

REFLEXIONES SOBRE LAS CAUSAS DEL CAMBIO CLIMATICO

Hay un intenso y controvertido debate sobre el cambio climático y sus causas. En este texto (formato PDF: para acceder a él, hacer clic en la parte superior de este mensaje), elaborado por Alfonso Soria, coordinador de Ecología y Cambio Climático de este Proyecto, se reflexiona acerca de esas causas en el pasado y en la actualidad, constatando que pueden ser de origen natural y provocadas por la mano humana.

Eso sí, cuando se ponen en marcha, originan cambios en los diferentes componentes del sistema climático: cantidad de hielo que hay en el planeta, corrientes oceánicas, corrientes atmosféricas o Jetstreams, concentraciones de gases de efecto invernadero en el aire, ciclos de El Niño y La Niña, composición química de los océanos y cambios en la biodiversidad del planeta. Todos estos componentes del sistema climático están profundamente interconectados e interactúan entre sí. Y son esas interacciones y retroalimentaciones las que producen un aceleramiento del cambio climático iniciado.

Un marco en el que objetivo es identificar si alguna de estas posibles causas está teniendo mayor impacto que las otras en el momento climático que está viviendo el planeta.

1. CICLOS DE MILANKOVITCH

Los ciclos de Milankovitch describen variaciones orbitales (cambios en el movimiento de traslación de la tierra con respecto al sol), y cambios en el movimiento de rotación terrestre. Se describen tres ciclos diferentes y las interacciones entre ellos inciden en la cantidad de radiación solar que llega al planeta, principalmente al hemisferio norte, provocando calentamiento o enfriamiento. La mención al hemisferio norte es importante, ya que en él hay una mayor presencia de tierra que en el hemisferio sur, que está cubierto en su mayor parte por océanos. La inercia térmica (capacidad física de un material para retener su temperatura) de la tierra es menor que la del agua, esto quiere decir que a la tierra le cuesta menos incrementar su temperatura que al agua. Por eso, variaciones de radiación solar que afectan al hemisferio norte son más susceptibles de generar cambios climáticos que las que puedan ocurrir en el hemisferio sur

Los ciclos de Milankovitch están asociados a la aparición de glaciaciones y periodos interglaciales. Pasemos a describirlos:

Cambios en la excentricidad orbital. Movimiento de traslación alrededor del sol

Estas variaciones hacen que la órbita que describe la tierra alrededor del sol sea más circular o más elíptica. Se deben al empuje gravitacional de Júpiter y Saturno sobre la tierra. Cuando la órbita es más elíptica la tierra se aleja más del sol y por tanto llega menos radiación solar. Cuando es más circular ambos astros se acercan y la tierra recibe más radiación del sol. Se han descrito dos ciclos superpuestos: uno de 100.000 años y otro de 413.000 años.

La Tierra, en el momento actual de este ciclo, está más cerca del Sol a principios de enero, en nuestro invierno. Por el contrario, la Tierra está más alejada del Sol a principios de julio, en nuestro verano. Esto suaviza las estaciones.

+Afelio: Día del año en que la tierra está más alejada del sol (4 de julio actualmente)

+Perihelio: Día del año en que la tierra está más cerca del sol (3 de enero actualmente). Llega un 6% más de radiación a la tierra.

