

Tema 10: Las Temperaturas suben, algo está cambiando

El clima siempre ha cambiado, muchos cambios climáticos tachonan la historia de la Tierra. Sabemos que han acontecido periodos glaciares, donde el hielo llegaba hasta nuestras latitudes, intercalados con otros periodos cálidos (como el que acogió a los dinosaurios). **La Paleoclimatología**, la ciencia que es capaz de reproducir los contextos climáticos del pasado, nos indica que la temperatura en la superficie de nuestro planeta ha sido, la mayor parte del tiempo, más alta que la actual.

Pero esta vez el calentamiento global, y el consecuente cambio del clima, es algo diferente a lo que hasta ahora ha acontecido por varias causas:

- **La rapidez con la que se está produciendo.** La naturaleza nos muestra que los cambios en el clima en tiempos pretéritos fueron muy lentos, pero que muy lentos; el actual se está produciendo con una velocidad que no tiene precedentes en la historia de la Tierra. La ciencia de la biología nos dice que la vida para adaptarse a un nuevo escenario, como el actual calentamiento global, necesita tiempo, que los cambios se produzcan poco a poco; la celeridad de este cambio no se lo da ni se lo permite. Es por ello que gran cantidad de especies están desapareciendo; así como nuestra propia forma de vivir y nuestra propia vida, también entra en ese riesgo.

- **Sus causas.** Todos los anteriores cambios climáticos se han podido explicar por causas naturales: Aumento de la actividad solar, derivas continentales que han variado la circulación oceánica, impactos meteóricos, vulcanismo, etc. En el que ahora estamos comenzando a vivir las causas naturales, por si solas, no lo pueden justificar. Posiblemente la variable que falta es **la acción del ser humano sobre la atmósfera.**

En este capítulo intentaré transmitir la importancia de esta amenaza, **de nivel planetario**, que representa el presente cambio climático. En él también veremos cómo es importante el papel, crucial, que tiene que jugar la sociedad en la búsqueda de las necesarias medidas que se pueden llevar a cabo, tanto para **mitigar** como para **adaptarnos** a los cambios de **un futuro algo incierto.**

Es papel de la ciencia poner de manifiesto todas las evidencias de este problema medioambiental, e intentar convencer a la sociedad de que, a pesar de la incertidumbre, se debe abordar una solución.

PREÁMBULO:

Ya estamos sintiendo los impactos de **este antropogénico y veloz** cambio climático, desde el incremento en el nivel del mar y el aumento de las olas de calor, hasta las tormentas extremas, el derretimiento de los glaciares y un aumento de pobreza climática; y aunque tomemos

medidas inmediatamente, estamos destinados a experimentar un calentamiento continuo durante décadas o siglos.

El cambio climático requiere una escala de cooperación global, rara vez vista en la historia del mundo. Incluso durante las grandes guerras mundiales del siglo XX, cuando la gente de ambos lados del conflicto hizo sacrificios extraordinarios, hubo bandos, se identificó al enemigo; la gente apoyaba a los amigos en contra de los enemigos. Pero ahora, ante este problema, el enemigo somos “nosotros mismos”.

La **paleoclimatología** nos ha desvelado que la temperatura en el intervalo de tiempo que va de 12000 -10000 años atrás hasta la era preindustrial (mediados del siglo XIX) ha sido constante, con algún que otro altibajo de extensión regional (periodo cálido medieval, mínimo de Maunder, etc . Es curioso que el mayor desarrollo de nuestra especie se haya producido también en ese periodo de tiempo (Surgimiento de las grandes civilizaciones, la agricultura y, más reciente, el desarrollo industrial). Es por esta razón por la que los científicos del IPCC (el panel de expertos científicos sobre el cambio climático de la ONU) “luchan” para que no superemos en más de dos grados esa “fructífera” temperatura; valores por encima ponen en riesgo a nuestra especie, y a muchas más.

El cambio climático puede ser el **problema** más difícil, y **complejo**, al que jamás se haya enfrentado la humanidad por varias razones.

- La **inequidad Social** del Cambio Climático, tanto por su origen como en la búsqueda de soluciones: **Unos hemos contribuido más al problema que otros:** Cualquier emisión de CO2 (cuya alta concentración conlleva el calentamiento de la atmósfera) producida en cualquier punto del planeta afecta de forma global, a personas, animales y plantas, debido al fenómeno de la dispersión. Las emisiones de este gas por parte de los países del primer mundo (sociedades desarrolladas) supone el 80% de las totales, aun siendo sólo el 20% de la población mundial. *¿Qué razón nos asiste a los países ricos respecto de los emergentes, para pedirles que reduzcan sus emisiones?*
- **Nos indignamos cuando tocan nuestro “status quo”:** Debemos tener en cuenta, así mismo, que los humanos no somos muy “avispados” a la hora de resolver problemas que exigen de una acción colectiva. Somos, más bien, seres tribales y tendemos a actuar de forma que apoyamos a nuestros amigos y en contra de nuestros enemigos; sobre todo cuando “se tocan” los intereses particulares.
- **La dificultad temporal del Cambio Climático** o la Escala Temporal del Problema: Otro aspecto que convierte al cambio climático en un gran desafío para la humanidad tiene que ver con la duración de sus efectos y el resultado del esfuerzo para combatirlo. Muchos de los componentes del sistema climático actúan en escalas de tiempo muy largas, desde varias décadas hasta decenas de miles de años. **“El esfuerzo que debemos realizar ¡ya!, no es “un fruto” que podamos saborear los que ahora lo hacemos, sino las generaciones futuras”.** Puede que los seres humanos, y especialmente las organizaciones humanas, seamos incluso peores a la hora de trabajar con escalas de tiempo tan largas de lo que somos a la hora de resolver problemas a través de la acción colectiva global.
- **La dificultad Técnica del Cambio Climático:** Para comprender “el por qué” de un cambio climático, de sus consecuencias y soluciones, es necesario tener conocimientos sobre

varias disciplinas científicas (Física de la atmósfera, meteorología, climatología, termodinámica, etc), las cuales no están al alcance de todo el mundo. Esta situación hace “opaca” esta problemática haciendo pensar a la mayoría de las personas que el cambio climático es algo demasiado abrumador, distante, aterrador o incómodo para hablar de él.

