



DEL COMBUSTIBLE A LA MESA

¿Qué se necesita para eliminar los combustibles fósiles de los sistemas alimentarios?

Agradecimientos

Este informe es el resultado del esfuerzo colectivo de muchas personas y organizaciones. Queremos expresar nuestro agradecimiento a los miembros de nuestro Grupo de trabajo: Molly Anderson, Errol Schweizer, Raj Patel, Mamadou Goïta, Emile Frison, Jennifer Clapp, Georgina Catacora-Vargas y Pat Mooney, por sus orientaciones fundamentales y su liderazgo intelectual a lo largo del desarrollo de este trabajo. La gestión, el desarrollo y la redacción del proyecto han corrido a cargo de Nicole Pita, Nick Jacobs, Anna Paskal y Chantal Wei-Ying Clément con el inestimable apoyo de Pablo Thorne y Saskia Colombant en lo tocante a investigación. Nuestros revisores externos Lili Fuhr, Taylor Hodge, Barnaby Pace, Matthew Kessler y Anna Lappé merecen también una mención especial, por sus acertados comentarios, que apreciamos enormemente. Robbie Blake se ha encargado del diseño general y el diseño gráfico, impecable es obra de The Ethical Agency. Nuestro agradecimiento va también al conjunto de expertos y expertas que generosamente compartieron su tiempo y sus puntos de vista en entrevistas y en el pódcast Fuel to Fork, así como a nuestros compañeros de pódcast en TABLE y a la Alianza Global para el Futuro de la Alimentación, por su colaboración y apoyo.

Aprobado por el panel de IPES-Food en junio de 2025.

Cómo citar

IPES-Food. 2025. Del combustible a la mesa. ¿Qué se necesita para eliminar los combustibles fósiles de los sistemas alimentarios?

Maquetación y diseño gráfico

ethicalagency.co.za

Traducción realizada por

InBoca www.inboca.es

Con el apoyo de



ÍNDICE

Puntos clave.....	4
Introducción: poner sobre la mesa los límites de las soluciones	6
1 Limpiar de combustibles fósiles las explotaciones agrarias: ¿soluciones incrementales o falsas soluciones?	12
Fertilizantes nitrogenados «verdes» y «azules»	18
Ingeniería genética y biología sintética	21
Plataformas de agricultura digital y agricultura de precisión	24
2 Limpiar de combustibles fósiles los eslabones intermedios de la cadena: ¿soluciones incrementales o falsas soluciones?	28
«Limpiar» de combustibles fósiles la fase de procesamiento	33
Sustituir los plásticos de origen fósil por bioplásticos	35
Descarbonizar el transporte en las cadenas mundiales de suministro de alimentos	37
3 Limpiar de combustibles fósiles las cocinas y las cadenas de frío: ¿soluciones incrementales o falsas soluciones?	41
Dar el salto hacia cadenas de frío eficientes, combustibles más limpios para cocinar y cocinas electrificadas	43
4 Conclusiones: ¿qué se necesita para eliminar los combustibles fósiles de los sistemas alimentarios?	46
Los peligros de las «soluciones tecnológicas» y por qué solo funcionan los cambios verdaderamente transformadores.....	47
Limpiar el sistema alimentario de combustibles fósiles pasa por una transición energética justa	49
Enfoques holísticos para eliminar los combustibles fósiles de nuestros sistemas alimentarios	52
5 Recomendaciones	67
Notas al pie	75



PUNTOS CLAVE

Los combustibles fósiles son absolutamente vitales para el sector alimentario. Están profundamente imbricados en **cada eslabón de la cadena alimentaria** —representan, al menos, un 15 % del consumo total de combustibles fósiles en el mundo— y su uso en los sistemas alimentarios va en aumento. A medida que la extracción de combustibles fósiles prosigue su expansión y ante unas estrategias de descarbonización centradas en la energía y el transporte, los sectores petrolero y del gas se interesan cada vez más por los productos petroquímicos como su próxima frontera de crecimiento, con especial atención a los agroquímicos y los envases de plástico para alimentación. Y, aunque los gobiernos mundiales acordaron en la COP28 «abandonar los combustibles fósiles», todavía no se han tomado medidas para los sistemas alimentarios.

Los fertilizantes fósiles y los envases de plástico para alimentos se han convertido en el salvavidas de las empresas petroleras y de gas, que encuentran en estos productos una alternativa para seguir suministrando combustibles fósiles, incluso cuando otros sectores empiezan a descarbonizarse. Los alimentos ultraprocesados son la máxima expresión de los sistemas alimentarios basados en combustibles fósiles: se originan a partir de cultivos básicos producidos con agroquímicos fósiles, se cosechan con maquinaria alimentada con combustibles fósiles, se les da forma mediante un procesamiento industrial de alto consumo energético, se envuelven en varias capas de envases de plástico y se envían a todo el mundo.

Por su parte, **las transnacionales de la agroindustria defienden con uñas y dientes soluciones que agravan aún más la dependencia de los combustibles fósiles y los agroquímicos** y generan, además, nuevos riesgos medioambientales y de salud pública. Al mismo tiempo, las grandes corporaciones del sector alimentario trabajan con ahínco para bloquear o debilitar las políticas medioambientales y de salud pública destinadas a reducir el uso de plásticos y limitar el consumo de alimentos ultraprocesados.

La lucha contra el cambio climático pasa necesariamente por la eliminación de los combustibles fósiles de los sistemas alimentarios y, a pesar de ello, este sigue siendo uno de los principales puntos ciegos en los debates sobre política climática y alimentaria.

Las principales conclusiones del informe son las siguientes:

- **Los sistemas alimentarios consumen casi la mitad del total de los productos de la industria petroquímica de todo el mundo,** principalmente en forma de fertilizantes sintéticos y envases de plástico para alimentos y bebidas
- Un tercio de todos los productos petroquímicos se destinan a la producción de fertilizantes nitrogenados sintéticos, que se han convertido en el mayor consumidor individual de combustibles fósiles en la agricultura
- El 99 % de los fertilizantes nitrogenados y pesticidas sintéticos proceden de combustibles fósiles
- Al menos, el 3,5 % de los plásticos de todo el mundo se destinan a la producción alimentaria, y el 10 % al envasado de alimentos y bebidas.
- Aunque el transporte de alimentos depende también de combustibles fósiles, su impacto es relativamente pequeño en comparación con la huella general de combustibles fósiles de los sistemas alimentarios, además de ser un sector que se está electrificando rápidamente
- Los fertilizantes de amoníaco «azul» que se están promoviendo desde la industria, los enfoques de «biología sintética» y las herramientas agrícolas digitales de alta tecnología son caros, consumen mucha energía y presentan el riesgo de perpetuar dos dependencias: la de los sistemas alimentarios de los combustibles fósiles y la de los agricultores de los productos agroquímicos
- Estas tecnologías están en manos de un grupo reducido de poderosas corporaciones, que acorralan a agricultores y agricultoras en sistemas de monocultivo industrial y agudizan así los desequilibrios de poder que dominan los sistemas alimentarios
- Los sistemas alimentarios dependientes de los combustibles fósiles están peligrosamente expuestos a las turbulencias económicas: los picos de precios del petróleo y el gas provocan subidas repentinas en el precio de los fertilizantes y los alimentos, lo que pone a millones de personas en riesgo de padecer hambre



Los sistemas alimentarios son un frente crítico en la lucha contra los combustibles fósiles. Para romper el estrecho vínculo entre alimentación industrial y combustibles fósiles, debemos eliminar gradualmente los productos agroquímicos y ampliar de escala la agricultura agroecológica, las cadenas de suministro de alimentos locales y los entornos alimentarios saludables. Esta transición ya está en marcha y, a un ritmo más acelerado, puede dar lugar a sistemas alimentarios más sanos, justos y resilientes frente al cambio climático.

Pasos necesarios para sacar los combustibles fósiles de los sistemas alimentarios:

- Impulsar una transición energética justa que apueste por el crecimiento y la distribución equitativa de las energías renovables
- Eliminar gradualmente los productos agroquímicos y promover la producción agroecológica
- Reconstruir las cadenas locales de suministro de alimentos
- Reducir el plástico mediante la ampliación de escala de los sistemas de reutilización y la exigencia de rendición de cuentas por parte de las empresas
- Reducir el consumo de alimentos ultraprocesados y ampliar el acceso a alimentos sanos
- Eliminar el desperdicio de alimentos y promover las cocinas eléctricas y limpias
- Limitar el poder de las corporaciones y democratizar la gobernanza de los sistemas alimentarios





INTRODUCCIÓN: PONER SOBRE LA MESA LOS LÍMITES DE LAS SOLUCIONES

Si bien el impacto climático de nuestros sistemas alimentarios es un hecho reconocido desde hace años, a día de hoy resulta imposible pasarlo por alto. Está demostrado que los sistemas alimentarios son responsables de alrededor de un tercio de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero (GEI). La agricultura y los cambios asociados en el uso de la tierra son los causantes de la mayoría de estas emisiones y de una cuarta parte del total de las emisiones de GEI a nivel mundial, principalmente debido a la conversión de la tierra a sistemas de producción de cultivos básicos con un alto consumo de productos químicos y de recursos, y a la destrucción de los bosques para su uso como pastos para el ganado.^{1,i} La producción y el uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados son por sí solos responsables de aproximadamente el 2 % de los GEI mundiales.²

Es cierto que, actualmente, se reconocen las emisiones producidas por los sistemas alimentarios, pero curiosamente, se está prestando mucha menos atención a los combustibles fósiles que los sostienen. En su informe Cambio de poder, publicado en 2023, la Alianza Global para el Futuro de la Alimentación estimó que los sistemas alimentarios aglutinan, al menos, el 15 % del uso total de combustibles fósiles.^{3,ii}

Esta cifra ya está por encima de la de varios sectores industriales, y se prevé que siga al alza. Por ejemplo, la industria siderúrgica consume el 8 % de la energía mundial (principalmente carbón),⁴ mientras que los sectores papero y minero consumen el 6 %⁵ y el 1,7 %⁶ de la energía mundial, respectivamente.

De hecho, los combustibles fósiles están sólidamente asentados en todos los eslabones de la cadena alimentaria: desde los agroquímicos y los envases de plástico hasta el procesamiento de alimentos con un elevado consumo energético, pasando por el combustible que utilizamos para encender nuestros hornillos. Las actuales políticas y estructuras de financiación nacionales e internacionales perpetúan el consumo elevado de combustibles fósiles y una agricultura intensiva en productos químicos. A nivel global, los subsidios anuales a los combustibles fósiles y a la electricidad generada a partir de combustibles fósiles han superado recientemente los 1 billón de dólares,⁷ y cada año el apoyo gubernamental a la agricultura se mantiene por encima de los 800 mil millones de dólares al año, principalmente en apoyo a la producción de cultivos básicos con gran consumo de productos químicos (ver el Recuadro 1).^{8,9}

- 
- i El término «emisiones de la agricultura» engloba las emisiones de la acuicultura y la agricultura, así como las emisiones de insumos como los fertilizantes. En las «emisiones del cambio de uso de tierras» se incluyen las derivadas de la deforestación y la degradación del suelo y las turberas.
- ii Según datos de varios países, aunque las estimaciones no abarcan todas las fuentes de uso de combustibles fósiles en los sistemas alimentarios y no incluyen fuentes principales como la fabricación de insumos (fertilizantes, pesticidas) o de maquinaria.



RECUADRO 1

EL COSTE DE LAS SUBVENCIONES TÓXICAS A LOS COMBUSTIBLES FÓSILES Y LAS MALAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

Los precios de los combustibles fósiles no reflejan los elevadísimos costes medioambientales y sociales que acarrearán estas fuentes de energía. De hecho, es frecuente que los gobiernos subvencionen y ofrezcan incentivos a los combustibles fósiles, en lugar de gravarlos con impuestos acordes a sus impactos y costes negativos. A nivel global, los subsidios anuales a los combustibles fósiles y a la electricidad generada a partir de combustibles fósiles han superado recientemente los 1 billón,¹⁰ a pesar de que 197 países acordaron la eliminación progresiva de las subvenciones «ineficientes» a los combustibles fósiles en la COP del Clima de 2021 en Glasgow.¹¹ Por otro lado, el FMI ha estimado, de forma conservadora, que los costos externalizados para la sociedad derivados de la combustión de combustibles fósiles, es decir, la contaminación del aire y los daños climáticos, ascendieron a 4,5 billones de dólares en 2022.¹² Esta cifra prácticamente se duplicaría si los daños relacionados con el cambio climático se valoraran atendiendo a los niveles propuestos en las investigaciones científicas más recientes.¹³ Por su parte, la FAO, el PNUD y el PNUMA estimaron que cerca del 90% de los 540 mil millones de dólares en apoyo agrícola anual en 2021 se relaciona con daños a las personas y el medioambiente como resultado de apoyar la producción de cultivos básicos con un uso intensivo de productos químicos.¹⁴ Gran parte de esta financiación se traduce en medidas de protección de precios y pagos vinculados a determinados cultivos o insumos agrícolas, que acaban reforzando prácticas insostenibles. Concretamente, las subvenciones a los fertilizantes promueven un uso excesivo de los mismos y en los últimos 30 años han contribuido hasta al 17% de toda la contaminación por nitrógeno en el agua.¹⁵

FIGURA 1

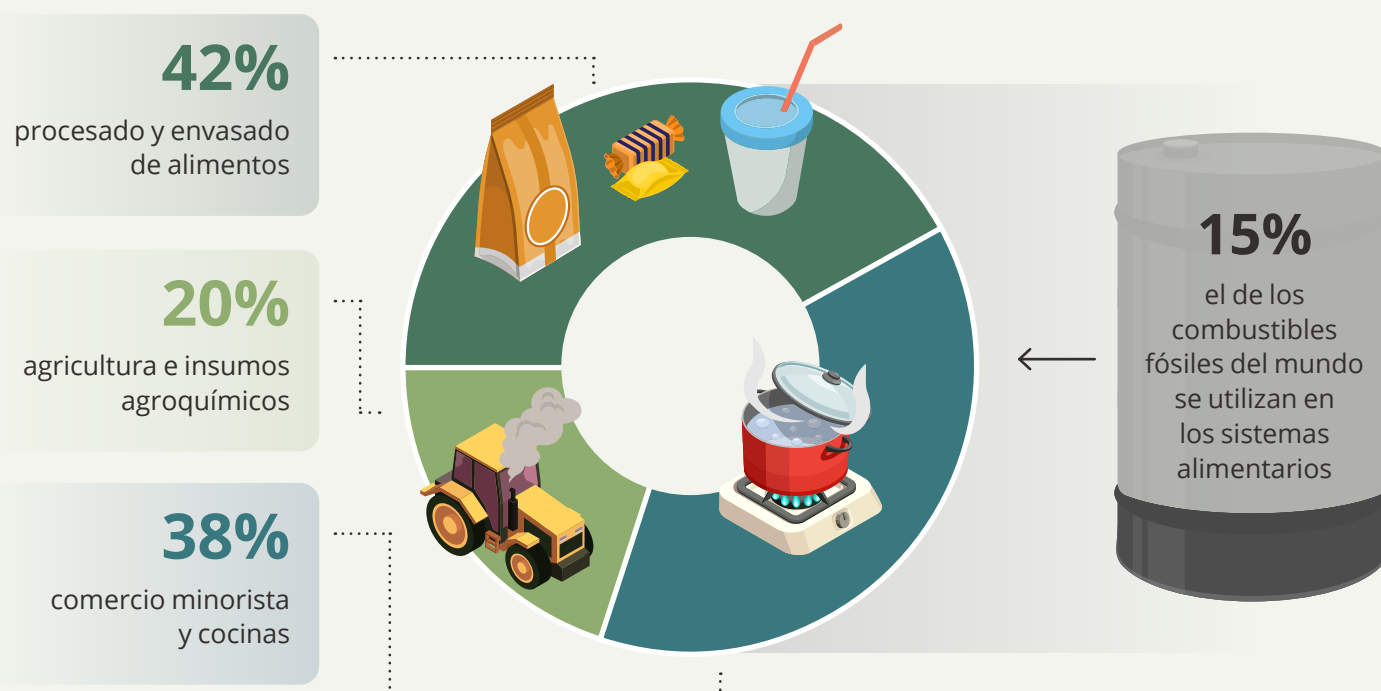
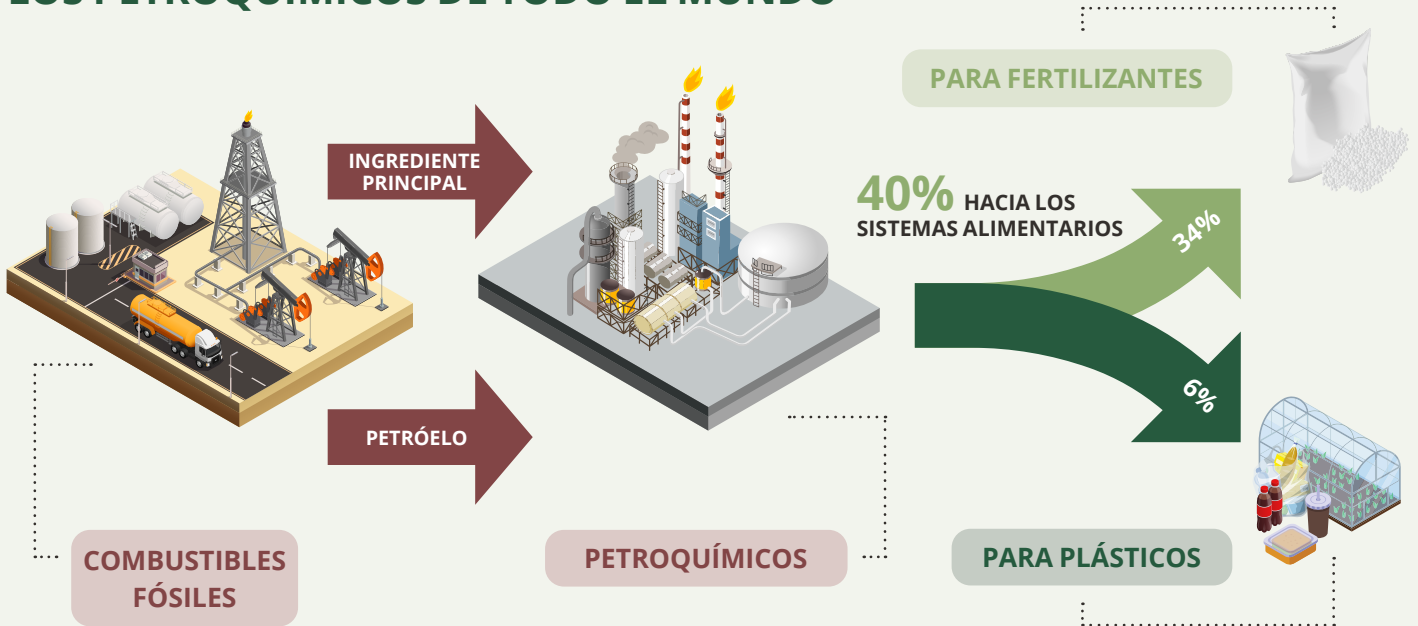
LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS CONSUMEN EL 15% DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES A NIVEL GLOBAL



FIGURA 2

LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS CONSUMEN EL 40% DE LOS PETROQUÍMICOS DE TODO EL MUNDO



Se calcula que el 40 %* de los petroquímicos de todo el mundo se utilizan en los sistemas alimentarios, principalmente como fertilizantes sintéticos en las explotaciones agrícolas y como plásticos en los envases de alimentos y bebidas.

