

ALGUNOS PROBLEMAS EN EL HORIZONTE DE LA POLÍTICA VERDE ACTUAL

FRANCISCO JAVIER GARCÍA ALONSO

Universidad de Oviedo

RESUMEN: La Unión Europa ha decidido tomar como objetivo prioritario la lucha contra el cambio climático. Aunque la subida de temperaturas es un problema serio y urgente, la premura en la toma de decisiones puede haber llevado, en algunos casos, a soluciones inmaduras o erróneas. En este artículo se pone de manifiesto que varias de ellas tienen efectos secundarios indeseados y potencialmente peligrosos.

PALABRAS CLAVE: Cambio climático; invierno demográfico; resistencia antimicrobiana; micro y nano-plásticos; materias primas; reciclado; medidas unilaterales; investigación.

Some issues on the horizon of current green policy

ABSTRACT: The European Union has made combating climate change a top priority. While rising temperatures is a serious and urgent issue, the rush to make decisions may have, in some instances, resulted in immature or flawed solutions. This article highlights that several of these measures have unintended and potentially dangerous side effects.

KEY WORDS: Climate change; Demographic winter; Antimicrobial resistance; Micro and nano-plastics; Raw materials; Recycling; Unilateral measures; Research.

INTRODUCCIÓN

La subida global de temperaturas desde el comienzo de la revolución industrial¹ y la conveniencia de ir sustituyendo las fuentes de energía tradicionales (gas, petróleo y carbón) por otras que emitan menos CO₂² son temas de permanente actualidad, tanto en los medios de comunicación como en la política. En este sentido, llama la atención que mientras algunos autores muestran su profunda inquietud por la situación actual del clima³, un creciente número de personas e instituciones señalan los problemas causados por las políticas climáticas^{4,5,6}. En este artículo se presentarán algunos de tales problemas.

¹ NEUKOM, Raphael.

² The Royal Society.

³ RIPPLE, William J.

⁴ SÁNCHEZ DE LA CRUZ, Diego. «Las dudas de las grandes empresas financieras con respecto a este tipo de pactos empezaron a resultar evidentes en marzo de 2024, cuando el fondo más grande mundo, Blackrock, anunció que se desligaba del proyecto de certificación de inversiones Climate100+, cuyas estridentes exigencias en materia de reducción de emisiones acabaron propiciando el distanciamiento de distintos gigantes de la industria financiera....».

⁵ VIAÑA, Daniel. «El documento también pone el foco en la necesidad de equilibrar el proceso de descarbonización con la competitividad y el crecimiento económico, y lo hace ya que considera que los ambiciosos planes europeos en esta área (descarbonización) suponen un lastre».

⁶ TING, D. S.-K. «Hay evidencia de que la implementación extensiva e intensiva de algunas soluciones al cambio climático puede alterar significativamente el medio ambiente y los ecosistemas de maneras no deseadas».

Los informes del IPCC⁷, punto de partida imprescindible en este tipo de discusiones, gozan de considerable crédito. Sin embargo, sus predicciones deben analizarse con conocimiento de causa para poder valorarlas adecuadamente⁸.

Aunque los diagnósticos del IPCC fueran correctos, las políticas que se han venido aplicando⁹ no son muy alentadoras, no sólo porque algunos países de importancia capital nunca se han adherido a los acuerdos internacionales (China e India) o lo hayan hecho de forma intermitente (EEUU), sino porque la mayor parte de las medidas concretas adoptadas han sido de dudosa eficacia, por ejemplo, sólo 63 de 1.500 acciones para reducir emisiones de gases de efecto invernadero han tenido éxito¹⁰.

A eso hay que añadir otra serie de cuestiones colaterales que suelen pasar desapercibidas. En primer lugar, la angustia que generan las noticias sobre el cambio climático, que los psicólogos han llegado a denominar eco-ansiedad, y que es particularmente preocupante en niños y adolescentes¹¹. En segundo lugar, la obsesión por el cambio climático, en cuanto implica una falta de atención a otros problemas serios que la humanidad debe afrontar de modo inmediato, como son el invierno demográfico¹², el creciente número de bacterias resistentes a los antibióticos¹³ y los efectos en nuestra salud de los micro y nano-plásticos, que ya están en nuestro cuerpo¹⁴. En tercer lugar, los problemas ambientales¹⁵ y morales¹⁶ que genera la extracción de los minerales necesarios para las energías renovables, así como el reciclado de paneles solares¹⁷, aerogeneradores¹⁸ y baterías de coches eléctricos¹⁹. Finalmente, las medidas unilaterales europeas para reducir las emisiones de CO₂ y metano, que dejan a nuestras empresas inermes frente a competidores comerciales de países que siguen emitiendo gases de efecto invernadero²⁰.

En lo que sigue se irá analizando cada uno de los temas mencionados, utilizando como fuente de información revistas científicas de reconocido prestigio, evitando, en lo posible, noticias periodísticas u opiniones políticas.

⁷ The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

⁸ BAUMBERGER, Christoph.

⁹ UN Climate Change Conferences.

¹⁰ STECHEMESSER, Annika.

¹¹ LÉGER-GODES, Terra.

¹² MADGAVKAR, Anu.

¹³ NAGHAVI, Mohsen.

¹⁴ KOZLOV, Max. (1)

¹⁵ GRAMLING, Carolyn.

¹⁶ Nature, Editorial.

¹⁷ PEPLOW, Mark.

¹⁸ MUZYKA, Roksana.

¹⁹ YANG, Tingzhou.

²⁰ Nature Materials. Editorial.

