

Jornada 7:

LAS TEMPERATURAS SUBEN, EL CLIMA 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 cobijó a los dinosaurios). De hecho, **la Paleoclimatología**, la ciencia que es capaz de reproducir los contextos climáticos de antaño, 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 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 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, 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 devenir del presente cambio climático. En el también veremos cómo es importante el papel, crucial, que tiene que jugar la sociedad en 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:

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

- Primero hablaremos de la **inequidad del Cambio Climático**, tanto por su origen como en la búsqueda de soluciones.

Unos hemos contribuido más al problema que otros: La atmósfera toma nuestras emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente de la quema de combustibles fósiles, y las mezcla por todo el hemisferio en que se emitieron en unas semanas, y en los dos hemisferios en unos pocos años. Cualquier emisión de CO₂, por ejemplo, producida en cualquier punto del planeta afecta de forma global, incluidas todas las personas, animales y plantas. La población de los países del primer mundo supone menos del 20% mundial, nuestras emisiones contaminantes a la atmósfera el 80%. ¿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 demasiado buenos a la hora de resolver problemas que exigen acción colectiva. Somos más bien tribales y tendemos a actuar para apoyar a nuestros amigos y en contra de nuestros enemigos, sobre todo cuando “se tocan” los intereses particulares.
- **La dificultad temporal del Cambio Climático:** 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, es decir, **la escala temporal del problema**. Muchos de los componentes del sistema climático actúan en escalas de tiempo muy largas, desde varias décadas hasta decenas de miles de años.

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.

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.

“Hemos visto al enemigo que provoca el cambio climático, y somos nosotros mismos”.

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

La **paleoclimatología** nos desvela que la temperatura en el intervalo de hace 12-10000 años atrás hasta la era preindustrial ha sido constante, más-menos dos grados Centígrados. Es curioso que el mayor desarrollo de nuestra especie se haya producido también en ese periodo de tiempo. Por esta razón los científicos del IPCC, de la ONU, “luchan” para que hagamos algo y no superemos en más de dos grados esa “fructífera” temperatura; valores por encima ponen en riesgo a nuestra especie, y a muchas más.

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:

- 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%) y he tenido que limitar cosechas por falta de agua (hasta un 50%). Las consecuencias en la agricultura son más palpables en aquellas zonas más pobres y desfavorecidas.

- Aumento del nivel del mar:

El incremento de la temperatura global terrestre provocará la fusión del hielo glaciar, lo que genera el aumento en la cantidad de agua en mares y océanos. Ya 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. Uno de los primeros ejemplos de las consecuencias podría producirse en el mar Caribe. Allí se prevé que el nivel del mar aumente unos 40 cm antes del año 2060. Este fenómeno provoca que el agua salada del mar invada las aguas subterráneas utilizadas para el abastecimiento, lo que afecta a la calidad y al acceso, del agua potable. También se puede poner como ejemplo, la dificultad de asegurar según que propiedades que se encuentran cerca del litoral.

- 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 y fenómenos como son las “granizadas de alta intensidad”. No es de extrañar, una mayor temperatura significa que hay más energía en juego, y más energía puede hacer “cosas más potentes”.

El incremento de temperatura del agua de los océanos conlleva un aumento de la evaporación del agua y del índice de nubosidad. Como consecuencia directa de este fenómeno, aumenta la frecuencia e intensidad de las tormentas, tornados y huracanes. Tradicionalmente era 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.

Posiblemente 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.

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.

- 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 en el “parte meteorológico”, el clima es el tiempo meteorológico que se espera que haga en determinada región y en determinada estación meteorológica.

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.

Por machacarlo más, el clima es un concepto de largo plazo, y el contexto temporal del tiempo meteorológico es de muy corto plazo.

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. ¿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 glaciar, 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: temperatura, precipitación, etc. Así, anillos delgados delatan años de sequía. Asimismo, podrían quedar registrados en los anillos algunos eventos como incendios, plagas o avalanchas.

- 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. Así, 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, incluso hasta el punto de sustituir las hojas por espinas (los cactus).

También se estudia el polen fosilizado para poder saber de qué planta provienen los diferentes granos de polen y así poder deducir cómo era el entorno en el cual se desarrollaron.

El caso de los Corales, fósiles y 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 glaciares en el momento en que se formaron. Las Evaporitas, una clase especial de rocas sedimentarias, que verifican la existencia de climas secos y cálidos. Los Sedimentos oceánicos y lacustres 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 que alternan estaciones lluviosas y secas. Los yacimientos de carbones 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, compuesta por átomos de Oxígeno e Hidrógeno. Estudiando el porcentaje de isótopos en el Oxígeno, se puede determinar la temperatura media del planeta cuando esta agua se precipitó en forma de nieve. Existen isótopos pesados y ligeros del oxígeno, un porcentaje mayor de lo normal, en las moléculas de agua, del primero nos informa de una temperatura elevada; la cual facilita que estos átomos se evaporen 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. Por tanto, 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; y con ello descubrir cual o cuales variables faltan para encajar el actual cambio climático.