EL CAMBIO CLIMÁTICO SE NOS MANIFIESTA

Para determinar que algo está cambiando en el clima, primero **debemos identificar** esos cambios en particular, comparando la actual forma de cambio con otras habidas con anterioridad. La principal evidencia del Cambio es **la subida de la temperatura media** en el planeta, lo que denominamos como **CALENTAMIENTO GLOBAL**, el cual ya ha comenzado a producir efectos devastadores como veremos más adelante Fuertes olas de calor, inundaciones o sequías son algunos de los fenómenos cada vez más habituales en nuestro planeta. Se estima que, en los últimos treinta años, su violencia y frecuencia se ha duplicado.

Evidencias y consecuencias del Cambio Climático

Este fenómeno se va haciendo más evidente con el paso de los años. En la actualidad, basta con ojear el periódico o ver las noticias para percibir los efectos desastrosos del calentamiento global. Pero si no te has percatado aún, a continuación, te mostramos y explicamos, unas cuantas evidencias que demuestran la gravedad del asunto que tenemos entre manos:

- El aumento de la temperatura media de la tierra:

Es la principal consecuencia del cambio climático. Este efecto está directamente vinculado con la emisión de **gases que contribuyen al efecto invernadero**. La tendencia del calentamiento terrestre ha sido el doble en los últimos 50 años que en los 100 anteriores y de seguir así, se prevé que la temperatura media de la tierra pueda llegar a aumentar hasta 4°C en el año 2050.

Algunas de las consecuencias que implicará esta subida de las temperaturas, pueden ser problemas de salud en ancianos y niños, ya que son **los más vulnerables** en los días de calor, o la facilidad de reproducción y extensión de algunos insectos que, como vectores que son, propagarán y provocarán enfermedades a nosotros, a otros animales y a las plantas (alimentos). Las altas temperaturas generarán también un aumento de la deshidratación y, por tanto, de la demanda de agua potable.

Personalmente esta evidencia se hace realidad en mi profesión de agricultor. En los últimos años he perdido hasta un 70% de cosechas por altas temperaturas, las cuales también he tenido que limitar por falta de agua para riego. No quiero ni pensar lo que pasará en un futuro, con la continuada subida de las temperaturas, con las explotaciones porcinas que son la base económica de esta zona de los Monegros Oscenses. Las consecuencias en la agricultura, y la ganadería, son más palpables en aquellas zonas más pobres y desfavorecidas.

- El aumento del nivel del mar:

El incremento de la temperatura global terrestre provoca la fusión del hielo glaciario (hielos continentales), lo que genera el aumento en la cantidad de agua en mares y océanos; fenómeno que se hace palpable en lugares como Venecia o el Delta del Ebro, y sobre todo en países insulares con poca elevación.

Según los científicos se espera que **el nivel del mar pueda aumentar hasta 7 metros** de aquí al año 2100, lo que supone un peligro para todas aquellas ciudades que se encuentran situadas en la costa o terrenos por debajo del nivel del mar. Lugares como los Países Bajos, Calcuta, Bangladesh, Beijing, Shangai o el sur de Florida y la Bahía de San Francisco en EEUU, entre otros, se verán seriamente amenazados. Así mismo, la subida del nivel del mar está provocando que el agua salada invada las aguas subterráneas utilizadas para el abastecimiento, lo que afecta a la calidad y al acceso, del agua potable; otra consecuencia tangible ocurre al comprobar que existe una dificultad real para asegurar según que propiedades que se encuentran cerca del litoral.

- El aumento de la frecuencia y la intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos:

Entre las formas en que nos afecta el cambio climático, ésta supone una de las mayores amenazas; por ejemplo, en mi zona (los Monegros oscenses) cada vez son más frecuentes y largos los periodos de sequía, de olas de calor y de “granizadas de alta intensidad”. No es de extrañar, una mayor temperatura supone que hay más energía en juego, y más energía puede hacer “cosas más potentes” en la atmósfera.

El incremento de la temperatura del agua de los océanos conlleva un aumento de la evaporación de la misma y del índice de nubosidad. Como consecuencia directa de este fenómeno, aumenta la frecuencia e intensidad de las tormentas, tornados y huracanes. Tradicionalmente, los huracanes, eran un fenómeno propio del Caribe, pero la “tropicalización” de los mares ha logrado que se extiendan a muchas más zonas del mundo no habituadas a ello.

- Cambios en los ecosistemas:

Podemos apreciar que, poco a poco, las zonas áridas de nuestro país aumentan y se transforman en verdaderos desiertos; es obvia una extensión de la región tropical (desértica) hacia latitudes más altas, o el desplazamiento de las regiones boscosas hacia regiones más boreales. El aumento de la desertificación es evidencia, y consecuencia, del cambio climático. Los ecosistemas costeros son los que más cambios van a experimentar (tengamos en cuenta que los caladeros pesqueros se sitúan en estas zonas), debido a la subida del nivel del mar y el aumento de la temperatura del mismo.

- Peligro de extinción de numerosas especies vegetales y animales:

Ya observamos evidencias como la que afecta a los corales, los cuales están muriendo por la subida de la temperatura, y la acidificación, del mar. No quiero hablar del oso polar, me entristece, pero me “cae muy lejos”. Lo que verdaderamente me preocupa es la salud de los “imprescindibles” polinizadores, como son las abejas. El cambio es rápido y las especies no

tienen tiempo para adaptarse, desapareciendo muchas y resurgiendo otras de “dudosa seguridad”. Estos cambios desastrosos e irreversibles en los ecosistemas comprometen la integridad de numerosas especies vegetales y animales y constituyen una seria amenaza para su conservación. Según los expertos entre un 20 y un 30% de las especies animales y vegetales podrían verse en peligro de **extinción** por un incremento de entre 1,5 y 2,5 °C en la temperatura media global de la tierra.

