

Imprimir

Prólogo

Del término “Cambio Climático” se escucha y se habla desde hace ya varias décadas. Resuena en los encuentros y eventos mundiales a la par de las cumbres económicas de los países de este mundo globalizado, donde la agenda de los países del llamado “primer mundo” imponen al resto su punto de vista e interés. Ya existe consenso mundial de su amenaza, son muy pocas las voces negacionistas de este hecho. Desde 1995 el organismo de las Naciones Unidas ha convocado encuentros mundiales al respecto. El primer evento se realizó en Berlín-Alemania en ese año, seguido el de Ginebra-Suiza, luego el de Kioto en 1997. Cada año se celebra el evento en el cual se evalúa la evolución del clima a nivel mundial. En el año 1988 fue creado por la ONU el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC (por sus siglas en inglés) para estudiar y evaluar conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles escenarios a futuro y estrategias de respuesta.

Es importante señalar que “Cambios Climáticos” siempre han existido en la historia del planeta; pero desde hace siglos (desde la revolución industrial), se han venido configurado condiciones para que se presente un cambio climático producto de la actividad humana sobre el planeta, que en adelante se denominará “Cambio Climático Antropogénico”. La actividad humana que cada vez es más intensa y que nos puede llevar a consecuencias “apocalípticas”, pertenece a un hecho aún más preocupante: El cambio global, entendido este como el impacto de la actividad humana en el funcionamiento de la biósfera planetaria. Desde hace miles de años la especie humana ha ido transformando todo el paisaje natural. Dicen algunos expertos que ha sido tal la incidencia del ser humano en el planeta que se habla de una nueva era geológica: El antropoceno. Para los geo-científicos es de consenso que el periodo geológico actual es la del Holoceno, periodo que comenzó hace aproximadamente once mil años. El término Antropoceno fue propuesto en el año 2000 por el químico premio nobel Paul Crutzen[2]. Es prudente decir que en la actualidad no existe consenso al respecto.

En este ensayo se intenta describir de manera clara y sencilla el concepto de cambio

climático natural y antropogénico, partiendo de su explicación desde las ciencias naturales. Una vez conocido y ojalá entendido el problema, en un siguiente ensayo se plantearán y analizarán las eventuales alternativas para hacerle frente a este problema.

Escenario astrofísico del planeta Tierra.

Nuestro mundo hace parte de un conjunto de planetas que se mueven alrededor de una estrella: el Sol. Son 8 los planetas que conforman el llamado sistema Solar, que tienen en común que el sol radia su energía sobre ellos y que todos ellos orbitan alrededor de él, producto de la fuerza de atracción gravitatoria, lo que en la disciplina de la Física se conoce como “La primera Ley de Kepler”[1]. Hay planetas de grandes dimensiones, como es el caso de Jupiter y Saturno, los cuales tienen la característica de estar conformados por gases y hielo y otros como Mercurio son de dimensión más pequeña. El planeta más cercano al Sol es precisamente Mercurio, debido a esto su temperatura es de alrededor de 427 grados centígrados; sin embargo, Venus que está más alejado del Sol que Mercurio tiene una temperatura diurna de 453 grados centígrados, esto debido a que cuenta con una densa atmosfera que atrapa la radiación solar[1]. Este hecho es lo que se conoce como “efecto invernadero”, término fundamental para entender fenomenológicamente el concepto de “Cambio Climático”. Planetas como Jupiter y Saturno los cuales están muy alejados del Sol, tienen una temperatura muy baja debido precisamente a su extrema distancia a la fuente de calor: el Sol. El planeta Tierra, el tercero en distancia, después de Mercurio y Venus tiene una temperatura promedio de 13 grados centígrados, esto a consecuencia de su distancia media al sol y de contar con una atmosfera que retiene el calor de la radiación solar. De no contar con dicha atmósfera, la temperatura en el planeta sería de ; -13 grados centígrados!, lo que haría imposible la existencia de vida[1].

Los planetas orbitan alrededor del Sol, en una trayectoria parecida a un círculo achatado, trayectoria llamada “órbita elíptica”, esto significa que no en todo momento estamos a la misma distancia del Sol. El punto de la órbita más cercano al Sol se llama Perihelio y el punto más lejano, el Afelio. El Perihelio(en la actualidad) ocurre en los primeros días del mes de enero y el Afelio ocurre aproximadamente a comienzos del segundo semestre del año. Los

planetas además de tener movimiento de traslación, cuentan también con un movimiento de rotación (alrededor de un eje), lo que da origen al día y la noche. El tiempo para que nuestro planeta de una vuelta completa alrededor se llama año, el cual está conformado por 365 días (366 para años bisiestos); siendo un día, el tiempo necesario para que el planeta de una vuelta completa alrededor de su eje de rotación. Las trayectorias (curvas) elípticas de traslación descansan (aproximadamente) sobre un plano, el plano Eclíptico. El eje de rotación de nuestro planeta forma un ángulo en la actualidad de 23.5 grados con la línea perpendicular a este plano, este ángulo se llama la oblicuidad. Este hecho es la razón de que en nuestro planeta existan las llamadas estaciones [1,2].