Fuente: Levi, P. G., & Cullen, J. M. (2018). [Mapping global flows of chemicals: from fossil fuel feedstocks to chemical products](#). Environmental Science & Technology, 52(4), 1725–1734.

FAO. (2021) [Assessment of agricultural plastics and their sustainability – A call for action](#).

* Las estimaciones sobre el uso de plásticos se basan en cálculos de la FAO a partir de datos mundiales limitados e hipótesis regionales. Las cifras no tienen en cuenta los plásticos utilizados en el almacenamiento, procesamiento, transporte o distribución, y es probable que subestimen el uso del envasado de alimentos y bebidas. Por ello, debe considerarse una estimación conservadora de la huella del sector del plástico.



Los combustibles fósiles están incorporados en casi todos los insumos que se destinan hoy a la alimentación y la agricultura industriales.

Jennifer Clapp
en el podcast [Fuel to Fork](#)

Lo más preocupante es que nuestros sistemas alimentarios están cada vez más anclados en la dependencia de los combustibles fósiles. La transición hacia energías limpias está limitando la demanda de combustibles contaminantes en todo el mundo, pero la producción de petróleo y gas sigue al alza, lo que deja a los productores de combustibles fósiles con un excedente de oferta.^{16,17}

De este modo, los productos petroquímicos, especialmente fertilizantes y plásticos, se convierten en una alternativa clave para dar salida a esos excedentes.^{18,19}

Los fertilizantes y los plásticos que, combinados, constituyen el 74 % de la producción petroquímica, están pasando a ser pilares de las estrategias de crecimiento de las empresas de combustibles fósiles a un ritmo acelerado.^{20,21} El petróleo está cada vez más presente en la producción de plásticos y el gas fósil (también conocido como gas «natural») encuentra salida en la fabricación de amoníaco para fertilizantes sintéticos. Solo en los sistemas alimentarios, la huella es ya más que considerable: alrededor del 3,5 % de los plásticos se utilizan en la producción de alimentos y el 10,4 % en el envasado de alimentos y bebidas, según la FAO.²² Además, un tercio de todos los productos petroquímicos, el 34 %, se destinan a la producción de fertilizantes sintéticos nitrogenados.²³ En conjunto, esto significa que **alrededor del 40 % de los productos petroquímicos mundiales son consumidos por los sistemas alimentarios** (ver la Figura 2).

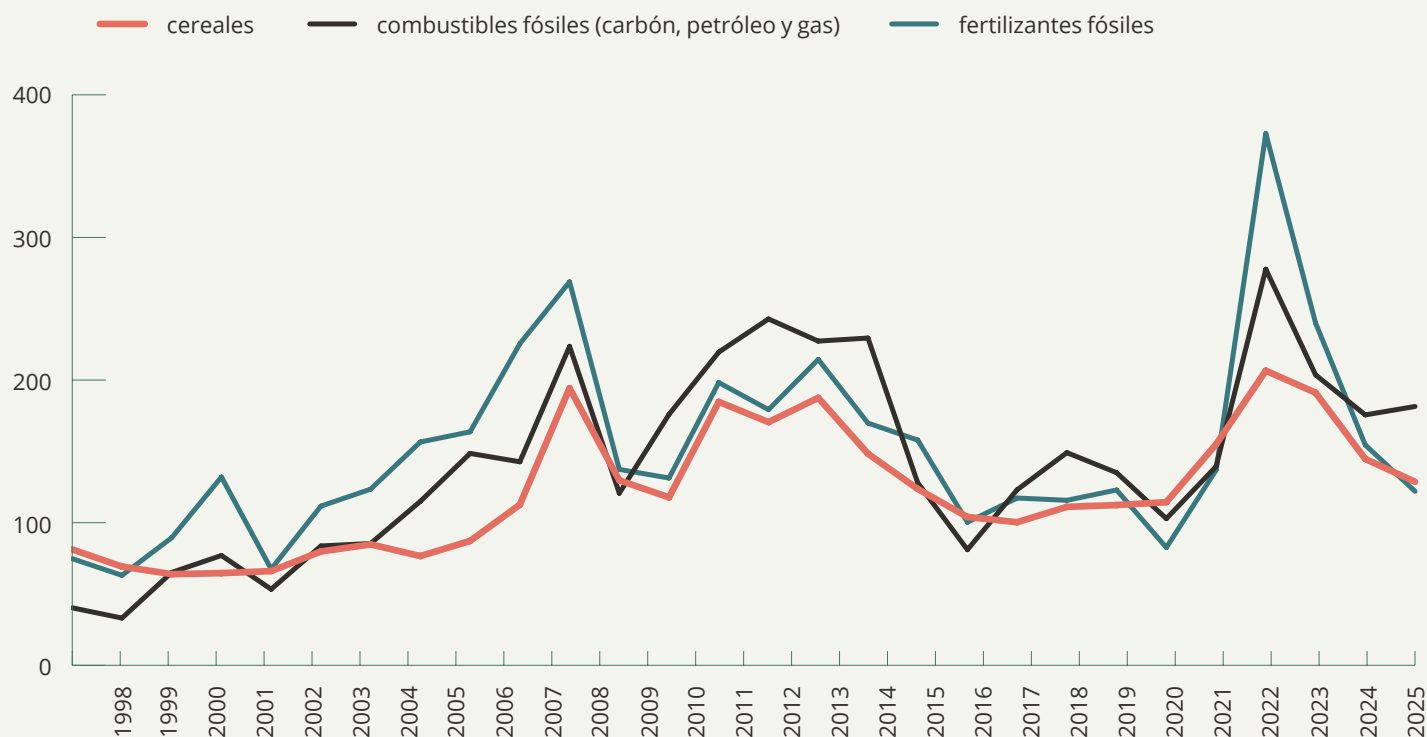


Sin embargo, a pesar de su importancia fundamental para los mercados del petróleo y el gas, la producción petroquímica sigue siendo uno de los principales «puntos ciegos» en los debates mundiales sobre el clima y la energía, y pasa mucho más desapercibida debido a su complejidad y diversidad.²⁴ Esta falta de atención oculta la realidad de que los productos petroquímicos están en vías de convertirse en el mayor impulsor del crecimiento de la demanda de petróleo: representarán más de un tercio del crecimiento hasta 2030, y casi la mitad en 2050, pasando por delante del sector del transporte.²⁵ Si no se controla, la expansión petroquímica —avivada por el incremento de la producción de plásticos y fertilizantes— nos condenará a décadas de dependencia de los combustibles fósiles, tirando por tierra los esfuerzos por descarbonizar los sistemas alimentarios y la economía en general.

Los sistemas alimentarios dependientes de los combustibles fósiles están muy expuestos a la inestabilidad económica. Los picos de precios de los combustibles fósiles pueden provocar un efecto dominó de subidas de costes, desde la energía (en las explotaciones y en toda la cadena alimentaria), hasta los fertilizantes y los alimentos (ver la Figura 3). Tras la pandemia de COVID-19 y la invasión rusa de Ucrania, se produjeron violentas subidas de los precios de los fertilizantes, los alimentos y la energía. Esta volatilidad de los precios se ha visto claramente exacerbada por la especulación financiera y la especulación de la agroindustria, en un contexto de concentración empresarial sin precedentes en las cadenas agroalimentarias.^{26,27,28}

FIGURA 3

LA ESTRECHA INTERRELACIÓN DE LOS PRECIOS DE LOS ALIMENTOS, LOS FERTILIZANTES Y LA ENERGÍA FÓSIL



Source: [Levi, IMF Primary Commodity Price Index.](#)



En conjunto, los plásticos y los fertilizantes representan tres cuartas partes de toda la producción petroquímica, y son los principales impulsores del aumento de los combustibles fósiles. No podemos perder de vista este enorme potencial de crecimiento en el que las grandes petroleras ya han puesto sus ojos.

Anna Lappé
en el pódcast Fuel to Fork

Por lo tanto, los alimentos que servimos en nuestra mesa traen consigo una huella climática crucial y están vinculados a un conjunto más amplio de daños medioambientales y sociales derivados de la extracción y el uso de combustibles fósiles. En la cumbre sobre el clima de 2023 celebrada en Dubái, la COP28, los gobiernos acordaron por unanimidad «abandonar los combustibles fósiles en los sistemas energéticos, de manera justa, ordenada y equitativa, acelerando la acción en esta década crítica».²⁹ Aunque los sistemas alimentarios quedaron fuera de este acuerdo, resulta más que evidente que son un elemento clave en este desafío.

Además, **la dependencia de los combustibles fósiles supone un engranaje más dentro de un sistema alimentario en situación de fallo general. Existe un consenso cada vez mayor acerca de lo tremendamente insostenibles y desiguales que son los actuales sistemas alimentarios industriales.**

Actualmente, una multitud de profesionales de la ciencia, grupos de la sociedad civil y organismos internacionales reclaman un cambio de paradigma y una «transformación del sistema alimentario» que pasaría por la formulación de estrategias integrales para abordar conjuntamente los desafíos cada vez más graves que suponen el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el hambre y la pobreza.^{30,31}

En todo el mundo, agricultores y agricultoras, comunidades, empresas alimentarias y gobiernos (tanto a nivel local como regional) están trabajando en rediseñar y repensar los sistemas alimentarios desde la raíz. Este replanteamiento incluye la eliminación progresiva de los productos agroquímicos y la transición a prácticas agroecológicas, la relocalización de las cadenas de suministro de alimentos y el despliegue de políticas integradas para fomentar dietas saludables y sostenibles. Las recientes crisis de las cadenas de suministro y la inflación disparada de los precios de los alimentos y los combustibles han apremiado estos movimientos. La omnipresencia de los combustibles fósiles a lo largo de toda la cadena alimentaria pone de manifiesto la naturaleza sistémica de los cambios que necesitamos. Existen argumentos para afirmar que **no se pueden enmendar ni «arreglar» los actuales sistemas alimentarios industriales de uso intensivo de combustibles fósiles: los desafíos son inmensos y los desequilibrios de poder tan grandes, que solo podrán resolverse con cambios radicales encaminados a la reconstrucción total de los sistemas alimentarios y la redistribución del poder.**

De forma paralela al avance de estos enfoques transformadores, también encontramos enfoques incrementales que buscan sustituir de manera gradual los combustibles fósiles en puntos concretos de la cadena (por ejemplo, electrificando las cocinas y el transporte de alimentos), una visión que trae aparejadas grandes oportunidades, pero que también implica desafíos y concesiones. Paralelamente a estas medidas, desde la agroindustria se están promoviendo, implantando y presentando como alternativas para mejorar la sostenibilidad de los sistemas alimentarios una serie de soluciones tecnológicas de alto nivel más «disruptivas», entre las que se incluyen nuevas formas de fertilizantes sintéticos nitrogenados (los llamados fertilizantes de amoníaco «azul» y «verde») y productos «biológicos» y «microbianos» modificados genéticamente.

Algunos de estos enfoques basados en tecnologías de vanguardia se están aplicando de forma precipitada, y eso que entrañan riesgos y plantean importantes interrogantes sobre si realmente reducen o refuerzan la dependencia de los combustibles fósiles, así como sobre sus implicaciones para ese desafío más amplio que supone construir sistemas alimentarios más sostenibles y equitativos.



En 2024, IPES-Food unió fuerzas con la Alianza Global para el Futuro de la Alimentación y TABLE para emprender el reto de sacar a la luz las relaciones de dependencia entre nuestros alimentos y los combustibles fósiles a través de la serie de pódcast *Fuel to Fork*. Este informe condensa las ideas clave de esos pódcast y va un paso más allá. A través de un recorrido por la cadena alimentaria, identificamos las diversas dinámicas que han llevado a las actividades del sistema alimentario a depender de los combustibles fósiles, y posibles soluciones para reducir y, en última instancia, eliminar este tipo de combustibles de los sistemas alimentarios.

En los Apartados del 1 a 3, examinamos el impacto y los riesgos de muchas de las soluciones para el sistema alimentario que más se promocionan en la actualidad —tanto medidas incrementales como medidas «disruptivas» o basadas en tecnología punta—, y si son realmente capaces de reducir la dependencia de los combustibles fósiles en toda la cadena de suministro alimentario. Con el objetivo de ilustrar trayectorias clave y lejos de pretender una revisión exhaustiva, ponemos el foco en toda la cadena alimentaria para identificar una serie de soluciones que destacan especialmente: aquellas que ya están ganando adeptos en el ámbito político y/o atrayendo inversiones financieras sustanciales.

Más adelante, en el Apartado 4, esbozamos enfoques holísticos que reducirían la dependencia de los combustibles fósiles como parte de un rediseño más radical de los sistemas alimentarios y agrícolas. Analizamos cómo sería esta transformación tan urgente y necesaria de los sistemas alimentarios en lo que concierne a los combustibles fósiles y a una transición energética justa, dónde se está produciendo ya el cambio, y qué barreras y desafíos siguen obstaculizándola.

Nuestra intención con el pódcast *Fuel to Fork* y con este informe complementario es aportar un punto de referencia clave en el camino hacia el fin de la dependencia de los combustibles fósiles. Para ello, ofrecemos una síntesis de las oportunidades y los desafíos en los distintos puntos de la cadena de suministro, e identificamos medidas holísticas que pueden y deben adoptarse para limpiar por completo de combustibles fósiles los sistemas alimentarios.



LIMPIAR DE COMBUSTIBLES FÓSILES LAS EXPLOTACIONES AGRARIAS

¿soluciones incrementales o falsas soluciones?





¿Cuál es el problema?

Los combustibles fósiles, ya sea para maquinaria agrícola o como ingrediente principal en fertilizantes y pesticidas sintéticos, han transformado la agricultura durante el último siglo, sentando las bases de la producción industrial de monocultivo a gran escala que caracteriza los paisajes agrícolas actuales.

La agricultura representa alrededor del 20% del consumo total de energía en los sistemas alimentarios. Los insumos energéticos necesarios para la agricultura varían según la región, el tipo de cultivo y el sistema agrario. Sin embargo, aquellos con una mayor demanda de energía son los que requieren un uso elevado de fertilizantes, labranza, procesamiento postcosecha intensivo y almacenamiento en frío.³² En el panorama agrícola europeo, los combustibles fósiles se utilizan principalmente en productos agroquímicos y en el combustible diésel, que representan, respectivamente, un 50 % y un 31 % del total de los insumos energéticos.³³ Y las necesidades de consumo de productos agroquímicos o diésel varían según el cultivo. El maíz, por ejemplo, requiere un 180 % más de fertilizantes y un 7 % más de pesticidas que la soja, mientras que la soja utiliza un 30 % más de diésel que el maíz.³⁴

El 99 % de los fertilizantes y pesticidas sintéticos se fabrican a partir de combustibles fósiles^{35,36}. Los pesticidas, entre los que se incluyen herbicidas, insecticidas y fungicidas, se sintetizan a partir del petróleo y sus derivados, que actúan en sus formulaciones como ingredientes tanto activos como inertes. Si bien se revelan los componentes activos, los inertes —como los tensoactivos y los emulsionantes que potencian la eficacia de los plaguicidas— se consideran protegidos por derechos de propiedad, se ocultan al público y no requieren estudios de toxicidad.^{37,38} Estos ingredientes inertes pueden representar hasta el 50 % de los productos plaguicidas, y la gran mayoría de los que se han analizado son en realidad más tóxicos que los ingredientes activos declarados.³⁹ Muchos pesticidas están también recubiertos de microplásticos derivados del petróleo para controlar su liberación.⁴⁰

El uso de pesticidas sigue aumentando a nivel mundial: se ha incrementado un 13 % en la última década y duplicado desde 1990, especialmente en China, Estados Unidos, Brasil, Tailandia y Argentina.⁴¹ China es, con diferencia, el mayor productor mundial de pesticidas, con un tercio de la producción mundial.⁴² Y se prevé que el cambio climático intensifique este uso, ya que el aumento de las temperaturas y los cambios en los patrones de las plagas merman la eficacia de los pesticidas, lo que da lugar a un mayor empleo de los mismos y a la creación de un círculo vicioso entre los efectos del clima y la dependencia de los productos químicos en la agricultura.⁴³

El uso creciente de pesticidas elaborados a partir de combustibles fósiles tiene graves consecuencias para el medioambiente y la salud. La producción y aplicación de pesticidas, así como sus interacciones químicas en el medioambiente, contribuyen de manera significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, no existe ningún estudio que calcule las emisiones de GEI del uso de pesticidas a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos químicos, lo que dificulta la realización de estimaciones más precisas.⁴⁴

El impacto ecológico de los pesticidas es profundo y hoy en día está constatado que son uno de los principales factores que contribuyen a la pérdida de biodiversidad a nivel mundial.⁴⁵ Sus efectos sobre la salud humana resultan igualmente catastróficos: al año se producen más de 385 millones de intoxicaciones accidentales por pesticidas, 11 000 de las cuales acaban en muerte, lo que afecta a casi el 44 % de la población agrícola mundial.^{46,iii} La exposición prolongada se relaciona con cáncer, problemas reproductivos y trastornos neurológicos.⁴⁷ Los efectos más perniciosos recaen de manera desproporcionada en los trabajadores agrícolas, las comunidades rurales y las comunidades aledañas a las zonas de producción de pesticidas, lo que agrava las vulnerabilidades y las injusticias ya existentes.⁴⁸

iii Esta estimación, ampliamente citada, de Boedeker et al. de 385 millones de intoxicaciones por pesticidas anuales y 11 000 muertes al año se basa en una revisión sistemática de los datos a escala mundial. El artículo fue posteriormente retirado a raíz de las constantes [presiones de la industria de los pesticidas](#) que ponían en duda su validez científica, a pesar del uso de métodos contrastados y fuentes revisadas por pares.