1. SUCINTA APROXIMACIÓN A LOS INFORMES DEL IPCC

Dado que el estudio de los informes IPCC no forma parte de esta aportación, sólo se abordarán las cuestiones que sean relevantes para el propósito del artículo. Así, conviene saber que «Las proyecciones de los modelos climáticos no pueden comprobarse directamente»²¹. A pesar de ello, «Se pueden presentar razones que, respaldadas con información adicional, contribuyen a formar un argumento sólido sobre la idoneidad de un modelo climático, de manera que sus previsiones a largo plazo sean razonablemente seguras»²². Ahora bien, no todas las previsiones son igualmente fiables: «Existe un consenso generalizado de que las proyecciones son más seguras para la temperatura que para la precipitación y la mayoría de las demás variables climáticas...»²³.

También debe indicarse que para enterarse de forma rápida y concisa del contenido de los informes del IPCC lo mejor es leer la sección de respuestas a preguntas más frecuentes («Frequent Asked Questions», FAQ); las preguntas están bien planteadas y las respuestas son razonablemente claras²⁴. El panorama se puede resumir diciendo que aunque subsisten incertidumbres respecto al Clima^{25,26}, las temperaturas están subiendo, lo que debe ser motivo de preocupación.

Con todo, lo más inquietante de los informes del IPCC es la posible la aparición de graves catástrofes («Tipping points»)²⁷ como el derretimiento del hielo de la Antártida, la paralización de la corriente del golfo (más exactamente el colapso de la corriente la circulación del Atlántico Norte, AMOC²⁸), etc. Sin embargo, en la actualidad, las incertidumbres son demasiado grandes para predecir con precisión cuando aparecerán los citados «Tipping points» en respuesta al calentamiento global²⁹.

2. EL ECO-ESTRÉS

Como cabría esperar, los sucesivos informes del IPCC han sido interpretados de distintas maneras. La mera difusión de alguna versión especialmente pesimista ha llegado a causar preocupación y trastornos psicológicos en la población. Por ejemplo, en 2020 el 20% de los niños británicos, en plena pandemia del virus de Wuhan, tenían pesadillas relacionadas con el cambio climático³⁰. Se

²¹ BAUMBERGER, Christoph. p. 2.

²² *Ibídem*, p. 2

²³ *Ibídem*, p. 4

²⁴ Frequently Asked Questions.

²⁵ SIMPSON, Isla R.; *et al.*

²⁶ CHO, Renee.

²⁷ LENTON, Timothy M.

²⁸ NOAA.

²⁹ BEN-YAMI, Maya.

³⁰ Thomson Reuters Foundation.

habla así de eco-ansiedad³¹. Algunos expertos distinguen entre el «eco-estrés» que abarcaría los estadios iniciales de desasosiego y la «ecoalgia» que sería la fase más grave del proceso. «El eco-estrés se compondría de tres dimensiones: eco-ira, eco-duelo y eco-preocupación. No resulta debilitante en la vida diaria y promueve estrategias de afrontamiento como la gestión de emociones negativas y comportamientos pro-ambientales (CPA). Puede transformarse en un estado patológico, la “ecoalgia”, compuesto por dos dimensiones fundamentales: eco-ansiedad y eco-depresión, lo que provoca deterioro funcional y disminución de los CPA. Si la “ecoalgia” persiste durante más de 15 días, proponemos considerarla como un trastorno psiquiátrico completo que requiere atención médica»³². Queda así constatado que el eco-estrés puede llegar a ser motivo de preocupación seria. La situación es más difícil de controlar en el caso de niños y adolescentes; pues «...a diferencia de los adultos, los niños pueden no reconocer que sus miedos son exagerados o irracionales...»³³.

En estas circunstancias, cabe preguntarse si la situación es tan grave como algunos la describen. Para analizar este punto se debería recurrir, en primer lugar, al último informe del IPCC, el AR-6. A la pregunta de cómo va a cambiar el clima en los próximos 20 años, FAQ 4.1, la respuesta es «...aunque la dirección del cambio futuro es clara para las dos cantidades climáticas importantes que se muestran aquí (la temperatura superficial global y el área de hielo marino del Ártico en septiembre), la magnitud del cambio es mucho menos clara debido a la variabilidad natural»³⁴. Obsérvese, en primer lugar, que aunque la pregunta se refiere al clima, la respuesta sólo se refiere a dos variables: la temperatura superficial global y el área del hielo ártico. Esta respuesta está en consonancia con lo expuesto en el apartado anterior en el que se indicaba que la fiabilidad de las predicciones no es la misma en todos los campos. En segundo lugar, al decir «debido a la variabilidad natural» *de facto* se está admitiendo que todavía no conocemos con suficiente precisión los procesos naturales y, que, por tanto, es aventurado dar cifras precisas. Con todo, la cuestión de si la predicción es alarmante más que grave o al revés no queda clara.

También es posible acudir a lo que dicen los expertos, los que sí entienden la metodología y saben suficientes matemáticas para entender los cálculos sobre el futuro climático. Aquí se va a recurrir a la opinión de Steven Koonin. El Dr. Koonin fue físico teórico de CALTECH y Colaborador del IPCC. Además, fue Subsecretario de ciencia del Departamento de Energía en la administración Obama, y, por ello, poco sospechoso de ser «anticlimático». Este autor acepta las conclusiones de los informes del IPCC, en concreto que en la subida de las temperaturas el CO₂ es importante y que el hombre influye en el clima. En una entrevista ha afirmado «La idea de que el mundo se acabará a menos que detengamos los gases de efecto invernadero es simplemente una tontería» y también

³¹ PEARSON, Helen.

³² CHRISTODOULOU, Nausicaa.

³³ LOPES, Maria Cecilia.

³⁴ BERGER, Sophie; Frequent Asked Questions.