Escenario Geofísico del planeta Tierra

Nuestro planeta tiene una forma aproximada a una esfera (de radio de 6371 kilómetros), la curva o círculo que divide la esfera en dos partes se llama la línea Ecuatorial, cada una de las partes se llama hemisferio, es entonces que se habla de Hemisferio Norte y Hemisferio Sur. El eje de rotación del planeta une dos puntos extremos de la esfera planetaria, pasando por el centro de ella. Estos puntos extremos son los llamados Polos terrestres. La radiación solar incide en diferente forma en cada punto de la esfera; la radiación en la llamada línea Ecuatorial es mayor que en puntos encima o debajo de ella, disminuyendo su intensidad a medida que se asciende (o desciende) a los polos; lugares donde la radiación es mínima [2].

El planeta Tierra visto de “los pies para abajo” hasta llegar al centro de él, está conformada por cuatro capas: La Corteza, la parte más externa del planeta y en cuya superficie es donde está la parte biológica, desde los organismos más simples, hasta los seres vivos más desarrollados. Esta parte del planeta tiene un espesor desde los 11 km debajo de los océanos hasta llegar a los 70 km de espesor en algunas regiones continentales. Los llamados “recursos naturales”: hidrocarburos, carbón, minerales y agua, están presentes a poca profundidad de la superficie, es decir en la Corteza terrestre (la máxima profundidad alcanzada por el hombre ha sido a lo más de 11 km). Después de la Corteza, sigue el Manto, que es la región de mayor tamaño, luego está el Núcleo Externo, región compuesta de hierro y níquel fundido y finalmente el núcleo interno, hierro y níquel en fase sólida [5].

De “los pies para arriba” se encuentra la atmósfera, formada por una serie de capas compuestas por diferentes gases, tales como el Oxígeno, nitrógeno, vapor de agua etc. La atmósfera no es homogénea, las capas componentes son: la Troposfera, la capa más baja que se extiende hasta unos 12 km de altura y contiene la mayor cantidad de oxígeno y agua, es aquí donde ocurren los llamados fenómenos atmosféricos, la formación de nubes y las lluvias. La troposfera regula en buena parte la temperatura de la superficie terrestre y debido a las diferencias de temperatura, se presenta la llamada circulación atmosférica, es decir el movimiento del aire (vientos) entre diferentes regiones del planeta. Esta parte de la atmósfera interactúa cercanamente con los océanos, en los cuales se presentan las llamadas corrientes oceánicas, corrientes que tienen origen en la diferencia de salinidad de sus aguas y de los gradientes de calor entre diferentes puntos de los océanos. Este relacionamiento atmósfera-océano es vital para alcanzar los equilibrios térmicos, de los cuales son una de las causas principales para la determinación del clima terrestre. La siguiente capa en altura es la Estratosfera, capa que va hasta los 50 km, ahí es donde está la concentración de ozono (O₃), gas que retiene la llamada radiación ultravioleta proveniente del Sol. A continuación, está la Mesosfera, capa que va hasta los 85 km de altura. De haber impacto de algún meteorito hacia la Tierra, es ahí donde se desintegraría. Luego está la Termosfera a una altura de 85 km hasta los 600 km. En este lugar, los gases están ionizados, por lo que en dicho lugar se encuentra la Ionosfera. Finalmente se encuentra la Exosfera, la parte más externa y se extiende hasta los 10.000 km, y es el límite último del planeta [3].

Las partes de la Tierra vistas “de pies para arriba” y de “pies para abajo”, descritas anteriormente, se relacionan dinámicamente mediante procesos físicos de absorción de gases como el CO₂ y posterior expulsión, lo que se llama el ciclo del carbono. La expulsión de gases desde el interior del planeta hacia la atmósfera se da principalmente en las llamadas erupciones volcánicas, proceso que puede ser explicado por la llamada “Tectónica de placas” y cuya dinámica puede durar miles de años. A la par de la emisión de gases desde la superficie del planeta, también se da la absorción de dichos gases, absorción o “secuestro” principalmente por los océanos y por la biota vegetal en los suelos de los continentes y de los mares[3].