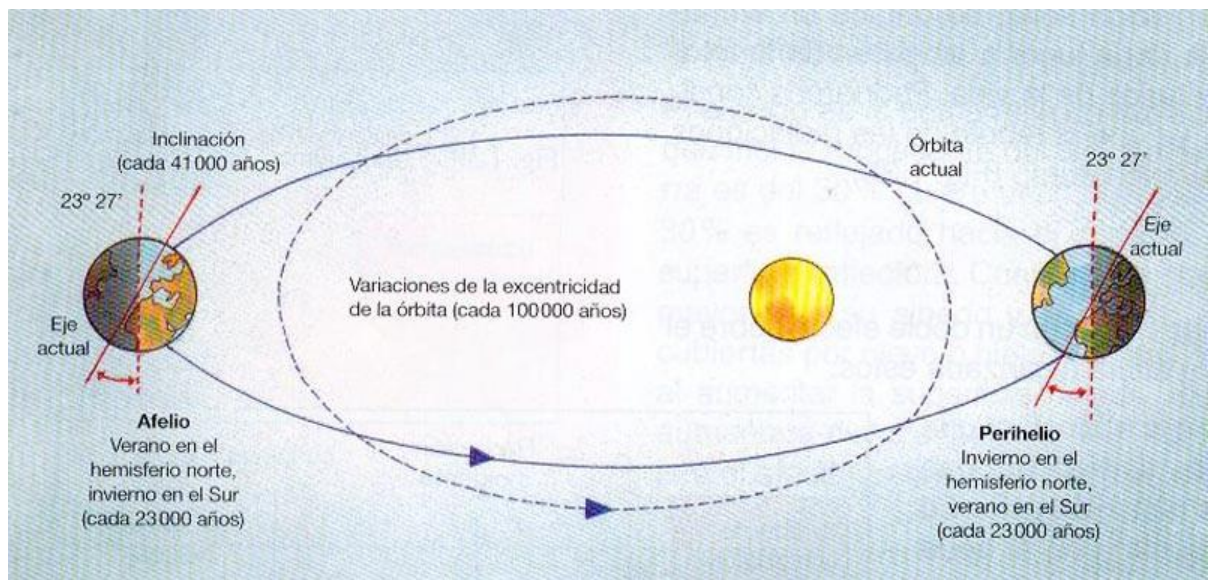


Figura 1: Excentricidad Milankovitch. Fuente: <http://goo.gl/0wQi2V>

Cambio en la orientación del eje de rotación. Movimiento de precesión

El eje de rotación de la tierra está inclinado 23.5° en relación a una línea perpendicular al plano de la órbita que sigue alrededor del sol. La orientación de este eje va cambiando al igual que una peonza al girar sobre sí misma y recorre un giro completo cada 26.000 años.

Cambio de Oblicuidad. Movimiento de nutación

Aumento o descenso del ángulo de inclinación del eje de la tierra. Se debe a la atracción gravitatoria que la luna ejerce sobre el planeta. Puede variar de 21.5° a 24.5° . Ahora es de 23.5° .

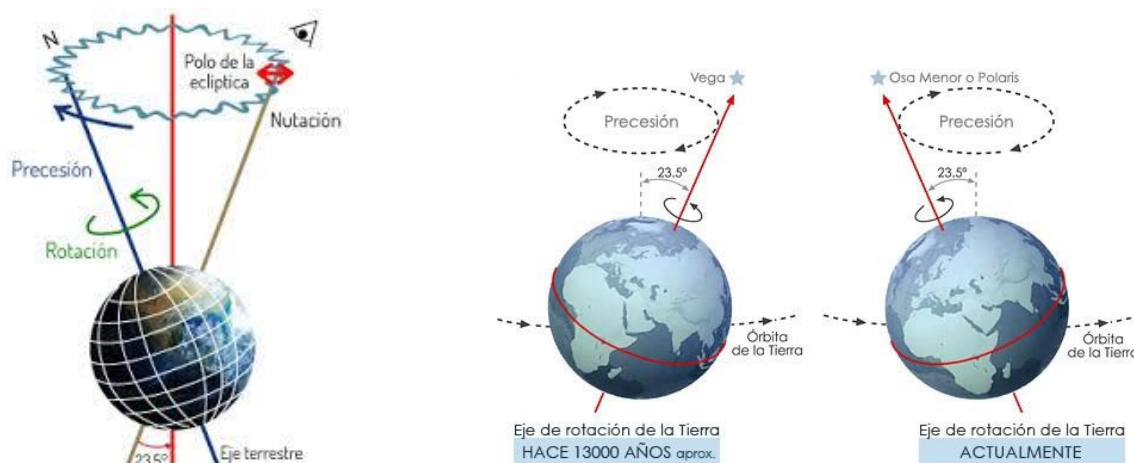


Figura 2: Movimiento de precesión y de nutación. Fuente: Wikipedia

Estas variaciones de órbita y rotación terrestre conllevan cambios en la cantidad de radiación solar (de hasta un 15%) que llega a las latitudes altas del norte del planeta durante el verano, determinando así la cantidad de hielo presente en estas latitudes en verano.

El hielo refleja la radiación solar que le llega en un 90 % (efecto albedo). Cuanto más hielo hay más radiación solar es reflejada hacia la atmósfera y menos radiación es absorbida por la tierra, enfriándose aún más y facilitando así la aparición de más hielo (retroalimentación positiva). La presencia o ausencia de este hielo en las zonas polares en verano tiene un gran efecto sobre el clima del planeta.

Como hemos mencionado, ahora en el hemisferio norte, el verano coincide con el momento en que la tierra está más alejada del sol y el invierno con el momento de más cercanía al sol. Esto suaviza las estaciones. Hace 13.000 años era al revés, el verano coincidía con el momento de menor distancia entre la tierra y el sol. Esto supuso más calentamiento en verano y la desaparición de hielo en verano en latitudes del norte. Esto a su vez, permitió que más radiación fuera absorbida por el planeta calentándolo, lo que llevó a la finalización de la última glaciación.

De esta manera los ciclos de Milankovitch se asocian con las diferentes glaciaciones que ha sufrido el planeta a lo largo de su historia.

NASA's Jet Propulsion Laboratory (JPL) nos dice que "estos ciclos operan en escalas temporales de decenas de miles de años hasta cientos de miles de años. En los últimos 150 años no han cambiado la cantidad de energía solar absorbida por la tierra significativamente. Según la situación orbital actual del planeta en los ciclos de Milankovitch cabría esperar un enfriamiento y no un calentamiento, en una tendencia de enfriamiento que empezó hace 6.000 años".