- Efectos sobre la agricultura y el espacio forestal

El aumento de las temperaturas y la escasez de agua contribuirán a la dificultad de cultivo y reducirán su productividad. La consecuencia directa de este proceso será la escasez de alimentos y el aumento del hambre en el mundo, sobre todo en las zonas más desfavorecidas y pobres. Asimismo, aumentará el número de incendios en zonas forestales, provocando la desaparición de los grandes sumideros de carbono. Este proceso intensificará aún el cambio climático en el planeta por un fenómeno de retroalimentación positiva.

- Impactos sobre la salud humana

Las consecuencias del cambio climático pueden ser muy negativas para la salud de las personas, dependiendo del lugar donde estén y su capacidad de adaptación. Se producirá un incremento del número de personas con malnutrición, así como el número de personas fallecidas directa o indirectamente por fenómenos meteorológicos extremos. Los vectores de enfermedades, como son algunas especies de mosquitos, ven como las condiciones para su proliferación les permite “invadir” zonas que anteriormente tenían vetadas (por ejemplo, ya se observa que hay mosquitos en Huesca capital).

¿CLIMA vs TIEMPO METEOROLÓGICO?

Aclaremos estos dos conceptos que se confunden a menudo. Los dos se refieren a condiciones locales de temperatura y precipitación (los dos índices climáticos más importantes a la hora de definir un tipo de clima), pero la principal diferencia es **la escala temporal**.

El “tiempo” es lo que hace hoy, lo que predice Eva Berlanga (meteoróloga de Aragón TV) en el “parte meteorológico”, el clima es el tiempo meteorológico que se espera que haga en determinada región y en determinada estación meteorológica. Por machacarlo más, el clima es un concepto de largo plazo, y el contexto temporal del tiempo meteorológico es de muy corto plazo.

Esta es una de las justificaciones que tiene el negacionismo para intentar desbancar la idea del **cambio climático**. Cuando hablamos de calentamiento global no nos referimos a la **temperatura** dada en un determinado día, o días (que puede ser muy alta o muy baja), sino a **la tendencia** que llevan las temperaturas medias anuales.

LA PALEOCLIMATOLOGÍA, la ciencia de los climas pasados.

Ya la he citado y puesto en negrita varias veces anteriormente. Hablemos de esta disciplina científica que forma parte de la Climatología. En nuestro contexto de Cambio Climático va a actuar como "Notario" de lo que está ocurriendo.

¿Alguna vez te has preguntado acerca de cómo ha cambiado el clima de la Tierra a lo largo de su historia? Habrás escuchado sobre épocas glaciares en las que nuestro planeta era prácticamente una bola de hielo, así como entre ellas ha habido periodos más cálidos, como la que acogió a los dinosaurios. ¿Cómo sabemos todo esto? La respuesta reside en la Paleoclimatología. Esta ciencia nos ha desvelado los climas que han acontecido desde hace 500 millones de años hasta la actualidad.

¿Qué es y qué estudia la Paleoclimatología?

La **paleoclimatología** es la ciencia que se encarga de la reconstrucción y estudio de los climas del pasado a lo largo de toda la historia de la Tierra, intentando **determinar cuáles son las causas naturales de los distintos cambios climáticos acontecidos** con anterioridad.

La paleoclimatología se basa en el análisis de índices naturales, denominados **Registros Paleoclimáticos**. Los registros paleoclimáticos se pueden obtener, por ejemplo, del estudio de los anillos del tronco de los árboles, del estudio de los fósiles de animales y plantas, del análisis de los sedimentos oceánicos, de las extracciones de hielo glaciario, entre otros. Veamos alguno de estos registros con más detalle:

- Los Anillos de los árboles:

La disciplina que estudia los anillos o bandas de los árboles se conoce como la **dendrocronología**. Estos anillos se pueden observar al cortar transversalmente el tronco de un árbol, y su tamaño y densidad dependen de las condiciones climáticas acontecidas durante la vida del vegetal: Temperatura, precipitación, etc. Así, anillos delgados delatan años de sequía. Asimismo, podrían quedar registrados en los anillos algunos eventos como incendios, plagas o avalanchas de lodo o nieve.

- Los Fósiles:

Sabemos que algunos fósiles de animales son típicos de climas fríos, por ejemplo, el Mamut. Otros fósiles de animales son característicos de climas cálidos, sobre todo aquellos de gran tamaño, como los dinosaurios. En cuanto a los fósiles de plantas, el tamaño y forma de sus hojas nos dan pistas de a qué clima pertenecieron. De esta forma, las hojas grandes provienen de ambientes de alta humedad (flora tropical), mientras que las hojas más pequeñas (como las de las coníferas) proceden de lugares con menos precipitación y con temperaturas frías. También los científicos estudian el polen fosilizado, para averiguar de qué planta provienen y así poder deducir cómo era el entorno en el cual se desarrollaron.

El caso de los Corales Fósiles y sus anillos: El coral crece en mares con temperaturas superiores a los 22 °C y aguas muy iluminadas, transparentes y limpias. Son indicativos, por tanto, de estas condiciones. Además, también tienen "anillos" (formados por las diferentes deposiciones de

carbonato calcio) similares a los de los árboles que nos pueden informar de la salinidad, temperatura y composición del agua superficial del mar.

- Rocas, depósitos y sedimentos:

Las **Morrenas** o depósitos glaciares, manifiestan la existencia de estos ríos de hielo en lugares donde ahora ya no existen. Las **Evaporitas**, una clase especial de rocas sedimentarias cuyo origen está en la deposición de sustancias disueltas en agua debido a la evaporación por altas temperaturas, verifican la existencia de climas secos y cálidos. Los **Sedimentos Oceánicos Lacustres** (grandes depósitos salinos) preservan compuestos químicos y fósiles con los que podemos reconstruir climas. Las **Rocas de Color Rojizo**, a causa de la oxidación del hierro, nos desvelan que se formaron en climas cálidos donde se alternaban estaciones lluviosas y secas. Los **Yacimientos de Carbón** nos hablan de una vegetación originada en climas cálidos, o templados, con una estación muy lluviosa. Descubrir **Dunas Fosilizadas** nos indica la existencia de zonas desérticas y una dirección de viento predominante.

