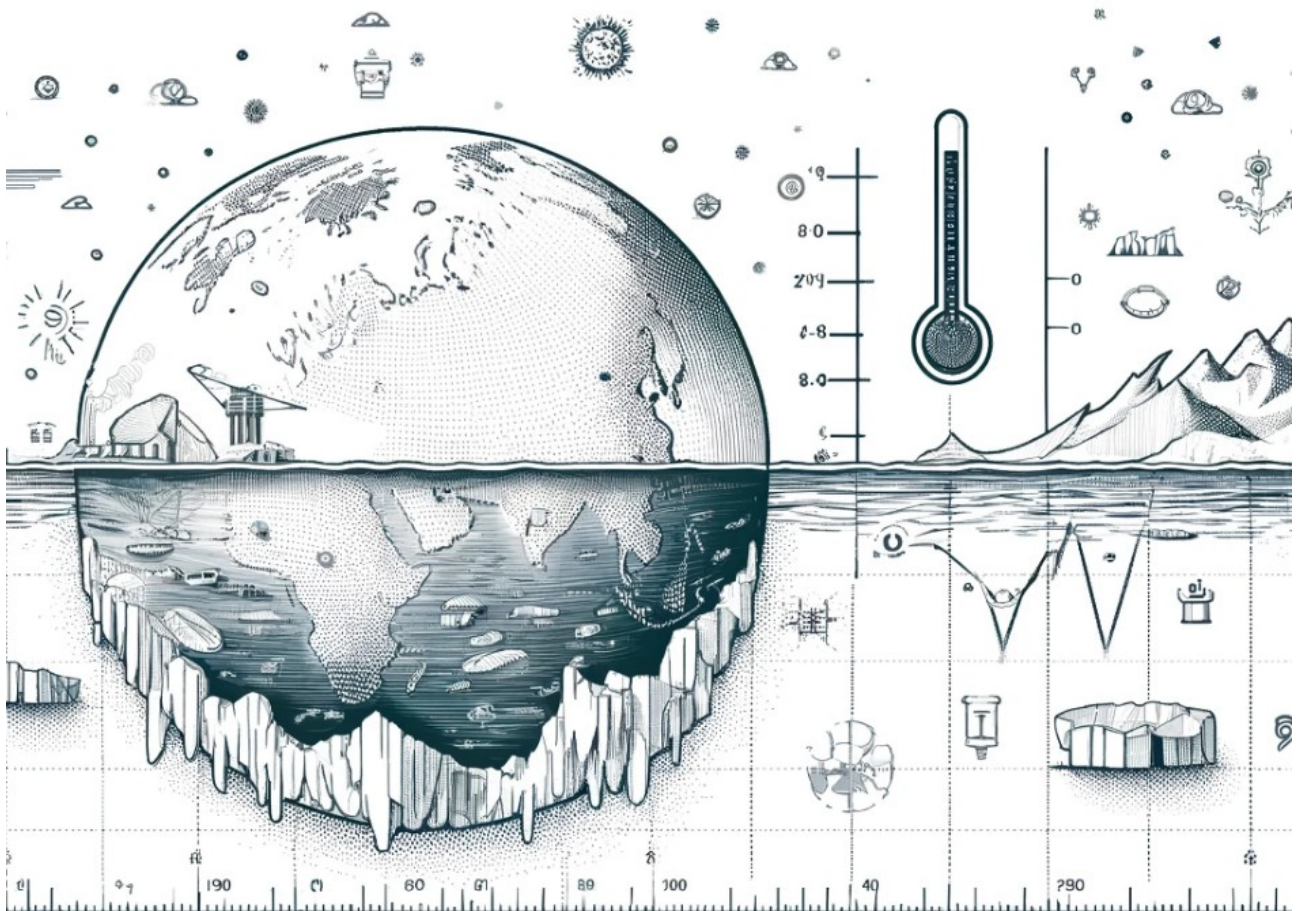

EL NIVEL MEDIO DEL MAR



**COMO PRUEBA
DEFINITIVA DEL
CALENTAMIENTO GLOBAL
ACELERADO**

La Especie humana constituye un gradiente fenotípico y genómico (Luigi Luca Cavalli-Sforza lo denomina continuum) y no es clasificable en razas, aunque muchos lleven siglos tratando de investigar esta línea o de engañar simplemente, algo que parecen haber logrado con éxito en la sociedad en general, convencida, casi plenamente, de una mentira.

A la memoria de Luigi Luca Cavalli-Sforza.

El nivel medio del mar como prueba definitiva del calentamiento global acelerado

El presente estudio resalta el aumento acelerado del nivel medio del mar como indicador clave del calentamiento global y las variables disruptivas asociadas a este factor tales como el aumento significativo en el colapso de hielos continentales y la retroalimentación positiva de variables implicadas en el proceso.

AUTOR DEL ARTÍCULO:

RAFAEL LOMEÑA VARO¹

APOYO Y REVISIÓN DEL ARTÍCULO:

CHATGPT 4^{®2}

¹Ensayista, programador, investigador y creador de contenidos técnicos publicados en calentamientoglobalacelerado.net, creador y administrador del Fondo Documental digital sobre la historia de Melilla y la región del Rif en el norte de Marruecos y autor de la hipótesis del cañón de fuego sobre calentamiento global acelerado entre otros proyectos (https://calentamientoglobalacelerado.net/mapa_proyectos.html)

²Revisión selectiva, traducción y redacción apoyada por tecnología ChatGPT-4[®] (LLM: Large Language Model) propiedad de OpenAI

RESUMEN

La complejidad inherente al estudio del cambio climático trasciende las fronteras de disciplinas específicas involucrando a expertos de campos diversos tales como físicos atmosféricos, meteorólogos, climatólogos, geógrafos, biogeoquímicos, etc., y solo la convergencia e integración de todas estas áreas del conocimiento permitirá superar las barreras en la comprensión holística del fenómeno.

Sobre esta premisa y con una pretensión marcadamente divulgativa, el artículo enfatiza el nivel medio del mar como un indicador inequívoco del calentamiento global de la Tierra, una consecuencia directa que, a diferencia de las múltiples variables causales que originan el fenómeno, ya podemos calibrar con exactitud. En este sentido, y aun destacando la complejidad en su registro, el artículo tratará de mostrar dicha variable como una prueba definitiva de solidez suficiente e irrefutable, absolutamente necesaria en un momento en el que disipar la confusión puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso.

Para ello, el enfoque argumental se apunala en el consenso científico y preocupante frente al aumento del nivel del mar observado en las últimas décadas y estimado ya en aproximadamente 3 mm anuales, pero especialmente, en la tendencia de la curva mostrada por dicho aumento.

En esta empresa urgente que es la vigilancia y monitorización del nivel medio del mar, la tecnología satelital emerge no solo como una certificación del calentamiento global del planeta, sino como la única prueba capaz de propiciar un requerimiento urgente a la acción global frente al fenómeno.

Palabras clave: *nivel medio mar, tecnología satelital, monitorización, modelos climáticos, cambio climático, hipótesis del calentamiento global, Hipótesis del cañón de fuego*

ABSTRACT

The inherent complexity in the study of climate change transcends the boundaries of individual disciplines involving experts from diverse fields such as atmospheric physicists, climatologists, biogeochemists, etc., but only the convergence of these disciplines will make it possible to overcome the barriers in the holistic understanding of the phenomenon.

On this premise and with a markedly informative intention, the article emphasizes the average sea level as an unequivocal indicator of global warming of the Earth, a direct consequence that, unlike the multiple causal variables that originate the phenomenon, we can already calibrate with accuracy. In this sense, and even highlighting the complexity in its registration, the article will try to show this variable as a definitive proof of sufficient and irrefutable solidity, absolutely necessary at a time when dispelling confusion can make the difference between success and failure.

To this end, the argument is based on the scientific and worrying consensus regarding the sea level rise observed in recent decades and already estimated at approximately 3 mm per year, but especially on the trend of the curve shown by this increase.

In this urgent undertaking that is the surveillance and monitoring of the average sea level, satellite technology emerges not only as a certification of global warming of the planet, but as the only evidence capable of propitiating an urgent requirement for global action against the phenomenon.

Keywords: *average sea level, satellite technology, monitoring, climate models, climate change, global warming hypothesis, fire cannon hypothesis*

RÉSUMÉ

La complexité inhérente à l'étude du changement climatique transcende les frontières des disciplines individuelles en impliquant des experts de domaines divers tels que les physiciens atmosphériques, les climatologues, les géographes, les biogéochimistes, etc., mais seule la convergence de ces disciplines permettra de surmonter les barrières à la compréhension holistique du phénomène.

