

APRECIACIÓN SOBRE EL CLIMA GLOBAL

Eri Solís Oyarzún*

El vapor de agua y su distribución vertical son claves en el cálculo de la retroalimentación y los procesos que lo controlan son complejos de modelar y es donde radica la gran incertidumbre sobre el calentamiento global



El clima, gracias al calentamiento global, es un tema de actualidad. Muchos argumentos esgrimidos son distorsionados por un ecologismo desmedido e intolerante, donde se confunden hipótesis con realidades científicas incontrovertibles. Como contraparte, grupos de interés deforman la realidad mediante propaganda engañosa. Por último, la desidia de la mayoría de la opinión pública, obstruye la difusión y discusión racional del problema.

Para iniciar el análisis es necesario definir lo que se entiende por clima. Las Naciones Unidas¹ lo definen como el promedio del estado del tiempo; como una descripción estadística del tiempo en términos de valores medios y variabilidad de las cantidades de interés durante períodos que pueden ser de meses a miles de millones de años (La Organización Meteorológica Mundial <OMM> define al período normal en 30 años). Dichas cantidades son casi siempre variables

* Contraalmirante. Oficial de Estado Mayor. Magister en Ciencias Navales y Marítimas. Muy Antiguo Colaborador de la Revista de Marina, desde 2015.
1. Cambio climático 2001. La Base Científica. Informe Síntesis Grupo Intergubernamental de Expertos Naciones Unidas. 2001 pág. 1-14

de superficie (temperatura, precipitaciones o viento), pudiendo ser una descripción (incluso estadística) del estado del sistema climático. De lo anterior se infiere que el clima no es estable, sino al contrario, está en permanente evolución. Desde hace millones de años, la Tierra atraviesa por períodos glaciales y tórridas etapas tropicales.

Para entender el elusivo clima se hace necesario estudiar los actores implicados, su comportamiento y evaluar su participación en su errática conducta. Este artículo solo pretende dar una visión general sobre la materia.

Generalidades

El clima está sujeto a la acción de elementos externos e internos. Unos se hallan fuera del ámbito terrestre, mientras los otros integran el planeta. Entre los primeros se cuentan el Sol, la Luna y los Meteoritos; mientras que la litósfera, hidrósfera y atmósfera conforman la Tierra. El efecto de estos elementos y sus componentes varían en importancia, permanencia e influyen de modo indirecto o difuso. Interactúan entre sí en procesos no lineales con resultados caóticos difíciles de predecir.

El Sol

El Sol es el protagonista principal de la vida del planeta. "Es la fuente fundamental de energía, que potencia el clima de la tierra en su cambiante temperamento. La energía solar mantiene el hospitalario calor de nuestro planeta y atmósfera."²

El Sol es una estrella mediana, con una edad de 4.500 millones de años y se encuentra en etapa de secuencia principal, cuya duración se presume en otros 5.000 millones de años. En esta fase consume hidrógeno como combustible en forma regular y estable. Su destino final consiste en convertirse en una pequeña y densa Enana Blanca. En las profundidades de su cuerpo gaseoso se producen reacciones termonucleares que transforman hidrógeno en helio. La energía resultante se irradia hacia el exterior. La superficie del astro (Fotósfera) es donde se emite la mayor parte de la luz y donde se generan las manchas

solares. La cantidad de las manchas varía siguiendo un ciclo oncenal y durante actividad máxima solar ocurren tormentas solares.

El astrónomo E.W. Munder, determinó que entre 1645 y 1715 las manchas solares casi desaparecieron. Esta pausa (Mínimo de Munder) coincidió con el período más gélido de la "Pequeña Edad de Hielo" de los siglos XV y XVI. Estos períodos mínimos habrían ocurrido en 18 ocasiones en los últimos 8.000 años. Por otro lado, el Sol cada mil millones de años aumenta su luminosidad en 10%.

Se afirma que la energía irradiada se mantiene constante, sin embargo, el astro - rey oculta numerosos enigmas. Todos los fenómenos que ocurren en su corazón impactan en la Tierra. Observamos sus resultados, pero ignoramos su origen y desarrollo. Cabe recordar que la comprobación de la teoría sobre la fusión nuclear tiene sólo medio siglo y la exploración solar directa mediante satélites, pocas décadas y sólo la superficie desde una distancia prudente.