Al igual que los pesticidas, los fertilizantes nitrogenados se obtienen a partir de combustibles fósiles y constituyen, por sí solos, el principal consumidor de estos en la agricultura. Prácticamente todo el amoníaco, ingrediente clave de los fertilizantes nitrogenados sintéticos, se fabrica a partir de combustibles fósiles, principalmente gas fósil y, en menor medida, carbón.⁴⁹ El uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos ha aumentado un 800% desde 1961,⁵⁰ coincidiendo con el final de la «Revolución Verde» de la posguerra, momento en que los Estados y la industria favorecieron la agricultura intensiva en productos químicos para aumentar el rendimiento de las cosechas.

Actualmente, los Estados Unidos, la Unión Europea y otros países de renta alta utilizan hasta diez veces más fertilizantes per cápita que los países con menores ingresos (ver Recuadro 2).⁵¹ La FAO prevé un aumento del 50% en el uso mundial de fertilizantes nitrogenados para 2050,⁵² y la industria está centrando sus esfuerzos en aumentar las ventas en el Sur global.⁵³

Los fertilizantes sintéticos causan numerosos daños medioambientales. A día de hoy, la cadena de suministro de fertilizantes nitrogenados es responsable de más del 2 % de las emisiones mundiales de GEI.⁵⁸ La producción de fertilizantes sintéticos representa aproximadamente el 40 % de las emisiones totales de GEI vinculadas a fertilizantes en general, y alrededor del 60 % de las emisiones producidas por fertilizantes provienen de su aplicación en el campo,⁵⁹ principalmente en forma de óxido nitroso, un gas de efecto invernadero 300 veces más potente que el CO₂ (ver Figura 4).⁶⁰

Las emisiones de este gas son las responsables del 10% del calentamiento global neto desde la revolución industrial.⁶¹

Más allá de sus emisiones de GEI, la contaminación por nitrógeno tiene muchos otros efectos perjudiciales. El límite planetario establecido para el nitrógeno se superó en 1970 a causa del uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Desde entonces, la utilización total de nitrógeno se ha duplicado,⁶² una vez más impulsada, principalmente, por los fertilizantes sintéticos, y las consecuencias son cada vez más preocupantes.

A nivel mundial, más de la mitad de los fertilizantes nitrogenados utilizados en la agricultura se pierden en el medio, contaminando el aire, el agua y los suelos (ver Recuadro 3).⁶³ Hay tres mil millones de personas en riesgo de sufrir escasez de agua debido a la contaminación por nitrógeno.⁶⁴ Los nitratos presentes en el agua potable, procedentes de fertilizantes y estiércol, pueden causar el síndrome del bebé azul, una afección potencialmente mortal en los neonatos que priva al organismo de oxígeno, y que también se han relacionado con el riesgo de padecer cáncer.⁶⁵ Las emisiones de dióxido de nitrógeno procedentes de la producción y aplicación de fertilizantes, junto con las emisiones de amoníaco procedentes únicamente de la aplicación, contribuyen también a la contaminación atmosférica y a un gran número de enfermedades respiratorias y muertes.^{64,67,68,69} Además, la contaminación por nitrógeno es también uno de los principales factores de pérdida de biodiversidad.⁷⁰

RECUADRO 2

DISPARIDADES REGIONALES EN EL USO DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS

Resulta importante señalar que el uso de fertilizantes nitrogenados varía considerablemente en distintas partes del mundo. Mientras que Estados Unidos y algunas partes de la Unión Europea presentan niveles elevados aunque estables, otros países como, India y Egipto ya utilizan grandes cantidades de este tipo de fertilizantes y su uso sigue en aumento, lo que entraña efectos cada vez más perjudiciales para la salud y el medioambiente.⁵⁴ Por otra parte, en algunas zonas de África subsahariana, incluidos países como Nigeria y Benín, el uso de fertilizantes sigue siendo escaso y los rendimientos se mantienen estancados o irregulares.⁵⁵ Estos resultados se deben principalmente a la persistencia de sequías, las deficiencias en las infraestructuras y a factores sociopolíticos más profundos como la inseguridad en los sistemas de tenencia de la tierra, la falta de inversión en las zonas rurales, unos servicios de extensión agrícola pobres y a los conflictos.^{56,57}



RECUADRO 3

LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y DEL AGUA POR LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS SINTÉTICOS Y SUS EFECTOS NEGATIVOS SOBRE LA SALUD HUMANA

Los fertilizantes sintéticos aportan nitrógeno de modo que las plantas lo puedan absorber fácilmente, principalmente en forma de amonio y, en ocasiones, de nitrato. Los cultivos absorben parte de este nitrógeno, pero una gran cantidad reacciona con los microorganismos del suelo y desencadena una serie de procesos químicos. A menudo, el amonio se convierte en nitrato que las plantas pueden utilizar, pero cuando hay demasiado nitrógeno en el suelo, especialmente en condiciones húmedas, una parte se escapa al aire en forma de gases como el óxido nitroso, un potente gas de efecto invernadero, o el dinitrógeno. Por otro lado, la lluvia puede hacer que tanto el nitrato como el amonio lleguen a ríos, lagos y aguas subterráneas, y el exceso de amonio puede evaporarse al aire en forma de gases nocivos como el amoniaco y los óxidos de nitrógeno.

Estos ciclos del nitrógeno se dan de forma natural, incluso con fertilizantes orgánicos como el estiércol o el compost. Sin embargo, debido a su uso excesivo y a su estado reactivo y fácilmente disponible, los fertilizantes nitrogenados sintéticos tienden a filtrarse al agua y dispersarse en el aire, lo que entraña graves daños medioambientales, contaminación de los cursos de agua, empeoramiento del cambio climático y efectos nocivos para la salud humana.



El Punjab, considerado en su día el granero de la India, se enfrenta ahora a suelos sobreexplotados, agua envenenada y una explosión en la prevalencia de cáncer debido a años de uso de fertilizantes químicos y pesticidas, hasta el punto de que el tren que lleva a la gente al hospital más cercano se conoce como “tren del cáncer”.

Navina Khanna
en el pódcast [Fuel to Fork](#)





FIGURA 4

LA MAYOR PARTE DE LAS EMISIONES DE FERTILIZANTES PROVIENEN DE SU APLICACIÓN EN EL CAMPO



Si bien el 40 % de las emisiones de fertilizantes sintéticos proceden de su producción basada en combustibles fósiles, hacer este proceso más limpio no sirve para mitigar la mayor parte de las emisiones liberadas tras la aplicación de los fertilizantes en los cultivos. Estas emisiones se producen principalmente en forma de óxido nitroso, un gas de efecto invernadero 300 veces más potente que el CO₂

Fuente: Menegat, S., Ledo, A., & Tirado, R. (2022). [Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture](#). Scientific Reports, 12(1), 14490.

Los combustibles fósiles también se utilizan profusamente para operar con tractores, cosechadoras y otra maquinaria e instalaciones agrícolas. Labrar y arar la tierra conllevan una demanda energética especialmente elevada: representan, por ejemplo, casi la mitad (un 47 %) de la energía utilizada en las operaciones agrícolas en la UE.^{71,72} Por su parte, la agricultura de labranza cero o siembra directa, a menudo presentada como una forma de agricultura regenerativa, depende de plaguicidas, en particular de herbicidas, para controlar las malas hierbas y, en explotaciones convencionales, se ha descubierto que aumenta su uso.⁷³ Los vehículos agrícolas suelen tener una vida útil de entre 20 y 30 años⁷⁴. Esto implica que, de no adoptar con rapidez fuentes de energía alternativas para su funcionamiento, se corre el riesgo de perpetuar un elevado consumo de combustibles fósiles y una considerable fuente de emisiones de gases de efecto invernadero.



La maquinaria agrícola puede durar décadas. Es por ello que hay que dejar de producir equipos que funcionan con combustibles fósiles desde ya: cada máquina nueva implica emisiones garantizadas durante un plazo de hasta 30 años

Darrin Qualman
en el podcast [Fuel to Fork](#)



Aunque no se analizan en profundidad en este informe, existen otros procesos postcosecha que se desarrollan en las explotaciones agrícolas que también son responsables de un consumo significativo de combustibles fósiles. En concreto, el secado de cereales consume mucha energía, pero resulta esencial para evitar el deterioro del producto y mantener condiciones de almacenamiento seguras. Tanto en Estados Unidos como en otros países de rentas altas, las explotaciones agrícolas tienden a emplear combustibles fósiles para este proceso, principalmente el propano. Se estima que el secado representa por sí solo entre el 12 % y el 25 % del consumo total de energía en la producción de cereales.⁷⁵

Encontramos también combustibles fósiles en las explotaciones agrícolas en forma de plásticos, presentes en casi todas las formas y escalas de la producción alimentaria, y con un uso total que no deja de aumentar. La agricultura, la pesca y la acuicultura utilizan el 3,5 % de los plásticos a nivel mundial.⁷⁶ La producción agropecuaria es el sector con un mayor uso de plástico, en total 10 millones de toneladas al año (el 2,8 % de la producción mundial), seguida de la pesca y la acuicultura, con 2,1 millones de toneladas.⁷⁷ Los invernaderos, el acolchado y el ensilado emplean actualmente la mitad del volumen de todos los plásticos agrícolas, y está previsto que su producción aumente en un 50 %, pasando de 6,1 millones de toneladas en 2018 a 9,5 millones de toneladas en 2030.^{78,iv}

Entre otros usos del plástico que se dan en las explotaciones agrícolas se incluyen sistemas de riego por goteo, bandejas y macetas de plástico para plántones y semillas y fertilizantes recubiertos de plástico. Estos últimos son los responsables de la introducción directa de microplásticos en el medio. En Europa, estas semillas y productos agroquímicos recubiertos generan al año 22 500 toneladas de contaminación por microplásticos, lo que supone el 62 % del total de este tipo de plásticos liberados intencionadamente en la región.^{79,v} Se han detectado microplásticos en el agua potable y en una alarmante cantidad de alimentos, y cada vez existen más pruebas que los relacionan con graves riesgos para la salud y el medioambiente.^{80,81}

La acumulación de microplásticos y nanoplasticos en el suelo, así como la lixiviación química de los aditivos plásticos, provocan una importante variedad de efectos negativos en la salud del suelo, los microorganismos, las plantas y los animales, así como en la infiltración y retención del agua y en la erosión y fertilidad del suelo.⁸² Los aditivos químicos detectados en los suelos, por ejemplo, provocan una serie de efectos nocivos, entre los que se incluye la alteración endocrina.⁸³ Existen también nuevas investigaciones que alertan sobre la posibilidad de que los microplásticos puedan alterar la fotosíntesis, lo que podría afectar al crecimiento y la productividad de las plantas.⁸⁴ En conjunto y según lo que sugieren varios estudios, existe una mayor presencia de microplásticos en los suelos agrícolas que en los océanos.^{85,86}

La contaminación por plásticos plantea retos en toda la cadena de suministro alimentario. El Apartado 2 analiza estas cuestiones con mayor profundidad e incluye algunas estrategias emergentes para reducir o sustituir los plásticos derivados de combustibles fósiles.



Hay microplásticos en los productos pesqueros, en los suelos de cultivo, en la placenta, donde se transmite a nuestros bebés, en nuestros cuerpos, en los cuerpos de los animales e incluso en la atmósfera.

Emma Priestland
en el podcast [Fuel to Fork](#)

iv Las cubiertas de plástico para invernaderos y el plástico para túneles de cultivo crean entornos controlados para proteger las plantas y prolongar las temporadas de cultivo. Los acolchados de plástico se emplean para retener la humedad del suelo, evitar las malas hierbas y regular la temperatura. Los envoltorios y bolsas de plástico para el ensilado busca mantener condiciones herméticas para el almacenamiento de forraje para animales.

v Los microplásticos son fragmentos de plástico extremadamente pequeños que se añaden deliberadamente a los productos para desempeñar una función específica (es decir, se liberan intencionadamente) o que se generan como subproducto de la descomposición de fragmentos de plástico más grandes.



FERTILIZANTES NITROGENADOS «VERDES» Y «AZULES»

¿Qué son los fertilizantes nitrogenados «verdes» y «azules»?

Aunque rara vez ocupan un lugar central en el debate público, los fertilizantes nitrogenados sintéticos son, con diferencia, la principal fuente de combustibles fósiles de los sistemas alimentarios. Por consiguiente, urge plantearse qué se puede hacer para abordar el problema de los fertilizantes y examinar las supuestas soluciones que propone la agroindustria al respecto.

Las corporaciones agroindustriales y algunos gobiernos y organismos internacionales están proponiendo los fertilizantes de amoníaco «verdes» y «azules» —denominados «fertilizantes bajos en carbono» por las empresas que los producen— como forma de limpiar el proceso de producción de fertilizantes nitrogenados.^{vi}

Los fertilizantes nitrogenados convencionales se obtienen a partir del amoníaco, que se sintetiza combinando el nitrógeno del aire con hidrógeno procedente de combustibles fósiles, normalmente gas fósil y, en ocasiones, carbón.

La AIE calcula que el 99 % de la producción mundial de hidrógeno en 2023 empleó combustibles fósiles (ver Figura 5).⁸⁷

Los fertilizantes nitrogenados «azules» siguen el mismo método de fabricación que los fertilizantes sintéticos convencionales, pero buscan capturar y almacenar el dióxido de carbono del proceso de producción («captura y almacenamiento de carbono (CAC)» o CCS, por sus siglas en inglés). Los fertilizantes nitrogenados «verdes», por el contrario, se fabrican a partir del hidrógeno obtenido del agua en lugar de materias primas fósiles,^{vii} mediante un proceso de electrólisis con un elevado consumo de energía que, al menos en teoría, puede suplirse con energías renovables (como la eólica o solar).^{viii}



Las consecuencias tóxicas de los fertilizantes se dejan sentir primero en las comunidades que viven en las proximidades de las industrias manufactureras, se extiende luego a las zonas rurales que ya se enfrentan a crisis sanitarias por su uso excesivo y acaba llegando a los cursos fluviales, perjudicando la vida acuática y el sustento de los pescadores.

Anna Lappé
en el podcast [Fuel to Fork](#)

vi Los países que ofrecen un considerable apoyo normativo a proyectos del denominado amoníaco de bajas emisiones son Estados Unidos, Australia, Brasil, Canadá o Chile, así como la Unión Europea en su conjunto. La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial lanzó en 2021 el Programa Mundial para el Hidrógeno en la Industria ([Global Programme for Hydrogen in Industry](#)), para apoyar a los países de bajos ingresos en la descarbonización de sus industrias químicas y de fertilizantes a través del amoníaco «verde».

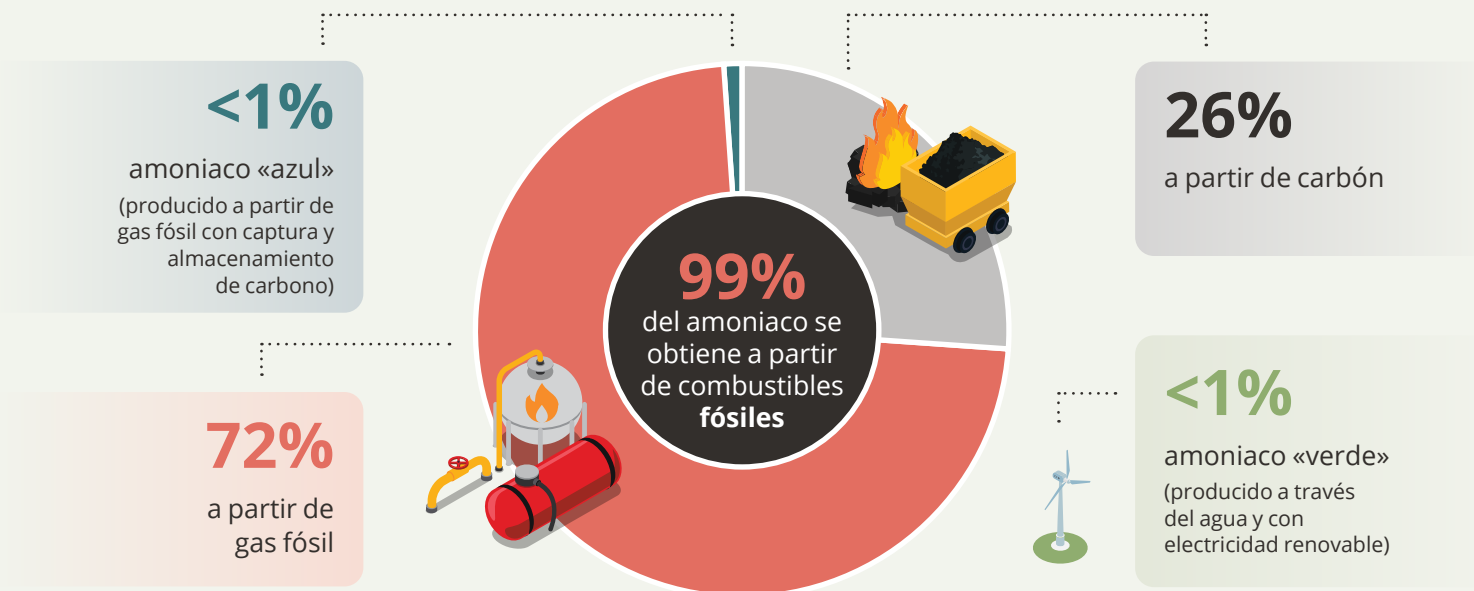
vii Otra fuente potencial de hidrógeno es el hidrógeno geológico o natural, es decir el hidrógeno que se genera y almacena de forma natural en el subsuelo terrestre en forma de gas. A pesar del creciente interés, la viabilidad comercial del hidrógeno geológico sigue siendo incierta, ya que solo se ha demostrado la existencia de una reserva y se dispone de datos limitados y un potencial sin comprobar en otros yacimientos. Ver Patonia, A., Lambert, M., Lin, N. y Shuster, M. (2024). [Natural \(geologic\) hydrogen and its potential role in a net-zero carbon future: Is all that glitters gold?](#) Oxford Institute for Energy Studies.

viii Curiosamente, algunos de los primeros procesos de síntesis de nitrógeno, a finales del siglo XIX y principios del XX, se realizaron utilizando electricidad procedente de cascadas. Escucha el [episodio 2](#) del podcast Fuel to Fork para conocer más sobre el recorrido histórico de la síntesis del nitrógeno.



