnitud a todas las otras intervenciones del hombre en los ciclos de la naturaleza, y para el año 2000 dicha fijación puede alcanzar una cantidad de 100 millones de toneladas métricas por año. Actualmente se acumulan cada año 9 millones de toneladas de nitrógeno en el suelo, en los depósitos de agua subterránea, en los ríos, en los lagos y en el océano.



2 — Variaciones a largo plazo del contenido de dióxido de carbono de la atmósfera en el Observatorio de Mauna Loa. Las oscilaciones reflejan las variaciones estacionales del ritmo de la fotosíntesis. La curva suavizada muestra la tendencia. (Tomado de El ciclo del carbono, de Bert Bolin. Propiedad literaria © septiembre 1970 de «Scientific American, Inc.». Todos los derechos reservados.)

La utilización creciente, por los agricultores del mundo, de los fertilizantes químicos (más de 60 millones de toneladas por año), es muy beneficiosa para la producción mundial de alimentos, pero tiene dos importantes peligros. En determinados casos puede causar la contaminación local del agua potable y contribuir al bien conocido fenómeno de *eutrofización*, que da lugar a un crecimiento masivo de algas que, a su vez, estropea el agua y puede producir la muerte de los peces. Otro problema es el creciente desprendimiento de azufre hacia la atmósfera, producido por la combustión de los aceites minerales. Se cree que sólo un 20 por 100 de los compuestos sulfurados que existen en la atmósfera son de origen volcánico, mientras que el 80 por 100 restante es producido por el hombre. Cuando estos compuestos de azufre son arrastrados hacia el suelo por las precipitaciones, pueden aumentar la acidez de los lagos y ríos e, incluso, poner en peligro las vidas de algunas especies de peces tales como el salmón.

Por último, llegamos al ciclo del carbón en la biosfera. Como ya hemos dicho anteriormente, la combustión de los aceites minerales ha aumentado rápidamente, sobre todo desde el principio de este siglo, y corrientemente se consumen de 5 a 6 mil millones de toneladas de carbones minerales por año, cuyos residuos son vertidos a la atmósfera. El dióxido de carbono contenido en ésta, según medidas efectuadas en el observatorio de Mauna Loa, en Ha-

wai, ha aumentado desde 314 ppm (partes por millón) en 1960, hasta 321 ppm en 1970; también se ha medido ya algún incremento en el Antártico. Se calcula que para el año 2000 el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera será de unas 390 ppm, suponiendo que unos dos tercios del mismo es rápidamente eliminado de la atmósfera, bien por intercambio con el océano o por su empleo para aumentar toda la vegetación terrestre. Hay que tener en cuenta que el dióxido de carbono es un componente natural de la atmósfera y que los procesos de mezcla en ésta son relativamente rápidos; los componentes atmosféricos quedan en realidad bien mezclados después de un período de pocos años, mientras que en los océanos profundos dicho ciclo será de hasta mil años.

Efectos sobre el clima

Teóricamente se ha especulado mucho sobre los posibles efectos climáticos del constante aumento de la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera. Considerado aisladamente, reduciría la pérdida de calor al espacio, y se ha calculado que un incremento del 100 por 100 en el contenido de dióxido de carbono puede elevar la temperatura en 2-3° Celsius. Por otra parte, esta elevación de temperaturas produciría más nubes, las cuales, a su vez, harían que tendiese a disminuir la temperatura de la superficie terrestre. Un aumento de la cantidad de polvo o de partículas en la atmósfera ocasionaría también una tendencia a reducir la temperatura media. En relación con esto es interesante destacar el uso que recientemente ha empezado a hacerse de modelos físico-matemáticos para calcular las condiciones climáticas futuras por medio de potentes calculadoras. Naturalmente, los resultados de tales cálculos deben ser manejados con gran precaución, debido a la incertidumbre de los supuestos de partida, pero pueden constituir una importante herramienta de trabajo para los futuros cálculos del impacto que los posibles cambios climáticos pueden producir, sean artificiales o naturales.