«no hay motivos para que los jóvenes estén aterrorizados por el cambio climático »³⁵. Dado que previamente se ha indicado la existencia de artículos científicos muy alarmistas³⁶, la aportación del Dr. Koonin da un margen de relativa tranquilidad. Por pura prudencia, se podría concluir que el tema, sin duda, es grave, pero no es útil caer en la desesperanza, especialmente si, como se mostrará a continuación, hay más problemas graves a los que hay que enfrentarse.

3. LOS OTROS RETOS DE LA HUMANIDAD

La profunda preocupación por el cambio climático tiende a hacer olvidar que existen otras nuevas amenazas graves para la humanidad. Una de las más serias es el envejecimiento de la población

3.1. *El invierno demográfico*

Según The Lancet³⁷ la tasa global de fecundidad (TFR en inglés) puede bajar del umbral de 2.1 hijos por mujer hacia el 2030. (Véase Figura 1). La tasa global de fecundidad es una medida demográfica que estima el número promedio de hijos que una mujer tendría a lo largo de su vida.

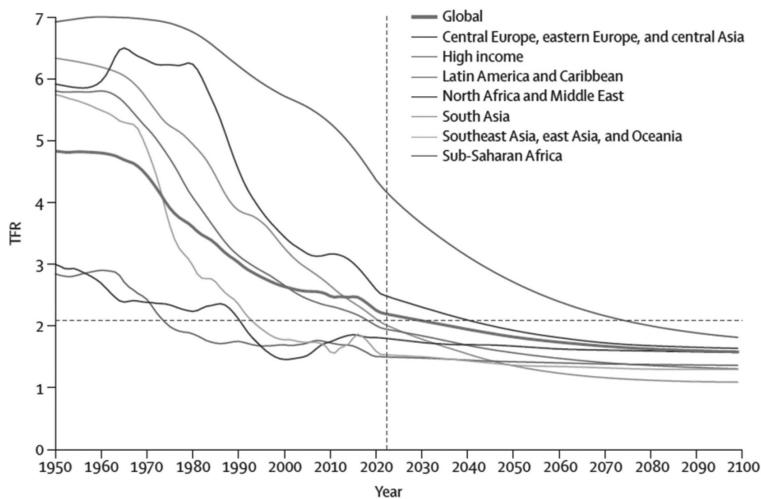


FIGURA 1

Evolución de la tasa global de fecundidad (TFR en inglés) con el tiempo, desglosado por regiones y el promedio, referencia 37. El nivel de fecundidad de reemplazo ($TFR = 2.1$) es normalmente, tomado como un punto crítico de difícil retorno, corresponde a la línea horizontal.

³⁵ ROBINSON, Peter.

³⁶ RIPPLE, William J.

³⁷ BHATTACHARJEE, Natalia V.

La caída del TFR por debajo de 2.1 no significa que la población mundial empiece a disminuir de inmediato. Probablemente se requieran unos 30 años más para que la tasa de mortalidad supere la tasa de natalidad. Con todo, la tendencia es que cada vez menos jóvenes deberán atender a un número creciente de ancianos en los países desarrollados³⁸.

Japón es un buen ejemplo de cómo puede evolucionar el panorama en los próximos años. El envejecimiento de la población ya ha provocado una disminución de las exportaciones y la ayuda prestada a los ancianos ya ha trastocado los planes de inversión del gobierno nipón. El problema afectará próximamente a China y Corea del Sur. La experiencia de Japón demuestra que las economías no podrán absorber sin desajustes el impacto de esta transición demográfica³⁹. A la dificultad de mantener las pensiones, se añade el problema de la salud de los ancianos. El hecho de que «los costes sanitarios han cambiado de dolencias agudas... a problemas de salud crónicos, incurables y a largo plazo»⁴⁰ no augura nada bueno. La sociedad europea no parece tener una idea clara del riesgo al que nos enfrentamos, y aborrece la solución más sencilla, la de tener hijos⁴¹.

Un segundo problema que se cierne en el horizonte es el de las bacterias resistentes a los antibióticos.

3.2. Resistencia antimicrobiana (RAM)

El Centro Europeo para la Prevención y el Control de Enfermedades explica que ciertos antibióticos han perdido su capacidad para matar las bacterias o detener su crecimiento. Las bacterias resistentes sobreviven en presencia del antibiótico y continúan multiplicándose, alargando las enfermedades, haciendo el tratamiento más costoso, e incluso pueden llevar a la muerte⁴².

La resistencia antimicrobiana (RAM) representa una amenaza crucial para la salud mundial, asociada con una alta morbilidad y mortalidad (1,3 millones de defunciones en 2019) hospitalizaciones prolongadas y un aumento de los costos de la atención médica. Para resolver el problema se requiere fundamentalmente el desarrollo de nuevas tecnologías y terapias antimicrobianas alternativas⁴³.

Ahora bien, aparte de los problemas propios de la investigación básica, en el caso de los antibióticos existe una dificultad adicional y es la elevada inversión (unos 1.400 millones de dólares) que deben hacer las empresas farmacéuticas para poner en el mercado cualquier producto obtenido en los laboratorios de investigación. Esta dificultad ha llevado a la bancarrota a pequeñas empresas y ha hecho que las grandes rehúsen embarcarse en el desarrollo de nuevos antibióticos. De hecho, las inversiones de riesgo en medicamentos contra el cáncer

³⁸ SANTORA, Tyler. Mientras tanto, en los países donde la pirámide poblacional no se ha invertido, la falta de empleo para los jóvenes sigue siendo un problema.

³⁹ The Lancet Healthy Longevity. Editorial, 2022.

⁴⁰ BROZA, Yoav Y.

⁴¹ World Health Organization.

⁴² European Centre for Disease Prevention and Control.