FIGURA 5

LA PRODUCCIÓN DE FERTILIZANTES DEPENDE EN GRAN MEDIDA DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES



El amoníaco es el ingrediente clave de los fertilizantes nitrogenados sintéticos y, en la actualidad, el 99 % se produce a partir de combustibles fósiles; menos del 1 % puede ser considerado «verde».

Fuentes: Ammonia Energy Association. (febrero de 2025). [Low-Emission Ammonia Data \(LEAD\): Plants Executive Summary](#). Agora Industry. (2024). [Global Green Fertiliser Tracker](#). Agencia Internacional de la Energía. (2021). [Ammonia Technology Roadmap](#).

¿En qué medida son viables estas soluciones y hasta qué punto podrían ser transformadoras?

Están surgiendo serias preocupaciones respecto a la incapacidad de los fertilizantes de amoníaco «verde» y «azul» para reducir la dependencia de los combustibles fósiles, disminuir las emisiones y abordar problemas más amplios relacionados con la producción y el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados. Y es que estas alternativas también acarrearán graves daños adicionales para el medioambiente y la sociedad.

Los fertilizantes nitrogenados «azules», fabricados con la misma materia prima fósil que los fertilizantes sintéticos, presentan el riesgo evidente de perpetuar la economía fósil actual y los procesos extractivos relacionados con ella.

Décadas de investigación y subvenciones no han podido demostrar que los proyectos de CAC a escala comercial se acerquen ni remotamente a las tasas de captura de carbono de entre el 90 % y el 95 % de las que la industria hace alarde.⁸⁸ Enid, por ejemplo, una planta de fertilizantes que gestiona el segundo proyecto de CAC con más rodaje del mundo (desde 1982), logra capturar tan solo el 28 % del CO₂.⁸⁹

Las tasas de captura de carbono que declaran las empresas suelen obviar las emisiones totales del ciclo de vida del hidrógeno «azul», incluidas las emisiones del proceso de captura, que consume mucha energía, y las fugas durante el transporte y los intentos de almacenamiento.⁹⁰



Parte del carbono capturado por la industria de los fertilizantes se reutiliza como materia prima para este tipo de productos, pero es la industria de los combustibles fósiles la que emplea el 73 % del carbono capturado para la recuperación mejorada de petróleo, un proceso que utiliza CO₂ para extraer aún más combustible, aumentando la producción de energía fósil y, en última instancia, las emisiones de GEI.⁹¹

Por su parte, los fertilizantes de amoníaco «verde» se encuentran todavía en una fase incipiente y representan una proporción muy pequeña de las ventas actuales de fertilizantes en todo el mundo. De hecho, en la actualidad, tan solo existen cuatro plantas de producción en todo el mundo que realicen la electrólisis del agua con energías renovables, lo que representa apenas el 0,3 % de la producción de amoníaco utilizado en fertilizantes nitrogenados a escala mundial.⁹² Y lo que es más, la futura producción de amoníaco seguirá dependiendo de los combustibles fósiles. Por ejemplo, de todos los proyectos de amoníaco previstos en Estados Unidos, el 95 % recurren a combustibles fósiles y no a la electrólisis.⁹³ Además, el proceso de obtención actual conlleva costes muy elevados, por lo que es poco competitivo frente a los fertilizantes basados en combustibles fósiles. Así pues, es difícil imaginar un proceso de producción de hidrógeno/amoníaco totalmente verde a corto o medio plazo, y este requeriría que se destinara a tal fin una gran cantidad de la capacidad de energía renovable disponible.

Aumentar la escala en la producción de fertilizantes «azules» y «verdes» también requiere grandes cantidades de tierra, agua y energía, superando así la huella total de su producción convencional. Tal y como revela un estudio, pasar de fertilizantes de amoníaco convencionales a fertilizantes de amoníaco «azul» aumentaría el consumo de energía en un 58 %, duplicaría la superficie de terreno necesario y triplicaría el consumo de agua, mientras que la conversión a fertilizantes de amoníaco «verde» requeriría 24 veces más electricidad (es decir, el 5 % de la electricidad mundial), 30 veces más tierra y 50 veces más agua.⁹⁴

Además, la expansión de la producción de hidrógeno «verde» plantea cuestiones relacionadas con la equidad, pues se están desarrollando grandes proyectos en zonas con escasez de agua del Sur global^{ix}, a veces a expensas de pastizales tradicionales que se catalogan erróneamente como «tierras baldías»⁹⁵. Es más, estos proyectos están destinados de forma abrumadora a la exportación —y la UE, por ejemplo, prevé duplicar de aquí a 2030 sus importaciones de hidrógeno «verde» con el fin de respaldar su transición hacia la energía limpia⁹⁶—.

Conviene recordar también que las emisiones derivadas de la aplicación de fertilizantes nitrogenados (principalmente emisiones en forma de óxido nitroso) representan el 60 % de las emisiones generadas por los fertilizantes y contribuyen al cambio climático⁹⁷. Lo cierto es que, aunque se consiguiera reducir el consumo de combustibles fósiles mediante procesos de producción de fertilizantes «verdes», de no limitar de forma significativa el uso de fertilizantes nitrogenados, seguiremos enfrentando graves efectos negativos sobre la salud y el medioambiente.



Cualquier sistema alimentario basado en extraer de la naturaleza en lugar de en generar reciprocidad con ella destruye el hogar del que depende: la naturaleza no es un recurso, es una relación.

Molly Anderson
en el podcast [Fuel to Fork](#)

ix Más de un tercio de los principales proyectos de hidrógeno verde están previstos en países que padecen estrés hídrico alto o extremadamente alto. Ver Corporate Europe Observatory. (10 de octubre de 2023). [The dirty truth about the EU's hydrogen push](#).



INGENIERÍA GENÉTICA Y BIOLOGÍA SINTÉTICA

¿Qué proponen la ingeniería genética y la biología sintética de última generación para la agricultura?

Una vez más, y pasando prácticamente desapercibidas, se están destinando enormes cantidades de dinero a la investigación agrícola mediante enfoques de ingeniería genética y biología sintética de última generación. Se escuchan grandes proclamas que sostienen que estas tecnologías pueden proporcionar una vía «climáticamente inteligente» para salir de la dependencia de los agroquímicos y los combustibles fósiles y avanzar hacia un sistema alimentario sostenible basado en la biotecnología y la «bioeconomía».^{98,x}

Aunque a menudo se presenta como una ruptura radical con el pasado, no hay que olvidar que la ingeniería genética de primera generación, con ejemplos como los cultivos resistentes a los herbicidas y a los insectos, también se promovió en su día como una solución frente al uso de pesticidas. Sin embargo, casi 30 años después, la continua necesidad de combinar genes que confieran resistencia a múltiples pesticidas no ha hecho más que intensificar la espiral de dependencia de estos productos, lo que beneficia en última instancia a la industria agroquímica.⁹⁹ A pesar de esta relativa falta de escrutinio, los nuevos enfoques genéticos entrañan riesgos sociales y medioambientales propios.

La ingeniería genética se refiere a la alteración artificial del material genético de los organismos (por ejemplo, el ADN o el ARN). Los avances más punteros permiten la edición e inserción selectiva de genes y se conocen como ingeniería biológica o «biología sintética» para distinguirlos de técnicas más antiguas basadas a menudo en la inserción aleatoria de genes.

Los principales enfoques, que incluyen productos ya comercializados o a punto de salir al mercado, incluyen los siguientes:

- **Pesticidas genéticos (aerosoles y cultivos con ARNi):** esta tecnología, denominada ARN de interferencia (ARNi), utiliza cadenas cortas de ARN sintético de doble cadena para alterar genéticamente los insectos y matarlos, en lugar de rociar pesticidas derivados de productos petroquímicos.¹⁰⁰ En algunos casos, los cultivos se modifican genéticamente para producir sus propias cadenas de ARNi.¹⁰¹

- **«Productos biológicos» y «microbianos» modificados genéticamente:** Como otra vía para sustituir los productos agroquímicos, las empresas agrícolas están fomentando el uso de biomoléculas modificadas genéticamente («productos biológicos») y proteínas (fermentadas en cubas), así como microorganismos modificados («productos microbianos»).
- Otras propuestas incluyen la ingeniería genética directa de insectos para propagar la esterilidad u otros rasgos, en algunos casos aplicados a toda una población de insectos, los denominados «impulsores genéticos».
- Fijación de nitrógeno mediante modificación genética: esta técnica aumenta artificialmente la cantidad de nitrógeno fijado por las plantas mediante la biología sintética, reduciendo así las necesidades en cuanto a fertilizantes. Se modifican genéticamente las plantas para que absorban y logren fijar más nitrógeno, mediante la introducción de microbios modificados genéticamente que se adhieren a las raíces de las plantas y fijan el nitrógeno, o incluso introduciendo una estructura modificada en los cultivos que les permite producir su propio nitrógeno.

Instead of relying on conventional chemical action, synthetic biology transmits biological information that influences plant or insect development and gene expression. Moreover, microbes, gene drives, and genetically modified plants can self-replicate, meaning they have the ability to spread their biological 'messages' independently over time.

x The term 'bioeconomy' refers to economic activities based on biological and purportedly environmentally friendly solutions.



¿En qué medida son viables estas soluciones y hasta qué punto podrían ser transformadoras?

En teoría, los enfoques genéticos ofrecen una vía para reducir los agroquímicos intensivos en combustibles fósiles. Calificadas como soluciones «basadas en la naturaleza» o «idénticas a la naturaleza», los microorganismos, biomoléculas y organismos modificados genéticamente se ofrecen como alternativas más seguras con el potencial de mitigar algunos de los riesgos para la biodiversidad y la salud asociados a los agroquímicos convencionales. Sin embargo, en la práctica, la biología sintética entraña graves riesgos para la salud, los ecosistemas y la equidad social, riesgos que ponen en tela de juicio la viabilidad del enfoque en su conjunto.

En primer lugar, gran parte del uso de productos petroquímicos en los pesticidas permanece oculto, por lo que su eliminación total no está garantizada. Los productos petroquímicos presentes en los pesticidas se encuentran en tensoactivos, emulsionantes y aditivos ocultos, que se utilizan para aumentar la potencia y la absorción de estos insumos externos.¹⁰⁹ Todos estos elementos no dejan de estar presentes en los aerosoles de ARNi.¹¹⁰

En segundo lugar, se desconocen los posibles efectos sobre la salud de la tecnología de ARN interferente y, aun así, los agricultores, los trabajadores agrícolas y las comunidades cercanas pueden estar expuestos a ellos a través de la propagación por el aire. Los consumidores, por su parte, podrían ingerir residuos sintéticos de ARNi en los alimentos. Investigaciones preliminares sugieren que el ARN interferente que se producen de forma natural en la dieta de los mamíferos desempeña un papel en la regulación del metabolismo, por lo que existe el miedo a que el ARNi sintético, ya sea inhalado o ingerido, pueda alterar involuntariamente procesos fisiológicos clave en los mamíferos, incluidos los seres humanos.¹¹¹

Además, todo lo relacionado con la biología sintética sigue suscitando polémica. La introducción en el medio de organismos vivos modificados genéticamente conlleva el riesgo de alterar de forma amplia e irreversible las redes tróficas y los ecosistemas. Dado que la ingeniería genética y la biología sintética alteran la base del funcionamiento, la reproducción y la comunicación de los sistemas vivos, los efectos a largo plazo sobre los ecosistemas son desconocidos. Por ejemplo, los pesticidas genéticos como el ARNi podrían acabar afectando a insectos beneficiosos y polinizadores (por ejemplo, las abejas melíferas).



Se invierte mucho dinero en modificar las prácticas agrícolas actuales que son perjudiciales para el medioambiente, pero lo que deberíamos hacer en primer lugar es parar y preguntarnos si realmente las necesitamos.

Raj Patel

en el pódcast [Fuel to Fork](#)

También existe el riesgo de provocar cambios genéticos no deseados y distintos del objetivo que se transmitan a otras especies y a las generaciones futuras. Asimismo, se prevé que el ARNi pueda contribuir a la conocida espiral de aumento de los insumos a medida que las malas hierbas y los insectos desarrollen resistencia, lo que podría incluso requerir que la ingeniería genética de las malas hierbas las «resensibilizara» a los herbicidas.^{112,113}

Estas tecnologías tampoco se libran de cuestiones relativas a las relaciones de poder y la justicia social, pues están controladas por un pequeño grupo de grandes transnacionales. Al igual que otras muchas estrategias de «sustitución», cambiar los agroquímicos fósiles por pesticidas genéticos y «biológicos» perpetúa la lógica de los sistemas actuales y los desequilibrios de poder que la caracterizan. Los enfoques genéticos y de biología sintética se amoldan perfectamente a un paradigma de producción intensiva en capital e insumos basada en el monocultivo a gran escala. Estos enfoques simplifican en exceso los agroecosistemas y empujan a las explotaciones agrícolas a la sobreproducción, lo que en última instancia esquilda los nutrientes del suelo y reduce la diversidad genética agrícola. Al adaptar las especies de malas hierbas a pesticidas (genéticos) patentados, algunos de los enfoques descritos anteriormente podrían utilizarse para perpetuar sistemas agrícolas que benefician a los intereses de las empresas más grandes y poderosas, lo que se traduce en una cada vez mayor concentración del poder económico y de decisión sobre los sistemas alimentarios.



De hecho, un pequeño grupo de empresas biotecnológicas (y, cada vez más, empresas de datos) ejercen el control sobre las secuencias de ADN y la propiedad intelectual en cuestión, lo que les otorga un poder desmesurado sobre el futuro de la alimentación y la agricultura.¹¹⁴ Con 142 familias de patentes adquiridas entre 2013 y 2023, Bayer posee la mayor parte de las patentes de protección de cultivos basadas en ARNi, seguida por Corteva, que cuenta con 19.¹¹⁵ Estas patentes se suman a su actual dominio en los insumos agrícolas: entre las dos, estas empresas controlan el 40 % del mercado de semillas y más del 25 % del mercado de productos agroquímicos.¹¹⁶

El rápido desarrollo y la comercialización de organismos modificados genéticamente están avanzando a un ritmo que supera el control regulatorio, en un momento en el que, además, se está desmantelando activamente la función reguladora pública. Corporaciones como Bayer y Corteva están decididas a patentar rasgos genéticos, ya sean naturales o modificados, a la vez que presionan para que estos organismos queden exentos de los controles de seguridad y etiquetado.¹¹⁷ Todo ello plantea serias preocupaciones en materia de transparencia, bioseguridad y control empresarial, sin olvidar que estas tecnologías entrañan también gran potencial de militarización, incluido su uso en sistemas de armas biológicas.¹¹⁸



En Estados Unidos, la agroindustria gasta más en grupos de presión que la industria petrolera y gasística o la industria de defensa. Tienen al Gobierno completamente a su merced.

Raj Patel
en el pódcast [Fuel to Fork](#)



PLATAFORMAS DE AGRICULTURA DIGITAL Y AGRICULTURA DE PRECISIÓN

¿Qué son las plataformas de agricultura digital y la agricultura de precisión?

El auge de la agricultura digital está ya presente en todos los debates sobre el sistema alimentario. Se presenta cada vez más como una vía para lograr sistemas alimentarios más eficientes y sostenibles y, en particular, para reducir el uso de agroquímicos. Sin embargo, ambas hipótesis merecen un análisis más riguroso.

Mediante plataformas de «agricultura digital» como «Climate Fieldview™» de Bayer y «Operations Center™» de John Deere, los miembros de la agroindustria se están asociando con empresas tecnológicas para incorporar herramientas digitales de toma de decisiones en la maquinaria agrícola y los paisajes. Entre ellas se encuentran las principales empresas agroquímicas, que ya están incorporando ofertas de agricultura digital en su modelo de negocio. Estas plataformas recopilan datos (a menudo sin cobrar por ello) y analizan conjuntos de datos (formas de información legibles por máquinas) sobre la explotación agrícola, incluida información sobre el clima, la fertilidad del suelo, las malas hierbas, los insectos, las enfermedades, los nutrientes, la humedad y el rendimiento.^{xi} Todo este torrente de datos sobre las explotaciones se procesa mediante herramientas de inteligencia artificial (IA) ubicadas en lejanos centros de datos «en la nube» para crear modelos digitales de explotaciones específicas (denominados «gemelos digitales») y generar prescripciones adaptadas para cada una de ellas.

A través de estos planteamientos, los promotores argumentan que el uso de combustibles fósiles puede ser más eficiente y que la productividad y la sostenibilidad pueden aumentar gracias a, entre otras medidas:

- Pasar de la actual aplicación excesiva de agroquímicos a aplicaciones «de precisión» específicas (y, supuestamente, más limitadas),¹¹⁹ basadas en datos granulares específicos de cada explotación agrícola. Esta tecnología puede complementarse con el uso de fertilizantes y pesticidas recubiertos que liberan lentamente los productos químicos o nutrientes en el suelo, reduciendo las fugas en el aire o el agua.
- Sustituir los productos agroquímicos por formas mecánicas y no químicas de control de malas hierbas, por ejemplo, mediante el uso de láseres o flotas de pequeños robots para destruir y eliminar las malas hierbas.¹²⁰
- Reducción del consumo de combustible de la maquinaria agrícola en el trabajo de campo mediante la combinación de tecnologías de «autosteer» o dirección automática (por ejemplo, tractores autónomos) y una aplicación más específica de los insumos.¹²¹

xi Para una visión general de la agricultura digital y la agricultura de precisión, ver, por ejemplo, la Government Accountability Office (Oficina gubernamental de rendición de cuentas) de Estados Unidos. (2024). [Precision Agriculture: benefits and challenges for technology adoption and use](#).