Sur cette prémisse et avec une intention nettement vulgarisatrice, l'article met en avant le niveau moyen de la mer comme un indicateur indéniable du réchauffement global de la Terre, une conséquence directe que, contrairement aux multiples variables causales à l'origine du phénomène, nous pouvons déjà calibrer avec précision. À cet égard, et tout en soulignant la complexité de son enregistrement, l'article tente de montrer cette variable comme une preuve définitive de solidité suffisante et irréfutable, absolument nécessaire à un moment où dissiper la confusion peut faire la différence entre le succès et l'échec.

Pour ce faire, l'argumentation repose sur le consensus scientifique et préoccupant face à l'augmentation du niveau de la mer observée ces dernières décennies et estimée déjà à environ 3 mm par an, mais surtout sur la tendance de la courbe montrée par cette augmentation.

Dans cette entreprise urgente qu'est la surveillance et la surveillance du niveau moyen de la mer, la technologie satellitaire émerge non seulement comme une certification du réchauffement global de la planète, mais comme la seule preuve capable de provoquer une exigence urgente d'action mondiale face au phénomène

Mots-clés : *niveau moyen de la mer, technologie par satellite, surveillance, modèles climatiques, changement climatique, hypothèse du réchauffement global, hypothèse du canon à feu*

SUMARIO DEL ARTÍCULO

1. INTRODUCCIÓN.

2. DISPERSIÓN DEL CONOCIMIENTO.

Una visión crítica sobre el estudio del cambio climático.

3. ¿ES ANTROPOGÉNICO? Buscando culpables.

4. EL NIVEL MEDIO DEL MAR COMO PRUEBA DEFINITIVA FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL ACCELERADO. El principio de responsabilidad.

5. DIFICULTADES EN LAS MEDICIONES. Antecedentes y situación actual.

6. CONCLUSIONES.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

8. ABREVIATURAS.

9. CONTACTO.

10. PRESERVACIÓN.

11. DERECHOS DE AUTOR SOBRE EL PRESENTE ARTÍCULO

12. ANEXO – GRÁFICAS.

1 - INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia de la Tierra el planeta ha experimentado numerosos puntos de inflexión en su línea evolutiva a través de cambios disruptivos en el plano geológico, biológico y/o climático. A tenor de la postura defendida por la mayor parte del colectivo científico, es bastante probable que el cambio climático que parece observarse nos esté conduciendo a un nuevo punto de inflexión a través del calentamiento global de la atmósfera, sin embargo, la realidad es que aún no alcanzamos a comprender en profundidad la mecánica de ciertos procesos y variables implicadas en el fenómeno ni su impacto a escala planetaria, sin que ello signifique, en absoluto, que podamos permitirnos el lujo de no actuar ni regirnos bajo el principio de precaución, precisamente, por la ausencia de certezas en algunos aspectos futuros.

Es muy posible que estemos alcanzando un momento complejo en la trayectoria de nuestra historia. Pensemos que, con la energía solar irradiada incidiendo sobre la Tierra y su combinación con la composición gaseosa de nuestra atmósfera se hacen posible el milagro de la vida en nuestro planeta gracias al conocido como efecto invernadero. Este efecto invernadero está sustentado sobre el frágil equilibrio de gases como CO₂, CH₄, N₂O, etc., y las alteraciones en sus ciclos están asociadas a los cambios climáticos en la Tierra desde sus orígenes.

El cambio climático se está consolidando como una de las preocupaciones prioritarias dentro del espectro de desafíos globales que enfrenta la sociedad avanzada. Este fenómeno, anteriormente relegado a los márgenes de los debates públicos y científicos, se ha posicionado hasta ocupar un lugar preponderante en la agenda internacional, reflejando una transformación significativa en la percepción colectiva sobre su realidad y urgencia. La creciente evidencia de su impacto —tales como fenómenos meteorológicos extremos, alteraciones en los ecosistemas, y cambios en los patrones de biodiversidad— así como una mayor repercusión mediática de los mismos asociándose al fenómeno, parece haber arraigado una mayor conciencia social sobre la necesidad de adoptar medidas inmediatas y efectivas para su mitigación y adaptación.

Sin embargo, y a pesar del consenso científico ampliamente establecido respecto a la existencia y las causas antropogénicas del cambio climático, la dificultad de presentar pruebas contundentes en términos científicos ha fomentado el surgimiento de corrientes escépticas de pensamiento. Estas contracorrientes negacionistas, aunque minoritarias, pueden poseer un potencial impacto disuasorio significativo en la percepción social y obstaculizar las acciones climáticas y de concienciación cuestionando con sutileza la validez de las evidencias científicas y la severidad del problema, en un contexto en el que el debate científico, aún como mecanismo esencial para el enriquecimiento del conocimiento y el análisis crítico, presenta ciertas brechas en algunos de

sus postulados tal y como veremos en el apartado segundo del presente trabajo.

No obstante, dada la gravedad del cambio climático y sus posibles consecuencias catastróficas reales en el futuro cercano, resulta imperativo y sensato priorizar el principio de precaución. Este principio, que aboga por la adopción de medidas protectoras ante la incertidumbre científica, se convierte en una herramienta clave para guiar la política y la acción climática. La necesidad de actuar con determinación frente al cambio climático, por tanto, trasciende el ámbito puramente científico convirtiéndose en una cuestión de responsabilidad ética y social ante las generaciones presentes, pero especialmente las futuras. La adaptación de la sociedad a este enfoque cautelar no es solo muestra de madurez y responsabilidad colectiva, sino también un paso fundamental hacia la sostenibilidad global y la resiliencia frente a los desafíos ambientales inminentes y los más jóvenes deben ser desde ya la apuesta más segura. Sobre la premisa irrefutable de que los niños de hoy dirigirán el mundo del mañana la divulgación debe apostar todo por ellos.

En la búsqueda y cimentación de la verdad, el debate acerca de la existencia o no del cambio climático y de las causas que lo provocan no puede dilatarse eternamente y no creo que ello nos acerque jamás a una solución efectiva del problema.

Por otro lado, la manida práctica de atribuir sistemáticamente la sucesión de huracanes, inundaciones, incendios forestales, sequías, extinciones, plagas, hambrunas, olas de calor, etc., al cambio climático, tampoco creo que

ayude a acercarnos a la verdad. La concienciación social no puede basarse en un mero propósito interesado, oportunista, alarmista o malintencionado y sin ningún tipo de rigor científico, pues ello puede acabar produciendo más bien un efecto contrario en la sociedad, de hartazgo y normalización. Por ello, la ciencia, encargada de trabajar en la búsqueda de las respuestas que necesitamos, debe focalizar ya su esfuerzo divulgativo en algo tangible, con resultados reales y palpables, poner su punto de mira en los auténticos e incuestionables termómetros del cambio climático y que son, los hielos continentales, y el mar. Es el momento clave de aportar, sin más dilación, pruebas definitivas y contundentes que unifiquen el criterio de acción y que arrinconen al negacionismo infundado y a veces maquiavélico.

En esta humilde pretensión, el presente trabajo viene a resaltar el significativo aumento experimentado en el nivel medio del mar como indicador clave del calentamiento global, una consecuencia directa y cuantificable de dicho fenómeno que podemos calibrar con cierta exactitud, a la vez que trata de advertir acerca de posibles variables disruptivas asociadas a este factor y que son, por un lado el aumento significativo en el colapso de hielos continentales y por otro la retroalimentación positiva de variables implicadas en el proceso.

En este último aspecto, tanto la variabilidad del albedo en superficies como la fusión acelerada de los hielos continentales pueden conceptualizarse como un paradigma de retroalimentación positiva, en el cual los eventos iniciales catalizan una serie de

mecanismos que, a su vez, potencian y aceleran el proceso original. En este contexto específico, el aumento de la temperatura atmosférica conduce a una fusión parcial de la superficie helada exponiendo superficies más oscuras subyacentes, como rocas o agua líquida, de menor albedo comparado con la nieve o el hielo puro. Las superficies con bajo albedo absorben una mayor cantidad de radiación solar que incrementa la temperatura local y, por ende, aceleran el proceso de fusión que a su vez genera un aumento en el flujo de agua líquida, cuyo discurrir sobre la superficie helada puede acabar infiltrando y debilitando estructuras de hielo adicionales, contribuyendo así a una fusión aún más acelerada. Dichos ciclos de retroalimentación positiva en sistemas dinámicos como los climáticos pueden resultar en tasas de fusión con un crecimiento exponencial difícilmente previsible y de consecuencias de gran escala sobre el sistema.