⁴³ Ho, Charlotte S.

han aumentado de forma constante durante la última década, alcanzando los 7.000 millones de dólares en 2020, mientras que las inversiones en antibióticos durante el mismo período se mantuvieron estables y ni siquiera alcanzaron los 250 millones de dólares anuales⁴⁴.

Un tercer desafío es el de la contaminación por plásticos de pequeño tamaño.

3.3. Los micro- y nano-plásticos (MNP)

El uso del plástico es capital en varios sectores: embalaje (especialmente en el envasado de alimentos), construcción, automoción, electrónica, agricultura, vestido, etc. En el sector médico, los plásticos son cruciales para la fabricación de dispositivos médicos, envases, jeringas desechables y prótesis, debido a su esterilidad y versatilidad. Por ello, hoy en día, es prácticamente imposible prescindir de los polímeros sintéticos⁴⁵.

De otro lado, hay muchos residuos plásticos que no han sido tratados adecuadamente. Ello supone una amenaza potencial para la naturaleza y ha suscitado una preocupación considerable en los medios académicos, industriales, políticos y entre el público en general. Sin embargo, existe una cierta esperanza en que el problema se vaya encauzando, en parte por la presión política, y en parte por los avances tecnológicos continuos y por la colaboración entre industrias⁴⁶. Los más optimistas esperan que la situación vaya enderezándose con el tiempo⁴⁷. (Véase Figura 2).

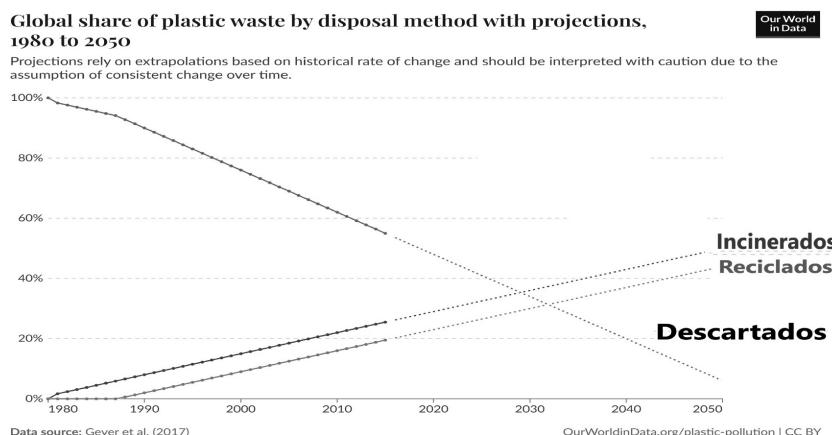


FIGURA 2
Evolución y previsión del uso final de los polímeros, referencia 4.

⁴⁴ BRÜSSOW, Harald.

⁴⁵ BEENA ÜNNI, A.

⁴⁶ PETI, Damián.

⁴⁷ GEYER *et al.*

El problema de los micro y nano-plásticos (MNP) parece más difícil de resolver⁴⁸. Los micro-plásticos son fragmentos de polímero de menos de 5 mm, (si el tamaño es inferior a 1μm de longitud se denominan nano-plásticos). Son producidos a partir objetos plásticos por abrasión, por rotura (por ejemplo, en las lavadoras), o por calor (incluso al preparar el té con una bolsita). Hay micro-plásticos en todas partes: en los océanos, en los mariscos, en la leche materna, en el agua potable, en el aire y en la lluvia. Pueden entrar al cuerpo humano por ingestión, inhalación e incluso por absorción dérmica. Una vez dentro son difíciles de eliminar por lo que se acumulan en su interior⁴⁹. Se encuentran en nuestros riñones, hígado, pulmones y, especialmente, en nuestro cerebro y no sabemos exactamente cuál es el peligro que comportan⁵⁰. Naturalmente hay mucha investigación en marcha para eliminar⁵¹, sustituir⁵² o evitar⁵³ los MNPs, pero, en conjunto, no se ha avanzado mucho. La solución más drástica, eliminar los polímeros sintéticos, no es viable hoy en día, tal como se indicó más arriba.

4. LOS INDESEABLES EFECTOS COLATERALES

La Unión Europea, en su deseo de evitar la emisión de gases de efecto invernadero, especialmente dióxido de carbono, CO₂ y metano, CH₄, ha decidido apoyar las centrales nucleares, los paneles solares, los aerogeneradores como fuentes de energía limpia y, en paralelo, los coches eléctricos. La energía nuclear está muy estudiada⁵⁴ y su principal problema sigue siendo el almacenamiento permanente de residuos, de los que solo hay uno en todo el mundo⁵⁵. Las ventajas de las energías renovables y de los coches eléctricos son muy conocidas y están muy bien descritas en cualquier buscador de internet de acceso libre. Cuesta un poco más encontrar cuáles son los problemas prácticos que plantean, lo que podríamos denominar sus efectos colaterales. Aquí se mencionarán algunas de ellas.

En primer lugar, Europa carece de suficientes materias primas necesarias para la puesta en marcha de las tecnologías limpias. Tampoco dispone del procesado de algunos metales esenciales para la fabricación de las nuevas baterías⁵⁶. En definitiva, es dependiente de países no comunitarios y potencialmente hostiles. De otro lado, la minería a gran escala, necesaria para preparar

⁴⁸ HUANG, Haipeng.

⁴⁹ KOZLOV, Max (2).

⁵⁰ KOZLOV, Max (3).

⁵¹ ZUHRA, Zareen.

⁵² ZHANG, Linzixuan..

⁵³ YU, Zimin.

⁵⁴ Consejo Seguridad Nacional.

⁵⁵ International Atomic Energy Agency.