- Los registros en el Hielo Antiguo

Los núcleos de hielo, o **Testigos de Hielo**, son muestras de hielo profundo localizado en las regiones polares y también en alta montaña. Ese hielo se ha ido acumulando durante siglos y siglos, capa a capa, atrapando también **burbujas de aire** de la atmósfera de climas anteriores y **polen**, con lo que podemos determinar la composición de la atmósfera, así como la precipitación anual y media por cada estación. El hielo está formado por agua, y ésta a su vez la compone átomos de Oxígeno e Hidrógeno. Estudiando el porcentaje de isótopos en el Oxígeno (cada isótopo de un elemento se caracteriza por poseer, en su núcleo, diferente nº de neutrones), se puede determinar la temperatura media del planeta cuando esta agua se precipitó en forma de nieve. Existen isótopos pesados y ligeros del oxígeno en las diferentes moléculas de agua, un porcentaje mayor del primero nos informa de una temperatura elevada; la cual facilitó que estos átomos se evaporasen más fácilmente.

¿QUÉ FACTORES NATURALES INTERVIENEN EN EL CAMBIO DEL CLIMA?

Como he citado en las primeras líneas de este capítulo, las causas naturales no son suficientes para explicar la celeridad con la cual está cambiando el clima en la actualidad. Para descubrir que factor falta para explicar lo que observamos, primero es necesario saber cuáles son **las causas naturales** que hacen que el clima cambie, y el peso que tienen en el actual contexto de cambio.

Las causas naturales que promueven un cambio climático son todas aquellas que no tienen origen en la actividad humana. Estas causas naturales pueden pertenecer al propio Sistema Tierra, es decir tienen carácter intraplanetario, y otra tienen carácter externo o extraplanetario. Desgranemos cada una de ellas:

Causas naturales extraplanetarias que provocan cambios en el clima:

O mejor dicho, veamos las **causas astronómicas** que hacen variar al clima. Las principales tienen que ver con la cantidad de **energía** que nos llega del **Sol**, y por tanto dependen de la actividad de este astro, y de la **distancia** a la que se coloque la Tierra de él:

- Las Variaciones en la Órbita de la Tierra:

Los movimientos de rotación y de traslación de la Tierra no son constantes, sino que cambian en períodos largos de tiempo. Esto produce cambios en el clima por variaciones en el flujo y distribución de la radiación solar entrante que llega a nuestro planeta. Tres factores orbitales terrestres producen esas afecciones: La **excentricidad de la órbita**, la **oblicuidad del eje** de rotación y la **precesión**. El astrónomo yugoslavo Milutin Milankovitch (1879-1954) formuló un modelo matemático que considera estas variaciones en la órbita terrestre, llamados **ciclos de Milankovitch**:

- Variaciones en la excentricidad de la órbita de la Tierra alrededor del Sol:

Johannes Kepler (1571 - 1630), astrónomo alemán, descubrió que la Tierra se mueve en una órbita elíptica alrededor del Sol, lo que hace que se encuentre ligeramente más cerca del sol en algún momento del año, y un poco más lejos en otro momento. Ya que **la cantidad de radiación solar** que llega a la Tierra **varia con la distancia al Sol** (ley del cuadrado de las distancias), la superficie terrestre recibe más radiación solar en el Perihelio (el punto más cercano al Sol) y menos radiación en el Afelio (el punto más alejado). Casi 200 años después de Kepler, el astrónomo francés Urbain Leverrier (1811 - 1877) descubrió que elipse orbital cambia gradualmente de más elíptica a más circular y viceversa. Posteriormente, el astrónomo yugoslavo calculó que ese **periodo es de entre 100 mil a 400 mil años**; así mismo descubrió que su causa es debida a la atracción gravitacional que ejercen los demás planetas sobre la Tierra.

- Variaciones en la oblicuidad de la órbita de la Tierra alrededor del Sol:

Nos referimos al cambio en el **ángulo de inclinación del eje de rotación** de nuestro planeta. El eje de rotación terrestre no forma un ángulo recto con el plano de la eclíptica (plano orbital del Sol), sino que tiene una inclinación de 23.5°, inclinación que se llama **oblicuidad**. La oblicuidad de la Tierra varía de 22.5° a 24.5° con una periodicidad de aproximadamente **40 mil años**. Esto produce grandes **cambios en las estaciones**; un eje muy inclinado supone una mayor diferenciación estacional. En la actualidad la inclinación del eje es 23.5° y está disminuyendo a razón de 48" de arco cada siglo.

- El movimiento de Precesión terrestre:

El comportamiento de la Tierra en el espacio se asemeja a la forma de rotar de la **peonza**, cuyo eje de giro no se queda en vertical, sino que se mueve formando un cono.

Alrededor de 125 AC, el astrónomo griego Hipparcos de Rodas (190AC-120AC) descubrió que el polo norte de la Tierra no apunta siempre en la misma dirección entre las estrellas. La orientación del polo norte en el espacio cambia muy lentamente. Este movimiento, llamado precesión, lo podríamos imaginar como si **el eje de la tierra formara un cono en el espacio**, barriendo un cono completo cada **26 mil años**. En la actualidad el eje de la Tierra apunta hacia la estrella Polar, pero en 13000 años en el futuro apuntará hacia la estrella Vega. La causa de la precesión es la atracción del Sol y de la Luna sobre el ecuador “gordito” de nuestro planeta. Este fenómeno provoca que las estaciones del año vayan desplazándose poco a poco, respecto del año.

- La variación en la actividad solar:

El Sol es una estrella viva y que evoluciona; la energía por él producida varía con el tiempo. Su efecto es claro: Un aumento (disminución) de la actividad solar supone una mayor (menor) cantidad de energía recibida por la Tierra; y así mismo, podemos deducir que se producirá un mayor calentamiento o enfriamiento de la atmósfera.

La actividad solar está relacionada con la cantidad de “manchas solares”, un mayor número supone una mayor actividad. El comportamiento de las máculas solares tiene carácter cíclico con un periodo de **11 años**, y otro, respecto a mínimos de **100 años** (mínimo de Maunder o la Pequeña Edad de Hielo, donde se tuvo un Sol sin manchas). Un Sol tranquilo significa una Tierra fría.