Estos factores, aún subestimados en su capacidad para alterar los ciclos geo-climáticos naturales, son corroborados por investigaciones paleo-climáticas que han revelado cambios abruptos en el nivel del mar difíciles de explicar mediante procesos climáticos naturales progresivos.

Otro escenario aquí también aludido, factible y mucho más radical, sería el derivado del colapso de grandes plataformas de hielo continental cuyo aporte volumétrico a la masa oceánica resultaría ciertamente cataclísmico.

Por tanto, ante la posibilidad de múltiples escenarios y dado que nos enfrentamos a la complejidad propia de un sistema cuasi caótico como es el clima, deberíamos de cimentar las

únicas pruebas tangibles que hasta ahora somos capaces de calibrar y de ello nos ocuparemos en este humilde trabajo

2 - DISPERSIÓN DEL CONOCIMIENTO.

Una visión crítica sobre el estudio del cambio climático

Aunque no todos los expertos e investigadores puedan reconocerlo abiertamente, parece que la investigación climática viene sonando como una melodía algo descompasada, una orquesta sin director en la que las cualidades individuales, aun siendo brillantes, no pueden destacar con plenitud al ser eclipsadas por el grupo. Esta es, al menos, una percepción personal que parece también compartir una gran parte de los investigadores de diversos campos como la ingeniería forestal, ecología, ingeniería química, física atmosférica, geografía, etc., a los que he tenido acceso a lo largo de casi dos décadas de especial interés personal por el fenómeno climático, de manera que la única realidad a la que de momento podemos atenarnos es que, si el estudio de la física atmosférica podemos decir que encierra ya una complejidad capaz de desafiar el potencial de proceso de las computadoras más potentes del mundo, en el caso del clima y su evolución a escala planetaria podemos afirmar sin disimulo que no es la capacidad de procesamiento de los ordenadores lo que se reta sino la propia capacidad de comprensión del ser humano. En la infinita trama del conocimiento, el cambio climático se erige como uno de los desafíos más acuciantes de nuestro tiempo. Su estudio, intrínsecamente multidisciplinar, requiere de

una visión amplia y basada en un compendio de saberes que abarcan desde las ciencias naturales hasta las ciencias sociales, pasando por disciplinas técnicas e incluso humanísticas, sin embargo, en este universo multidisciplinar parece reinar una carencia notable como es la falta de transversalidad en su entendimiento por parte de la comunidad experta dedicada a la investigación, y esta situación, lejos de ser un mero accidente epistemológico, viene relevándose como un obstáculo significativo en la lucha contra este fenómeno. La mayoría de los expertos en la materia, tanto en el terreno práctico de la investigación de campo como en el ámbito teórico y académico, tienden a especializarse en nichos muy concretos. Esta hiperespecialización, si bien es fructífera para el avance detallado del conocimiento en áreas específicas, a menudo conduce a una visión sesgada que dificulta la comprensión integral de los procesos involucrados en el fenómeno. La interconexión de sus causas y efectos, que trasciende fronteras disciplinarias y geográficas, demanda por tanto un enfoque holístico que integre las diversas perspectivas y conocimientos.

La transversalidad, entendida como la capacidad de integrar y aplicar conocimientos de diversas disciplinas para resolver problemas complejos, se convierte aquí en un imperativo para la investigación y la superación de esta falta de conocimiento “horizontal” no es ya solo un desafío académico, sino una necesidad práctica urgente. La capacidad de abordar un problema como el cambio climático de manera efectiva depende en gran medida de nuestra habilidad para forjar un entendimiento común y

compartido que permita acciones coordinadas y coherentes a todos los niveles de la sociedad.

La ciencia del cambio climático involucra a una enorme variedad de profesionales que van desde físicos atmosféricos y teóricos del clima hasta biogeoquímicos y científicos del suelo que estudian el ciclo del carbono (CO_2), el metano (CH_4) y otros gases, pasando por geógrafos, ingenieros forestales, biólogos, ecólogos, antropólogos, etc., sin embargo, la ausencia de un conocimiento transversal que conecte todas las disciplinas involucradas en el estudio del fenómeno parece seguir vigente en la mayoría de investigaciones y a menudo obstaculiza el avance hacia una verdad científica. De hecho, escasean los estudios multidisciplinarios y las investigaciones suelen decantarse más por áreas específicas y departamentos frente a investigaciones amplias que abracen varias disciplinas. Por todo ello, si bien el consenso científico suele ser el concepto más argumentado por medios incluso científicos para aceptar la existencia del cambio climático antropogénico, cualquier investigador que se precie y haya profundizado en este campo es consciente de las dificultades que la investigación debe aún superar en pos de ese consenso, y así lo plasman fielmente rigurosos estudios como el desarrollado por Lomas González y Torrijo Murciano (2012), ambos expertos de AEMET (Agencia Española de Meteorología) y titulado *EL MÉTODO CIENTÍFICO Y EL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO*, en el que se contrasta *“la teoría del cambio climático, y todos sus aspectos, conclusiones y predicciones, con la Epistemología aceptada hoy en día en la investigación científica”* (ver **Referencia**

Bibliográfica n°1), un trabajo de sobrado rigor en el que sus autores descartan el consenso como característica principal de la ciencia, abordando desde la problemática de las correlaciones estadísticas hasta la dificultad de los modelos computacionales para el caso de la teoría del cambio climático y en especial del “calentamiento global antropogénico” (*Anthropogenic Global Warming, AGW*), constatando que la ciencia no puede aún responder a los motivos que originaron cambios climáticos abruptos en el pasado debido a que:

No se conocen bien los mecanismos de comienzo y evolución de los cambios climáticos abruptos del pasado y de los umbrales climáticos asociados. Esto limita la confianza en la capacidad de los modelos climáticos de simular un cambio abrupto real. (IPCC, RT.6.2.4)

También fruto de numerosos y minuciosos análisis en la vasta literatura científica sobre el cambio climático y en concordancia al objetivo que hoy nos ocupa, considero destacar otra reseña en su literalidad por su valor descriptivo y su nitidez de análisis:

A través de numerosos estudios se han observado una serie de cambios en la atmósfera, en la criosfera, en los océanos y en el nivel del mar, los cuales son reflejo del cambio del clima. Pero a pesar de importantes evidencias también existen algunas incertidumbres considerables que alimentan el debate entre ambas corrientes de pensamiento.

Así comienza el interesante trabajo *CLIMATE CHANGE. CURRENT*

HYPOTHESES AND HEALTH RISKS (CAMBIO CLIMÁTICO. HIPÓTESIS ACTUALES Y RIESGOS PARA LA SALUD) desarrollado en 2016 por el Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de La Universidad de Granada y la University of Frères Mentouri Constantine, Algeria (ver **R. B. n°2**), aludiendo en un análisis posterior que:

El nivel medio del mar a nivel global ha aumentado 1,7 mm/año en el periodo 1901-2010, 0.19m en total, 3,2 mm/año entre 1993 y 2010 (IPCC, 2013). El nivel del mar sube porque su agua se expande al calentarse y porque el agua de los glaciares y placas de hielo que se funden se añade a los océanos (Collins et al, 2007).

En relación a esta breve cita, utilizada aquí a modo introductorio, se hace constar que el citado estudio, aun de marcado carácter multidisciplinar y en el que, dado su enfoque, intervienen principalmente expertos en áreas de la salud y veterinaria y no relacionadas directamente con el estudio del cambio climático, no abandona en absoluto el rigor en el basamento científico de su contenido lo cual convierte a la reseña en un interesante punto de partida para el presente artículo.

Y es que la complejidad inherente al estudio del cambio climático, y por ende del *Anthropogenic Global Warming (AGW)* o Calentamiento Global Acelerado, es un hecho indiscutible y aceptado por todos los frentes y corrientes, abarcando una multitud de disciplinas y áreas técnicas y científicas considerable e implicando un gran número de variables cuyo peso e influencia en el proceso

apenas sí llegamos a comprender. Por ello, el hecho constatado de que aún queda un largo camino por recorrer en el conocimiento de este fenómeno y dado que el mismo puede ser examinado desde numerosas perspectivas, subraya aún más la necesidad de alcanzar pruebas concretas y tangibles que demuestren, de forma certera, la existencia o no de un calentamiento global en el planeta y de su tendencia, pues solo a partir de ese momento podremos emprender, desde la concienciación social y guiados por la ciencia, el largo camino hacia una solución del problema equilibrada, justa y eficiente.