⁵⁶ DONG, Huijuan.

las baterías de Litio, las más abundantes, afecta a los ecosistemas, y, a veces, está relacionada con la corrupción y la violación de los derechos humanos¹⁹.

En segundo lugar, existe un grave problema de reciclado. La mayor parte de las baterías de Litio¹⁹ o las palas de los aerogeneradores acaban en vertederos o en incineradoras⁵⁷, mientras que hasta el 90% de los paneles solares de EEUU acaban en los vertederos⁵⁸. Eso no ocurre porque no haya métodos de reciclado o no existan empresas recicadoras, sino porque, de un lado, estas tecnologías están en su infancia y todavía no son muy eficientes y, de otro, por la continua aparición de novedades en el mercado que impiden toda estandarización.

Por otra parte, se ha observado que los aerogeneradores producen calentamiento local durante la noche e impactos negativos en la vegetación cercana⁵⁹. Además se ha registrado una mortalidad de 0,26 animales/año/poste en la India⁶⁰.

Además, dado que las placas solares no suelen ser compatibles con el cultivo del suelo agrícola y teniendo en cuenta que un agricultor podría ganar entre diez y cien veces más dinero por alquilar su terreno para paneles solares que por cultivarlo⁶¹, se deduce que un país con sol puede acabar siendo dependiente del exterior en bienes agrícolas, de los que hasta ese momento tenía excedentes, lo que es peligroso. La alternativa de hacer grandes granjas solares en el desierto puede llegar a alterar el régimen de vientos en zonas muy amplias⁶².

Finalmente, determinados estudios señalan que el aumento de la instalación de generación de energía renovable... puede llevar a una falta de robustez de la red eléctrica⁶³.

Da la impresión que se han puesto en marcha medidas bienintencionadas, pero que no han alcanzado la necesaria madurez para minimizar los efectos secundarios indeseados.

Aún existe un efecto colateral de las medidas tomadas por la Unión Europea, pero, dada su naturaleza, merece un comentario separado. Se trata de que los esfuerzos europeos para reducir el CO₂ y el metano, que, hasta ahora, no han sido secundados por un suficiente número de países, especialmente por los grandes emisores.

5. MEDIDAS UNILATERALES

La organización «Our World in Data» indica que, en los últimos años, las emisiones de CO₂ siguen creciendo a nivel global, provocadas, en parte, por las emisiones crecientes de China e India a pesar de la notable reducción de

⁵⁷ LUND, K. W.

⁵⁸ HURDLE, Jon.

⁵⁹ QIN, Yingzuo.

⁶⁰ KUMARA, Honnavalli.

⁶¹ REINERT, Magali.

⁶² LONG, Jingchao.

⁶³ SMITH, Oliver.

Europa y EEUU⁶⁴. (Véase la figura 3, parte izquierda). De forma similar, NorTEAMÉRICA y la UE han reducido sus emisiones de metano, pero chinos e indios han seguido aumentándolas, con el consiguiente incremento de metano en la atmósfera⁶⁵. (no mostrado)

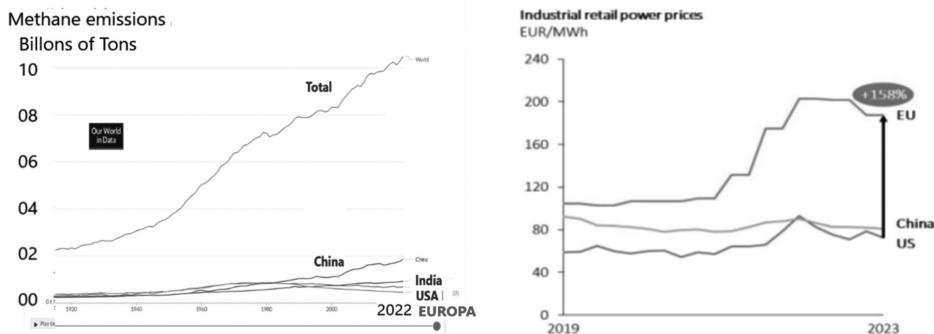


FIGURA 3

Emisiones totales de CO₂ y las debidas a China, India, USA y Unión Europea (izquierda, de arriba abajo), referencia 64. Precios de la energía industrial minorista en Europa, China y Estados Unidos (derecha, de arriba abajo), referencia 66.

Pues bien, como consecuencia de su opción por las energías alternativas y, en parte, debido a otros factores, la diferencia de precios de la energía industrial minorista entre Europa y sus competidores es enorme⁶⁶. (Véase la figura 3, parte derecha). De ahí que la competitividad europea esté cayendo. Es decir, nuestras políticas energéticas apenas influyen en la concentración de gases de efecto invernadero en el mundo, pero nos están empobreciendo.

Recientemente, la prensa ha informado de un hecho que ilustra gráficamente lo que se acaba de comentar. La naviera danesa Maersk dejó de hacer escala en el puerto de Algeciras y ahora se abastece en el puerto Tanger Med, donde no debe pagar la nueva tasa de emisiones de la UE⁶⁷.

6. ALGUNAS NOTICIAS ESPERANZADORAS

Con todo, se van encontrando soluciones parciales a algunos de los problemas expuestos, lo que alienta la esperanza. Aquí se incluyen sólo algunos de ellos a efectos ilustrativos.

⁶⁴ RITCHIE, Hannah.

⁶⁵ Our world in Data. 2024.

⁶⁶ The future of European competitiveness Part B.

⁶⁷ ROCHA, Carlos.

Continuamente están apareciendo nuevos tipos de baterías. Así, está avanzando en la creación de baterías más baratas, más limpias y más fáciles de recargar⁶⁸. De otro lado, se ha abierto una nueva línea de investigación con baterías nucleares⁶⁹.