Todas las anteriores causas son cíclicas y, por ello, se puede predecir la evolución global del clima hacia el futuro referido a ellas. Por estos motivos, nuestra Tierra se tendría que dirigir hacia **una nueva era glaciár**. Y no es así como podemos observar. Algo se nos escapa, sigamos investigando. Otras causas, naturales, que producen cambios en el clima pero que no tienen carácter cíclico, son impredecibles:

- El impacto de un cuerpo extraterrestre:

Es otra causa natural, de origen astronómico, que puede hacer cambiar al clima global. Imaginemos que pasó hace 65 millones de años en la Península del Yucatán y las consecuencias para los dinosaurios. El **impacto** de un **gran meteorito** produjo lo que se llama **“un invierno nuclear”**. Este impacto provocó tal emisión de polvo a la atmósfera que la luz solar que llegaba a la superficie era muy escasa. Consecuencia de ello fue que los vegetales se desarrollaron poco, los grandes herbívoros morían, y después sus depredadores. Gracias a esta extinción un pequeño antecesor nuestro (un mamífero) encontró las condiciones para evolucionar. Esta causa extraterrestre no es cíclica, por lo tanto, la debemos obviar para nuestro propósito.

Causas naturales de índole interno a nuestro planeta que producen cambios en el clima:

No sólo dependemos del contexto cósmico, también hay causas de cambio si miramos a nuestro planeta:

- La Tectónica de placas:

Los continentes están continuamente reubicándose, se mueven. Estos movimientos son muy lentos (Unos pocos centímetros por año) y producen un acercamiento o alejamiento de las masas de tierra emergida; es lo que denominamos como **Deriva Continental**. Este continuo cambio de posición de los continentes afecta al **mecanismo termo-regulador de las corrientes marinas**. Así mismo, la deriva continental produce un **cambio en el "Albedo"** (índice de reflexividad de la superficie terrestre). Unos continentes unidos suponen que la cantidad de luz reflejada por el planeta sea mayor, y la posibilidad de la emergencia de grandes cadenas montañosas con sus glaciares; por tanto, una bajada de temperaturas. La reunificación de los continentes en una sola masa continental tiene carácter cíclico cuyo valor es de unos 240 millones de años.

- La actividad volcánica:

Como hemos descrito en el impacto de un meteorito, **los gases y cenizas** expulsados por los volcanes hace cambiar la reflexividad de la atmósfera, y **reduce la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra**. Si la actividad volcánica es suficientemente intensa, se puede acumular gran cantidad de cenizas y gases en la atmósfera, que pueden permanecer en suspensión por largos periodos de tiempo, atenuando la radiación solar que llega a la superficie y, produciendo las correspondientes alteraciones en el comportamiento del clima.

- Los Gases de Efecto Invernadero o GEIs:

La composición, la proporción y la concentración de los gases que hay en la atmósfera no ha sido siempre constante. Esta variación afecta al **Efecto Invernadero** de la atmósfera y, por tanto, al clima. El efecto invernadero está relacionado con unos gases "especiales" que denominamos GEIs o Gases de Efecto Invernadero. Un incremento de este tipo de gases es uno de los factores que pueden producir un **Calentamiento Global**.

La proporción y la concentración de este tipo de gases ha cambiado durante la historia de la Tierra, encontramos estas evidencias en las burbujas de aire "guardadas" en los gruesos depósitos de hielo. Estas "burbujas fósiles" nos han informado, por ejemplo, que la proporción de CO₂ en el "Carbonífero" era mucho mayor que la actual y, por consiguiente, se disfrutaba de una mayor temperatura y de unos árboles gigantescos (origen del carbón). También se ha detectado que las variaciones de los GEIs, en el pasado, se han producido de forma lenta a escala temporal.

Añadiendo este factor natural más a todos los que hemos tratado con anterioridad, descubrimos que SE NOS SIGUE ESCAPANDO ALGO PARA EXPLICAR LA CELERIDAD DE EL ACTUAL CAMBIO CLIMÁTICO.

LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA ACTIVIDAD HUMANA

Conozcamos en mayor detalle a los GEIs:

¿Qué es el Efecto Invernadero?

El efecto invernadero es un fenómeno natural, propio de los planetas que tienen atmósfera, que ayuda a mantener una temperatura media en la superficie del planeta. Eso es esencial para la vida en la Tierra porque, en ausencia de este fenómeno, la temperatura media sería de 18°C bajo cero en lugar de la media actual de 15°C. **Nuestro planeta tiene un Efecto Invernadero que permite la existencia de vida en él.**

De la luz solar (radiación solar) que llega a la Tierra, sólo el 50% llega a la superficie de la Tierra; el otro 50% de esta luz es reflejada (un 30% por el albedo terrestre) o absorbida por la atmósfera (los peligrosos rayos ultravioleta-C en la capa de ozono). La cantidad de energía que llega al suelo hace que este se caliente durante las horas de luz, pero por la noche la superficie de la Tierra se enfría y emite una luz especial, **la infrarroja** (no la podemos ver, pero la sentimos como el calor que sale de una estufa).

La composición química (gases) de la atmósfera hace que sea tremendamente transparente a la luz visible (compuesta por los siete colores del arco iris), pero no a la luz infrarroja que emite el suelo, el cual queda más o menos atrapado en ella según la concentración de GEIs; el resto del calor no atrapado sale al espacio. Por ello, una determinada composición de GEIs determina una mayor temperatura en la atmósfera y, por tanto, un clima diferente.

Los planetas y satélites con atmósfera pueden “sufrir o beneficiarse” del efecto invernadero. Un ejemplo de la segunda situación es el nuestro, pero del primero os citaré el caso de Venus. Nunca un planeta tuvo un nombre tan equivocado; el de la diosa de la belleza puesto a un verdadero infierno. En la composición de los gases atmosféricos venusianos, el CO₂ es el rey indiscutible (97%); tanto es así que la temperatura del planeta es la suficiente como para que el plomo esté en estado líquido. Este gas desata un Efecto Invernadero colosal, siendo ejemplo de hasta dónde puede llegar el fenómeno que tenemos entre las manos.