La Luna

La Luna, también juega un rol estelar en el clima. El satélite tiene un cuarto del diámetro de la Tierra; por tanto, ejerce una influencia recíproca. Un protoplaneta habría colisionado con la Tierra durante la consolidación del sistema solar, siendo atrapado por la fuerza de gravedad. Esta hipótesis explicaría la inclinación del eje terrestre, generador de las estaciones en que se divide el año.

La Luna otorga estabilidad al eje terrestre, aun cuando causa leves y lentas oscilaciones. Dichas variaciones producen alteraciones en el clima, las que sumadas con otras perturbaciones pueden desestabilizarlo. Asimismo, genera las mareas marítimas y atmosféricas. Por último, frena imperceptiblemente la velocidad de rotación de la Tierra.

Meteoritos

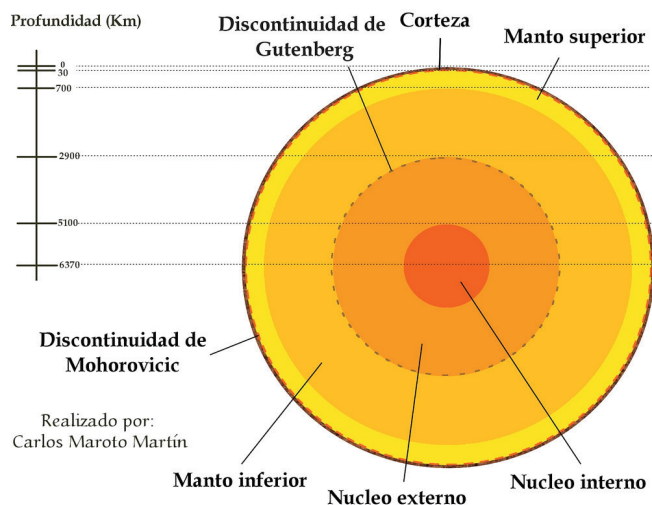
Son elementos externos y eventuales. Hay registros geológicos de cataclismos originados por la caída de cuerpos celestes de dimensiones significativas.

2. Atlas of World. Nacional Geographic. Fifth Edition. National Geographic Society. U.S.A. Washington D.C. Pág. 18.

La Luna, carente de agentes erosivos, muestra en su superficie huellas de meteoros. Un impacto poderoso en la Tierra puede generar tumultuosas actividades sísmicas y volcánicas capaces de cambiar el clima en forma permanente. Asimismo, puede alterar la órbita terrestre. Lo último también se aplica a nuestro satélite con insospechadas secuelas para el medio ambiente terrestre.

La Tierra

En la Tierra, los elementos internos que afectan el clima actúan indirectamente y en apariencia con resultados insignificantes, pero gracias a su presencia, la vida sigue su curso. Nuestro planeta tiene forma de esfera ligeramente achatada en los polos, con un radio ecuatorial de 6.378,4 km y una edad similar al Sol, 4.500 millones de años. Consta de una envoltura gaseosa, una parte líquida y otra sólida.



■ Estructura interna de la Tierra.

La parte sólida consiste en varias capas concéntricas de distintas características. La corteza terrestre, frágil y rígida, con un espesor entre 12 y 80 km, está fragmentada en placas que descansan sobre la plástica astenósfera casi en punto de fusión. En el centro existe un núcleo de hierro y níquel a 5.000°C de temperatura, que irradia calor por convección y se supone que es

el generador del campo magnético terrestre. La temperatura aumenta con la profundidad en 1°C por cada 33 metros.³ Esta actividad térmica se exterioriza a través de las erupciones volcánicas con lavas a temperaturas entre 800° y 1.400°C.

Por más de mil millones de años la Tierra estuvo sumida en una ardiente fase primigenia, durante la cual se crearon los componentes sólidos, líquidos y gaseosos del globo. Una vez consolidadas las estructuras esenciales comenzaron las eras sedimentarias.