2. ACTIVIDAD SOLAR

También según datos del JPL/Caltech, "la cantidad de energía solar que recibe la tierra ha seguido los ciclos naturales solares de 11 años con pequeñas

variaciones y con ningún incremento neto desde 1950. Esa variación de intensidad, sin embargo, es de menos de un 0,1% por lo que sus efectos son casi insignificantes. En ese mismo periodo, la temperatura global ha subido significativamente.

Es por lo tanto altamente improbable que el sol haya causado la tendencia de calentamiento global observada desde esas fechas”.

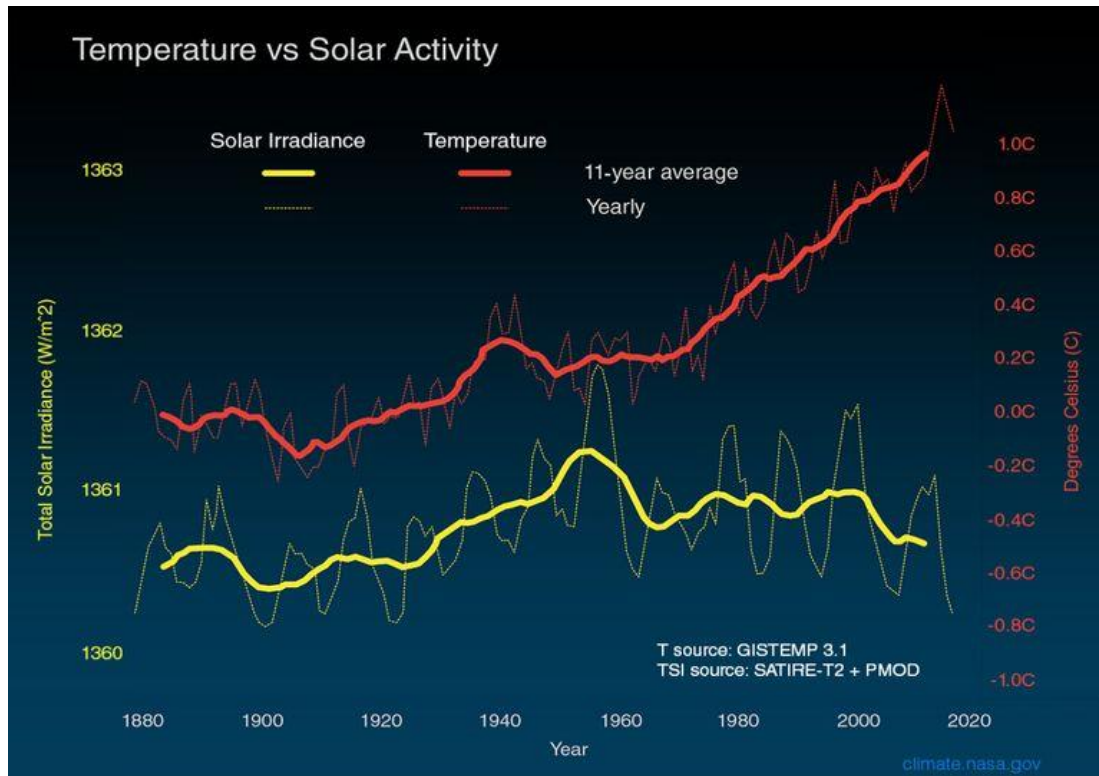


Figura 3, Evolución de T^a global media e irradiación solar. Fuente: climate.nasa.gov

3. ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Las emisiones de las erupciones volcánicas contienen varios compuestos (SO_2 , CO_2 , vapor de agua y cenizas) que tienen la capacidad de enfriar o calentar el planeta, veámoslos:

+Enfrían: El dióxido de azufre o SO_2 , al alcanzar la atmósfera forma aerosoles de azufre como los sulfatos, que apantallan la radiación solar incidente (como si fueran un paraguas) y, por lo tanto, al llegar menos radiación solar a la superficie de la tierra, la enfrían.

+Calientan: El CO_2 y el vapor de agua son gases de efecto invernadero y por tanto calientan el planeta. La ceniza emitida por los volcanes que caiga sobre nieve o hielo baja la reflectividad (albedo) de ese hielo, haciendo que absorba más radiación solar y calentándolo.

Veamos algunos ejemplos de las erupciones volcánicas recientes más significativas:

+La erupción del volcán Pinatubo de 1991 fue una de las más grandes del siglo XX, inyectó unos 20 millones de toneladas de SO₂ en la atmósfera que ocasionaron un enfriamiento de 0.7°C globales los tres años siguientes a la erupción. Anteriormente, también causaron un enfriamiento detectable por liberación de SO₂ las erupciones del Krakatoa en 1883 y la del Monte Tambora en 1815.