¿Qué son los gases de efecto invernadero? Origen y consecuencias:

Como su nombre lo indica, estos gases son la principal causa del efecto invernadero. Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son gases presentes de forma natural en la atmósfera. Se ha detectado que nuestra atmósfera tiene cada vez una concentración más alta de gases de efecto invernadero debido a las actividades humanas, como la cría de ganado (que emite metano) o a los usos de vehículos y centrales de producción eléctrica que consumen combustibles fósiles. Esta emisión adicional, “sobrenatural” o antropogénica de GEIs hace que la temperatura media del planeta suba y se produzca lo que denominamos Un Calentamiento Global y un Cambio en

el Clima. Esta es la causa que nos faltaba, y hace cuadrar, la evolución observada en el comportamiento de las temperaturas medias. Por tanto, **LA ACCIÓN HUMANA supone la CAUSA NO NATURAL POR EXCELENCIA en este Acelerado Cambio Climático.**

Principales gases de efecto invernadero y sus fuentes:

Veamos los principales gases de efecto invernadero, su origen, características, concentración actual, y posible evolución, e importancia relativa en el fenómeno del Calentamiento Global:

- Dióxido de carbono (CO₂):

El dióxido de carbono **es el principal gas de efecto invernadero**, por cantidad y lenta degradación. Representa las tres cuartas partes de las emisiones antropogénicas a la atmósfera. Puede permanecer en la atmósfera durante miles de años. En enero de 2023, los niveles de dióxido de carbono alcanzaron las 419 partes por millón de media mensual, la cuarta lectura más alta desde 1958 (entre abril y junio de 2022 se superaron las 420 ppm) según los datos ofrecidos por la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA) del Departamento de Comercio de los Estados Unidos.

Las emisiones de dióxido de carbono proceden principalmente de la quema de materiales orgánicos: carbón, petróleo, gas, madera y residuos sólidos.

Un estudio publicado en la revista Nature el 21 de febrero de 2023 afirmaba que "muchos países, especialmente en Europa, han llegado a su pico de emisiones de CO₂ y han comenzado a reducirlas". Según este estudio el máximo e inicio de reducción de emisiones de dióxido de carbono es una consecuencia directa de las sucesivas crisis acontecidas entre 2019 y 2023, sobre todo la pandemia de la COVID-19, la crisis económica y la Guerra de Ucrania.

- Metano (CH₄):

Principal componente del gas natural, el metano se libera en los vertederos, las industrias relacionadas con los combustibles fósiles y la agricultura (sobre todo a partir de los sistemas digestivos de los rumiantes). Una molécula de metano no permanece en la atmósfera tanto tiempo como una molécula de dióxido de carbono (unos 12 años), pero es al menos **84 veces más potente**. Representa alrededor del 16% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero.

- El Óxido nitroso (N₂O):

El óxido nitroso ocupa una parte relativamente pequeña de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (alrededor del 6%), pero es **264 veces más potente** que el dióxido de carbono a lo largo de 20 años, y su vida útil en la atmósfera supera el siglo, según el IPCC. La agricultura y la ganadería, incluidos los fertilizantes, el estiércol y la quema de residuos agrícolas, junto con la quema de combustibles, son las mayores fuentes de emisiones de óxido nitroso.

- Otros gases de origen natural:

Otros gases de efecto invernadero son **el vapor de agua y el ozono (O3)**. El vapor de agua es en realidad el gas de efecto invernadero más abundante del mundo, pero no se le hace el mismo seguimiento que a otros gases de efecto invernadero porque no es emitido directamente por la actividad humana y no se conocen bien sus efectos. Del mismo modo, el ozono troposférico (que no debe confundirse con la capa de ozono estratosférico) no se emite directamente, sino que es el resultado de complejas reacciones entre otros contaminantes antropogénicos del aire, muchos de ellos relacionados con la quema de combustibles fósiles.

- Otros gases de origen industrial:

Los gases **fluorados**, como los “famosos” los clorofluorocarbonos (CFCs), tienen un potencial de captura de calor miles de veces mayor que el CO₂ y permanecen en la atmósfera hasta miles de años. Representan aproximadamente el 2% de todas las emisiones y se utilizan como refrigerantes y disolventes.

UNA SOMBRÍA INCERTIDUMBRE

Parece que ya hemos descubierto la causa principal de este cambio climático; con lo cual ya podemos comenzar a tomar acuerdos y medidas, pero aún hay una “sombra incertidumbre” con consecuencias desconocidas.

Los Efectos de Retroalimentación:

Hemos emitido a la atmósfera ingentes cantidades de gases de efecto invernadero, los cuales han causado que la Tierra se caliente, y como consecuencia de este calentamiento, entre otras consecuencias como hemos visto, se produce un proceso de derretimiento de las placas de hielo, particularmente en el Ártico. A medida que la Tierra se calienta, el hielo se derrite; a medida que el hielo se derrite hay menos cubierta reflectante blanca en la superficie de la Tierra, y por tanto, mayor posibilidad que las temperaturas suban.

Este ejemplo es un claro exponente de lo que ocurre cuando un cuerpo o sistema detecta un cambio, y este cambio activa mecanismos que aceleran ese cambio. Es lo que denominamos **Retroalimentación**.

En nuestro caso particular de Calentamiento Global y Cambio Climático, los fenómenos de retroalimentación intentan predecir como las actividades humanas producen cambios en el clima, y estos a su vez puede causar otro cambio, y así sucesivamente; potenciando la creación de una reacción en cadena, que a fin de cuentas **supone una incertidumbre** de consecuencias no positivas.

Otros fenómenos de retroalimentación climática:

- El CO₂ disuelto en los océanos:

El mayor sumidero de CO₂ son nuestros océanos y mares. Pero todo líquido retiene menos gas cuanto más caliente está. Como las temperaturas están subiendo habrá un momento en los que el agua del mar ya no absorberá más anhídrido carbónico, sino que comenzará a expulsarlo a la atmósfera, aumentando su concentración y, por ende, la temperatura.

- El CO₂ capturado por los organismos oceánicos:

Muchos animales que viven en el mar, principalmente microscópicos como el plancton, tienen estructuras calcáreas provenientes de la asimilación del CO₂. Pero con una temperatura mayor de las aguas, muchas de estas especies mueren dejando de realizar esa "fructífera" actividad. Por lo tanto, a mayor temperatura menor captura de CO₂ atmosférico.