La Tierra se enfrió paulatinamente y las primeras glaciaciones habrían ocurrido hace 200 millones de años. Desde entonces, el clima ha fluctuado entre períodos glaciales y temperaturas tropicales. Dichos ciclos habrían durado alrededor de 100 mil años.

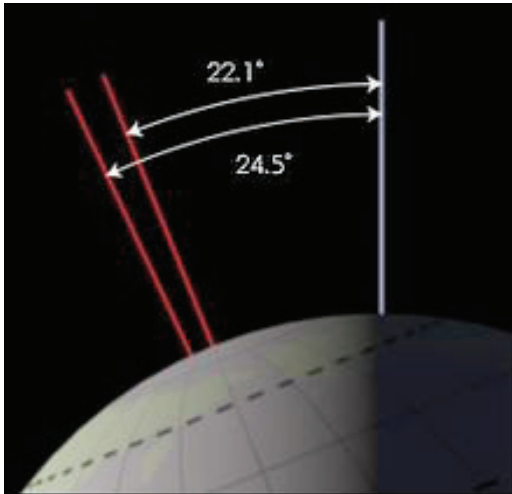
Hoy vivimos una benigna época post glacial de unos 20 mil años de edad. Durante este período se registran notables oscilaciones en la temperatura ambiental.

Se han experimentado fases cálidas durante los siglos V y X de nuestra era y la pequeña edad de hielo ya mencionada. Asimismo, el desierto del Sahara se formó hace 4.500 años.

La Tierra circula alrededor del Sol en una órbita no elíptica y su eje terrestre tiene una inclinación de entre 22,1° y 24,5°. Esta inclinación alarga los días en verano y los acorta en invierno produciendo las cuatro estaciones en forma alternada en ambos hemisferios. Pero, existen otros movimientos menores cuyos orígenes radican en la forma elipsoidal de la Tierra, la excentricidad de la órbita y la atracción de la Luna y planetas.

La precesión de los equinoccios, la variación de la excentricidad y oblicuidad de la órbita y el bamboleo de *Chandler* provocan alteraciones en la radiación solar recibida, modificando el clima. Estos fenómenos son periódicos y presentan ciclos, de miles de años y en ocasiones se combinan multiplicando o atenuando sus consecuencias. Sin embargo, aún existen anomalías inexplicables

3. Enciclopedia Autodidacta Océano. Grupo Editorial Océano. España. Barcelona 1987. Vol. 3 pág. 1540.



■ **Ángulo de inclinación del eje de la Tierra.**

donde el comportamiento del medio ambiente es mucho más acentuado que lo calculado. Esto se debe a procesos retroalimentadores indeterminados y a factores perturbadores desconocidos.

La Tierra es el único lugar del universo en que se conoce vida hasta la fecha. La vida en cualquiera de sus expresiones recibe el nombre de biósfera. Su evolución se inició hace 3.500 millones de años. La atmósfera primitiva carecía de O_2 y mostraba un 25% de CO_2 . Cuando la vida apareció en el mar y luego en la tierra, la biomasa absorbió bióxido de carbono (CO_2), fijó el Carbono (C) y emitió Oxígeno (O_2). Al acumularse oxígeno en el medio ambiente aparecieron los organismos aerobios. La atmósfera generó una capa de ozono (O_3) que protegió la biosfera de la letal radiación ultravioleta. La atmósfera actual es el resultado de un proceso biótico y no al revés.

Litósfera

La corteza terrestre emergida cubre un tercio del globo, el resto es agua. Los continentes son grandes islas rodeadas por el océano mundial. En el hemisferio norte hay mayor concentración de suelos continentales, mientras que en el meridional, estos ocupan un 18% de la superficie y se le conoce como "Hemisferio Oceánico". Esta configuración repercute en el clima por el mayor albedo (capacidad de reflejar la luz solar) de la tierra en relación al mar. Consecuentemente, el septentrion muestra inviernos más rigurosos y

veranos más calurosos (clima continental). El hombre, por esencia terrestre, se aglomera en el hemisferio norte.

La Tierra es el único planeta que conserva una tectónica de placas activas que modela el mapamundi y el clima global. En el período Jurásico las zonas polares carecían de tierras y las corrientes oceánicas circulaban sin obstáculos. En esa época todo el globo estaba bajo el predominio general de un ambiente tropical, húmedo y lluvioso.