El efecto invernadero natural

Se comentó anteriormente, que planetas del sistema Solar como Venus tienen una temperatura mayor que la de Mercurio a pesar de que este se encuentra más cercano al Sol; la razón de esto está en que Venus tiene una atmósfera densa. Este es el papel que cumple dicha atmósfera: retener el calor que radia el planeta (radiación infrarroja), este es el efecto invernadero. La atmósfera actúa como filtro y además como una cubierta retenedora que evita que la radiación del planeta no se devuelva en su totalidad al espacio exterior y vaya de vuelta desde la atmósfera al planeta.

El efecto invernadero depende de la concentración de gases. De los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) los fundamentales son: El vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano y el nitrógeno entre otros. También existen otros elementos esparcidos en la atmósfera como son los llamados aerosoles, que son partículas en suspensión. Cualquier cambio de la composición atmosférica o concentración de sus componentes (gases) afecta el llamado efecto invernadero. Dicha concentración ha cambiado a través de la historia del planeta. En particular se ha podido demostrar que la concentración de dióxido de Carbono (CO₂) ha variado drásticamente desde los comienzos de la llamada Revolución industrial, cuya fecha de inicio es de finales del siglo XVIII [3,4]. De una concentración de 280 ppm ha pasado a 400 ppm. La mayor contribución de este crecimiento en la concentración es debido a la quema de combustibles fósiles: Carbón, gas y petróleo y una fracción debido al cambio de uso de la tierra (tala de bosques, eliminación de cobertura vegetal). Otros gases de efecto invernadero como el metano (CH₄), el óxido nitroso, también han sufrido abruptos crecimientos de concentración en la misma época de crecimiento del CO₂.

Diferentes estudios han demostrado que el crecimiento veloz de la concentración de estos gases ha llevado a la intensificación del efecto invernadero, intensificación que se conoce con el nombre técnico de forzamiento radiactivo [4].

Cambio climático natural y antropogénico

Asociado al fenómeno de crecimiento en la concentración de GEI está el incremento probado de la temperatura promedio del planeta. Datos de ambas variables en los últimos siglos y sobre todo desde la década del 60 del siglo pasado hasta el presente muestran una alta “correlación” entre las concentraciones y las anomalías en la temperatura, siendo estas anomalías correspondientes al aumento de la temperatura promedio del planeta.

El término “cambio climático” significa variación en las características del clima, en particular en la temperatura del planeta. De muchos estudios que se han realizado, la conclusión principal es que por lo menos en los últimos 400 mil años, el planeta ha pasado por periodos fríos llamados periodos de glaciación y periodos cálidos. En los periodos fríos, la temperatura ha sido de unos 8 grados centígrados por debajo de la temperatura promedio en la actualidad (13 grados centígrados). En los periodos cálidos o periodos interglaciares, la temperatura ha sido de unos 2 o 3 grados por encima de la temperatura promedio actual. El paso de periodos de frío (glaciaciones) a periodos cálidos (periodos interglaciares) tiene una periodicidad de aproximadamente 40 mil a 100 mil años por lo menos en la última era geológica llamada era cuaternaria. La última glaciación terminó hace más de 11 mil años, dando inicio al periodo del holoceno, periodo que para algunos ya terminó y que según ellos estamos en un nuevo periodo llamado Antropoceno, afirmación tal, que en la actualidad es motivo de debates académicos y científicos [2,4].

Independiente de la discusión respecto al periodo geológico en que nos encontremos, el llamado “Cambio Climático” de origen antropogénico ya no es motivo de discusión, salvo unas pocas voces negacionistas, que responden a ciertos intereses económicos particulares a escala mundial. De acuerdo a las proyecciones hacia el futuro, de seguir aumentando la concentración de GEI en la atmósfera, hay varios escenarios posibles.

Básicamente son tres los escenarios probables, el mas optimista es el de un aumento de 2 grados centígrados, el segundo es de un aumento de algo más de 3 grados y el tercero, el más pesimista es de un aumento de 5 grados centígrados. Las consecuencias de un calentamiento global son varias, que pueden ocasionar modificaciones dramáticas del sistema climático, entre ellas está el deshielo de los casquetes polares y del hielo de las altas

montañas. Un derretimiento de esta agua congelada traería como consecuencia la elevación del nivel de los mares (de algunas decenas de metros), además, dado el calentamiento de las aguas de los océanos, se tendría una elevación del nivel de los mares debido a la llamada “expansión térmica”. Otra consecuencia de la elevación de la temperatura serán los llamados “climas extremos”: Sequias prolongadas en algunos lugares y en contraste, precipitaciones intensas y prolongadas en otros. También como otra consecuencia de un eventual calentamiento estaría el aumento de la intensidad de ciertos fenómenos climáticos llamados fenómenos de “variabilidad climática”, como es el conocido “fenómeno del niño-oscilación del Sur” (ENSO, por sus siglas en inglés) [5].