+La erupción del volcán Honga Tonga en 2022, fue rica en vapor de agua al tratarse de un volcán submarino. Esta erupción inyectó unos 146 millones de toneladas de vapor de agua en la atmósfera y según un estudio de Stuart Jenkins de la Universidad de Oxford, esto podría incrementar la media de la temperatura global en 0.035°C en los próximos 7 años (<https://www.nature.com/articles/s41558-022-01568-2>).

+La erupción del Monte St. Helens en EEUU en 1980, liberó unos 10 millones de toneladas de CO₂ a la atmósfera en unas 9 horas. Hay que notar que al ritmo actual de emisiones humanas de CO₂, esa cantidad de 10 millones de toneladas es liberada en tan solo unas 2 horas, además de manera incesante y creciente año tras año.

Aunque se cree que en el pasado geológico del planeta la liberación de CO₂ volcánico causó calentamiento global significativo e incluso extinciones masivas (como la extinción pérmica hace 250 millones de años), el CO₂ liberado por erupciones volcánicas contemporáneas no han causado un calentamiento global detectable. De hecho, se estima que el CO₂ liberado por estas erupciones volcánicas recientes ha supuesto menos del 1% del CO₂ liberado por la actividad humana.

Por todo esto, no podemos atribuir a la actividad volcánica de los últimos 200 años el calentamiento de 1,5 °C experimentado por el planeta en ese periodo de tiempo.

4. CAÍDA DE METEORITOS

No ha habido un impacto de meteorito de tamaño significativo contra la tierra en los últimos 200 años al que se pueda atribuir el incremento de T^a sufrido en ese tiempo.

5. INCREMENTO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, CO₂ Y METANO

La radiación solar que llega a la Tierra hace que la superficie del planeta se caliente. Este calor recibido, a su vez, es emitido desde la superficie terrestre al exterior en forma de radiación infrarroja. Los gases de efecto invernadero presentes en la atmósfera tienen la capacidad de absorber parte de esa radiación infrarroja y evitar que se pierda en el espacio exterior, de esa manera el planeta conserva este calor. Sin estos gases, la temperatura media de la superficie terrestre sería de -18°C.

El CO₂ y el metano (CH₄) son los dos principales gases de efecto invernadero. Debido a la actividad industrial humana de los dos últimos siglos sus emisiones han ido en aumento y han contribuido significativamente a un mayor calentamiento del planeta, veamos su evolución.

CO₂

La concentración de CO₂ en la atmósfera en el año 1750 era de 280 partes por millón (ppm). En julio de 2024 ha sido de 425 ppm. Esto supone un aumento de un 50%.

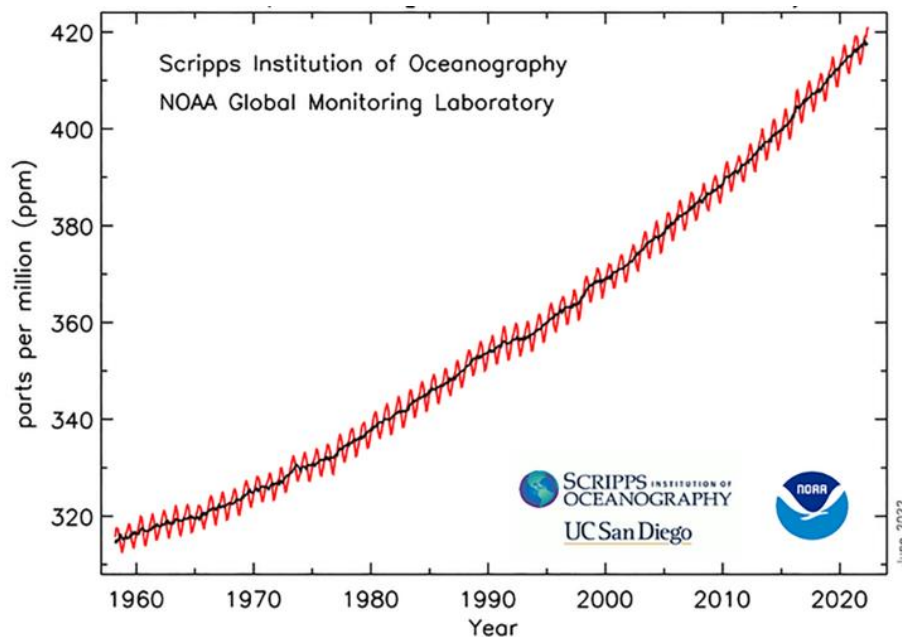


Figura 4: CO₂ atmosférico en el observatorio de Mauna Loa, Hawai
Fuente: Scripps Institution of Oceanography

Este incremento de gases no es gradual, en realidad se está produciendo de manera acelerada. Según datos de *Scripps Institution of Oceanography, UC San Diego* (Figura 2), en la década de los 90 la media de incremento anual era de 1.5ppm de CO₂, de 2000 a 2009 fue de 1.9 ppm de CO₂ anual, de 2010 a 2019 fue superior a 2.4 ppm de CO₂ anual y el incremento entre julio de 2023 a julio de 2024 ha sido de 3.7 ppm.