¿En qué medida son viables estas soluciones y hasta qué punto podrían ser transformadoras?

La reducción del uso de insumos agrícolas que consumen grandes cantidades de combustibles fósiles es esencial y se utiliza como argumento clave para introducir la eficiencia basada en datos en la agricultura industrial. Sin embargo, cuando se examinan datos del mundo real en lugar de escenarios modelizados, los resultados están lejos de ser concluyentes.

Por ejemplo, un estudio de campo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) reveló que los tractores con dirección automática, utilizados a menudo en la agricultura de precisión, podrían, de hecho, provocar un aumento en el consumo de combustible.¹²² Este dato debe matizarse, ya que la agricultura de precisión puede conducir a un mayor consumo de combustibles fósiles que la agricultura convencional, pero al mismo tiempo reducir también otros impactos ambientales.¹²³ En otros casos, no es posible acceder a los datos con facilidad. Por ejemplo, no se dispone de los datos clave en los que se basa un estudio realizado en 2021 por la Association of Equipment Manufacturers y el grupo de presión de la industria de pesticidas CropLife, en el que se formulan atrevidas afirmaciones sobre la eficiencia y el ahorro energético de la agricultura digital/de precisión.^{xii}

Por otro lado, los algoritmos que determinan la aplicación de fertilizantes de precisión estarían más centrados en aumentar la producción por hectárea que en reducir el uso total de estos productos. Tal y como lo explica una fuente del sector, «*reducimos muy poco la cantidad total, pero hemos descubierto que, al redistribuirla dentro del campo, el valor por unidad de insumo aumenta y se obtiene un mayor retorno de la inversión (ROI) en fertilizantes*».¹²⁴

La electrificación de los tractores para dejar atrás los combustibles fósiles en las explotaciones agrícolas se enfrenta a numerosos retos, entre ellos la limitada autonomía, los elevados costes iniciales y la escasez de infraestructura de recarga. Los agricultores también se muestran preocupados por el rendimiento y el mantenimiento de las baterías.¹²⁵ En los países de bajos ingresos, los elevados precios de compra y la falta de sensibilización sobre las emisiones de los vehículos hacen que el interés, y por ende su implantación, sean muy limitados.¹²⁶

Algunos fabricantes están desarrollando tractores con tecnologías mejoradas en cuanto a baterías, pero no terminan de ser prototipos que, además, se orientan más bien a explotaciones agrícolas industriales a gran escala.¹²⁷

Aunque se puede constatar un interés creciente, especialmente en los países de altos ingresos, donde algunos agricultores están dispuestos a pagar más por maquinaria más limpia,¹²⁸ aún queda un largo camino por recorrer para una adopción más generalizada.

Los fertilizantes y pesticidas recubiertos, cuyo uso se encuentra al alza, no solo acrecientan la dependencia de los agroquímicos, sino que también representan una fuente importante, aunque ignorada, de contaminación por microplásticos, ya que el proceso de encapsulación en plástico podría agudizar los ya graves riesgos medioambientales y para la salud que conlleva el uso de agroquímicos.¹²⁹

Las tecnologías de agricultura de precisión suelen estar fuera del alcance de los agricultores con menos recursos, que a menudo carecen de acceso a servicios digitales, de los conocimientos informáticos necesarios o de los medios financieros para adoptarlas.¹³⁰ Pero también los agricultores más ricos de los países de rentas altas se enfrentan a obstáculos importantes: las herramientas pueden ser costosas, difíciles de manejar o incompatibles con los equipos y prácticas existentes.¹³¹ Como decíamos, en muchos casos los beneficios que promete la agricultura de precisión siguen siendo limitados debido a los retos en materia de asequibilidad y facilidad de uso que plantea el mundo real.

Tampoco debemos perder de vista que las herramientas de procesamiento de datos y de inteligencia artificial para plataformas digitales implican unas necesidades energéticas muy elevadas. Los datos se componen de señales electrónicas, y el almacenamiento, el procesamiento y la transmisión de estas señales requiere de energía eléctrica, que a menudo se genera a partir del carbón o los gases fósiles. El procesamiento de datos, que se lleva a cabo en grandes instalaciones de alto consumo energético denominadas «centros de datos a hiperescala», está avanzando a un ritmo vertiginoso.

xii Según este estudio, la agricultura de precisión había mejorado la «eficiencia en la aplicación de fertilizantes» en un 7 %, reducido el uso de herbicidas en un 9 % y disminuido el uso de combustibles fósiles en las explotaciones agrícolas para la maquinaria en un 6 %. Ver Association of Equipment Manufacturers (AEM) (2021). [The environmental benefits of precision agriculture in the United States](#).

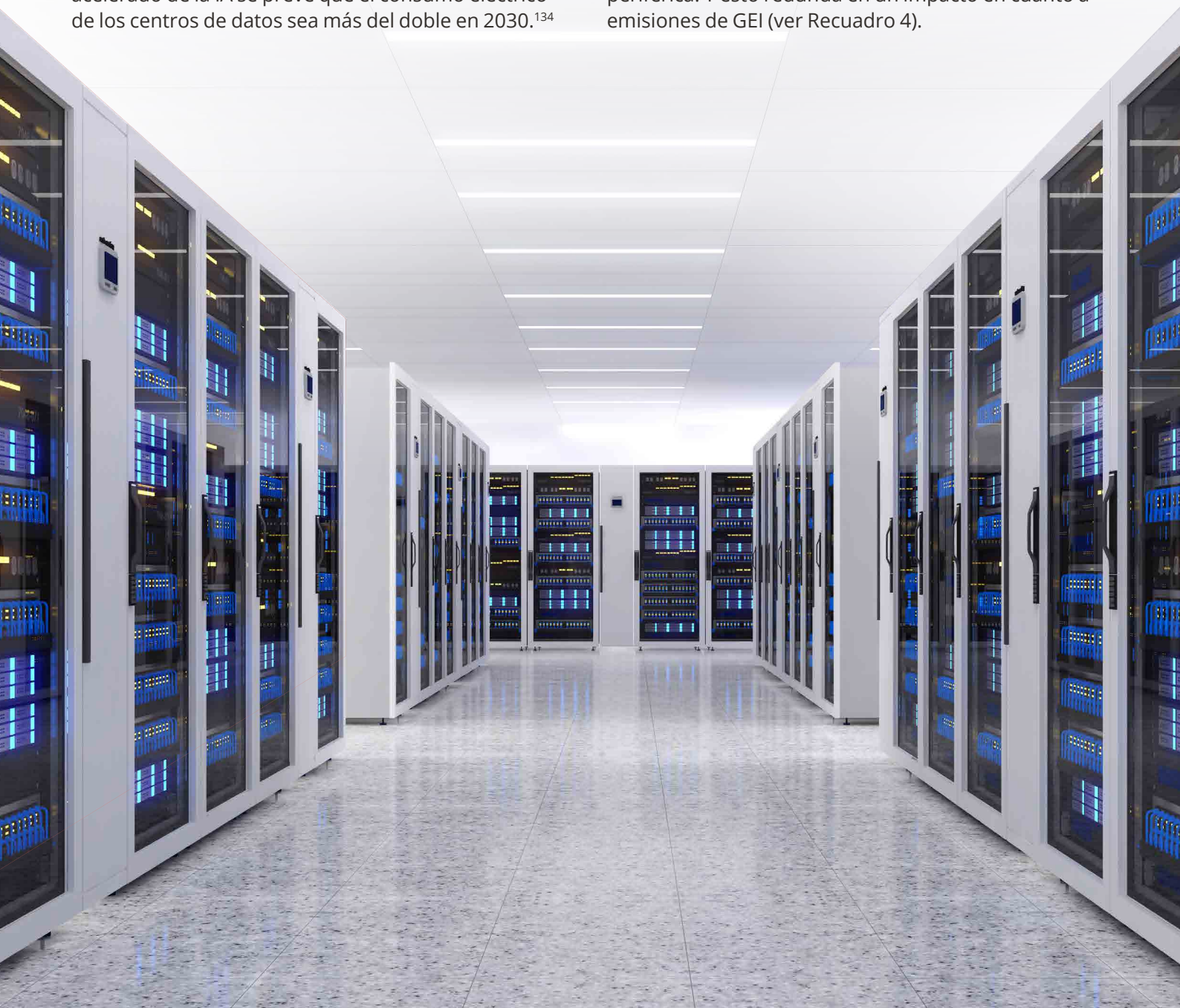


En estos centros se emplea energía para procesar y almacenar los datos, para que los servidores no se recalienten (mediante aire acondicionado y refrigeración) y para la producción del propio *hardware*.¹³²

En los últimos años, las necesidades energéticas para el procesamiento de datos se han disparado, sobre todo a raíz del empleo de la IA, que realiza procesos de cálculo mucho más complejos. Los datos sobre alimentación y agricultura son especialmente «masivos», ya que incluyen prescripciones a escala de cada explotación agrícola. Incluso antes del reciente auge de la IA generativa, el consumo eléctrico de los centros de datos a nivel mundial había crecido anualmente un 12 % desde 2017, multiplicando por más de cuatro el ritmo de crecimiento del consumo eléctrico total, y llegando a representar en 2024 el 1,5 % de la demanda eléctrica mundial.¹³³ Con el auge acelerado de la IA se prevé que el consumo eléctrico de los centros de datos sea más del doble en 2030.¹³⁴

La producción de energía renovable está teniendo dificultades para satisfacer la creciente demanda de los centros de datos. En Estados Unidos, por ejemplo, se prevé que el gas fósil suministre alrededor del 60 % de la nueva capacidad de generación,¹³⁵ mientras que las centrales eléctricas de carbón, cuyo cierre estaba previsto, se mantendrán en funcionamiento para abastecer a estos centros de datos.¹³⁶

A principios de 2025, la administración Trump, recién llegada al poder, declaró una emergencia energética en Estados Unidos con el fin de generar más energía para los centros de datos de IA.¹³⁷ En Irlanda, unos 80 centros de datos ya consumen una quinta parte de la electricidad del país, y se prevé que esta cifra aumente hasta un tercio en los próximos años.¹³⁸ Se necesitan enormes cantidades adicionales de energía fósil para la transmisión de datos, especialmente a zonas rurales y remotas que utilizan wifi, 5G y redes de computación periférica. Y esto redunda en un impacto en cuanto a emisiones de GEI (ver Recuadro 4).





RECUADRO 4

LOS CENTROS DE DATOS Y EL VERTIGINOSO AUMENTO DEL CONSUMO ENERGÉTICO Y LA HUELLA DE CARBONO DE LAS GRANDES EMPRESAS TECNOLÓGICAS

Amazon, Microsoft y Google son las empresas del sector que lideran la adopción de la IA y expansión de los centros de datos. Impulsadas por el auge de la «IA generativa» y a pesar de sus iniciativas de «cero emisiones netas», Amazon, Microsoft y Google han presenciado cómo se ponían por las nubes sus emisiones.^{139,140,141} Las de Microsoft, por ejemplo, se incrementaron un 29 % desde 2020, principalmente debido a la construcción de centros de datos.¹⁴² De hecho, en 2023, Amazon, Microsoft y Google invirtieron más capital para la adopción de la IA y la expansión de los centros de datos que el sector del petróleo y el gas en Estados Unidos.¹⁴³ Para 2030, las emisiones de los centros de datos estadounidenses podrían llegar casi a duplicarse, pues la creciente demanda energética seguirá dependiendo de la generación de energía a partir del gas.¹⁴⁴ Garantizar una cantidad suficiente de energía limpia supondrá todo un reto debido al rápido y considerable crecimiento de esta demanda.

Los centros de datos también utilizan enormes cantidades de agua para refrigerar sus servidores,¹⁴⁵ mientras que la producción de semiconductores requiere cantidades considerables de energía, agua, productos químicos y minerales. En ambos casos, esto se traduce en un impacto notable sobre el medioambiente y los derechos humanos.^{146,xiii} Asimismo, la producción de componentes para equipos digitales agrícolas también puede generar más residuos electrónicos en zonas rurales.

Más allá de los costes materiales y energéticos de la agricultura digital, y tal y como se analizará más en profundidad en el próximo informe de IPES-Food, desde los movimientos alimentarios se está alertando sobre las graves problemáticas sociales, económicas y de justicia asociadas a estas vías de innovación.

Las plataformas agrícolas basadas en datos y la automatización impulsada por la IA amenazan con que el poder económico se concentre todavía más en manos de un pequeño número de empresas tecnológicas y agroindustriales, apartando así a pequeños agricultores y trabajadores agrícolas de la toma de decisiones y socavando su capacidad de acción, lo que en última instancia podría poner en riesgo sus medios de vida.^{xiv}

Las empresas también están usando los acuerdos de agricultura digital como pretexto para restringir el «derecho a reparar» o a gestionar los propios equipos por parte de los agricultores.¹⁴⁷ Al mismo tiempo, estas empresas se hacen con una ventaja estratégica al recopilar grandes cantidades de datos agrícolas, a menudo de forma gratuita, que utilizan para desarrollar productos, fijar precios y atar a los agricultores a relaciones de dependencia, lo que refuerza todavía más su dominio del mercado y profundiza las desigualdades en el sistema alimentario.¹⁴⁸

xiii Los componentes digitales están fabricados con diferentes tipos de metales, tales como aluminio, cobre, estaño, tantalio, litio, galio, germanio, paladio, cobalto y tungsteno. Estos no son insumos que anteriormente tuvieran un peso significativo en los sistemas agrícolas. Por lo general, es necesario extraer y procesar cientos de toneladas de mineral para obtener una sola tonelada de metales relativamente comunes como el cobre o el aluminio. Ver Mills, M.P. (2020). *Mines, Minerals, and "Green" Energy: A Reality Check*. Manhattan Institute.

xiv Esta inquietud es especialmente alarmante en los casos en que los agricultores se ven obligados a firmar contratos a largo plazo con empresas de agricultura digital, que les exigen seguir «prescripciones» derivadas de la IA a cambio de pagos por la agricultura de carbono. Estos acuerdos pueden atrapar a los agricultores en contratos con empresas agroindustriales que pueden llegar a durar una década, a cambio de cederles gran cantidad de datos sobre sus explotaciones. Ver Grupo ETC, (2024). *Trojan horses on the farm: Six critical questions – challenging the digitalization of the agrifood chain*.

LIMPIAR DE COMBUSTIBLES FÓSILES LOS ESLABONES INTERMEDIOS DE LA CADENA

¿soluciones incrementales o falsas soluciones?





¿Cuál es el problema?

El consumo más elevado de combustibles fósiles en los sistemas alimentarios, nada menos que el 42 %, se da en la mitad de la cadena alimentaria, es decir, en los procesos de alto consumo energético mediante los cuales se transforman, fabrican, envasan y envían los alimentos a minoristas y consumidores finales.¹⁴⁹ Para garantizar una manipulación eficiente y segura de los alimentos, su transformación y transporte se llevan a cabo utilizando equipos, sistemas de refrigeración y vehículos con un alto consumo energético que siguen funcionando, en gran medida, con combustibles fósiles. El consumo de energía en los eslabones intermedios de la cadena se está incrementando en todo el mundo como resultado del creciente consumo de alimentos ultraprocesados y por la mayor longitud de dichas cadenas, lo que implica un mayor procesamiento, más envasado y un mayor número de kilómetros recorridos por los alimentos.

La mayoría de los procesos que se dan en la transformación de alimentos (esterilización, pasteurización, horneado y secado, entre otros) requieren calor, cuya generación consume, a su vez, una elevada cantidad de energía y representa entre el 60 % y el 70 % de las necesidades energéticas totales de los fabricantes de alimentos.¹⁵⁰ Aunque podría emplearse electricidad para llevar a cabo estos procesos, en la práctica siempre se ha utilizado gas fósil.¹⁵¹ Por lo general, esta transformación pasa por descomponer alimentos integrales como el maíz, el trigo o la soja, mediante métodos físicos y/o químicos, para convertirlos en azúcares, aceites, grasas, proteínas, almidones y fibra. La molienda húmeda, el método utilizado habitualmente para triturar el maíz, acarrea un consumo energético especialmente intensivo.¹⁵²

Los alimentos ultraprocesados (UPF, por sus siglas en inglés) son productos alimenticios fabricados de manera industrial a partir de formulaciones de ingredientes que son a su vez el resultado de una serie de procesos industriales.¹⁵³ Los UPF acarrear un consumo energético especialmente intensivo, empleando entre 2 y 10 veces más energía en su producción que los alimentos enteros o mínimamente procesados.¹⁵⁴ Estos productos —objeto de potentes subvenciones,¹⁵⁵ una promoción feroz,¹⁵⁶ y con gran rentabilidad económica,¹⁵⁷ además de estar diseñados para incitar al consumidor a comer de forma excesiva¹⁵⁸— representan ya una parte considerable (hasta el 60 %) del total de calorías consumidas en muchos países ricos.¹⁵⁹



El sistema alimentario es mucho más que una cadena de suministro. Se trata de un sistema que normaliza al extremo el uso de combustibles fósiles para la agricultura, la fabricación de envases de plástico y el ultraprocesamiento de los alimentos. Estos aspectos verdaderamente preocupantes de nuestra forma de alimentarnos acaban percibiéndose como totalmente normales.

Raj Patel
en el podcast [Fuel to Fork](#)

Los procesos de urbanización y el aumento de poder adquisitivo en los países de renta baja han dado lugar a un incremento en el consumo de alimentos y a una mayor diversidad en las dietas, que ahora incluyen más lácteos, pescado, carne, legumbres, frutas y verduras frescas, además de disparar la ingesta de alimentos procesados en varias regiones.¹⁶⁰

El jarabe de maíz rico en fructosa, por ejemplo, es un ingrediente habitual en los alimentos ultraprocesados. Pues bien, si la producción convencional de maíz ya requiere una gran cantidad de combustibles fósiles (debido al uso de fertilizantes y pesticidas sintéticos), los siguientes pasos realizan un consumo aún más intensivo de energía: la molienda húmeda y el refinado, procesos alimentados fundamentalmente con combustibles fósiles, representan alrededor del 80 % de la energía total necesaria para producir este tipo de jarabe de maíz.¹⁶¹ Existen, además, algunos métodos nuevos de procesamiento de alimentos que son especialmente intensivos en energía. Por ejemplo, producir carne cultivada (utilizando la biotecnología para cultivar células animales en un laboratorio) requiere más del doble de energía que la cría de pollos.¹⁶²

Dejando aparte su huella de combustibles fósiles, los alimentos ultraprocesados generan otros impactos negativos en la salud de las personas y el medioambiente.