Ni siquiera el referente *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) o Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, dependiente directamente de la Organización de Naciones Unidas (ONU), que de hecho cuenta con un nutrido y amplísimo panel de científicos formados en áreas muy diversas y con recursos suficientes para el desarrollo de su trabajo, son lo que podríamos denominar un grupo activo en la investigación de campo. Su trabajo se limita a compendiar y analizar algunas de las investigaciones más relevantes que se llevan a cabo sobre cambio climático, para, a partir de éstas, elaborar al respecto sus reportes pertinentes de forma periódica y cuya redacción podría considerarse una suerte de hoja de ruta para gobiernos y empresas en lo que a políticas de prevención mitigación y medidas de resiliencia se refiere. Esto significa que, de algún modo, el propio IPCC depende en realidad de investigaciones y herramientas externas desarrolladas por otros investigadores, sin ningún tipo de coordinación ni objetivo

común, con las consecuencias que ello puede implicar en el avance investigativo.

Por citar un ejemplo destacado, los modelos climáticos computacionales analizados por el IPCC son diseñados por ingenieros de software bajo el criterio de climatólogos, matemáticos, físicos atmosféricos, etc., sin embargo, estos modelos experimentales pueden pasar por alto factores clave como por ejemplo la actividad microbiana a nivel de suelo en entornos postincendios forestales (Miguel Castillo *et al*, 2003. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global., p. 47 - <https://keneamazon.net/Documents/Publication/s/Virtual-Library/Equidad-Desarrollo-Social/31.pdf> [ver **R.B. n.º 3**]), un proceso biológico que puede llegar incluso a emitir más gases de efecto invernadero que el propio incendio durante su combustión. Además, los modelos computacionales a veces se basan en supuestos que los biogeoquímicos y científicos del suelo ya consideran erróneos, tal y como reza en el artículo *Una revolución en el estudio del suelo trastoca la lucha contra el cambio climático* (Popkin, Gabriel 2021 [ver **R.B. n.º 4**] https://calentamientogloblacialcelerado.net/microbioma_y_cambio_climatico_a_la_palestra.pdf) publicado el 4 de agosto de 2021 en la prestigiosa revista de divulgación “INVESTIGACIÓN Y CIENCIA” (activa entre 1976 y 2023), y recientes y sólidos trabajos corroboran que apenas hemos alcanzado a comprender la dinámica respiratoria del suelo en lo que se refiere al ciclo de gases como el carbono, como el estudio llevado a cabo por la Universidad Pablo de Olavide (UPO) y el CSIC y publicado en la revista *Nature Climate Change* (<https://www.nature.com/nclimate/>)

así como en su Diario Oficial de 5 de diciembre de 2023 bajo el título “*Determinan que el microbioma del suelo es crucial para entender las pérdidas de carbono a la atmósfera*” (Sáez-Sandino *et al*, 2023 - <https://www.upo.es/diario/ciencia/2023/12/determinan-que-el-microbioma-del-suelo-es-crucial-para-entender-las-perdidas-de-carbono-a-la-atmosfera/> [ver R.B. n.º 5]).

3. ¿ES ANTROPOGÉNICO? A la búsqueda de culpables

Con la única pretensión de que podamos comprender mejor el contenido de este apartado trataremos de hacer un sencillo ejercicio mental que nos ayude a visualizar una proporcionalidad precisa del entorno al que nos referiremos. Para ello, imagine a la Tierra del tamaño de una esfera de un metro de diámetro, perfecto, pues el tamaño de nuestra atmósfera, a nivel de troposfera que es donde se desarrollan todos los fenómenos meteorológicos, equivaldría aproximadamente a una capa de un milímetro de grosor sobre la esfera imaginada, apenas un manto de barniz cubriendo la esfera de nuestro planeta.

Si bien la radiación electromagnética del Sol es considerada la fuente energética troncal de todo el sistema climático, las teorías sistémicas del clima desarrolladas durante la segunda mitad del siglo XX y que tuvieron su origen en los trabajos de Ludwig von Bertalanffy y materializados en su obra *TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS* publicada en 1969, conceptúan al sistema climático como un sistema abierto o cerrado,

dependiendo si consideramos el suministro de radiación solar como variante o constante, en cuyo último caso se podría prescindir y atribuir exclusivamente al funcionamiento interno del sistema el automantenimiento del mismo. Apoyados en esta teoría, numerosos expertos defienden la hipótesis de que el sistema climático oscila entre dos estados estables distintos y que serían los períodos glaciales e interglaciales, con períodos de transición entre estados que, en función de factores aún por determinar, tienden a acelerarse o frenarse.

A partir de este escenario, lo que una gran parte de opiniones escépticas están cuestionando es si la actividad del ser humano está influyendo en esta transición y en qué medida lo hace, debatiendo, cuando no negando directamente, aun aceptando a veces la existencia de un calentamiento global e incluso un cambio climático incipiente, el factor antropogénico de dicho fenómeno.

Algunas voces escépticas no alineadas con la tesis “oficial” defendida por una parte mayoritaria, argumentan que los intercambios energéticos que se producen a nivel superficial a través de la circulación general atmosférica, y la circulación oceánica, son mecanismos con capacidad suficiente para compensar los posibles desequilibrios en el balance de radiación solar o incluso variabilidades producidas en el marco de la atmósfera, hidrosfera, litosfera y biosfera.

Sin embargo, y aun a pesar de las dificultades que la ciencia enfrenta para descifrar todas y cada una de las variables e incógnitas implicadas en la ecuación climática y dar respuestas a todos los planteamientos,

cada día resulta más difícil no aceptar que la Tierra está sufriendo cambios significativos en muchos aspectos motivados por la actividad humana.

En noviembre de 2022 la población mundial superó los ocho mil millones de personas (fuente oficial acreditada: <https://www.worldometers.info>) y entre 1959 y 1999, un plazo de solo 40 años equivalente aproximadamente a la milésima fracción del tiempo de existencia del *Homo sapiens sapiens* sobre la Tierra, la población mundial se duplicó pasando de 3 a 6 mil millones.

Además de la innegable creciente actividad industrial y el aumento de los requerimientos de recursos naturales, otros fenómenos como la fusión de hielos en el permafrost y la liberación masiva de metano e incluso el forzamiento antrópico de los incendios forestales a escala global como catalizador del proceso, podrían estar impactando ya de forma determinante y situándonos ante un cambio climático abrupto.

En el caso de los incendios forestales, un agente de potencial subestimado y considerado hasta hoy por algunos ecólogos como una mera constante ecológica natural, es crucial reseñar que el origen de la mayor parte de ellos se encuentra, directa o indirectamente, ligados a la acción del hombre y esto tiene unas implicaciones decisivas. En España, pese a no contarse con cifras muy precisas en este sentido, nos encontramos con estudios afirmando que, para el periodo 1983-1996, según las estadísticas oficiales, el 96% de los incendios se debieron a causas humanas, y así lo recoge el minucioso trabajo conjunto titulado LA INCIDENCIA DE LOS INCENDIOS

FORESTALES EN ESPAÑA, suscrito por tres investigadores pertenecientes al Departamento de Geografía de la Universidad de Alcalá de Henares (M. Pilar Martín, Emilio Chuvieco e Inmaculada Aguado, 1998. ISSN: 1136-5277) así como otros algo más recientes como el publicado por la Asociación de Geógrafos Españoles (AGE) en su Boletín nº47 y suscrito esta vez por investigadores del Instituto de Economía y Geografía (IEG) y el Centro de Ciencias Humanas y Sociales dependiente del CSIC (Lara Vilar del Hoyo, M^a Pilar Martín Isabel y Javier Martínez Vega, 2007), y aunque si bien el alcance del estudio queda circunscrito a las comunidades autónomas de Madrid y Valencia, el propio texto aporta datos extensivos a toda España prácticamente idénticos a los del estudio anterior, alegándose que, “según las estadísticas oficiales el 96,1 % de los incendios que ocurren en España obedecen a causas humanas (DGB, 2006).” (Vilar del Hoyo *et al*, 2007, p.6).

En esta línea, estudios algo más recientes como el de *Human dimensions of wildfires in NW Spain: causes, value of the burned vegetation and administrative measures* (Dimensiones humanas de los incendios forestales en el noroeste de España: causas, valor de la vegetación quemada y medidas administrativas), coinciden igualmente en que “los seres humanos son hoy en día la principal causa de los incendios forestales en muchas zonas del mundo”, (Calviño-Cancela *et al*, 2023).