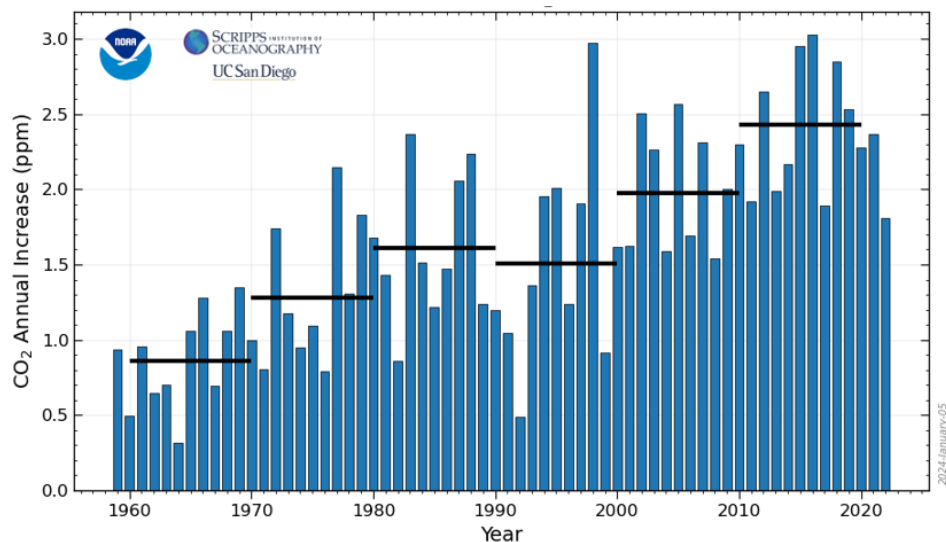


Figura 5: Incremento anual de CO₂ en el observatorio de Mauna Loa, Hawai
Fuente: Scripps Institution of Oceanography

Las emisiones de CO₂ globales siguen incrementándose (Figura 3). Se miden en gigatoneladas (Gt), o lo que es lo mismo, miles de millones de toneladas. Como se observa en la Figura 4, en el año 1990 el mundo emitía unas 23Gt de CO₂, cifra que ha ido aumentando exponencialmente hasta llegar a las 37.5 Gt de 2023.

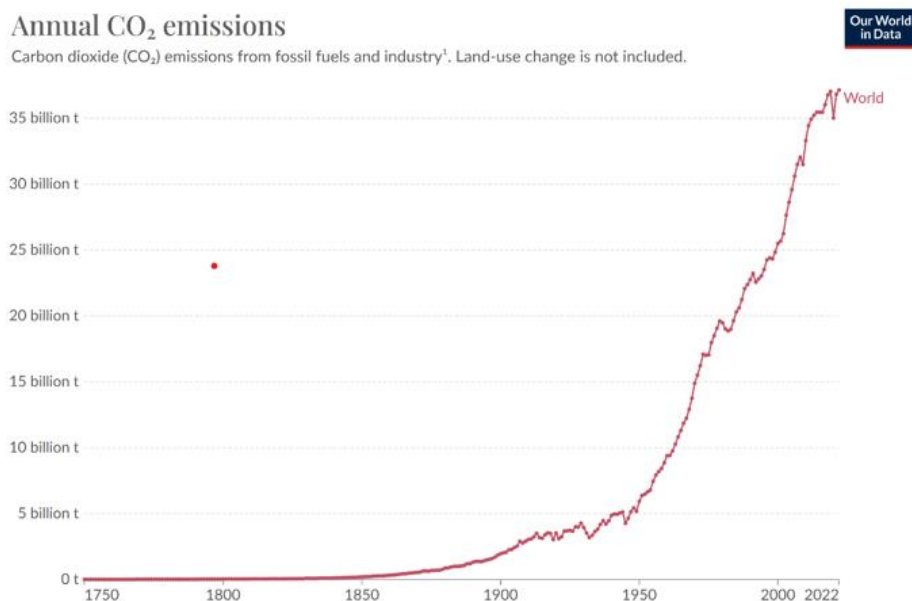


Figura 6: Emisiones anuales de CO₂ de combustibles fósiles e industria
Fuente: <https://ourworldindata.org/co2-emissions>