Numerosos estudios de todo el mundo relacionan el consumo de UPF con una amplia variedad de efectos adversos para la salud como la muerte prematura, el cáncer y diversas enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y metabólicas.^{163,164} Hay que tener en cuenta, además, que la producción de UPF se basa en monocultivos a gran escala, el uso de grandes cantidades de energía durante la producción, el transporte de larga distancia y un envasado excesivo. Como resultado de todo ello, los alimentos ultraprocesados pueden contribuir significativamente a los cambios de uso de la tierra, a las emisiones de gases de efecto invernadero, y a un incremento en el consumo de agua y energía.¹⁶⁵

También en la mitad de la cadena alimentaria, la producción de envases alimentarios de plástico destaca por su exacerbado consumo de combustibles fósiles. No podemos olvidar la omnipresencia de los plásticos en todo el conjunto del sistema alimentario, incluidas las explotaciones agrícolas (ver el Apartado 1).¹⁶⁶

A nivel global, los envases de alimentos y bebidas representan al menos el 10 % de la producción total de plástico.¹⁶⁷ Y, por si fuera poco, los alimentos ultraprocesados suelen ir envueltos en varias capas de plástico.¹⁶⁸

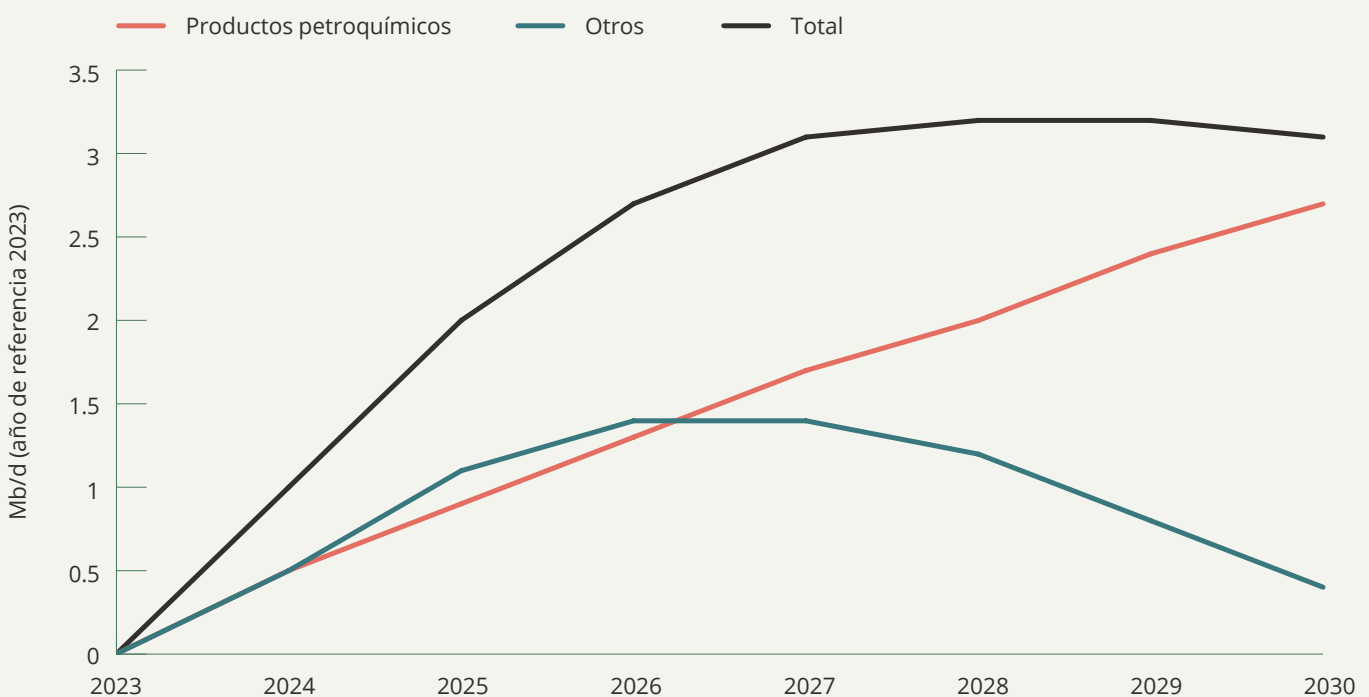
Asia lidera el mercado de envases de plástico con más del 43 % de la cuota mundial en 2023 y se prevé que este crecimiento se acelere hasta 2030, en especial en China, India, Vietnam, Corea del Sur y Tailandia.¹⁶⁹ China ocupa el primer puesto tanto en la producción como en el consumo de envases de plástico.¹⁷⁰

Los productos petroquímicos —y en especial los plásticos— constituyen en torno al 14 % de la demanda total de petróleo, y se prevé que la producción de plásticos se duplique con creces de aquí a 2050.^{171,172} Así, los petroquímicos van camino de convertirse en el principal impulsor del crecimiento de la demanda de petróleo: representarán más de un tercio del crecimiento previsto hasta 2030, y casi la mitad en 2050 (ver la Figura 6).¹⁷³

FIGURA 6

LA DEMANDA DE PETRÓLEO SE APOYARÁ EN LOS PRODUCTOS PETROQUÍMICOS

Previsiones de crecimiento acumulado de la demanda de petróleo entre 2024 y 2030 (millones de barriles diarios)



Si bien se prevé una caída de la demanda de petróleo para energía como resultado de la transición hacia energías limpias, la producción petroquímica se prepara para crecer. El sector de los combustibles fósiles depende cada vez más de los plásticos y otros productos petroquímicos para dar salida al excedente de oferta de petróleo e impulsar la futura demanda mundial



Desde el sector del plástico se ha promovido el reciclaje como la principal solución frente al problema de los residuos plásticos, pero esta narrativa ha desviado la atención de otras soluciones interesantes que podrían aplicarse inicialmente como la reducción de la producción y el rediseño en las formas de empaquetado.¹⁷⁴ En realidad, los plásticos nunca se han diseñado para poder ser recuperados:¹⁷⁵ a nivel mundial el reciclaje de envases de plástico supone menos del 10%,¹⁷⁶ y los envases alimentarios se encuentran entre los más difíciles de recuperar debido a la contaminación y a las complejas mezclas de materiales que los componen.

Los grupos de presión del sector se han encargado de labrar toda una reputación para el plástico como material reciclable, en un claro engaño tanto para consumidores como para responsables políticos.^{xv} Esta ilusión no solo ha trasladado el coste y la responsabilidad de gestionar los residuos plásticos a las y los consumidores, los gobiernos locales y las y los trabajadores informales del sector de los residuos, sino que también ha permitido a la industria del plástico seguir ampliando la producción y proteger sus márgenes de beneficio.

El incremento en la utilización de plásticos — especialmente los de un solo uso, cuya producción creció rápidamente fruto de la preocupación por la salud pública durante la pandemia de COVID-19— ha disparado a su vez la contaminación por plásticos.¹⁷⁷ Son las empresas de alimentación y bebida las que contribuyen a esta dinámica de manera desproporcionada.¹⁷⁸ De forma sistemática, Coca-Cola, PepsiCo y Nestlé acumulan los niveles más elevados de contaminación por plástico desde que se iniciaran las campañas mundiales de auditoría de marcas en 2018.¹⁷⁹ En la auditoría más reciente, el 83 % del total de residuos plásticos recogidos y contabilizados eran envases de alimentos, principalmente botellas, envoltorios de alimentos y envases

El impacto de los envases de plástico va mucho más allá de los combustibles fósiles, ya que plantea también riesgos para la salud humana y de los ecosistemas, sobre todo por las sustancias químicas nocivas que los componen y su contribución al fenómeno de la contaminación por microplásticos.



Por cada dólar que se gasta en alimentos en Estados Unidos, se destinan más de dos dólares a paliar sus efectos: desde la atención sanitaria y la explotación de las y los trabajadores, hasta la destrucción del medioambiente y el cambio climático. El sector alimentario esconde de manera deliberada y muy eficaz estos costes ocultos.

Raj Patel
en el podcast [Fuel to Fork](#)

Se han llegado a detectar microplásticos en órganos y tejidos humanos como la sangre, los pulmones, el cerebro, la placenta y la leche materna, y las investigaciones ponen de manifiesto su toxicidad y relación con una serie de enfermedades graves.¹⁸⁰

Todos los plásticos, incluidos los utilizados para envasar alimentos, contienen miles de sustancias químicas, de las que se sabe o se sospecha que, al menos, 4219 entrañan riesgos para la salud humana.¹⁸¹ Por ejemplo, los seres humanos están expuestos al BPA (bisfenol A) y a los ftalatos presentes en los envases de plástico para alimentación, sustancias que se relacionan con graves riesgos para la salud como cáncer, problemas reproductivos y alteraciones hormonales.¹⁸² No obstante, gran cantidad de productos químicos plásticos no han sido sometidos a ensayo alguno, y es frecuente que los que se consideran seguros tampoco hayan sido objeto de evaluaciones conforme a las normas de seguridad más recientes basadas en los riesgos.¹⁸³

xv Ver, por ejemplo, la campaña [The Recycling Partnership](#) financiada por la Fundación PepsiCo, que atribuye la responsabilidad de reducir los residuos plásticos a las administraciones locales y los consumidores.



Por último, y también en los eslabones intermedios de la cadena, el transporte de alimentos presenta su propia huella de combustibles fósiles. A pesar de utilizar fundamentalmente combustibles fósiles, la contribución del transporte de alimentos es relativamente pequeña en comparación con la huella de combustibles fósiles general de los sistemas alimentarios. Se suele prestar más atención a los kilómetros que recorren los alimentos porque son más visibles para las y los consumidores, que ya están sensibilizados sobre el uso de combustibles fósiles en sus propios desplazamientos.

Los combustibles fósiles que se queman en camiones, trenes, barcos y aviones suman unos 2000 millones de barriles de petróleo al año, y el 4,8 % de las emisiones de GEI relacionadas con la alimentación.^{184,xvi} A pesar de representar solo el 31 % del kilometraje alimentario a nivel mundial, el transporte de mercancías por carretera es responsable del 81 % de las emisiones del sistema de transporte alimentario.¹⁸⁵ El transporte ferroviario de mercancías, electrificado en más de un 50 %, ¹⁸⁶ le sigue con el 15 % de las emisiones.¹⁸⁷

El transporte marítimo, en contraste, comprende casi el 60 % del total de kilómetros que recorren los alimentos y, sin embargo, es el modo más eficiente en cuanto a emisiones de carbono por tonelada-milla, con una contribución al total de emisiones del transporte de tan solo el 3,6 %.^{188,189} Por su parte, la aviación es el modo con más demanda de carbono por tonelada-milla, pero sigue siendo un contribuyente nicho (menos del 0,5 %), limitado principalmente a artículos perecederos de alto valor como frutas frescas y marisco, que requieren una entrega rápida a largas distancias.¹⁹⁰ A medida que se intensifican los procesos de urbanización, se multiplican también los intercambios comerciales mundiales —incluido el envío de alimentos—, sobre todo en las regiones en rápido desarrollo de Asia, América Latina y África.¹⁹¹

Una vez más, los impactos van mucho más allá del cambio climático. El transporte impulsado por combustibles fósiles emite contaminantes —partículas, óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, por ejemplo— que son perjudiciales para la salud humana y los ecosistemas. La contaminación por partículas está asociada a entre 2 y 6 millones de muertes prematuras al año en todo el mundo.¹⁹² Los grandes corredores de transporte —muchos situados en zonas con alta densidad de población o cercanos a ellas— conllevan elevados riesgos para la salud, sobre todo para la infancia, las personas mayores y aquellas que padecen afecciones cardiovasculares o respiratorias crónicas. Los fuelóleos pesados empleados por el transporte marítimo emiten una cantidad considerable de óxidos de azufre, que favorece la lluvia ácida y la acidificación de los océanos.¹⁹³ El transporte de larga distancia también debe hacer frente a la creciente inestabilidad geopolítica y a los cuellos de botella en las rutas marítimas globales con mayor concentración de tráfico, con los riesgos en términos de seguridad alimentaria que esto plantea.^{xvii}



Por preocupante que resulte, los combustibles fósiles son absolutamente vitales para el sector alimentario. Desde el cultivo de los alimentos hasta su refrigeración y transporte, pasando por las fases de procesado y envasado, los combustibles fósiles son necesarios en prácticamente cada etapa del proceso.

Errol Schweizer
Fuel to Fork podcast

xvi Según Crippa et al., el transporte representa el 4,8 % de las emisiones de los sistemas alimentarios, alrededor de 864 millones de toneladas de CO₂ equivalente. Esto es comparable a las emisiones potenciales de 2000 millones de barriles de petróleo, según la Agencia de Protección Ambiental (EPA). [Calculado con la calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero de la EPA.](#)

xvii Los principales puntos de congestión por los que circula buena parte del comercio mundial son el canal de Panamá y el estrecho de Malaca, ambos claves para conectar los mercados occidentales y asiáticos, los estrechos de Turquía (especialmente para el paso de trigo), y otros puntos de los Estados Unidos, Brasil y el mar Negro. Las tres principales amenazas que están haciendo aumentar los riesgos de esos puntos de estrangulamiento son las perturbaciones meteorológicas y climáticas, las amenazas a la seguridad derivadas de los conflictos o la piratería y otras actividades criminales, y las medidas institucionales como el control de las exportaciones o los cierres por parte de las autoridades. Ver Bailey, R. y Wellesley, L. (18 de mayo de 2023). [Chokepoints and vulnerabilities in global food trade](#) (Informe actualizado). Chatham House.



«LIMPIAR» DE COMBUSTIBLES FÓSILES LA FASE DE PROCESAMIENTO

¿Qué entendemos por un procesado de alimentos «más limpio» y qué medidas están tomando las empresas en esta línea?

La mejora de la eficiencia energética y el cambio a energías renovables en el procesado de alimentos parecen medidas viables desde el punto de vista financiero y técnicamente factibles, y ya se empiezan a observar cambios en el sector. Dado que la mayor parte del procesado de alimentos requiere calor a temperaturas medias o bajas, y teniendo en cuenta que los procesos de refrigeración y enfriamiento ya se están llevando a cabo con electricidad, está demostrado que en este sector sería sencillo sustituir la energía fósil por fuentes renovables.^{194,195}

Ya son muchos los fabricantes que utilizan renovables, algunos de ellos con proyectos en funcionamiento que demuestran la viabilidad de la energía solar térmica.¹⁹⁶ Este tipo de energía renovable capta la luz solar para generar calor, que puede luego utilizarse directamente para calentar agua o aire, o en procesos industriales como el secado, la calefacción y la refrigeración.

Uno de los desafíos clave de este ámbito —y posiblemente también uno de los más sencillos— consiste en mejorar la eficiencia y reducir las necesidades totales de energía de los sistemas de procesado de alimentos actuales. Esto pasa por evitar tener equipos inactivos, optimizar la programación de la producción y apostar por un buen mantenimiento de los equipos. Por ejemplo, la eficiencia energética

de un horno industrial para galletas promedio es de solo el 35 %, lo que significa que la mayor parte de la energía se pierde en el aire.¹⁹⁷ Es este sentido, mejorar el aislamiento y la recuperación de calor de los hornos puede reducir drásticamente el consumo de energía.¹⁹⁸

Cambiar el total de la demanda actual de electricidad a fuentes renovables es otro desafío crucial para la eliminación gradual de los combustibles fósiles en el eslabón del procesado de alimentos, planteándose medidas como la generación de electricidad renovable in situ, por ejemplo, a través de instalaciones geotérmicas o de paneles solares.

La descarbonización también puede lograrse mediante la adopción de equipos nuevos, más eficientes desde el punto de vista energético. Las bombas de calor, que funcionan con electricidad, son una tecnología emergente que ya está disponible como sustitución de equipos que queman gases fósiles en el sector alimentario y de bebidas. Proporcionan tanto calefacción como refrigeración, son muy eficientes y ayudan a recuperar el exceso de calor.¹⁹⁹ Las inversiones en equipos nuevos pueden resultar caras, pero se ha demostrado que, gracias al ahorro de energía que permiten, se amortizan con bastante rapidez.²⁰⁰

¿En qué medida son viables estas soluciones y hasta qué punto podrían ser transformadoras?

Un cambio a gran escala orientado a un procesado más ecológico podría resultar muy significativo. Actualmente, muchos fabricantes están invirtiendo en estrategias de optimización energética, y entre los principales productores de alimentos y bebidas ya hay varios que han adoptado y cumplido objetivos para abastecerse de electricidad procedente de fuentes renovables, en la mayoría de los casos negociando acuerdos de compra de energía^{201,202,203}. Aplicadas al conjunto del sector, estas medidas tienen el potencial de reducir la huella climática y de combustibles fósiles del procesado de alimentos.