- Desaparición de la banquisa ártica:

Esta estructura está formada por ingentes cantidades de hielo (sólo el agua dulce está presente en el hielo) diseminado por una gran superficie, como es el Ártico. Su derretimiento debido a la subida de la temperatura del mar, hace que además de reducir la reflexión de la energía solar incidente (o albedo) como hemos visto, se incorpore al océano importantes volúmenes de agua dulce que van a cambiar la densidad de las aguas, lo cual afectará a las corrientes marinas reguladoras de la temperatura con consecuencias imprevisibles. El derretimiento de los glaciares continentales causa este mismo fenómeno de retroalimentación, además de la subida del nivel del mar.

- El permafrost:

El permafrost es la capa de suelo bajo la superficie de la Tierra que ha permanecido congelada ininterrumpidamente durante al menos dos años consecutivos y, en la mayoría de los casos, durante cientos o miles de años. Se extiende por una cuarta parte del hemisferio norte, incluyendo muchas regiones que no están cubiertas de nieve.

En esta capa permanecen almacenadas grandes cantidades de materia orgánica que no se ha descompuesto por su contexto gélido. Con la subida de las temperaturas el contexto cambia, y comienza a producirse "la putrefacción" de lo ahí almacenado, produciéndose la liberación de Metano (CH₄, otro poderoso GEI) a la atmósfera, el cual contribuirá a la subida de la temperatura global y al deshielo de más permafrost; así mismo se pueden liberar virus y bacterias que permanecían inactivas.

- Los grandes incendios forestales y la deforestación intencionada:

Otra de las estructuras vivas que retiene CO₂ son las plantas. Los bosques son grandes reservorios de este gas atrapado por los árboles. Cuanto más suben las temperaturas y más CO₂

hay, y si las lluvias acompañan, se produce una ingente cantidad de materia seca de origen vegetal. Esta materia seca, la maleza, es un potentísimo combustible que alimenta a los grandes incendios forestales, los cuales además de devolver el CO₂ a la atmósfera, produce la muerte de los vegetales perennes que son los que debían retirar ese “maldito” gas del aire.

¿CÓMO PODEMOS SOBREVIVIR A LA CRISIS CLIMÁTICA?

Hay dos vías de actuación frente al cambio climático: **La mitigación y la adaptación**. Estos dos conceptos, muy relacionados entre sí, encierran protocolos diferentes.

Para **mitigar el cambio climático**, es necesario **reducir** las emisiones de gases de efecto invernadero, la causa principal del aumento de temperatura del planeta tierra. Para ello, la mejor medida es romper drásticamente con la quema de **combustibles fósiles** y dar paso a otro tipo de energías limpias y/o renovables. Así mismo, aplicar métodos que retiren CO₂ de la atmósfera, el más natural, simple y efectivo es “**plantar árboles**”, subyace aquí, la medida de no deforestar. Además, tenemos que tener muy en cuenta nuestra alimentación y el consumo de carnes. Hay muchas otras formas de “retirar” con fundamentos técnicos interesantes.

Todas estas medidas no se pueden aplicar “de golpe”, como pulsar un interruptor de la luz. Ya vimos anteriormente, que electrificar todo “el parque móvil” (particular, de transporte) es posible, sólo, con una transición paulatina. Pero como consumidores informados podemos optar por soluciones sostenibles y de mayor eficiencia (energética y de menor impacto ambiental).

De esta forma, subyace un tiempo de adaptación. Por ese motivo, la otra opción es **adaptarnos** a los cambios que experimentará nuestro planeta si queremos sobrevivir. Por ejemplo, algunos cultivos, y sistemas de producción, deberán **trasladarse a otras zonas**, porque el aumento de la temperatura global impide que crezcan en donde lo habían hecho siempre, así como encontrar otras variedades que sean compatibles con el nuevo contexto climático.

El nivel del mar también subirá, y las poblaciones costeras deberán buscar soluciones para evitar inundaciones, como son la construcción de **defensas costeras**. Así mismo, aconsejo no adquirir una propiedad en primera línea de playa, y buscar quien la asegure si ya la poseemos.

Cuánto más se mitiguen las consecuencias del cambio climático, más fácil será el proceso de adaptación.

Tanto para mitigar como para la adaptación, los que estamos más preparados (como somos los países más desarrollados) debemos ayudar a los que no tienen tanta suerte, admitiendo que son los menos culpa tienen; es decir las **transiciones han de ser lo más JUSTAS** posibles, tanto social como económicamente.

¿QUÉ ES EL IPCC y cuál es su FUNCIÓN?

IPCC o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) es el principal órgano internacional encargado de evaluar el conocimiento sobre el cambio climático. Se creó en 1988 a iniciativa del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), para ofrecer al mundo una visión científica clara del estado actual de los conocimientos sobre el cambio climático y sus posibles repercusiones

medioambientales y socioeconómicas. En el mismo año, la Asamblea General de las Naciones Unidas hizo suya la decisión de la OMM y del PNUMA de crear conjuntamente el IPCC.

El IPCC es un órgano científico, pero no lleva a cabo investigaciones propias ni supervisa los datos o parámetros relativos al clima. Examina y evalúa la bibliografía científica, técnica y socioeconómica más reciente que se produce en el mundo, pertinente para la comprensión del cambio climático.

El IPCC es un órgano intergubernamental. Pueden formar parte de él todos los países miembros de las Naciones Unidas y de la OMM. Actualmente, el IPCC está compuesto por 195 países. El Grupo de Expertos se reúne por lo menos una vez al año en sesión plenaria a nivel de representantes de los gobiernos para adoptar las principales decisiones sobre el programa de trabajo del IPCC y para elegir a los miembros de la Mesa o Bureau, entre ellos, el Presidente. Los gobiernos participan también en la exploración del alcance de los informes, la designación de los autores, el proceso de revisión, y aceptan, adoptan y aprueban los informes en las sesiones plenarias.