Si recurrimos al análisis de expertos de otros países de nuestro entorno acerca de la cuestión del origen antrópico de los incendios,

las conclusiones parecen confluir en un criterio bastante uniforme. En este sentido, el catedrático Domingo Xavier Viegas, del departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Coimbra (Portugal) que desde 1990 preside la Asociación para el Desarrollo de la Aerodinámica Industrial, organismo que coordina el Centro de Estudios sobre Incendios Forestales, ya afirmó en 2007 en base a su análisis pormenorizado del caso de Portugal, que “El 95 por ciento de los incendios son causados por el hombre” y que “el cambio climático hace pensar que la situación se va a agravar en los próximos años”. Y agravar aquí es un término que asusta. En sus análisis, el profesor Xavier Viegas alegó que en 1980 hubo en Portugal 2 mil incendios que afectaron a más de una hectárea, y que veinticinco años después, en 2005, el número de fuegos que habían quemado más de una hectárea era ya de 35 (treinta y cinco) mil, apuntando en el cierre de su conferencia de 2007 en la Universidad de Vigo que “los incendios forestales dependen de muchas condiciones naturales, pero el hombre es su principal factor y agente” (Viegas, Xavier, 2007).

Resulta obvio que no todos los territorios ni países sufren el azote de los incendios por igual ni sus causas responden a idénticos factores, pero lejos de ser un problema exclusivo de algunas regiones, parece ser que el factor antrópico se extiende más allá de nuestro continente a otras regiones del planeta. Al otro lado del Atlántico, en 2021, el SERFOR (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre) dependiente del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Estado Peruano, hacía pública la noticia “El 95% de los

incendios forestales son provocados por causas humanas”, atribuyendo éstos al “descontrol producido por la quema de residuos agrícolas, habilitación de áreas de cultivo, cambio de uso de suelos y algunas creencias sobre uso del fuego” (<https://www.gob.pe/institucion/serfor/noticias/619348-el-95-de-los-incendios-forestales-son-provocados-por-causas-humanas>).

Algunas investigaciones aisladas publicadas en nuestro país como el estudio titulado *Recent fire régime in peninsular Spain in relation to forest potential productivity and population density* (Régimen de incendios reciente en la España peninsular en relación con la productividad potencial forestal y la densidad de población) llevado a cabo por un grupo de investigadores del CSIC (De la Cueva, Del Barrio, Ortega, Sanchez-Palomares. *International Journal of Wildland Fire* 15(3): 397-405 [2006]), incluso han tratado de explorar posibles correlaciones entre el régimen de incendios y la superficie de área quemada con la densidad de población y la productividad potencial de los bosques en la península Ibérica, concluyendo que, “*si bien es difícil establecer relaciones de causa y efecto entre fenómenos complejos que dependen de una gran cantidad de factores, se considera muy relevante encontrar relaciones estadísticamente significativas entre los factores aludidos*”.

Lo cierto es que, a medida que verificamos numerosas fuentes publicadas por diferentes estudios y sobre áreas geográficas diversas, parece constatable que la mayoría de los incendios forestales son atribuidos, de forma

directa o indirecta, a la actividad humana estimándose que aproximadamente entre el 75% y el 90% de todos los incendios forestales en el mundo son causados por actividades como la quema de terrenos para la agricultura, la quema de residuos, la negligencia (por ejemplo, cigarrillos mal apagados o fogatas no controladas), así como actos de vandalismo o incendios provocados intencional o accidentalmente. Si a este factor absolutamente antrópico unimos un crecimiento poblacional casi geométrico es, cuando menos bastante probable, que el ritmo y los regímenes de incendios forestales a escala global se vean incrementados de forma considerable como consecuencia de la sinergia de ambas variables.

Por supuesto, es importante destacar que estos porcentajes pueden variar según la región y las condiciones específicas de cada área. En algunos lugares, la proporción de incendios causados por humanos puede ser incluso mayor, mientras que en otros, factores naturales como rayos pueden jugar un papel más significativo.

En cualquier caso, los incendios forestales emiten carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) a la atmósfera liberando en pocas horas, no solo durante el proceso de combustión sino también en la fase postincendio según se desprende del estudio de Miguel Castillo Soto, ingeniero del Laboratorio de incendios forestales de la Universidad de Santiago de Chile y plasmado en el informe ya citado aquí con anterioridad (Miguel Castillo *et al*, 2003), cantidades ingentes de estos gases de efecto invernadero almacenadas durante varias decenas de años. En su estudio, el

ingeniero chileno apunta a una pérdida media anual de bosques estimada entre los 30 y 45 millones de hectáreas en ambos hemisferios, los estudios realizados por un equipo de científicos norteamericanos basado en tecnología satelital (Giglio, L., van der Werf, G. R., Randerson, J. T., Collatz, G. J., and Kasibhatla, 2006. *Global estimation of burned area using MODIS active fire observations*, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 957–974. 2006. <https://doi.org/10.5194/acp-6-957-2006>)

En respuesta a la lógica, parece posible que la destrucción de estos sumideros pueda reducir significativamente la capacidad de procesamiento de dichos gases a escala global, lo que implicaría un desequilibrio sustancial en el balance y cuyos efectos podrían tener capacidad para alterar el equilibrio en los ciclos gaseosos.

Y a tenor de todo lo expuesto, ¿Debemos por tanto entender que un posible exceso de incendios forestales a escala global podría estar forzando el fenómeno del calentamiento global hacia un proceso acelerado?. No podemos afirmarlo, pero tampoco desmentirlo.

En cualquier caso, el caso de los incendios forestales como factor de forzamiento antrópico hacia un cambio climático abrupto ha sido traído a colación como mero ejemplo de la complejidad a la que nos enfrentamos y se trata de una variable de primer orden implicada en la ecuación climática, sumada a las emisiones industriales antrópicas, y cuyo peso, impacto y tendencia, aún no hemos llegado a calibrar a tenor de los prácticamente inexistentes estudios publicados al respecto.

Sin embargo, y a pesar de las muchas cuestiones y dudas que la investigación debe aún descifrar, la búsqueda y el estudio de las causas y efectos del cambio climático y del calentamiento global no puede detener ni ralentizar en absoluto nuestro avance investigativo en la búsqueda de pruebas y una consecuente acción decidida, éste es un lujo que no estamos en situación de permitirnos.

4. EL NIVEL MEDIO DEL MAR COMO PRUEBA DEFINITIVA FRENTE AL CALENTAMIENTO GLOBAL ACELERADO. El principio de responsabilidad

En un escenario hipotético sin hielo y basándonos en una reciente reconstrucción paleoclimática llevada a cabo por un equipo de la Universidad Rutgers en Nueva Jersey (Miller *et al*, 2020. *Cenozoic sea-level and cryospheric evolution from deep-sea geochemical and continental margin records*. [ver **R. B. n.º 7**]), el nivel del mar sería 66 metros más alto que el actual, (<https://www.tiempo.com/ram/reconstruccion-paleoclimatica-del-nivel-del-mar.html>).

Las reconstrucciones paleoclimáticas del nivel del mar indican indefectiblemente que éste ha fluctuado alrededor de 120 metros durante los periodos máximos glaciares e interglaciares. Dado que dicha fluctuación en el nivel medio responde básicamente a la congelación y fusión de una fracción porcentual del volumen total de agua existente en el planeta y a la expansión térmica que experimenta el agua con el aumento de su

temperatura, podemos por tanto afirmar con certeza que el aumento en el nivel medio global del mar es un factor directamente asociado al calentamiento global de nuestra atmósfera al integrar estas dos variables sensibles y directamente proporcionales al aumento de temperatura y que son, por un lado, la expansión térmica del océano, y por otro, el aumento volumétrico de éste como resultado de la fusión de los hielos continentales presentes en los glaciares, Groenlandia y la Antártida (ver ANEXO-GRÁFICAS [Gráfica-1]).