Sin embargo, aunque por lo general son viables, siguen existiendo barreras técnicas que limitan el aumento de escala de las mejores prácticas, además de una evidente falta de voluntad política. En primer lugar, las medidas de eficiencia energética para el sector de la alimentación y las bebidas no se conocen bien, no se entienden y no se priorizan como sería deseable, y la mayoría de las empresas, reticentes a causa de los riesgos, se aferran al statu quo para evitar comprometer la calidad de los alimentos.²⁰⁴



En segundo lugar, la electrificación y la mejora de los equipos que funcionan a gas sigue siendo un desafío considerable. El resultado es que el gas fósil se mantiene como principal fuente de combustible para la transformación de alimentos, en gran parte debido a los incentivos políticos que promueven precios relativamente bajos para la energía fósil.²⁰⁵ La electrificación —por ejemplo, para sustituir las calderas de gas por calderas eléctricas o bombas de calor— requiere una gran inversión inicial para modernizar las infraestructuras y puede elevar considerablemente los costes de funcionamiento, en algunos casos multiplicándolos hasta por dos.²⁰⁶ En el caso concreto de los pequeños y medianos fabricantes de alimentos y bebidas, estos no siempre pueden permitirse invertir en eficiencia energética o en la incorporación de energías renovables, y carecen de mecanismos de financiación adecuados.²⁰⁷

En tercer lugar, que el procesado de alimentos se pase a la electricidad limpia conlleva una demanda adicional de energías renovables considerable y, con ella, complejas compensaciones asociadas a la transición energética (más información al respecto en el Apartado 4). Aunque algunas de estas presiones podrían mitigarse con la generación de energía renovable *in situ*, los avances hasta la fecha han sido insoportablemente lentos y los incentivos políticos siguen siendo insuficientes.

Algunas empresas han realizado cuantiosas inversiones en generación de energía renovable como, por ejemplo, una fábrica de PepsiCo en Irlanda que genera más del 20 % de su electricidad mediante energía solar instalada en sus tejados.²⁰⁸ Sin embargo, estas inversiones en generación de energía renovable pueden ser costosas —2,4 millones de euros en el caso de PepsiCo— y es habitual que requieran la construcción de nuevas plantas en zonas aptas para ello. En cualquier caso, por elevadas que sean, las inversiones en energías renovables de los fabricantes de ultraprocesados tampoco constituyen por sí solas una solución a los impactos sanitarios y medioambientales más amplios de estos modelos de negocio.

Para muchas empresas, limpiar de combustibles fósiles la fabricación de alimentos y bebidas es todavía un horizonte muy lejano. A día de hoy, aún no se han activado las palancas de cambio más relevantes, y son muchas las empresas que incumplen o incluso dan marcha atrás en sus objetivos de sostenibilidad, ya de por sí poco ambiciosos^{209,210}. Podría decirse que frenar la producción de UPF, especialmente entre los principales productores mundiales de este tipo de alimentos, es la mayor oportunidad en términos de reducción de las necesidades totales de energía, reducción de los envases de plástico e impulso de beneficios significativos para la salud. Sin embargo, las empresas de alimentación se muestran reacias a abordar el problema de los UPF y, en algunos casos, incluso toman medidas activamente para limitar la acción política (ver el Recuadro 5).

RECUADRO 5

DINÁMICAS DEL SECTOR ALIMENTARIO CONTRARIAS A LAS POLÍTICAS DE SALUD PÚBLICA

Las grandes corporaciones del sector alimentario suelen utilizar tácticas agresivas para debilitar o bloquear las políticas de salud pública y medioambientales, de forma análoga a las estrategias que llevan años empleando las empresas de combustibles fósiles para poner trabas a la acción climática.²¹¹ En paralelo al aumento de la preocupación por los perjuicios de los ultraprocesados para la salud y al medioambiente, muchos países han ido adoptando medidas para reducir su consumo y prohibir los plásticos de un solo uso. En respuesta, las empresas líderes de alimentación y bebidas se han puesto manos a la obra para contrarrestar estos esfuerzos: financiando investigaciones que cuestionan la eficacia de estas políticas, ejerciendo una fuerte presión contra las normativas, promoviendo la autorregulación voluntaria como sustituto e incluso atacando a los grupos de defensa con amenazas y vigilancia.^{212,213}

Los gigantes mundiales del sector de la alimentación y las bebidas, encabezados por Nestlé, Coca-Cola, Unilever, PepsiCo y Danone, han tejido una extensa red mundial de grupos de interés que abarca múltiples jurisdicciones y ámbitos de gobernanza, y que les ha permitido poner en marcha un poderoso sistema que dificulta considerablemente a los gobiernos la aplicación de medidas firmes a favor de la salud pública y la sostenibilidad.²¹⁴



SUSTITUIR LOS PLÁSTICOS DE ORIGEN FÓSIL POR BIOPLÁSTICOS

¿Qué son los bioplásticos?

Omnipresentes en cada eslabón de la cadena alimentaria, y muy especialmente en la etapa de envasado, los plásticos representan una enorme fuente de ingresos, presentes y futuros, para las empresas de combustibles fósiles y petroquímicas. A pesar de la diversidad de estrategias posibles para reducir los envases de plástico, los intentos de sustituir los plásticos convencionales en las principales cadenas de suministro minorista de alimentos se han centrado, en su mayoría, en los bioplásticos.

La palabra «bioplásticos» es un término amplio que engloba los plásticos de origen biológico, biodegradables y/o compostables. Aunque los plásticos de origen biológico incorporan una parte de materiales orgánicos en su materia prima, no son necesariamente biodegradables y en muchos casos contienen aditivos de origen fósil.²¹⁵ Este tipo de plásticos están hechos habitualmente a partir de cultivos como la caña de azúcar, el maíz y las patatas. Por su parte, los llamados bioplásticos o plásticos de origen biológico de «nueva generación» se fabrican a partir de materias primas como residuos alimentarios, algas y setas.

Los plásticos biodegradables pueden ser de origen biológico o estar compuestos en su totalidad por combustibles fósiles. Los plásticos de origen biológico biodegradables se utilizan habitualmente en envases, cubertería y bolsas de comida para llevar, mientras que los plásticos biodegradables de origen fósil se suelen emplear en la fabricación de acolchados para la agricultura, bolsas de basura compostables y cubertería.

Los plásticos biodegradables pueden descomponerse en componentes naturales —como dióxido de carbono, agua, sales minerales y biomasa microbiana nueva—, pero no existe una norma comúnmente acordada que rijan esa descomposición, lo que da lugar a periodos de degradación que oscilan entre semanas y siglos.²¹⁶ Los plásticos compostables, por su parte, están sujetos a normas más estrictas que garanticen su descomposición completa en un plazo determinado y en condiciones específicas. Por ejemplo, ciertas normas estadounidenses exigen una descomposición completa en 12 semanas en instalaciones comerciales de compostaje,²¹⁷ mientras que la norma europea establece la obligación de desintegración total en tres meses y descomposición completa en seis meses.²¹⁸



Creo que más allá de plantearse “¿dónde encontramos plásticos en el sistema alimentario?”, la gran pregunta es: ¿dónde no hay plásticos en el sistema alimentario?

Emma Priestland
en el podcast [Fuel to Fork](#)





¿En qué medida son viables estas soluciones y hasta qué punto podrían ser transformadoras?

En primer lugar, cabe señalar que los plásticos de origen biológico no tienen propiedades idénticas a las de los plásticos de origen fósil —en términos de durabilidad y resistencia a la temperatura, por ejemplo—, y no pueden sustituir de forma inmediata al plástico en sus diversas aplicaciones dentro de la cadena alimentaria por cuestiones de seguridad alimentaria y vida útil. Los plásticos convencionales también suelen ser mucho más baratos de producir y suministrar que las opciones alternativas, aunque los incentivos de las políticas públicas influyen en los costes relativos y siguen estando manipulados a favor de la economía fósil.

Por otro lado, la viabilidad económica de los bioplásticos depende en gran medida de los precios del petróleo, la energía y las materias primas, determinantes para la competitividad de estos materiales en términos de costes. Además, la escasa concienciación del lado del consumo supone una traba más para su adopción.²¹⁹ La combinación de estos factores explica el poco interés que han despertado hasta la fecha los bioplásticos y, a día de hoy, más del 99 % del plástico sigue siendo de origen fósil.²²⁰

A esto se añade la aparición de nueva evidencia científica que pone en duda que los bioplásticos sean más seguros para la salud humana que los plásticos convencionales. Y es que incluso los productos fabricados en gran parte a partir de fuentes biológicas pueden incluir aditivos químicos de origen fósil.²²¹

Se ha descubierto que los bioplásticos contienen miles de sustancias químicas, algunas de ellas tóxicas, que los hacen igual de peligrosos que los plásticos convencionales.²²² Entre ellas se encuentran las sustancias perfluoroalquiladas y polifluoroalquiladas, conocidas como PFAS, que se han utilizado durante décadas para garantizar la resistencia de los envases alimentarios a la grasa y al agua. Los PFAS no se descomponen fácilmente, por lo que se conocen como «químicos eternos», y los PFAS pueden contaminar los alimentos y acumularse en el cuerpo humano, dando lugar a riesgos de problemas de salud graves como cáncer, daños en el sistema inmunitario y problemas de desarrollo.²²³

Por otro lado, la biodegradabilidad de este tipo de plástico —una característica esencial que los hace preferibles a los plásticos convencionales desde el punto de vista medioambiental— no siempre está garantizada. Para que tenga lugar el proceso de biodegradación, es necesario un entorno aeróbico —los bioplásticos no se biodegradan en vertederos anaeróbicos— y las instalaciones industriales de compostaje necesitan alcanzar temperaturas muy altas para compostar los bioplásticos. Normalmente, no se cuenta con infraestructuras de compostaje adecuadas, y, además, la diversidad de materiales de los plásticos de origen biológico limita considerablemente la eficacia de su reciclaje.²²⁴ De hecho, incluso cuando el proceso de compostaje de los envases alimentarios biodegradables tiene éxito, se ha descubierto que el compost obtenido de este modo contiene niveles de PFAS hasta 20 veces superiores al que se elabora a partir de estiércol o residuos alimentarios separados.²²⁵

Asimismo, la ampliación de escala de los plásticos de origen biológico plantea problemas de conversión de tierras y recursos en detrimento de la producción alimentaria, similares a los que se dan en el sector de los biocombustibles. Sustituir todos los envases de plástico por bioplásticos requeriría más de la mitad del área empleada para la producción mundial actual de maíz, una superficie mayor que la de Francia, y un 60% más de agua dulce de la utilizada en toda la Unión Europea en un año.^{226,227}

Por tanto, existe un grave riesgo de que la producción de bioplásticos entre en conflicto con la producción de alimentos, lo que, a su vez y como resultado de la competencia por la tierra, podría conllevar una extensión de la agricultura a zonas de alto valor natural y la deforestación de las mismas. Además, los plásticos derivados de la caña de azúcar, el maíz y la patata suelen depender de monocultivos a gran escala en los que se utilizan agroquímicos, una práctica que contrarresta los beneficios de abandonar los plásticos convencionales y aumenta la contaminación del suelo y el agua asociada a la escorrentía agrícola.

xviii Estas compañías realizan grandes inversiones para que los combustibles fósiles sigan fluyendo hacia el sector de los petroquímicos. En 2022, InfluenceMap clasificó a BASF como la tercera empresa más influyente a la hora de bloquear la acción por el clima en todo el mundo, precedida solo por Chevron y ExxonMobil. Ver InfluenceMap (2022). [Corporate Climate Policy Footprint](#).

xix Entre sus miembros figuran BASF, TotalEnergies, Asahi Kasei Corporation, LG Chem y Mitsubishi Chemical. Ver European Bioplastics (s.f.). [Members list](#). Consultado el 3 de marzo de 2025.



La «nueva generación» de bioplásticos (fabricados a partir de residuos alimentarios, algas y setas) se presenta como una solución a estos problemas, aunque tampoco está exenta de contrapartidas. Por ejemplo, los residuos alimentarios que se destinen a la producción de bioplásticos dejarían de estar disponibles para usos agrícolas, tales como la alimentación del ganado o el aporte de nutrientes a los suelos. La ampliación de escala de la producción de algas también resulta problemática: las microalgas necesitan grandes extensiones de tierra y/o grandes cantidades de agua, energía y un aporte continuo de fertilizantes;²²⁸ las macroalgas, por su parte, están relacionadas con la alteración a gran escala de los ecosistemas costeros y con el procesamiento de la biomasa, lo que puede implicar la liberación de grandes cantidades de CO₂.²²⁹

Aunque todas estas preocupaciones ponen en evidencia la necesidad de supervisión, en la práctica, los conflictos de intereses están por todas partes. Los programas de certificación de plásticos de origen biológico suelen estar en manos de alianzas comerciales y otros representantes de empresas fabricantes de bioplásticos, en muchos casos las mismas que producen el plástico convencional. Por ejemplo, en el consejo de la principal certificadora estadounidense de envases compostables (BPI) se sientan ejecutivos de BASF,²³⁰ una de las cuatro empresas (junto con Syngenta, Bayer y Corteva) que controlan la mayoría de los mercados de semillas y pesticidas.^{xvii} Por su parte, la asociación comercial European Bioplastics cuenta entre sus miembros con empresas petroquímicas valoradas en miles de millones.^{xix}

DESCARBONIZAR EL TRANSPORTE EN LAS CADENAS MUNDIALES DE SUMINISTRO DE ALIMENTOS

¿Qué implica descarbonizar el transporte mundial de alimentos?

La descarbonización del transporte es un desafío crucial y urgente de magnitud global. El transporte es responsable de una quinta parte de las emisiones mundiales de CO₂, una cifra en constante aumento. Los esfuerzos por descarbonizar este sector se centran, principalmente, en desarrollar y promover la adopción de vehículos de emisiones bajas o nulas y, paralelamente, en cambiar a modalidades de transporte de emisiones relativamente más bajas en la medida de lo posible (por ejemplo, sustituir parte del transporte aéreo y por carretera por transporte ferroviario o marítimo para alcanzar una mayor eficiencia por tonelada-milla).

En el caso del transporte de alimentos, la prevalencia del transporte de mercancías por carretera y su elevado nivel de emisiones por unidad sitúan la electrificación del sector camionero entre las principales prioridades^{231,232}. Los gobiernos han establecido objetivos ambiciosos en el marco del Acuerdo de París y otras instancias, con la vista puesta en una electrificación significativa de las ventas de camiones nuevos en 2030 y la electrificación total de las flotas de vehículos pesados en 2040 en las principales economías.²³³

Electrificar el transporte de mercancías por ferrocarril y utilizar fuentes de energía renovables para las redes ferroviarias también puede reducir drásticamente el uso de combustibles fósiles y las emisiones de GEI en el sector agroalimentario y en otros sectores. Los biocarburantes representan otra alternativa potencial a la gasolina, pero algunos podrían ser incluso más dañinos para el clima (ver más abajo).²³⁴

Los combustibles basados en el hidrógeno y el amoníaco, incluido el amoníaco «azul», también están incorporándose al *mix*, pero podrían acarrear impactos igual de negativos, o incluso peores, que los combustibles marítimos convencionales.²³⁵ Aunque potencialmente relevantes en sectores de difícil descarbonización (los llamados sectores *hard-to-abate*), en los que la electricidad no puede sustituir de forma eficiente o asequible a los combustibles fósiles,²³⁶ estas aplicaciones se encuentran todavía en fases tempranas de I+D,²³⁷ y siguen suscitando serios interrogantes (ver más adelante).



¿En qué medida son viables estas soluciones y hasta qué punto podrían ser transformadoras?

Las tecnologías de transporte sostenible avanzan a un ritmo vertiginoso. La disminución de los costes de las baterías, el aumento de su densidad energética y la mejora de la infraestructura de carga y de la autonomía de los vehículos han elevado el nivel de viabilidad de los camiones eléctricos, especialmente para el reparto de última milla y de corta distancia. Por otro lado, los marcos normativos y de incentivos —tales como las políticas de la Unión Europea que obligan a una reducción del 90% de las emisiones en 2040, o los objetivos de cero emisiones de California para 2035— son una buena oportunidad para acelerar todavía más esta transición.²³⁸

En las regiones con infraestructuras ferroviarias sólidas, un cambio modal de la carretera al ferrocarril podría reducir sustancialmente las emisiones. Una mayor electrificación del transporte de mercancías por ferrocarril también se erige como una perspectiva viable. Sin embargo, para sacar partido al potencial del transporte de mercancías en tren es imprescindible invertir en infraestructuras ferroviarias (sobre todo en terminales que permitan multiplicar las transferencias camión-ferrocarril), así como reajustar y alinear las políticas y normativas.^{239,240} Entre los ejemplos de políticas que fomentan una combinación de transporte por carretera y ferrocarril se incluyen las exenciones fiscales para los vehículos utilizados en el transporte ferrocarril-carretera y la reducción de la distancia mínima requerida para el tramo ferroviario de un viaje.

Sin embargo, otros aspectos del cambio se perciben como más lejanos debido a dependencias de los combustibles fósiles que cuesta mucho reducir o eliminar. Los camiones eléctricos pesados son más caros, y el transporte de larga distancia es más difícil de electrificar debido a los requisitos de peso y densidad energética de las baterías.²⁴¹ Es cierto que las tecnologías relativas a las baterías han mejorado considerablemente, pero, aun así, en las operaciones de larga distancia existen limitaciones de autonomía y los tiempos de carga son más lentos.

Y lo que es más importante, la electrificación del transporte por carretera y ferrocarril y, por ende, la alimentación de esas redes con energías renovables, conlleva importantes desafíos y concesiones.

La producción de baterías (por ejemplo, para vehículos eléctricos) requiere litio, cobalto y otros «minerales de transición», también denominados «minerales críticos». La extracción de estos minerales puede estar vinculada a la explotación minera en zonas ecológicamente sensibles, la impugnación de derechos sobre la tierra y malas prácticas laborales.^{242,243} Los desafíos más generales vinculados a la búsqueda y la garantía de una transición energética justa se analizan en detalle en el Apartado 4.

La aviación sigue siendo más difícil de descarbonizar, pero representa menos del 0,5 % de las emisiones mundiales del transporte de alimentos.²⁴⁴ Los combustibles de aviación sostenibles (SAF, por sus siglas en inglés), fabricados a partir de materias primas naturales como el aceite de cocina usado y las grasas animales, constituyen a día de hoy la única opción viable de combustibles bajos en carbono para la aviación. Pero los esfuerzos por sustituir el combustible de aviación convencional por SAF tampoco están exentos de obstáculos: su viabilidad comercial es limitada, se han hecho promesas poco realistas respecto a ellos, y la escala de la demanda mundial de combustible es inabarcable.²⁴⁵



Los combustibles fósiles son de un solo uso. Se extraen de la tierra, se queman y es necesario extraer más. Los materiales de las pilas, una vez usados, se pueden reciclar. Por lo tanto, con el tiempo, deberíamos extraer cada vez menos de la tierra.