Existen muchas líneas de investigación para convertir los gases de efecto invernadero en materiales útiles, por ejemplo, ingenieros químicos del MIT han ideado una forma de capturar metano y convertirlo en polímeros⁷⁰. Por otra parte, se ha encontrado una combinación de catalizadores que convierte el CO₂ en nano-fibras de carbono sólidas, que, convenientemente controladas, pueden ser de gran utilidad⁷¹.

Otro hallazgo importante puede ser el descubrimiento de que pintar los tejados de blanco o cubrirlos con una capa reflectante sería muy eficaz para enfriar ciudades, más que los «techos verdes» con plantas, la vegetación a nivel de la calle o los paneles solares⁷². Así mismo, se ha propuesto luchar contra la erosión costera con la electricidad en un proceso ecológico y reversible⁷³.

CONCLUSIONES

Se podría resumir lo expuesto anteriormente en unas pocas frases. La situación climática es preocupante, pero no angustiosa. Hay que tomar medidas con diligencia, pero sin olvidar otros problemas igualmente graves. Las soluciones precipitadas e inmaduras pueden convertirse en problemas igualmente serios. Las medidas unilaterales no solucionan el problema, pero son muy dañinas para los países que las adoptan. Se sigue investigando y hay espacio para el optimismo.

BIBLIOGRAFÍA

- Baumberger, Ch., Knutti, R. y Hirsch Hadorn, G. (2017). «Building confidence in climate model projections: an analysis of inferences from fit». *WIREs Clim Change* 2017, 8, e454. DOI:10.1002/wcc.454
- Bhattacharjee, N. V. et al. (2021). «Global fertility in 204 countries and territories, 1952–2021, with forecasts to 2100: a comprehensive demographic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021» *Lancet* 2024, 403, 2057–99. DOI:10.1016/S0140-6736(24)00550-6

⁶⁸ DEYSHER, Grayson.

⁶⁹ WANG, Yanhe.

⁷⁰ LUNDBERG, Daniel J.

⁷¹ XIE, Zhenhua.

⁷² BROUSSE, O.

⁷³ LANDIVAR MACIAS, Andony.

- Beena Unni, A. y Muringayil Joseph, T. (2024). «Enhancing Polymer Sustainability: Eco-Conscious Strategies». *Polymers* 2024, 16, 1769. DOI:10.3390/polym16131769
- Ben-Yami, M. et al. (2024). Uncertainties too large to predict tipping times of major Earth system components from historical data *Sci. Adv.* 2024, 10, eadl4841 DOI: 10.1126/sciadv.adl484
- Berger, S. y Connors Sarah L. (2025). Frequent Asked Questions https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGI_FAQ_Chapter_04.pdf (visto el 25/04/2025).
- Brousse, O. et al. (2024). «Cool Roofs Could Be Most Effective at Reducing Outdoor Urban Temperatures in London (United Kingdom) Compared With Other Roof Top and Vegetation Interventions: A Mesoscale Urban Climate Modeling Study» *Geophysical Research Letters* 2024, 51, e2024GL109634. DOI 10.1029/2024GL109634
- Broza, Yoav Y. et al. (2019). «Disease Detection with Molecular Biomarkers: From Chemistry of Body Fluids to Nature-Inspired Chemical Sensors». *Chem. Rev.* 2019, 119, 11761–11817. DOI: 10.1021/acs.chemrev.9b00437.
- Brüssow, H. (2024). «The antibiotic resistance crisis and the development of new antibiotics». *Microbial Biotechnology*, 2024 17, e14510. DOI: 10.1111/1751-7915.14510
- Cho, R. (2023). «What Uncertainties Remain in Climate Science?». <https://news.climate.columbia.edu/2023/01/12/what-uncertainties-remain-in-climate-science/> (visto el 24/04/2025).
- Consejo Seguridad Nacional. <https://www.csn.es/monografias> (visto el 25/04/2025).
- Christodoulou, N., Laaidi, K. y Geoffroy, P. A. (2024). Eco-anxiety: Towards a medical model and the new framework of ecolalgia *Bipolar Disorders*. 2024, 26, 532-547. DOI:10.1111/bdi.13446
- Dong, H. et al. (2025). «Sub-technology market share strongly affects critical material constraints in power system transitions». *Nature Commun* 2025, 16, 1285.DOI: 10.1038/s41467-025-56592-5
- Deysher, G. et al. (2024). «Design principles for enabling an anode-free sodium all-solid-state battery». *Nat Energy* 2024, 9, 1161-1172. DOI:10.1038/s41560-024-01569-9
- European Centre for Disease Prevention and Control. <https://www.ecdc.europa.eu/en/antimicrobial-resistance/factsheets/general-public> (visto el 25/04/2025).
- Frequently Asked Questions. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGI_FAQs_Compiled.pdf (visto el 25/04/2025).
- Geyer et al. <https://ourworldindata.org/grapher/plastic-fate-to-2050> (Visto el 25/04/2025)
- Gramling C. «Rare earth mining may be key to our renewable energy future. But at what cost?». <https://www.sciencenews.org/article/rare-earth-mining-renewable-energy-future> (visto el 25/04/2025).
- Ho, Ch. S. et al. (2024). Antimicrobial resistance: a concise update *Lancet Microbe*2025, 6, 100947. DOI:10.1016/j.lanmic.2024.07.010
- Huang, H. et al. (2025). «Microplastics in the bloodstream can induce cerebral thrombosis by causing cell obstruction and lead to neurobehavioral abnormalities». *Sci. Adv.* 2025 11, eadr8243 DOI: 10.1126/sciadv.adr8243
- Hurdle, J. «As Millions of Solar Panels Age Out, Recyclers Hope to Cash In» <https://e360.yale.edu/features/solar-energy-panels-recycling> (visto el 25/04/2025).
- International Atomic Energy Agency (2020). <https://www.iaea.org/newscenter/news-finlands-spent-fuel-repository-a-game-changer-for-the-nuclear-industry-director-general-grossi-says> (visto el 25/04/2025).