Epílogo

El mito generalizado del “desarrollo” o “crecimiento” indefinido del ser humano basado en la apropiación tecnológica y de conocimiento del entorno natural ha sido una constante a través del tiempo de la historia del ser humano. Este mito está acompañado de otro: el que contamos con un planeta con infinitos recursos. Malthus, economista británico del siglo XVIII dio la alerta temprana del crecimiento poblacional en proporción “geométrica”, mientras que los recursos solo aumentarían en proporción “aritmética”. Se puede decir que los vaticinios de Malthus no se cumplieron en su época y hasta ahora es que sus predicciones son tomadas en cuenta.

Solo en la llamada “Revolución Industrial” se tuvo evidencia de que el mito de los recursos ilimitados era solo eso: un mito. Inglaterra, por ejemplo, se dio cuenta de que su necesidad de crecimiento industrial tenía un limite en cuanto a la materia prima necesaria, como es el caso de las reservas de hierro y carbón, tuvo entonces que acudir a reservas más allá de sus fronteras. A la par del crecimiento económico e industrial, se comienza ya en forma creciente las emisiones masivas hacia la atmosfera de gases de efecto invernadero, emisiones que no han parado de crecer y que tienen a la época del inicio de esa “revolución industrial” el punto de inflexión de las emisiones de GEI. El llamado “desarrollo” o “crecimiento” implica necesariamente consumo de energía en cantidades cada vez mayores, lo que significa y dado que las mayores fuentes de energía son el carbón y mas adelante también los

hidrocarburos, que las emisiones de GEI se hagan cada vez mayores, llevando entonces como se describió anteriormente al desequilibrio térmico de nuestro planeta, desequilibrio llamado “Calentamiento global”.

En este escenario queda planteado el interrogante o pregunta recurrente: ¿Qué hacer? Para algunos (para muchos) la respuesta está en una “simple” transición energética, transición que se haría paulatinamente y el problema estaría resuelto. Esta visión se soporta en la llamada “Sostenibilidad”, término muy cercano a aquello tan difuso y tan cercana al “GatoPardismo: Que todo cambie para que todo siga igual”, visión que en últimas sustenta el llamado “desarrollo sostenible”. Desde otra óptica no tan optimista o simplista, el problema del “Cambio climático” es solo la “punta del iceberg” de un problema mucho más grave y complejo: el “Cambio Global” que corresponde a la acción de la especie humana en modificaciones extremas del paisaje natural, modificaciones ejemplificadas por la contaminación atmosférica, la contaminación de ríos y mares, eliminación de muchas especies animales y vegetales, desertificación de muchos territorios. Desde esa óptica las soluciones no pueden tener el carácter simplista de las soluciones meramente tecnológicas. El problema es tan grave que se necesita respuestas que tienen que ver con visionar con un relacionamiento distinto con la naturaleza que rompa con la visión de que ella es simplemente la fuente de recursos para satisfacer las necesidades de consumo y de “crecimiento económico”. No se trata entonces de simplemente cambiar la “matriz energética” y que todo siga igual. Las soluciones serán aquellas que trasciendan el simplismo tecnológico y aborden y confronten visiones culturales y sociales dadas por ciertas como dogmas religiosos.

_____ -

[1] Goya CastroVerde, A (2014). *En el Abismo del Progreso*. Editorial Catarata.

[2] Hartmann, D (1994). *Global Physical Climatology*. Academic Press-Boston

[3] Krauss, L. (2021). *El Cambio Climático. La Ciencia ante el Calentamiento Global*. Editorial Pasado y Presente.

[4] Duarte, C(Coordinador) (2009). *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el*

sistema Tierra. Editorial Catarata.

[5] Legget, J(Compilador) (1990). *El calentamiento del planeta: Informe de GreenPeace*. Editorial Fondo de Cultura Económica.

[6] Escrivá, A (2023). *Contra la sostenibilidad*. Editorial Arpa y Alfil Editores, S.L.
Flor Alba Vivas, Manuel Cala Flórez & Francisco Cabrera Zambrano

Foto tomada de: Univision