Las cordilleras y otros accidentes geográficos continentales modifican el clima a nivel regional, al obstaculizar y canalizar los fenómenos meteorológicos. Asimismo, las grandes erupciones volcánicas alteran temporalmente el tiempo predominante en áreas específicas, sin afectarlo demasiado a nivel global. La excepción son los grandes cataclismos volcánicos causados por impacto de meteoritos.

Hidrosfera

Se conoce como Hidrosfera al agua que cubre la Tierra, que es el único planeta que posee agua líquida. El 71 % de la superficie es agua (97% salada y 3% dulce). El 4% en estado sólido, tanto en los casquetes polares como glaciares. Los océanos se interconectan formando el Océano Mundial. Los mares reciben 7/10 de la radiación solar; es decir, más del doble de la energía de los continentes.

El agua de mar corresponde a una solución salina acuosa con elementos como NaCl, sal común, en un 18% del total de sales disueltas y es trascendente para el clima. El agua de mar no se transforma en hielo a $0^\circ C$ sino a $-1,5^\circ C$ dependiendo de la salinidad y presión. El proceso de conversión necesita otras 80 calorías por litro para superar el calor latente de fusión. Esa es la razón que evita que la masa oceánica se solidifique a temperaturas menores a $0^\circ C$. Por su dilatación anómala, el hielo tiene menos densidad que el agua y flota, impidiendo que estas masas llenen las cuencas oceánicas.

El océano mundial es actor principal en el clima global, pero pasa casi desapercibido. Actúa como moderador y regulador a través de las corrientes oceánicas profundas y de superficie,

de la fluctuación de los casquetes polares, los glaciares y la absorción del CO_2 y la evaporación.

Las corrientes oceánicas son ríos intercambiadores de calor que igualan las temperaturas entre el trópico y los polos. Sus principales agentes son las diferencias de temperatura y densidad, el viento, la rotación del planeta y los accidentes hidrográficos. Las corrientes relevantes en lo climático pueden ser profundas y superficiales, tanto frías, cálidas o mixtas.

Las diferencias de densidad provocan desequilibrios que originan movimientos verticales. El agua pesada se hunde y la liviana aflora. Esta circulación termohalina se desvía tomando un desplazamiento horizontal impulsado por algún factor perturbador. La velocidad de estas corrientes es reducida.

El gráfico "corrientes marinas de profundidad" muestra el curso de los ríos submarinos provenientes de las zonas polares, su temperatura fluctúa entre 0° a 5° C. Estos flujos líquidos intercambian las aguas de ambos hemisferios. En el Atlántico Norte los perfiles de las corrientes abisales están bien determinados, pero no ocurre lo mismo con el resto de los océanos, especialmente en el Pacífico.

Sobre las corrientes de superficie⁴ se puede señalar que al rozar el aire la superficie del agua le da un impulso, como los alisios del Noreste (Hemisferio Norte) y del Sureste (Hemisferio Sur) engendran desplazamientos de importancia. Existe una analogía entre los vientos y las corrientes marinas. La rotación de la tierra desvía algunas corrientes. Las corrientes giran en el sentido de un reloj al Norte del Ecuador, y en el inverso en el Sur. Las corrientes cálidas de superficie se generan en el Ecuador y las frías en latitudes altas.

Los polos con sus casquetes y ventisqueros cubren 14 millones de km^2 . Las áreas heladas de mar disminuyen en verano y se

recuperan en invierno. Cuando el calor aumenta, aumenta la fusión del hielo consumiendo gran cantidad de energía. El flujo de agua resultante a 0° C refuerza el caudal de las corrientes frías. En teoría, el proceso puede continuar hasta la desaparición de casquetes y ventisqueros en centenares o miles de años si no se revierte la temperatura. El hielo flotante que se funde no modifica el nivel del mar, no así los glaciares asentados en tierra firme. El mundo ha vivido períodos cálidos sin hielos en los polos con una sensible elevación del nivel medio del mar. De acuerdo a huellas sedimentarias, en los últimos 40 mil años el nivel del mar experimentó oscilaciones de 140 metros.