- Kozlov, M. (1) «How are microplastics affecting our health?». <https://www.nature.com/articles/d41586-025-00405-8.pdf> (visto el 25/04/2025).
- Kozlov M. (2) «Landmark study links microplastics to serious health problems». <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00650-3> (visto el 25/04/2025).
- Kozlov, M. (3) «Your brain is full of microplastics: are they harming you?». <https://www.nature.com/articles/d41586-025-00405-8> 02 2025 (visto el 25/04/2025).
- Kumara, H. *et al.* (2022). «Responses of birds and mammals to long-established wind farms in India». *Scientific Reports* 2022, 12, 1339. DOI: 10.1038/s41598-022-05159-1.
- Landivar Macias, A., Jacobsen, S. D. y Rotta Loria, A. F. (2024). «Electrodeposition of calcareous cement from seawater in marine silica sands». *Communications Earth & Environment* 2024, 5, 442. DOI 10.1038/s43247-024-01604-3.
- Léger-Goodes, T. *et al.* (2022). «Eco-anxiety in children: A scoping review of the mental health impacts of the awareness of climate change». *Front. Psychol.* 2022, 13, 872544. doi: 10.3389/fpsyg.2022.872544
- Lenton, T. M. *et al.* (2019). «Climate tipping points – too risky to bet against». *Nature* 2019, 575, 592-595. DOI: /10.1038/d41586-019-03595-0
- Long, J. *et al.* (2024). «Large-scale photovoltaic solar farms in the Sahara affect solar power generation potential globally». *Commun Earth Environ* 2024, 5, 11. DOI: 10.1038/s43247-023-01117-
- Lopes, M^a C. (2025). Climate change and its impact on children and adolescents sleep *Jornal de Pediatria* 2025, 101, S40 _S47 DOI:10.1016/j.jped.2024.10.009
- Lund, K. W. y Madsen, E. S. (2024). «Renewable and Sustainable Energy Reviews». *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2024, 192, 114234 DOI: 10.1016/j.rser.2023.114234
- Lundberg, D. J. *et al.* (2024). «Concerted methane fixation at ambient temperature and pressure mediated by an alcohol oxidase and Fe-ZSM-5 catalytic». *Nature Catalysis* 2024, 7, 1359-1371 DOI:10.1038/s41929-024-01251-z
- Madgavkar, A. *et al.* (2024). «Dependency and depopulation? Confronting the consequences of a new demographic reality». McKinsey & Company. 2024. <https://www.mckinsey.com/mgi/our-research/dependency-and-depopulation-confronting-the-consequences-of-a-new-demographic-reality> (visto el 25/04/2025).
- Muzyka, R. *et al.* (2023). «Recycling of both resin and fibre from wind turbine blade waste via small molecule-assisted dissolution». *Scientific Reports* 2023, 13, 9270. DOI: 10.1038/s41598-023-36183-4
- Naghavi, M. *et al.* (2024). «Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990-2021: a systematic analysis with forecasts to 2050». *The lancet* 2024, 404, 1199-1226. DOI: 10.1016/S0140-6736(24)01867-1
- Nature, Editorial (2021). «Lithium-ion batteries need to be greener and ethical». *Nature* 2021, 595, 7. DOI: 10.1038/d41586-021-01735-z
- Nature Materials, Editorial (2022). «Batteries show the difficulties of being greener». *Nature Materials* 2022, 21, 131 DOI:10.1038/s41563-022-01198-1
- Neukom, R., Steiger, N., Gómez-Navarro, J. J., Wang, J.y Werner, J. P. (2019). «No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era». *Nature* 2019, 71, 550-554. DOI:10.1038/s41586-019-1401-2
- NOAA. https://oceanservice-noaa-gov.translate.goog/facts/amoc.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=The%20AMOC%20is%20a%20system,surface%20water%20throughout%20the%20world (visto el 25/04/2025).