El aumento del nivel del mar supone uno de los mayores riesgos del calentamiento global y amenaza con inundar áreas bajas y planas en las costas, incluyendo ciudades, pueblos e infraestructuras críticas. Esto podría desplazar a millones de personas, causando una crisis humanitaria y económica sin precedentes en la historia conocida. Las zonas más vulnerables son las islas bajas, los deltas de los ríos y las costas con alta densidad de población. Además, otros efectos directos e inmediatos serían la erosión costera, la salinización del agua dulce, daños a infraestructuras críticas como puertos, carreteras, etc., pérdida de biodiversidad y supervivencia de muchas especies, intensificación de las tormentas costeras, la acidificación del océano y la pérdida de productividad agrícola e impactos en la salud humana aún no calibrados, incrementando la incidencia de enfermedades transmitidas por mosquitos, como el dengue y la malaria así como el aumento del riesgo de enfermedades respiratorias y problemas de salud mental. Si consideramos que aproximadamente la mitad de la población mundial habita en zonas costeras, versar acerca del impacto de una

subida del nivel del mar del orden de varios metros en un plazo no asumible nos sitúa de facto ante un escenario poco menos que apocalíptico.

Conscientes del enorme problema en el que puede convertirse un aumento relativamente rápido del nivel medio del mar, ya a comienzos de la década de los años ochenta del pasado siglo y de forma un tanto visionaria, algunos científicos de la *Environmental Protection Agency (EPA)* o Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, focalizaron su trabajo en el estudio del riesgo del aumento del nivel del mar elaborando un método minucioso para la proyección de cálculos futuros, estimando sus previsiones hasta el año 2100 y plasmando su estudio en la magnífica obra digna de mención *PROJECTING FUTURE SEA LEVEL RISE. Methodology, Estimates to the Year 2100, and Research Needs* (PROYECTANDO EL FUTURO AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR. Metodología, estimaciones hasta el año 2100 y necesidades de investigación [ver **R.B. n° 6**]), impulsada por J. S. Hoffman en 1983 y colaborada por un importante equipo de expertos. Una obra sin duda pionera que contó con la revisión paritaria de más de cien científicos y el apoyo por parte ingenieros de software que pusieron a punto los primeros modelos computacionales atmosféricos y del ciclo del carbono utilizados en la ciencia del clima.

Sin embargo, trabajos más recientes en este campo como el publicado en junio de 2019 en el repositorio de papers científicos *ResearchGate* entre otros medios de

publicación científica (https://www.researchgate.net/publication/335181581_Probabilistic_Sea_Level_Projections_at_the_Coast_by_2100) y analizando todos las proyecciones probabilísticas publicadas en este sentido y titulado “*Probabilistic Sea Level Projections at the Coast by 2100*” (Proyecciones probabilísticas del nivel del mar en la costa para 2100), (S. Jevrejeva , T. Frederikse, R. E. Kopp, G. Le Cozannet, L. P. Jackson, R. S. W. van de Wal, 2019), dicho estudio reconoce ya en su preámbulo que, “*A pesar de los importantes avances en la ciencia acerca de la comprensión científica de los mecanismos físicos que contribuyen al cambio del nivel del mar, las proyecciones más allá de 2050 siguen siendo muy inciertas*” (<https://doi.org/10.1007/s10712-019-09550-y>).

En este campo de las simulación reservado ya al inalcanzable poder de cálculo de las modernas computadoras, una reciente colaboración de numerosos investigadores e ingenieros de software ha desembocado en un avanzado simulador computacional de código abierto, el *Python Coastal Impacts and Adaptation Model (pyCIAM)*, creado a partir del *Coastal Impacts and Adaptation Model (CIAM)*, (Diaz, 2016). Este nuevo modelo de código abierto escrito en el versátil y popular lenguaje de programación *Python* y publicado en julio de 2023 (<https://doi.org/10.5194/gmd-16-4331-2023>), convierte la herramienta en mucho más flexible además de permitir su uso y ajuste a nuevos investigadores, a la vez que mejora la eficiencia computacional y permite actualizar supuestos cuando se proporcionan al modelo datos y conocimiento anteriormente no contemplados.

Por otro lado, y en lo que atañe al carácter acelerado de dicho calentamiento global, parece ser también un hecho probado toda vez observados los registros obtenidos en las últimas décadas y a tenor de los datos facilitados por la ESA (ver ANEXO-GRÁFICAS [Gráfica-2]) en la que se aprecia una ligera tendencia creciente en la curva. Este desvío en el aumento de la curva y en el que también coincide la última investigación amparada por el CSIC (Vargas Yañez et al, 2023 [ver R.B. nº 8]), puede estar provocado por un mayor forzamiento en las variables causales que producen el fenómeno (principalmente emisiones antropogénicas), por estar inmersos en un proceso de retroalimentación positiva de los factores ya comentados (variabilidad del albedo en superficies y fusión acelerada de los hielos continentales), o por la conjunción de ambas razones. Lo cierto es que los registros del nivel medio del mar obtenidos por tecnología satelital parecen constatar igualmente un aumento en el ritmo propio de un proceso acelerado y cuyo sentido y grado en la tendencia deberá ir consolidándose en los próximos años.

La omisión de pruebas contundentes en el discurso divulgativo sobre el cambio climático constituye un yerro de magnitud atribuible, en gran medida, al propio colectivo científico. Una evidencia empírica de este fenómeno, como es la elevación sostenida del nivel medio del mar desde el inicio de los registros es relegada por sistema a un segundo plano en simposios y conferencias dedicadas a la materia o, como mucho, aducida como algo futurible. Esta negligencia no solo menoscaba la fuerza del

mensaje transmitido al público y a la propia comunidad científica implicada, sino que debilita la percepción de la urgencia y la gravedad inherentes al problema.

El incremento del nivel medio del mar, básicamente impulsado por la expansión térmica de los océanos y el deshielo de masas glaciares, debe considerarse como un indicador palpable y cuantificable del calentamiento global y su contundencia reside en su capacidad para sintetizar, visual y estadísticamente, las consecuencias del cambio climático a las que nos enfrentamos, haciendo patente la realidad del mismo más allá de cualquier argumentación especulativa. La falta de énfasis en esta prueba irrefutable en foros y círculos de discusión científica no solo es un desacierto estratégico, sino una omisión que podría rozar la irresponsabilidad.

Es por tanto imperativo que el colectivo científico, en su rol de guardián del conocimiento y mediador entre la complejidad del saber especializado y la comprensión pública, reconsidere la estructura de su comunicación y unifiquen las prioridades de su mensaje. Deben priorizarse los datos empíricos incontestables, como el ascenso del nivel del mar, para construir un relato que sea a la vez riguroso y accesible. La crítica aquí expuesta no busca menoscabar la valía de la comunidad científica, sino más bien instar a una reflexión sobre la práctica divulgativa, con el único fin de reforzar el mensaje sobre la realidad del cambio climático y movilizar a la sociedad hacia la acción y la mitigación efectivas. La divulgación científica debe erigirse como un puente hacia el entendimiento y la

concienciación y no una barrera que diluya la percepción de la que puede ser una de las mayores amenazas a nuestra continuidad y bienestar como especie

5. DIFICULTADES EN LAS MEDICIONES. Antecedentes y situación actual

En las últimas décadas, ya desde finales del siglo pasado, la adopción de tecnología satelital ha marcado un avance sin precedentes en la precisión de la medición del nivel del mar, superando ampliamente la capacidad de las tradicionales redes de mareógrafos y otros métodos rudimentarios. La tarea de recopilar datos y registros del nivel medio del mar a escala planetaria, que a primera vista podría parecer algo banal, entraña una complejidad inherente debido a la dinámica intrínseca del propio océano y también a la intervención de múltiples factores geológicos (deformación de la corteza terrestre), climáticos, estacionales y gravitacionales, entre otros. Es importante por ello destacar que el nivel medio del mar no ni mucho menos un parámetro homogéneo, presentando además distintos niveles de expansión térmica en diferentes zonas. De hecho, la tecnología satelital ha registrado que en algunas áreas el nivel medio del mar puede incluso disminuir en comparación con otros puntos debido al enfriamiento del agua, aunque estas áreas son muy minoritarias en comparación con las que han experimentado un aumento de temperatura.

Debido a las dificultades inherentes a la hora de promediar las series de registros, la

responsabilidad tradicionalmente asignada a la red de mareógrafos distribuidos a lo largo del litoral de diversos países ha sido finalmente reemplazada por la tecnología satelital debido a su mayor capacidad y precisión. En este sentido, el programa COPERNICUS/COPERNICO comenzó a monitorizar muestras del nivel del mar a escala global ya en 1993 y según informó en su día la propia ESA:

“Entre 1993 y 2018, el nivel del mar se incrementó 3,2 mm de media al año en nuestro planeta. Esta tasa se ha acelerado en los últimos años y se espera que siga creciendo en el futuro” (

https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/Convocatoria_de_medios_Un_ultimo_vistazo_al_satelite_Sentinel-6).