Los océanos absorben CO_2 e irradian O_2 . En el ciclo vital el mar inspira mucho más CO_2 que el liberado. Mayores temperaturas estimulan aún más estas características. La real magnitud de dicha capacidad constituye una de las grandes incertidumbres en los estudios sobre calentamiento global.

Otra imprecisión la representa la evaporación del mar. A mayor temperatura hay más evaporación, mayor humedad, acumulación de nubes y más precipitaciones. La adición de CO_2 a la

Composición de la atmósfera	
Nitrógeno N^2	78,08%
Oxígeno O_2	20,95%
Argón Ar	0,93%
Dióxido de carbono CO_2	355 ppmv (variable)
Neón Ne	18,2 ppmv
Helio He	5,24 ppmv
Metano CH_4	1,72 ppmv
Kriptón Kr	5 ppmv
Hidrógeno H_2	0,31 ppmv
Óxido nitroso N_2O	0,08 ppmv
Xenón Xe	0,08 ppmv
Monóxido de carbono CO	0,05 ppmv
Ozono O_3	0,02 - 0,03 ppmv (variable)
Clorofluorocarburos CFCs	0,2 - 0,3 ppmv
Vapor de agua H_2O	No computable para el aire seco

4. Enciclopedia Temática Planeta Geografía General. Editorial Planeta. España. Barcelona 1976. Vol. 1. Pág., 75.

atmósfera aumenta levemente la temperatura y genera más vapor de agua en los océanos. El vapor liberado aumenta el efecto invernadero (el vapor de agua es el gas invernadero más eficiente que el CO_2). Este proceso, conocido como retroalimentación del vapor de agua, sería el causante de la mayor parte del calentamiento predicho para las próximas décadas. El vapor de agua y su distribución vertical son claves en el cálculo de la retroalimentación y los procesos que lo controlan son complejos de modelar y es donde radica la gran incertidumbre sobre el calentamiento global.⁵

- Las nubes son críticas y tienen efectos contradictorios en el clima. La temperatura disminuye cuando una nube transita sobre una localidad, en un día soleado, pero las noches claras de invierno tienden a ser más frías que las noches con cielo cubierto. Esto es porque las nubes devuelven algo de calor a la superficie de la Tierra. Por tanto, si el aumento del CO_2 cambia la cantidad y distribución de las nubes puede tener efectos complejos y variados en el clima.
- La hidrósfera es el controlador y moderador del clima global en el mediano y largo plazo. La inercia térmica de la masa de agua y hielo lo convierte en el mayor acumulador de energía solar del mundo. Dosisifica, difunde y distribuye el calor latente guardado a través de corrientes marinas abisales y de superficie. Reacciona ante aumentos de temperatura intensificando la evaporación de aguas superficiales. El océano mundial es el gran depósito de CO_2 del planeta. Fenómenos locales, como el Niño, repercuten en toda la humanidad.

Atmósfera

Es la envoltura gaseosa que cubre completamente la Tierra y la acompaña en sus movimientos. Mientras el calor del Sol y la fuerza centrífuga de la rotación tratan de disiparla en el espacio, la gravedad la conserva en su lugar. La atmósfera se divide en capas con características propias: Tropósfera, Estratósfera, Mesósfera, Termósfera o Ionósfera y Exósfera. Los límites

entre divisiones y sus alturas varían según la latitud, estación, día, noche y otros fenómenos naturales. El hombre vive en la Tropósfera la cual alcanza una cota de 15 km.

Inicialmente la atmósfera era similar a la nebulosa original. Luego, por desgasificación perdió la mayoría de los elementos livianos: hidrógeno y helio y los reemplazó por gases de erupciones volcánicas, en particular CO_2 , generando la atmósfera de segunda generación. Los volcanes lanzaron óxidos de azufre y aerosoles y contribuyeron al enfriamiento de la Tierra. Hace unos 2.500 millones de años, aparecen los seres vivos y comienza un nuevo reacondicionamiento del medio ambiente. Los organismos autótrofos por fotosíntesis o quimiosíntesis capturaron gran parte del CO_2 (25%) de la atmósfera primitiva, se empezó a acumular oxígeno y apareció la fotosíntesis oxigénica de las cianobacterias dando lugar a la presencia masiva de oxígeno (O_2) como en la atmósfera actual.