- Our world in Data. «Annual methane emissions including land use». https://ourworldindata.org/grapher/methane-emissions?tab=chart&country=OWID_WRL-European+Union%2828%29~IND~USA~CHN (visto el 25/04/2025).
- Pearson, H. (2024). «The rise of eco-anxiety». *Nature* 2024, 628, 258. DOI: 10.1038/d41586-024-00998-6.
- Peplow, M. (2022). «Solar Panels Face Recycling Challenge». *ACS Cent. Sci.* 2022, 8, 299–302. DOI: 10.1021/acscentsci.2c00214.
- Peti, D., Dobránsky, J. y Michalík, P. (2025). «Recent Advances in Polymer Recycling: A Review of Chemical and Biological Processes for Sustainable Solutions». *Polymers* 2025, 17, 603. DOI:10.3390/polym17050603.
- Qin, Y. et al. (2022). Impacts of 319 wind farms on surface temperature and vegetation in the United States. *Environ. Res. Lett.* 2022, 17, 024026 DOI:10.6084/m9.figshare.17058272.
- Reinert, M. «How science is helping farmers to find a balance between agriculture and solar farms». <https://www.nature.com/articles/d41586-024-00518-6> (visto el 25/04/2025).
- Ripple, W. J. et al. (2024). The 2024 state of the climate report: Perilous times on planet Earth *BioScience*, 74, 812-824. DOI:10.1093/biosci/biae087.
- Ritchie, H., Rosado, P. y Roser, M. "Annual CO₂ emissions by country" <https://ourworldindata.org/co2-emissions-metrics> (visto el 25/04/2025).
- Robinson, P. «Hot Or Not: Steven Koonin Questions Conventional Climate Science And Methodology». <https://www.hoover.org/research/hot-or-not-steven-koonin-questions-conventional-climate-science-and-methodology> (visto el 25/04/2025).
- Rocha, C. (2025). «Maersk cambia Algeciras por Tanger Med y enciende la alarma en el mayor puerto de España». El Cofidencial 13/01/2025 https://www.elconfidencial.com/espana/andalucia/2025-01-13/maersk-cambia-algeciras-tanger-med-alarma-puerto-espana_4042038/ (visto el 25/04/2025).
- Sánchez de la Cruz, D. (2025). Sección Libre mercado del diario Libertad digital, 15/1/2025 <https://www.libremercado.com/2025-01-15/jp-morgan-goldman-sachs-morgan-stanley-citi-y-bank-of-america-abandonan-la-alianza-climatica-de-la-onu-7206646/> (visto el 25/04/2025).
- Santora, T. (2030). «Population tipping point could arrive by 2030». <https://www.science.org/content/article/population-tipping-point-could-arrive-2030#:~:text=Low%2Dincome%20countries%20in%20sub,level%20as%20soon%20as%202030> (visto el 25/04/2025).
- Simpson, I. R. et al. (2025). «Confronting Earth System Model trends with observations». *Sci. Adv.* 2025, 11, ead78035. DOI: 10.1126/sciadv.adt803.
- Smith, O. et al. (2022). «The effect of renewable energy incorporation on power grid stability and resilience». *Sci. Adv.* 2022, 8, eabj6734. DOI:10.1126/sciadv.abj6734
- Stechemesser, A. et al. (2024). «Climate policies that achieved major emission reductions: Global evidence from two decades». *Science* 2024, 385, 884-892. DOI: 10.1126/science.adl6547.
- The future of European competitiveness Part B. In-depth analysis and recommendations. 2024. https://commission.europa.eu/document/download/ec1409c1-d4b4-4882-8bdd-3519f86bbb92_en?filename=The%20future%20of%20European%20competitiveness_%20In-depth%20analysis%20and%20recommendations_0.pdf (visto el 25/04/2025).
- The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). <https://www.ipcc.ch/> (visto el 25/04/2025).

- The Lancet Healthy Longevity. Editorial (2022). «Ageing populations: unaffordable demography». *The Lancet Health Longevity*. 2022, 3, e804 [https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanhl/PIIS2666-7568\(22\)00272-0.pdf](https://www.thelancet.com/pdfs/journals/lanhl/PIIS2666-7568(22)00272-0.pdf) (visto el 25/04/2025).
- The Royal Society <https://royalsociety.org/news-resources/projects/climate-change-evidence-causes/question-8> (visto el 25/04/2025).
- Thomson Reuters Foundation. [https://www.reuters.com/article/idUSL1N2AV1FF/#~:text=March%203%20\(Thomson%20Reuters%20Foundation,action%20to%20curb%20global%20warming](https://www.reuters.com/article/idUSL1N2AV1FF/#~:text=March%203%20(Thomson%20Reuters%20Foundation,action%20to%20curb%20global%20warming) (visto el 24/04/2025).
- Ting, D. S.-K. y Stagner, J. A. Ed. (2024). «The Costs of Climate Change Mitigation Innovations A Pragmatic Outlook». CRC Press. Boca Raton, FL (USA) 2024. ISBN 9781032516813 Preface.
- UN Climate Change Conferences. <https://www.un.org/en/climatechange/un-climate-conferences> (visto el 25/04/2025).
- Viaña, D. (2024). Diario el Mundo, 09/09/2024. <https://www.elmundo.es/economia/macroeconomia/2024/09/09/66deb99ae4d4d8404f8b457d.html> (visto el 25/04/2025).
- Wang, Y. y Weng, G.-M. (2025). «Nuclear batteries: Potential, challenges and the future». *The Innovation Energy* 2025, 2, 100079. DOI: 10.59717/j.xinn-energy.2025.100079
- World Health Organization (2024). «Towards a nuanced view and response to global fertility trends». *The Lancet* 2024, 403, 1953-1956. DOI:10.1016/S0140-6736(24)00550-6.
- Xie, Z. et al. (2024). «CO₂ fixation into carbon nanofibres using electrochemical-thermochemical tandem catalysis». *Nature Catalysis* 2024, 7, 98-109 DOI 10.1038/s41929-023-01085-1.
- Yang, T., Luo, D., Yu, A. y Chen, Z. (2023). «Enabling Future Closed-Loop Recycling of Spent Lithium-Ion Batteries: Direct Cathode Regeneration». *Adv. Mater.* 2023, 22, 03218. DOI:10.1002/adma.202203218.
- Yu, Z. et al. (2024). «Drinking Boiled Tap Water Reduces Human Intake of Nanoplastics and Microplastics». *Environ. Sci. Technol. Lett.* 2024, 11, 273–279.DOI:10.1021/acs.estlett.4c00081.
- Zhang, L. et al. (2025). «Degradable poly(β-amino ester) microparticles for cleansing products and food fortification». *Nature Chemical Engineering*, 2025, 2, 77-89. DOI: 10.1038/s44286-024-00151-0.
- Zuhra, Z. et al. (2025). «Metal-organic framework applications for microplastic remediation: exploring pathways and future potential». *J. Mater. Chem. A*, 2025, 13, 9619-9642. DOI: 10.1039/d4ta07876d.

Catedrático de Química Inorgánica de la Universidad de Oviedo. FRANCISCO JAVIER GARCÍA ALONSO
fjga@uniovi.es

[Artículo aprobado para publicación en marzo de 2025]