Hasta noviembre de 2020, una flota de satélites (ver ANEXO-GRÁFICAS [Gráfica-2]) ha venido realizando la medición del nivel del mar: las misiones *Topex-Poseidón* y *Jason* (1º, 2º y 3º) de Francia y Estados Unidos, anteriores misiones de la ESA como los satélites *ERS*, *Envisat* y *CryoSat*, así como el satélite *Sentinel-3* (con capacidad para monitorizar cambios en el nivel del mar), pero es a partir del 21 de noviembre de 2020 cuando el satélite *Sentinel 6 Michael Freilich* (en conmemoración al Dr. Michael Freilich, ex-director de la División de Ciencias de la Tierra de la NASA e incansable defensor del progreso en las mediciones satelitales del océano), integrado en el programa conjunto COPERNICUS/COPERNICO de la agencia

espacial europea (ESA) y la estadounidense (NASA) y con capacidad para cartografiar hasta el 95% de la superficie marina cada diez días, toma el relevo en esta área asumiendo el protagonismo absoluto en dicho cometido (https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-6).

El interés de la ciencia satelital por la medición precisa del nivel del mar parece estar creciendo con fuerza, no en vano, el gemelo de *Sentinel-6 Michael Freilich*, el *Sentinel-6B*, con idéntico cometido a su predecesor, está programado para lanzarse en el 2025 y continuar las mediciones durante al menos otra media década (fuente: ESA).

En cualquier caso, los registros satelitales monitoreados entre 1993 y 2021 indican que el nivel medio del mar ha aumentado 100,8 mm durante el periodo de referencia. Este incremento representa un incremento medio anual de aproximadamente 3,2-3,6 mm, dependiendo de la fuente, la serie y los cálculos aplicados, y si nos remontamos a fuentes de registros anteriores a la etapa satelital, el crecimiento también se confirma con un ascenso aproximado entre 1900-2010 de algo más de 200 mm (Collins *et al*, 2007), con un ritmo de crecimiento claramente en aumento.

En este escenario de metodología y medios, es susceptible que en pocas décadas, tal vez menos, podamos confirmar sin apenas margen de error el grado de aceleración en la tendencia incremental que ya parece observarse (ver ANEXO - GRÁFICAS [Gráfica-2])

6. CONCLUSIONES

A pesar de las dificultades inherentes a la medición y el cálculo del nivel medio del mar en un medio heterogéneo y altamente dinámico como nuestros océanos y dada la alta fiabilidad de las fuentes consultadas, parece existir un consenso claro en torno al aumento continuo que el nivel del mar ha experimentado desde que se vienen recopilando registros, situándose el mismo ligeramente por encima de los tres mm anuales con pequeñas variaciones según la fuente bibliográfica consultada.

Basándonos ya en datos satelitales de máxima precisión correspondientes éstos a las últimas décadas, también parece confirmarse un cierto consenso en cuanto a la tendencia mostrada en los últimos 10-15 años, observándose en dicho periodo un aumento en el ritmo de incremento, sin poder descartarse que el colapso de plataformas continentales (Antártida) o una continua retroalimentación positiva por parte de variables aún no calibradas con precisión (tales como el albedo o la aceleración en la fusión de hielos continentales estimulada por el propio discurrir del agua sobre la superficie helada), podrían hacer saltar por los aires los plazos geoclimáticos naturales previstos en los estudios y convertir en realidad escenarios calculados en las peores estimaciones.

Por otro lado, los trabajos que vienen desarrollándose a máximo nivel como el último estudio publicado por el CSIC y liderado por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) sobre el nivel del mar basado en registros de la red de mareógrafos y satelitales a partir de 1993 (Vargas Yañez *et al*, 2023 [ver R.B. nº 8]) y en

el que se corrobora la tendencia en la curva de crecimiento cuya velocidad de aumento, según el estudio, ha llegado a duplicarse en los últimos 20 años, atribuyendo la mayor parte del mismo a la fusión de hielos continentales (Groenlandia y Antártida), son una muestra firme de que la ciencia está trabajando en este menester.

Además, el interés por este parámetro dinámico fundamental para avanzar con determinación en la investigación del cambio climático, lejos de aminorar parece ir creciendo a medida que los resultados registrados en los últimos años van consolidando una evidencia cada vez más clara, y la puesta en marcha de herramientas avanzadas como el nuevo modelo computacional de código abierto anteriormente citado, *Python Coastal Impacts and Adaptation Model (pyCIAM)*, es muy probable que puedan aportar proyecciones mucho más precisas que las actuales reduciendo considerablemente los márgenes de incertidumbre que ahora se manejan.

También resulta perfectamente plausible que nueva tecnología punta como los modelos de inteligencia artificial pasen a ocupar en algunos años un rol más destacado en la investigación a través del análisis masivo de datos, el modelado climático, el monitoreo ambiental, e incluso del razonamiento lógico automático y la validación de hipótesis, arrojando nuevos enfoques a la investigación aún no contemplados y desempeñando así un papel crucial en la carrera científica y en el desarrollo de soluciones innovadoras para combatir el cambio climático, abriendo con ello un escenario completamente inexplorado y

nuevas metas con perspectivas más esperanzadoras.

Sin embargo, el nivel medio del mar no puede considerarse únicamente como una prueba más del calentamiento global, sino la prueba más firme y sólida de la que dispone la ciencia para explicar el fenómeno en el que estamos inmersos, y la percepción social y científica debe rendirse a la evidencia sin más dilación pues subestimar los posibles factores desencadenantes de cambios climáticos abruptos que ya actuaron en el pasado, puede suponer un coste difícilmente asumible capaz de poner en jaque la propia estabilidad futura de la especie.

Ahora, con una prueba irrefutable en nuestro poder y amparados en el principio de precaución, no hay margen para la disensión en este sentido y debemos entender y asumir estos factores disruptivos involucrados en el proceso sin subestimar que los estudios paleoclimáticos demuestran la existencia de periodos de cambios climáticos abruptos en el pasado difícilmente atribuibles a procesos progresivos naturales y no explicables sin la concurrencia de fenómenos cataclísmicos de impacto global o procesos de retroalimentación positiva.

En conclusión, al abordar la compleja interacción entre el cambio climático y el aumento del nivel del mar, no deberíamos olvidar una verdad ineludible y profundamente arraigada en la sabiduría ancestral que subyace en la célebre cita "*Dios perdona siempre, el hombre a veces, la naturaleza no perdona jamás*".

La naturaleza, regida por procesos inexorables, no hace concesiones ante la negligencia o la indiferencia humana. A medida que alteramos el equilibrio de nuestro planeta mediante la emisión desenfrenada de gases de efecto invernadero y la degradación de los ecosistemas naturales, nos estamos adentrando irremediablemente en un territorio desconocido, marcado por fenómenos climáticos cada vez extremos y cambios irreversibles y desconocidos. Desprenderse de la visión cortoplacista y el enfoque egocéntrico y trivial para atenuar y reducir nuestro impacto ambiental como especie es un desafío obligatorio cuyo camino nunca deberíamos abandonar. Esto es especialmente crucial por el bien de las generaciones futuras, las jóvenes y aquellas que aún no han nacido, quienes heredarán un planeta sometido a nuestro cúmulo de aciertos y errores.

El incremento del nivel del mar no es solo una estadística alarmante, es un testimonio de las consecuencias tangibles de nuestras acciones. Frente a esto, la humanidad se encuentra en una encrucijada crítica, y aunque la ciencia nos ha provisto del conocimiento y las herramientas necesarias para mitigar estos efectos y adaptarnos a un futuro incierto, la voluntad de actuar con determinación y urgencia aún está pendiente.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS (R.B)

Ref. 1: Lomas González, Alejandro y Torrijo Murciano, Ricardo (*AEMET*, 2012). Artículo científico “EL METODO CIENTIFICO Y EL

PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMATICO”.

*Artículo completo preservado en servidor securizado:

https://calentamientoglobalacelerado.net/2012/metodo_cientifico_y_problema_cambio_climatico.pdf

Ref. 2: Manzano Barnés, María José; Espigares Rodríguez, Elena; Moreno Roldán, Elena; Dib, Amira Leila; Espigares García, Miguel.

Artículo científico “El cambio climático.

Hipótesis actuales y riesgos para la salud” -

CLIMATE CHANGE. CURRENT

HYPOTHESES AND HEALTH RISKS.

Publicado en 2016 ISSN 1579-1734. Depósito legal GR-222/2002.