La modificación de la atmósfera propició la aparición de nuevas formas aeróbicas vivas, aumentó el consumo de oxígeno y disminuyó el de CO_2 , llegando al equilibrio o clímax, formando la atmósfera de tercera generación actual.⁶ El oxígeno del aire, elemento vital para la humanidad, proviene de la vida y no de la naturaleza inanimada.

La atmósfera es el más eficiente regulador del clima. Equilibra las temperaturas disímiles en las alturas y polos. La franja ecuatorial recibe mayor radiación solar que el resto del globo y eleva la temperatura de la atmósfera circundante. Al disminuir la densidad del aire ecuatorial se crea un flujo ascendente. Cuando alcanza la estratosfera, la corriente aérea se dirige al polo adyacente y en su recorrido transfiere el exceso del calor. Una vez enfriada y más pesada la masa gaseosa desciende en latitud 30° , una parte regresa al Ecuador y otra continúa hacia el polo. Paralelamente, la alta atmósfera del polo recibe escasa radiación, como resultado el aire se torna frío y pesado precipitándose hacia la superficie con rumbo al Ecuador.

La rotación de la Tierra y otros fenómenos desvían el curso de las corrientes de aire originando

5. Calentamiento Global. Wikipedia. La Enciclopedia Libre. Wikipedia Foundation 2007. Pág. 4.

6. Cambio Climático. Wikipedia. La Enciclopedia Libre. Wikipedia Foundation 2007. Pág. 5.

un sistema de vientos globales, anillos concéntricos que circulan alrededor del globo. Donde asciende el aire, particularmente en zonas ecuatoriales, se producen centros de baja presión barométrica con chubascos y tormentas eléctricas. Mientras donde existen corrientes descendentes, aire frío y seco, se crean centros de alta presión de buen tiempo con escasas precipitaciones.

Existen dos factores que, aunque no integran la atmósfera, están insertos en su entorno influenciando el clima: la magnetósfera y la biósfera.

La Tierra es un gigantesco imán cuyo polo sur se ubica a unos 1.800 km del Polo geográfico septentrional y se desplaza paulatinamente hacia el Norte de Alaska a través de Canadá. El origen del campo magnético terrestre, según hipótesis con mayor aceptación, es el magma comportándose como conductor eléctrico en movimiento. Las líneas magnéticas emanan desde el Polo Norte magnético y avanzan en dirección al Polo contrario, formando un manto alrededor de la Tierra abarcando el Cinturón Van Allen recibiendo el nombre de magnetósfera. Se extiende desde la superficie terrestre hasta la parte exterior del Cinturón Van Allen, lo que la aleja hasta unos 48.000 a 64.000 km de la superficie terrestre.

La magnetósfera desvía o absorbe las partículas cargadas con la energía despedida principalmente por el Sol, colaborando a la protección de la biósfera. Durante los períodos de actividad máxima solar, tormentas solares barren la Tierra con severos perjuicios tales como inutilizar satélites, interrumpir circuitos eléctricos, interferir redes de telecomunicaciones y provocar incendios. En 1869 una poderosa tormenta solar obstruyó los sistemas telegráficos de Europa y Norteamérica y se observaron auroras boreales en Roma y Hawái.

La variación secular comprende las alteraciones sufridas por el campo magnético terrestre. El Paleomagnetismo ha determinado que los polos magnéticos han experimentado diversas anomalías: cambiaron de polaridad, se trasladaron a las proximidades del Ecuador y su intensidad disminuyó hasta desaparecer. Durante los últimos 3,6 millones de años se registraron nueve

inversiones de polaridad, la última ocurrió hace unos 700.000 años. Un millón de años atrás el campo magnético se esfumó por unos 10 mil a 20 mil años. La evolución de la inversión demora varios miles de años y la precede una disminución de la intensidad y por lo general coincide con cambios climáticos. Mediciones actuales señalan una merma de un 5% en la fuerza del campo magnético. El origen de los procesos referidos a la variación secular se desconoce y su ocurrencia es imprevisible.