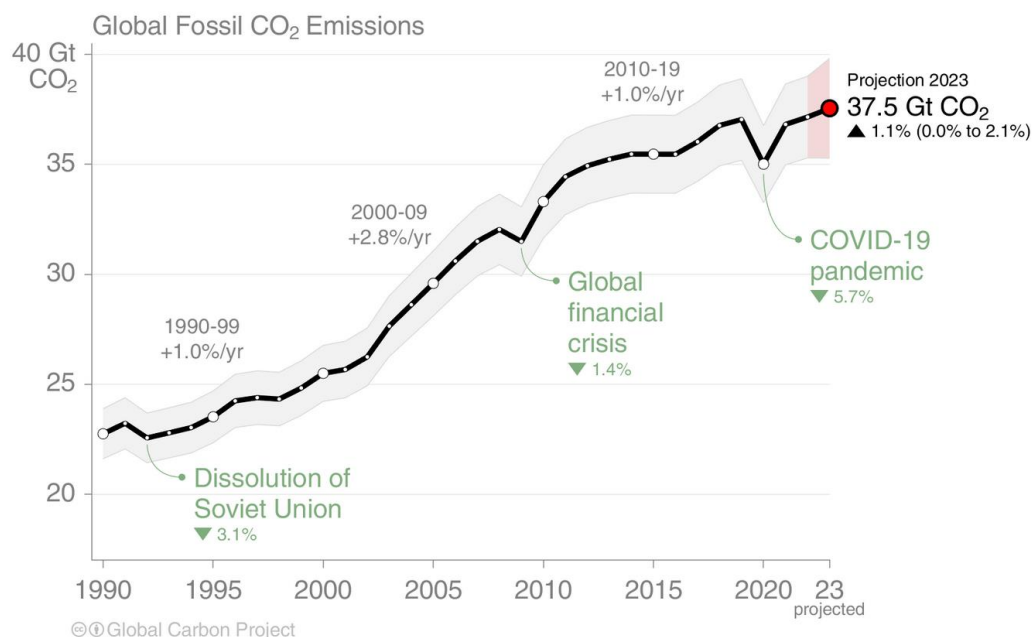


Figura 7: Emisiones globales de CO₂ de origen fósil
Fuente: Global Carbon Project

Observamos por tanto la clarísima correlación que hay entre emisiones de CO₂ y la concentración del mismo en la atmósfera. Hay que notar sin embargo que no todo el CO₂ emitido acaba en la atmósfera. De hecho, aproximadamente la mitad del CO₂ emitido por los humanos es absorbido por los océanos y bosques del planeta, lo que amortigua enormemente el efecto de nuestras emisiones.

Metano CH₄

El metano (CH₄) es el principal componente del gas natural. Su concentración en la atmósfera es tan baja que se mide en partes por billón o ppb. Ésta ha pasado de 694 ppb en el año 1750 a 1931 ppb en abril de 2024. Se estima que este incremento ha sido responsable de entre un 20-30 % de calentamiento global experimentado desde el inicio de la revolución industrial.

Hasta un 60% de este gas es de origen antropogénico, a través de la producción y transporte de carbón, gas natural y petróleo y también a través de la ganadería industrial. El 40% restante se origina en procesos naturales siendo los humedales la principal fuente natural de este gas. El metano está presente también en grandes cantidades en el permafrost ártico y en el fondo del océano ártico. Allí ha permanecido encerrado durante millones de años, pero recientemente ha empezado a liberarse por el aumento de temperaturas.

El metano es un gas invernadero muy potente y su efecto es inmediato. Es 86 veces más potente que el CO₂ en un plazo de 20 años y 23 veces en un plazo de 100 años. Su rápido aumento en la atmósfera es de gran preocupación ya que tiene el potencial de producir grandes aumentos de temperatura.

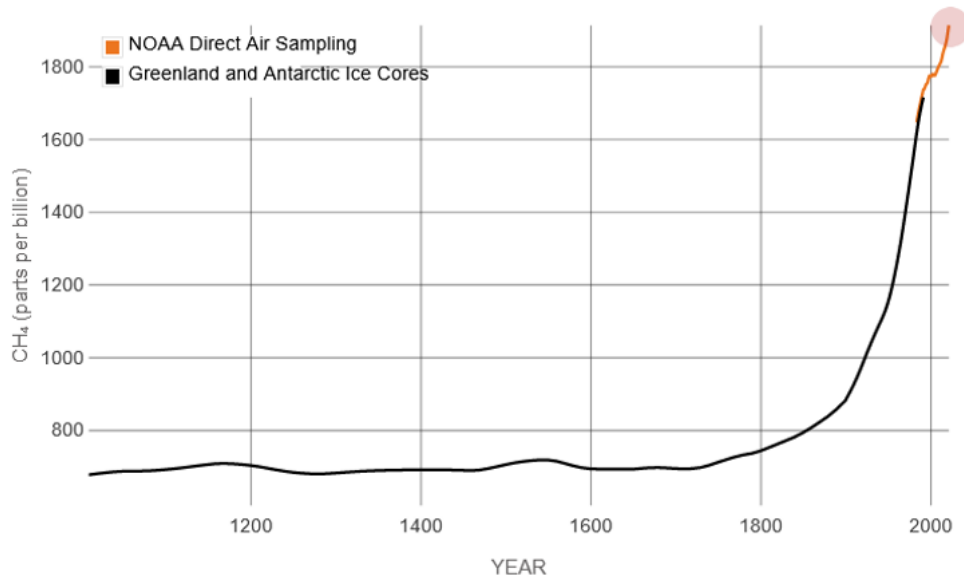


Figura 8: Concentraciones de metano atmosférico desde el año 1010
Fuente: Etheridge et al, 1998 y NOAA Global Monitoring Laboratory