*Artículo completo preservado en servidor securizado:

https://calentamientoglobalacelerado.net/2016/Cambio_climatico_Hipotesis_actuales_y_riesgos.pdf

Ref. 3: Castillo, Miguel y Pedernera, Patricio (Laboratorio de Incendios Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile) y Peña, Eduardo (Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción).

Artículo científico “INCENDIOS FORESTALES Y MEDIO AMBIENTE: UNA SÍNTESIS GLOBAL” (2003)*, p. 47 -

<https://keneamazon.net/Documents/Publication/s/Virtual-Library/Equidad-Desarrollo-Social/31.pdf>

*Artículo preservado en servidor securizado:

https://calentamientoglobalacelerado.net/2003/incendios_forestales_y_medio_ambiente_una_sintesis_global.pdf

Ref. 4: Popkin, Gabriel (2021). “Una revolución en el estudio del suelo trastoca la lucha contra el cambio climático”.

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA (04/AGO/2021).

Artículo original publicado en
QuantaMagazine.org

*Artículo completo preservado en servidor
securizado:

https://calentamientogloblacial.com/microbioma_y_cambio_climatico_a_la_palestra.pdf

Ref. 5: Sáez-Sandino, T. (2023). CSIC. Universidad Pablo de Olavide (UPO). *The soil microbiome governs the response of microbial respiration to warming across the globe*. DOI: 10.1038/ s41558-023-01868-1.

*Artículo completo preservado en servidor CSIC
<https://digital.csic.es/handle/10261/340510>

*Artículo publicado en Diario de la UPO:
<https://www.upo.es/diario/ciencia/2023/12/determinan-que-el-microbioma-del-suelo-es-crucial-para-entender-las-perdidas-de-carbono-a-la-atmosfera/>

Ref. 6: Hoffman, J. S., Keyes, Dale; Titus, James G. (EPA 1983) *PROJECTING FUTURE SEA LEVEL RISE. Methodology, Estimates to the Year 2100, and Research Needs**.

*Artículo completo revisado y preservado en servidor securizado:
https://calentamientogloblacial.com/1983projectingfuture00_nivel_medio_mar_ano_2100.pdf

Ref. 7: Miller, Kenneth *et al*, 2020. *Cenozoic sea-level and cryospheric evolution from deep-sea geochemical and continental margin records**. Universidad Rutgers, Nueva Jersey, Estados Unidos. Science 15 de mayo de 2020.
<https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaz1346>

*Artículo de prensa publicado en web oficial METEORED:

<https://www.tiempo.com/ram/reconstruccion-paleoclimatica-del-nivel-del-mar.html>

Ref. 8: Vargas Yañez, Manuel *et al*, (CSIC 2023). *Factors Contributing to the Long-Term Sea Level Trends in the Iberian Peninsula and the Balearic and Canary Islands** (Factores que contribuyen a las tendencias a largo plazo del nivel del mar en la Península Ibérica y las Islas Baleares y Canarias)

*Nota de prensa publicada por CSIC.
https://www.csic.es/sites/default/files/d7/noticia_s/ndp05junio2023_nivel_del_mar_0.pdf
<https://doi.org/10.3390/geosciences13060160>

*Artículo completo preservado en repositorio:
<https://www.mdpi.com/2076-3263/13/6/160>

8. ABREVIATURAS

AEMET: Agencia Española de Meteorología

AGE: Asociación de Geógrafos Españoles

AGW: Siglas utilizadas para referirse a *Antropogenic Global Warming*

CGA: Siglas utilizadas para referirse a Calentamiento Global Acelerado

CSIC: Centro Superior de Investigaciones Científicas (España)

DGB: Dirección General para la Biodiversidad (España)

EPA: *Environmental Protection Agency*, en español, Agencia de Protección Ambiental norteamericana

ESA: *European Space Agency*, en español, Agencia Espacial Europea

IEG: Instituto de Economía y Geografía (España)

IEO: Instituto Español de Oceanografía

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*, en español, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático

NASA: *National Aeronautics and Space Administration*, en español, Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio norteamericana

R.B.: Referencia Bibliográfica (intradocumento).

9. CONTACTO.

- info@calentamientoglobalacelerado.net
- eurocamsuite@yahoo.es
- ORCID Id: 0009-0003-2391-1026
- <https://orcid.org/0009-0003-2391-1026>
- info@calentamientoglobalacelerado.net

10. PRESERVACIÓN.

Puede acceder a la última revisión del presente artículo en línea en el servidor securizado:

- <https://calentamientoglobalacelerado.net>

11 - DERECHOS DE AUTOR SOBRE EL PRESENTE ARTÍCULO

El presente artículo fue registrado en *SAFE-CREATIVE.org* el 27 de MAYO de 2024

Código de registro: 2405268098352

Además, el artículo está protegido bajo la siguiente licencia *Creative Commons*



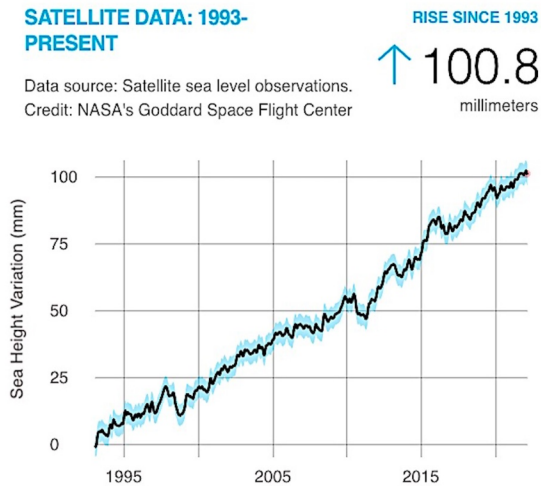
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Esta licencia permite que los reutilizadores, estudiantes e investigadores, distribuyan, remezclen, adapten y desarrollen el material en cualquier medio o formato únicamente con fines no comerciales y siempre y cuando se le otorgue la atribución al creador. Si remezcla, adapta o construye sobre el material, debe licenciar el material modificado bajo términos idénticos y citar la fuente original en los términos aquí expresados.

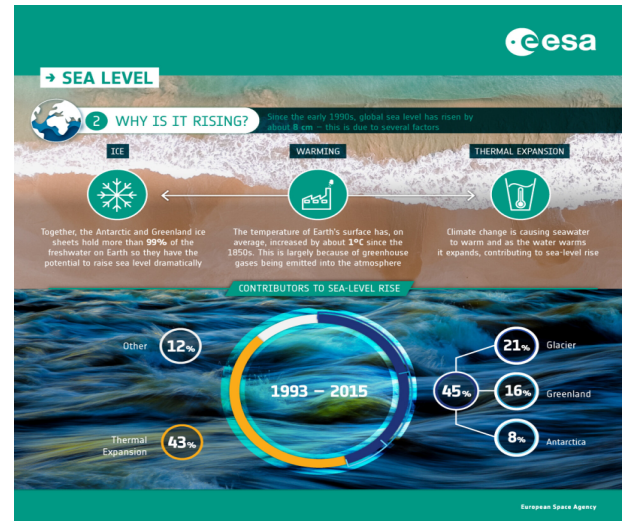
Cita artículo y autor por terceros:

El nivel medio del mar, la prueba definitiva del calentamiento global acelerado.
- *calentamientoglobalacelerado.net* ©© 2024

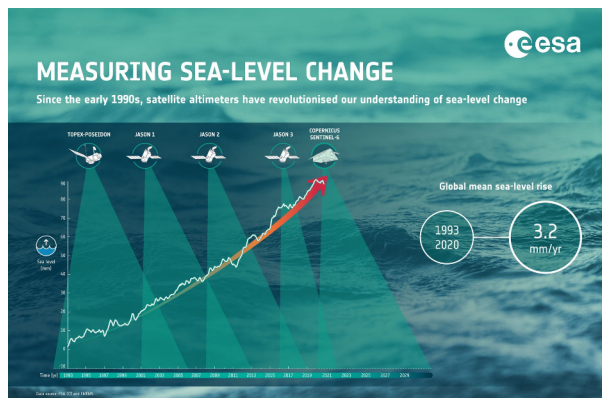
12 - ANEXO DE GRÁFICAS



GRAFICA-1. Datos hasta ENE-2021. Fuente: NASA
<https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>
 Dominio público: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=71578292>



GRAFICA-3. Fuente: ESA
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/09/Causes_of_sea-level_rise



GRAFICA-2. Fuente ESA:
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-6/Charting_sea_level