Conclusiones

¿Qué conclusiones podemos sacar de esta breve revisión que hemos hecho?

El rápido aumento de la población mundial crea determinado número de problemas referentes a la protección de los equilibrios de la biosfera.

Los residuos producidos por las actividades humanas aumentan a una velocidad alarmante, y crean problemas de distribución y de contaminación del agua dulce, de las tierras y del océano.

La producción total de energía puede alcanzar en cincuenta años una proporción tal que no sea despreciable comparada con la transformación de la energía natural en la atmósfera.

Aumenta rápidamente el consumo de agua, por lo que debe prestarse especial atención a los medios y procedimientos a emplear para satisfacer las necesidades.

Está siendo perturbado el ciclo del oxígeno en la biosfera hasta el punto de alcanzar consecuencias desconocidas.

La creciente cantidad de nitrógeno, compuestos sulfurados y otras sustancias que se introducen en la biosfera, crean gran número de riesgos.

El contenido de dióxido de carbono de la atmósfera está aumentando constantemente, perturbando, en consecuencia, el equilibrio normal de la biosfera, lo que a su vez puede producir cambios del clima.

Aunque el hombre tiene poderío suficiente para explorar la luna y ha demostrado de otras muchas maneras el enorme potencial de la ciencia y de la tecnología, no ha puesto hasta ahora suficiente empeño en resolver los complejos problemas de la biosfera. Debe admitirse que no sabemos bastante acerca de los procesos que modifican la biosfera y, por tanto, es preciso realizar grandes esfuerzos para ello, teniendo en cuenta que muchos de los problemas son urgentes y debemos abordarlos ya con los conocimientos de que disponemos.

Los meteorólogos y los hidrólogos tienen una misión vital que desempeñar en esta situación, y la OMM está tomando parte activa en la preparación de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente humano, a celebrar en Estocolmo en 1972 (véase *Boletín*, Vol. XIX, N.º 4, pág. 320). Nosotros debemos asumir cada uno nuestra parte de responsabilidad con el fin de que los gobiernos del mundo puedan tomar las mejores decisiones y cumplirlas a tiempo. Somos 3000 millones de habitantes en este planeta, pero solamente tenemos una biosfera.

K. L.

EL SERVICIO METEOROLOGICO SIRIO

DIECISIETE AÑOS DE DESARROLLO

Por F. M. KALAAJI *

El día 5 de octubre de 1953 nació el Servicio Meteorológico Sirio (que anteriormente era una pequeña sección agregada al Departamento de Aviación Civil), como departamento gubernamental independiente, con una plantilla de dos predictores, 32 observadores y técnicos y dos administrativos. El único centro de predicción era el situado en el aeropuerto de Mezze, ayudado por seis estaciones sinópticas repartidas por todo el país.

Unos dieciocho meses más tarde, el 24 de abril de 1955, fue creada oficialmente la Escuela de Meteorología con el fin de impartir formación profesional a cuatro grados de personal de meteorología:

Grado I.—Predictores (graduados universitarios que podrían ser enviados fuera del país para seguir cursos de meteorología para posgraduados).

Grado II.—Ayudantes de predictores (estudiantes con certificado de escuela secundaria a los que se les imparte un curso de meteorología de dos años y otras materias afines; equivalente a la Clase II de personal meteorológico de la OMM).

Grado III.—Técnicos de telecomunicación y de aparatos (estudiantes con certificados de escuela secundaria a los que se les imparte un curso de un año sobre mantenimiento en el campo especializado en el que vayan a ser empleados).

Grado IV.—Observadores y operadores de telecomunicación (estudiantes con certificados de escuela media que sigan cursos de unos nueve meses de duración en su especialidad).

(*) El Sr. Kalaaji era director general del Servicio Meteorológico de la República Árabe Siria en la época en que escribió este artículo.