Se consideran causas naturales que promueven un cambio climático, aquellas que no son producidas por la actividad humana, unas son de carácter extraplanetario y otras de “factura” intraplanetaria, interna a nuestro planeta:

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. Hay alguna más:

- Las variaciones de 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 la distribución de la radiación solar entrante que llega a nuestro planeta.

Tres factores que afectan a la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Estos factores influyen en la cantidad de radiación solar que incide sobre la superficie terrestre (variable por latitud). La primera es la excentricidad de la órbita, la segunda es la oblicuidad del eje de rotación y la tercera es 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 varía 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 más alejado). Casi 200 años después de Kepler, el astrónomo francés Urbain Leverrier (1811 - 1877) descubrió que la órbita cambia gradualmente de más elíptica a más circular. Posteriormente, Milankovitch calculó que este cambio tiene un **periodo de entre 100 mil a 400 mil años**, y es el resultado de la atracción gravitacional sobre la Tierra de otros planetas. Esta variación en la excentricidad de la órbita se llama excentricidad. Por esta razón, cambia la energía solar que llega a la Tierra, y por lo tanto el clima.

- 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 significa 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 Hiparco 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 en el material "sobresaliente" o protuberancia, en el ecuador de la tierra.

Esto genera significativos cambios climáticos, porque cambia la posición donde se producen los solsticios de verano e invierno, haciendo que estas estaciones ocurran en épocas diferentes a las del presente.

- La variación en la actividad solar:

El Sol es una estrella variable y 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 tanto, se puede predecir la evolución global del clima hacia el futuro. Por causas astronómicas, nuestra Tierra se tendría que dirigir en el futuro hacia una nueva era glacial. Y no es así como podemos observar. ALGO SE NOS ESCAPA.

- 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 esto fue que los vegetales se desarrollaban poco, los grandes herbívoros morían, y después sus depredadores. Gracias a esta extinción un

pequeño antecesor nuestro (un mamífero) tuvo condiciones para evolucionar. Esta causa extraterrestre no es cíclica, por lo tanto, la obviamos.

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

- La Tectónica de placas:

Los continentes están continuamente reubicándose, se mueven. Estos movimientos son muy lentos (Unos pocos centímetros por año), acercándose o alejándose entre sí. Este continuo cambio de posición de los continentes afecta al mecanismo termo-regulador de las corrientes marinas, y por tanto, al clima. Hemos definido lo que denominamos **La Deriva Continental**.

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 (Mayor continentalidad y glaciares montañosos –choque continental = orogénesis montañosa), y por tanto, una bajada de temperaturas. Esta causa tiene un ciclo 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 varía. Esta variación afecta al **Efecto invernadero** de la atmósfera y, por tanto, al clima. El efecto invernadero está relacionado con unos gases "especiales" que existen en la atmósfera y que denominamos GEIs. Estos gases son uno de los factores que tienen mayor importancia en 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 gigantes (origen del carbón).

Pero las variaciones de los GEIs se han producido lentamente de un periodo de tiempo a otro. SE NOS SIGUE ESCAPANDO ALGO PARA EXPLICAR LA CELERIDAD DE EL ACTUAL CAMBIO CLIMÁTICO. Conozcamos en mayor detalle a los GEIs:

LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO Y LA ACTIVIDAD HUMANA

¿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 lejanos y 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; 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 donde 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. Absorben algunos de los rayos del Sol y luego los redistribuyen en forma de radiación. **Su creciente concentración en la atmósfera, debido a las actividades humanas, contribuye al calentamiento global.**

La 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.

Los seres humanos, con nuestras actividades, emitimos ingentes cantidades de estos gases, lo que está produciendo una variación en la composición química de la atmósfera y afectando al clima. Es tal la cantidad de GEIs emitidos, desde la llamada Revolución Industrial hasta la

actualidad, que **supone la CAUSA NO NATURAL POR EXCELENCIA** en este **Acelerado Cambio Climático**.

Principales gases de efecto invernadero y sus fuentes:

- 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 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.

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.

UNA SOMBRÍA INCERTIDUMBRE

Parece que ya hemos descubierto la causa principal de este cambio climático. Parece que podemos comenzar a tomar acuerdos y medidas, pero aún hay una “sombria incertidumbre”.

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), incorpore al océano importantes volúmenes de agua dulce que van a cambiar la densidad de las aguas, y afectará a las corrientes marinas reguladoras de la temperatura con consecuencias imprevisibles. El derretimiento de los glaciares continentales causan el 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.

- 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 han de retirar el “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 con una transición paulatina, por ejemplo. Pero como consumidores informados podemos optar por soluciones sostenibles y de mayor eficiencia (energética y de menor impacto ambiental). Todo lo hemos visto con anterioridad en otras jornadas.

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 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, siendo quienes 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.

Pero recordad:

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

Esta batalla sólo ha hecho que comenzar, contra un enemigo que somos nosotros mismos; pero con la esperanza de que también somos la solución.

PEDAGOGÍA y CIENCIA.

X Ángel Biarge Bitria QdCA Astronomía Grañén.