Por su carácter científico e intergubernamental, el IPCC ofrece una oportunidad excepcional para proporcionar información científica rigurosa y equilibrada a las instancias decisorias. Al hacer suyos los informes del IPCC, los gobiernos reconocen la autoridad de su contenido científico. Así pues, la labor de la organización es pertinente para la adopción de políticas y, sin embargo, neutral, nunca prescriptiva.

El trabajo esencial del IPCC es la elaboración de informes sobre cambio climático, un trabajo que se desarrolla de una forma objetiva, transparente, inclusiva y coordinada. Los informes del IPCC representan un equilibrio de los puntos de vista científicos y, si bien son políticamente relevantes, no son políticamente prescriptivos.

Desde su creación, el IPCC ha elaborado una serie de Informes de Evaluación sobre el estado del conocimiento acerca de las causas del cambio climático, sus efectos potenciales, y las opciones en cuanto a estrategias de respuesta, así como informes especiales, documentos técnicos, metodologías y directrices. Las publicaciones del IPCC se han convertido en obras de referencia, ampliamente utilizadas por los responsables de políticas, la comunidad científica y otros expertos.

El proceso de elaboración de un informe del IPCC tarda varios años (el último ciclo ha sido de 5-6 años) y requiere completar una serie de etapas que garantizan la integridad científica del informe. El ciclo comienza con la aprobación del esquema de contenidos del Informe de Evaluación. Posteriormente se abre el periodo de nominaciones de los expertos que van a ser autores de los Informes, cuya selección sigue criterios de excelencia científica y técnica, junto con consideraciones de equilibrio geográfico y otros factores. Los científicos que son nominados, pero no seleccionados como autores, están invitados a registrarse como revisores expertos para el informe.

A partir del momento de la selección de los autores, comienza un proceso interactivo de elaboración de sucesivos borradores que son sometidos a rigurosas revisiones por parte de expertos y cuyos comentarios (que llegan a sumar varias decenas de miles) son considerados uno a uno para elaborar los siguientes borradores. Los gobiernos también participan en el proceso de revisión para, finalmente, llegar a la adopción y aprobación formal de los informes.

¿QUÉ ES LA CONFERENCIA DE LAS PARTES o COP?

La Conferencia de las Partes (COP) es el órgano político supremo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Cuenta con 197 Estados (o Partes) involucrados en buscar un acuerdo ante las consecuencias del Cambio Climático.

Su reunión cumbre se realiza una vez al año, y se llevan a cabo conferencias mundiales en las que participan expertos técnicos, ministros, jefes de Estado y representantes de organizaciones no gubernamentales. Allí se adoptan decisiones para alcanzar los objetivos de lucha contra el cambio climático, que solo se pueden tomar por unanimidad de las Partes.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) es un tratado internacional que da un marco general para que los países puedan hacer frente a los desafíos provocados por el cambio climático.

La condición para ser miembro es casi universal. Los 197 países que han ratificado la Convención se denominan Partes dentro de ésta.

Entró en vigor en marzo de 1994 y tiene como objetivo estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero a un nivel que impida interferencias antropogénicas (inducidas por el hombre) peligrosas en el sistema climático.

Establece que “ese nivel debería alcanzarse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”.

La primera reunión de la COP se celebró en Berlín, Alemania, en marzo de 1995. El **Acuerdo de París, adoptado en la COP21 de 2015, es el principal tratado en el marco de la CMNUCC**, y establece la meta de que todos los países deben evitar que el incremento de la temperatura promedio global del planeta supere los 2°C respecto a los niveles preindustriales y busca, además, promover esfuerzos adicionales que hagan posible que el aumento de la temperatura global no supere los 1,5°C. La última ha sido la COP28.

La COP28 que se ha celebrado en Dubái estaba llamada a ser una cumbre climática histórica y se ha quedado en una COP de transición. Tras la evaluación del Acuerdo de París, que dejaba claro que los Estados no van por el camino adecuado para limitar el calentamiento global en los 1,5 °C, en esta nueva cita las Partes debían acordar el primer Balance Global, es decir, las medidas que deben guiar a los países para reducir las emisiones derivadas de la quema de combustibles fósiles.

Tras una intensa noche de negociaciones, los casi 200 países participantes en la COP28 llegaban a un acuerdo que mencionaba por primera vez la necesidad de «**transitar para dejar atrás los combustibles fósiles**» en el documento del Balance Global. Sultan Al Jaber, el presidente, ha destacado que se trata de un «acuerdo histórico» y ha subrayado la dificultad de que todas las Partes firmen un texto final. Aunque, como él mismo ha señalado, los acuerdos son buenos en la medida en que sean aplicados.

Para muchos países, especialistas científicos, organizaciones internacionales y activistas climáticos, el texto final es poco ambicioso, ya que **no marca una fecha límite para el petróleo**,

el gas y el carbón. Han sido especialmente críticos los delegados de algunas islas del Pacífico, que ven peligrar su supervivencia con cada décima que aumenta el calentamiento global.

Además de esta “tímida intención”, esta cumbre también ha fijado un compromiso de triplicar la capacidad instalada de energías renovables en siete años y se ha conseguido aprobar un fondo de pérdidas y daños, cuya aportación es voluntaria, para los países que sufren en mayor medida los estragos del cambio climático gestionado por el Banco Mundial. Se ha elevado «la adaptación al nivel de la mitigación, a la vez que reconoce el déficit de financiación de la adaptación y avanza en el fondo y los acuerdos de financiación para pérdidas y daños, una cuestión crítica para los más vulnerables».

La posición de la **Unión Europea** en esta cumbre climática ha sido de apoyo al bloque de países que demandaban **el cese de los fósiles**. “El mundo necesita abandonar los combustibles fósiles y proporcionar seguridad energética a todos con otros medios” ha sido la proclama europea.

“Calificar esta COP de fracaso sugiere que existe una vía alternativa para un plan global que aborde el cambio climático”, pero no hay otro formato en el marco de las Naciones Unidas que sienta en una misma mesa a los países del mundo.

“Somos lo que hacemos, no lo que decimos. Somos catedráticos en hipocresía. Debemos acabar con ese pecado capital”

.

X Ángel Biarge Bitria *Graduado en Ciencias Ambientales, Monitor y Gestor medioambiental*