La biósfera consiste en el conjunto de los medios donde se desarrollan los seres vivos.⁷ Entre sus características se destacan la generación y consumo de oxígeno y bióxido de carbono, gases esenciales en el sostenimiento de la vida. Las plantas y algas mediante fotosíntesis asimilan bióxido de carbono y emiten oxígeno. Los herbívoros se alimentan con vegetales y los carnívoros devoran a los herbívoros. El proceso establece un equilibrio natural en la masa biótica.

La biósfera evoluciona permanentemente. La biodiversidad está en constante cambio. Las diferentes especies proliferan, adaptan, mutan y se extinguen en una secuencia interminable. Algunas variedades florecen por cientos de millones de años mientras otras son de duración efímera. Los seres vivos se innovan continuamente a fin de adecuarse a un ambiente sometido a cambios frecuentes. Si poseen capacidad de adaptación y suficiente flexibilidad para soportar las variaciones sobreviven, en caso contrario desaparecen.

El hombre, un recién llegado en la biósfera, comienza su evolución un par de millones de años atrás hasta culminar en el *Homo Sapiens* hace menos de cien mil años. Se extiende por toda la superficie terrestre superando obstáculos formidables. No se satisface con acostumbrarse al medio sino lo modifica en su beneficio aplicando su imaginativo intelecto. De cazador nómada se asienta como agricultor multiplicando la productividad del suelo; recién empieza a cultivar el mar con incalculables posibilidades. En los primeros años de la era cristiana, la humanidad contaba con 250 millones de personas, hoy bordea los 6.500 millones.

7. Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española. España. Madrid 1984. Tomo I. Pág. 194.

En el presente el acelerado aumento demográfico tiene síntomas de decrecer. La biotecnología asegura el aumento para el futuro y el industrializado hemisferio Norte, el mayor responsable de la contaminación, tiene que tomar medidas para reducirla.

Por la trascendencia que reviste para la biósfera, se estima conveniente hacer una descripción somera de la llamada capa de ozono. Un velo de gas azulado cubre la Tierra a una altura entre 19 mil a 23 mil metros. El ozono se genera por la radiación ultravioleta (UV-B), sobre el oxígeno molecular (O_2) en la baja Estratosfera y lo convierte en ozono (O_3). La misma radiación disocia al O_3 y produce un manto equilibrado de ozono. El balance lo alteran contaminantes elaborados por el hombre (principalmente clorofluorocarbonos), que adelgazan la capa de ozono hasta eliminarla en las proximidades del polo Sur.

La radiación ultravioleta daña a los seres humanos, animales, vegetales y fitoplancton perturbando o impidiendo su desarrollo natural. En el hombre produce cáncer en la piel. Algunos científicos suponen que sin capa de ozono la vida no podría fructificar.

La expresión más radical de la atmósfera en relación al clima se manifiesta través del "Efecto Invernadero" que no produce fríos invernales sino por el contrario, mantiene un calor ambiental

adecuado y permanente. La Tierra recibe del Sol una energía calculada en 342 W/m^2 . Un 31,3% se refleja de inmediato y es devuelta al espacio (albedo terrestre) e ingresan solo 235 W/m^2 .

La superficie de la Tierra se calienta y emite radiación infrarroja. Pero, la atmósfera actúa como filtro y freno debido a los gases invernadero y retiene parte de la energía alcanzando un total de 324 W/m^2 . Sin el efecto invernadero la temperatura media del planeta bordearía los -22° C en vez de $+14^\circ \text{ C}$. En otros términos, se produce un equilibrio térmico dinámico donde intervienen todos los actores involucrados en el clima: Sol, Luna, Tierra e incluso eventuales meteoritos.

Conclusión

Como la historia lo muestra, el equilibrio resulta bastante inestable y los cambios se presentan con frecuencia y rapidez. Las previsiones y pronósticos de mediano y largo plazo sobre el medio ambiente carecerán de bases científicas creíbles sino se intensifican los estudios e investigaciones de los fenómenos y procesos oceanográficos, en caso contrario, la humanidad tomará malas y tardías decisiones respecto al clima y el impacto que el hombre tiene sobre él.

* * *