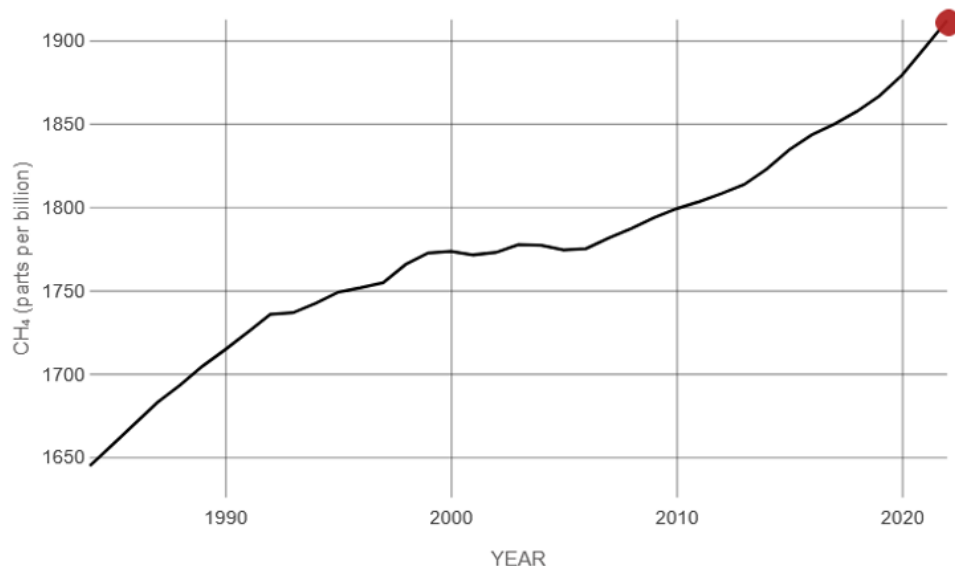


Figura 9: Concentraciones de metano atmosférico desde el año 1984
Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA

6. CONCLUSION FINAL

Tras analizar las posibles causas, tanto naturales como las de origen humano que pueden estar incidiendo en el cambio climático en el que estamos inmersos en los últimos dos siglos, se observa que el único factor que realmente está incidiendo de manera significativa en el calentamiento sufrido desde el comienzo de la revolución industrial es el incremento de gases de efecto invernadero, cuyo origen principal es antropogénico.

No podemos olvidar que estas emisiones de gases son la consecuencia de un sistema productivo capitalista que es totalmente depredador con el medioambiente, y que muestra muy poco respeto a otras formas de vida,

causando una devastación ambiental sin precedentes. Este sistema ha dado totalmente la espalda a la naturaleza.

La crisis climática y de ecosistemas en la que estamos inmersos nos da la oportunidad de replantearnos nuestra forma de vida como sociedad y sobretodo a nivel individual. Se requiere un modo de vida nuevo, en el que lo viejo ya no tiene cabida. Debemos integrar la Vida y la naturaleza en nuestro modo de vivir, meterla de nuevo en la ecuación y tenerla presente como sociedad en todas nuestras acciones, como si fuera un miembro más de la familia.

Sólo desde ese nuevo nivel de consciencia podremos fascinarnos ante tanta riqueza natural, y desde esa nueva sensibilidad podremos preservarla y promover su conservación, comportándonos como hermanos mayores, cuidadores de este maravilloso planeta.

Lectura complementaria recomendada:

Cambio climático: una aproximación consciente (Adaliz Ediciones, diciembre 2022)

Libro nº4 de la Biblioteca del Proyecto de investigación Consciencia y Sociedad Distópica: <https://adaliz-ediciones.com/21-proyecto-csd>

Web del Proyecto:

<https://societaddistopica.com/>

Todos los que compartimos y colaboramos en él lo hacemos en forma gratuita. Puedes ayudarnos aportando **1 euros al mes** a través de la plataforma Teaming: <https://www.teaming.net/distopica>

Material compartido en la Comunidad de Telegram del Proyecto C&SD desde la entrada en funcionamiento de la misma:

2023

Noviembre:

+Jueves 2:

Bienvenida de Emilio Carrillo a la Comunidad

+Jueves 9:

Nacer de nuevo y Agenda 2033

+Jueves 16:

Razones que hacen prever un mayor calentamiento global en 2024

+Jueves 23:

¿Qué es la distopía? ¿Qué es la consciencia?

+Jueves 30:

Tensiones en torno a la inteligencia artificial y avance del transhumanismo

Diciembre 2023:

+Jueves 07:

Reescribiendo la historia

+Jueves 14:

Situación de la religiosidad en el mundo

+Jueves 21:

Distopía y economía: un gobierno mundial en la sombra

+Jueves 28:

Población mundial: evolución histórica, situación actual, prognosis y estimación de reencarnaciones

2024

Enero:

+Jueves 4:

¡Feliz 2024!: Vívelo desde Reverencia por la Vida

+Viernes 5:

Mutilación del árbol de la vida: la sexta extinción en marcha

+Jueves 11:

¿Estamos nublados?: síntomas y tratamiento

+Sábado 13:

Prioridades preventivas internacionales 2024

+Jueves 18:

El Viaje del Alma: el gran ciclo de la consciencia

+Sábado 20:

La pregunta no es si habrá violencia en EE.UU., sino cuánta sangre se derramará

+Jueves 25:

El drama de la complejidad

Febrero:

+Jueves 1:

¿Tiene futuro el empleo en la era de la inteligencia artificial?

+Jueves 8:

Prácticas de vida re-evolucionarias

+Sábado 10:

Cien días de Comunidad

+Jueves 15:

Bancos avarientos que destruyen economías y democracias

+Jueves 22:

Acciones y reacciones ante los efectos del cambio climático

+Jueves 29:

Economía y poder en China

Marzo:

+Jueves 7:

La presencia opresora del tiempo en nuestras vidas

+Sábado 9:

¿Es verdad que se trabaja menos ahora que en el pasado?

+Jueves 14:

Declive demográfico y envejecimiento poblacional

+Jueves 21 :

¿Y ahora qué podemos hacer?

+Sábado 23:

Fertilidad mundial en 204 países y territorios (1950-2021)

+Lunes 25:

Cierre de Telegram: una censura masiva

+Jueves 28:

¿Realmente existió Jesús de Nazaret?

Abril:

+Jueves 04:

Parámetros climáticos, todo se acelera

+Sábado 06:

El efecto Amazon

+Jueves 11:

Hablemos de salud

+Jueves 18:
Vegetarianismo y ocultismo

+Sábado 20:
Presencia y Compasión

+Jueves 25:
La tela de araña electromagnética que aprisiona a la Tierra y a la humanidad

Mayo:

+Jueves 2:
El Sueño del Planeta

+Sábado 4:
Medio año de Comunidad

+Jueves 09:
Gobernanza global de la salud: últimos preparativos y tensiones ante la próxima Asamblea Mundial

+Jueves 16:
Sistemas de Salud

+Sábado 18:
La "lucha contra la desinformación" convertida en censura política

+Jueves 23:
Nos quieren ignorantes: la educación anacrónica

+Jueves 30:
Fomentar la lectura: descarga legal de libros gratis en Telegram

Junio:

+Jueves 6:
Desinformación climática

+Sábado 8:
Balance de la Asamblea Mundial de la Salud

+Jueves 13:
Economía biológica o un nuevo visado para el futuro

+Jueves 20:
Algunos apuntes sobre la política y los políticos

+Jueves 27:
Estadísticas afinadas para comprender la economía mundial y su evolución por países y zonas geográficas

Julio:

+Jueves 4:
La salud no es una guerra

+Jueves 11:
La omnipresente interconexión en el mundo natural

+Jueves 18:
Estamos ante una Némesis médica

+Lunes 22:
Reinos de la naturaleza y Planos vitales: una reflexión consciente

+Jueves 25:
Plan de acción de Naciones Unidas para el control de la información

Agosto

+Jueves 1:
Entrelazamiento cuántico y Yin Yang

+Jueves 8:
La "muerte" de la política y el tiempo de la "asociación"

+Lunes 12:
Política y espiritualidad

+Jueves 15:
Verdades incómodas

+Jueves 22:
El examen más importante de la historia

+Lunes 26:
R.F. Kennedy Jr. explica la suspensión de su campaña presidencial

+Jueves 29:

Impactos de la alimentación en el planeta

Septiembre

+Lunes 2:

La dieta vegana impacta en la edad biológica

+Jueves 5:

La Cumbre del Futuro y el sistema de gobernanza global

+Lunes 9:

Los medios de comunicación contra Julian Assange

+Jueves 12:

Adónde fueron los humanos: elegir con libertad es la clave

+Jueves 19:

Filosofía Perenne

+Lunes 23:

Los modelos matemáticos desmienten el mito de la evolución

+Jueves 26:

Entrevista a una Inteligencia Artificial sobre salud

Octubre

+Jueves 3:

Reflexiones sobre las causas del cambio climático