Rachel Muncrief
en el podcast [Fuel to Fork](#)



Los SAF representan solo el 0,3% de la producción mundial de combustibles de aviación y, a pesar de los miles de millones invertidos, la mayor parte de su producción sigue sin estar probada a gran escala.²⁴⁶ Muchos SAF proceden de fuentes controvertidas como subproductos de mataderos y monocultivos industriales de soja, maíz y aceite de palma, lo que podría acarrear el apuntalamiento de sistemas de producción industrial perjudiciales. Los aviones que funcionan con hidrógeno aún están en fase de desarrollo, y la estricta normativa del sector probablemente los mantendrá en fase de prueba durante mucho tiempo antes de su adopción comercial.²⁴⁷

Según parece, una primera parte de las emisiones del transporte marítimo se podría eliminar de manera bastante directa: una reducción del 10% de la velocidad operativa puede suponer una disminución de las emisiones marítimas de alrededor de un 20%, que además traería aparejada una caída significativa de las emisiones de GEI, así como de contaminantes nocivos como los óxidos de nitrógeno y las partículas.²⁴⁸ Numerosos estudios demuestran que los beneficios de reducir la velocidad de los buques superan los costes, aunque puede ser necesario establecer medidas que garanticen la calidad de los alimentos en los trayectos más largos.²⁴⁹

Cargill ha probado tecnologías de vela en buques de carga, consiguiendo reducir las emisiones y el consumo de combustible un 14 % de media.²⁵⁰ Aunque estas reducciones podrían ser aún mayores si se apostase más por el desarrollo, los índices de adopción en el sector del transporte marítimo se mantienen bajos.²⁵¹ Con la fluctuación de los precios del combustible y los fletes como incentivo para el cambio, también se han producido avances significativos en la eficiencia del combustible de los buques, hasta el punto de que se han superado los requisitos de marcos como el Índice de Diseño de Eficiencia Energética de la Organización Marítima Internacional.²⁵²

Pese a todo, todavía no existe una alternativa clara al fuelóleo pesado. El gas natural licuado (GNL) es la opción que sale a relucir con más frecuencia, pero los impactos sobre el clima, las personas y la salud ambiental asociados a su extracción, transporte, licuefacción y regasificación son iguales o peores que los de la propia combustión del gas fósil (ver Recuadro 6).

La introducción de combustibles a base de amoníaco para el transporte marítimo también presenta graves limitaciones e impactos perjudiciales: su uso en el transporte marítimo exigiría una cantidad de nitrógeno igual o hasta dos veces superior a la que se utiliza actualmente para la agricultura,²⁵³ y no debemos pasar por alto la importante competencia por el recurso.²⁵⁴

El amoníaco es muy tóxico para la vida en el medio acuático y, en caso de vertido, puede desencadenar la proliferación de algas nocivas por eutrofización, lo que agotaría el oxígeno y supondría la destrucción de vida marina.²⁵⁵ Cuando se utiliza como combustible marino, también plantea riesgos de contaminación atmosférica por la liberación de óxidos de nitrógeno, óxido nitroso y amoníaco no quemado. Y a esto hay que añadir que los datos y las tecnologías para controlar estas emisiones son todavía muy limitados.²⁵⁶ Además, su condición de «combustible limpio» sigue siendo más aspiracional que real. Por otro lado, dado que el 99% de la producción de amoníaco todavía es de origen fósil, los combustibles para el transporte marítimo basados en el amoníaco podrían perpetuar la dependencia de los combustibles fósiles (ver también el Apartado 1).

Por último, el potencial de los biocombustibles como alternativa energética sostenible para el transporte, los sistemas alimentarios u otros sectores, sigue siendo muy limitado y está sujeto a complejas compensaciones entre alimentación y combustibles. En una revisión de la Norma de Combustibles Renovables en EE. UU. —país responsable de casi la mitad de la producción mundial de biocombustibles— se constata que la intensidad de carbono de la producción de etanol de maíz había sido probablemente un 24% superior a la de la gasolina y había favorecido un aumento de entre el 3 y el 8% en el uso anual de fertilizantes en todo el país.²⁵⁷

Si bien es cierto que los biocombustibles de segunda generación —aquellos fabricados a partir de residuos agrícolas y forestales, por ejemplo— evitan la competencia por la tierra, actualmente no son rentables frente a los biocombustibles convencionales y los combustibles fósiles para el transporte, puesto que requieren procesos de conversión más costosos y complejos. En 2021, solo el 1% de la producción total de bioetanol en la Unión Europea era de segunda generación.²⁵⁸



RECUADRO 6

EL GAS NATURAL LICUADO, UN REMEDIO PEOR QUE LA ENFERMEDAD

- Las emisiones de GEI asociadas a la extracción, el transporte, la licuefacción y la regasificación del GNL pueden ser prácticamente iguales que las generadas por la combustión de gas fósil, lo que en la práctica duplicaría el impacto climático de cada unidad de energía transportada en forma de GNL.²⁵⁹ Por otro lado, las emisiones de GEI del GNL son un 33 % peores que las de la combustión del carbón debido a las persistentes fugas de metano cuando se quema en los buques.²⁶⁰
- En comparación, las emisiones de GEI del ciclo de vida de la energía solar son menos del 7% de las del GNL, mientras que la energía eólica representa menos del 2 % de las emisiones del GNL.
- El coste humano y medioambiental estimado de los daños relacionados con el clima provocados por las exportaciones estadounidenses de GNL fue de 8100 millones de dólares en 2019. En 2030, fecha en la que se prevé que las exportaciones estadounidenses de GNL se hayan triplicado, estos «costes reales» podrían alcanzar los 30 500 millones de dólares.²⁶¹
- La extracción y la expansión del GNL tienen graves repercusiones en las comunidades costeras y los ecosistemas marinos. En Estados Unidos, las comunidades racializadas padecen de forma desproporcionada la mala calidad del aire de las proximidades de instalaciones de GNL. Por su parte, la expansión de las instalaciones de GNL en México, Filipinas, Mozambique y Brasil supone una amenaza tanto para los ecosistemas marinos locales y mundiales como para las comunidades indígenas y locales.²⁶²
- La expansión del GNL también está vinculada al tirón del amoníaco, y con el gas fósil como materia prima, para lo único que sirve es para enquistar todavía más la dependencia de los combustibles fósiles (ver el Apartado 1).



LIMPIAR DE COMBUSTIBLES FÓSILES LAS COCINAS Y LAS CADENAS DE FRÍO

¿soluciones incrementales o falsas soluciones?

3





¿Cuál es el problema?

Más de un tercio de la población mundial —entre 2300 y 2800 millones de personas en 2020— depende de combustibles sólidos altamente contaminantes como la leña, el carbón vegetal y el estiércol para cocinar.^{263,264} Esta dependencia es especialmente fuerte en el África subsahariana, donde más del 80 % de la población sigue cocinando con combustibles contaminantes, una situación que, de no adoptarse medidas significativas, se mantendrá hasta 2030.²⁶⁵

La quema y obtención de leña y carbón vegetal para cocina y calefacción es responsable de un 2% de las emisiones antropogénicas anuales de GEI, principalmente en forma de dióxido de carbono y carbono negro.^{266,267} Este tipo de combustibles produce contaminantes nocivos como partículas en suspensión, monóxido de carbono y diversos compuestos orgánicos volátiles. La exposición prolongada a estos contaminantes está relacionada con enfermedades respiratorias y cardiovasculares graves, y desempeña un papel en 3,2 millones de muertes prematuras al año.²⁶⁸ Cocinar empleando biomasa y combustibles fósiles también contribuye de forma significativa, aunque poco reconocida, al estrés térmico urbano, especialmente en los países de bajos ingresos.²⁶⁹

Las personas que más sufren los efectos del uso de combustibles nocivos para cocinar son las mujeres y los niños y niñas. Las altas temperaturas en los espacios de cocina aumentan el riesgo de enfermedades relacionadas con el calor, especialmente para las mujeres, que cocinan tres veces más que los hombres.²⁷⁰ A escala mundial, el 60 % de las muertes atribuibles a la contaminación del aire en interiores se producen entre mujeres y niños.²⁷¹ Además, el arduo trabajo de recolectar carbón, estiércol y leña suele recaer en las mujeres y los niños. Según estimaciones del Banco Mundial, el impacto negativo sobre la salud, el medioambiente y la igualdad de género provocado por los combustibles contaminantes asciende a la asombrosa cifra de 2,4 billones de dólares al año.²⁷²

Si bien el paso de combustibles sólidos a combustibles gaseosos fósiles como, por ejemplo, el gas licuado de petróleo, supone una mejora en términos de transición hacia combustibles más limpios —para el gas licuado de petróleo, además, puede darse un aumento de escala rápido y con una inversión mínima—, la quema de gas en interiores sigue siendo una fuente de emisiones contaminantes nocivas para el clima y la salud humana como partículas y óxidos



El gas licuado de petróleo es un combustible fósil y toda su cadena de suministro produce una enorme huella climática. Aunque puede ser más limpio que los combustibles sólidos, sigue generando contaminación.

Christa Roth
en el podcast [Fuel to Fork](#)

de nitrógeno, que pueden agravar enfermedades respiratorias, especialmente en los niños y niñas.^{273,274,275} En Estados Unidos y Europa, donde las cocinas eléctricas (45 %) son ahora más comunes que las cocinas de gas (39 %), algunos gobiernos están promulgando políticas para eliminar gradualmente estas últimas.²⁷⁶

Otro aspecto de la cadena alimentaria con una huella energética considerable es la refrigeración. Aunque solo el 40% de los alimentos requieren refrigeración, los frigoríficos y congeladores consumen aproximadamente el 15% de la electricidad mundial,²⁷⁷ lo que representa alrededor del 40% del consumo energético del sector minorista y de los supermercados.²⁷⁸ Los expositores refrigerados abiertos, muy habituales en las tiendas minoristas, pueden consumir hasta cinco veces más energía que los aparatos cerrados.²⁷⁹

El hecho de no conseguir una cadena de frío eficaz supone repercusiones climáticas específicas. A nivel mundial, cada año se pierden 620 millones de toneladas métricas de alimentos a causa de una refrigeración insuficiente,²⁸⁰ lo que significa que toda la energía, los insumos y los recursos invertidos a lo largo del ciclo de vida de esos alimentos se desperdician. Esta tendencia es especialmente acusada en los países de bajos ingresos, donde tan solo alrededor del 20% de los alimentos perecederos se refrigeran.²⁸¹



Además, se ha estimado que las cadenas de frío ineficientes en todo el mundo generan más del triple de las emisiones anuales de GEI que Canadá,²⁸² o que reducir a la mitad la pérdida y el desperdicio de alimentos en toda la cadena de suministro podría hacer disminuir hasta un 8 % de las emisiones anuales de este tipo de gases.^{283,xx}

Las deficiencias en la cadena de frío y el almacenamiento de alimentos también tienen enormes repercusiones socioeconómicas. En muchos países de bajos ingresos, la refrigeración inadecuada es una de las principales causas de la pérdida de alimentos, llegando a suponer hasta un 37% en África subsahariana.

Y esto ocurre, principalmente, en la crítica «primera milla», es decir, la que se da entre el momento de la cosecha y la transformación,²⁸⁴ lo que provoca un importante deterioro de los productos y puede obligar a los agricultores a vender rápidamente a precios menos ventajosos.

Se ha estimado que las pérdidas postcosecha cuestan a los pequeños agricultores del Sur global hasta el 15% de sus ingresos,²⁸⁵ lo que compromete la seguridad alimentaria local y nacional. En el Norte global, una parte significativa del desperdicio de alimentos —y los costes climáticos asociados— se produce en fases posteriores de la cadena como consecuencia de una combinación de prácticas por parte del mercado minorista y conductas de los consumidores.

DAR EL SALTO HACIA CADENAS DE FRÍO EFICIENTES, COMBUSTIBLES MÁS LIMPIOS PARA COCINAR Y COCINAS ELECTRIFICADAS

¿Cómo conseguir cocinas, cadenas de frío y sistemas de refrigeración más limpios?

Las características que definen que una cocina sea más sostenible no son fijas y dependen del contexto. En lo que respecta a la refrigeración, el debate se centra en reducir la brecha entre los países de bajos y altos ingresos, y en mejorar las cadenas de frío para que cumplan con las mejores prácticas. En contextos desarrollados, donde la refrigeración ya está muy extendida, los esfuerzos se centran en convertir la red eléctrica a energías renovables, mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio de alimentos a nivel minorista. Las prácticas y tecnologías energéticamente eficientes pueden traducirse en logros a nivel de eficiencia.

En el ámbito de la cocina, los retos son igualmente variables. Cocinar con gas es más limpio que quemar biomasa y queroseno. En las regiones que aún dependen en gran medida de combustibles sólidos, el paso a la cocina con gas fósil puede reducir drásticamente la contaminación del aire interior, permitir una combustión más eficiente y reducir las emisiones de GEI, así como frenar la degradación medioambiental y la desigualdad de género asociadas a la recogida de carbón vegetal y leña.²⁸⁶

En otros lugares, la atención se centrará en pasar de las cocinas de gas a las cocinas eléctricas, en particular a las cocinas de inducción, alimentadas en última instancia por energías renovables. Las cocinas eléctricas eliminarían la contaminación atmosférica nociva asociada a las cocinas de gas.²⁸⁷ Por su parte, las cocinas de inducción son tres veces más eficientes que las cocinas de gas y un 10% más eficientes que las cocinas eléctricas tradicionales.²⁸⁸ De hecho, aproximadamente el 40% de los planes climáticos de los países incluyen referencias a las formas de cocinar.²⁸⁹ Las cocinas que funcionan con energía solar constituyen una vía fundamental para acelerar la transición hacia una cocina limpia, especialmente en los países de bajos ingresos.

xx Los porcentajes indicados corresponden a las emisiones de gases de efecto invernadero anuales para 2019, que ascendieron a 57,4 gigatoneladas de emisiones de CO₂ equivalente. Esta cifra se basa en datos del sistema EDGAR, considerado la base de datos más completa en cuanto a emisiones de gases de efecto invernadero hasta 2019. Ver la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos (PBL) (2020). [Trends in global CO₂ and total greenhouse gas emissions: 2020 Report](#).



¿En qué medida son viables estas soluciones y hasta qué punto podrían ser transformadoras?

Las mejoras en la cadena de frío parecen viables y podrían tener un gran impacto. Mejorar el acceso a la refrigeración en los países de bajos ingresos podría evitar hasta un 25% de las pérdidas de alimentos provocadas por una infraestructura de almacenamiento en frío no adecuada.²⁹⁰ Cerrar la brecha entre los países de altos ingresos y los de bajos ingresos podría reducir a la mitad las emisiones combinadas de la refrigeración y la pérdida de alimentos (incluso teniendo en cuenta el aumento del consumo de energía de una cadena de frío más amplia).²⁹¹ Además, a medida que las redes eléctricas vayan pasando a utilizar energías renovables, se podría ir reduciendo aún más el uso de combustibles fósiles.

También existen oportunidades al alcance de la mano en el sector minorista, aunque las grandes empresas se muestran muy reacias a cambiar los modelos de negocio existentes. Medidas sencillas, tales como añadir puertas a los expositores refrigerados, realizar un mejor mantenimiento e invertir en tecnologías de refrigeración de alta eficiencia, podrían reducir a la mitad el consumo energético de las tiendas de alimentación.²⁹² Al mismo tiempo, las políticas contra el desperdicio alimentario que fomentan un etiquetado más claro de las fechas y la sensibilización de los consumidores pueden contribuir a minimizar los residuos y generar importantes beneficios medioambientales y económicos.

Sin embargo, la eficiencia energética y la descarbonización de las fuentes de energía siguen siendo prioridades secundarias para la mayoría de los minoristas, y la razón es que la energía representa solo una pequeña parte de los costes totales de producción en el sector.²⁹³ Como consecuencia, las empresas suelen limitarse a la introducción de mejoras mínimas, pues no cuentan con los suficientes incentivos para cambiar radicalmente sus modelos de negocio. Ejemplo de ello es Kroger, uno de los más grandes minoristas de alimentación de Estados Unidos, que, según datos contrastados, necesita aumentar su plantilla, reparar sus infraestructuras y modernizar sus tiendas. Sin embargo, en lugar de invertir en estas cuestiones o en iniciativas de energía limpia, la empresa ha decidido priorizar los beneficios para los accionistas y ha llevado a cabo una operación de recompra de acciones por valor de 7500 millones de dólares en 2024.²⁹⁴





En lo que respecta a la cocina, las soluciones son más variadas, más complejas y, potencialmente, más transformadoras. Un cambio a escala global de los combustibles contaminantes por alternativas más limpias como el gas licuado de petróleo (GLP) y las cocinas eléctricas, podría reducir las emisiones de GEI relacionadas con la cocina hasta en un 40% en comparación con los niveles de 2018, siempre y cuando se lograra su adopción universal para 2040.²⁹⁵ Resulta esperanzadora la previsión de que, para 2030, el número de personas que utilizan combustibles contaminantes se reduzca de 2300 millones a 1900 millones.²⁹⁶ Y, aunque en principio el GLP y la cocina eléctrica ofrecen resultados similares en cuanto a emisiones cuando las redes dependen de combustibles fósiles, la creciente cuota de las energías renovables podría hacer que cocinar con electricidad permita reducciones más profundas y duraderas, hasta llegar a una huella de carbono próxima a cero.

En entornos de bajos ingresos, las cocinas solares y solares-eléctricas (híbridas) representan una oportunidad para reducir la dependencia de combustibles sólidos nocivos u otros sistemas basados en combustibles fósiles. En 2021 se habían distribuido alrededor de cuatro millones de cocinas solares en todo el mundo.²⁹⁷ Las nuevas cocinas híbridas solares y eléctricas también están a punto de alcanzar la viabilidad comercial. Las cocinas solares eléctricas han sido probadas con éxito por ACNUR en diversos lugares, incluidos los entornos de poblaciones desplazadas.²⁹⁸ Y en 2023, la India lanzó una nueva tecnología de cocinas solares eléctricas, con el objetivo de llegar a 30 millones de hogares durante los primeros años del programa.²⁹⁹

Aunque existen obstáculos que dificultan la adopción de la cocina eléctrica en entornos de bajos ingresos (entre ellos, los elevados costes iniciales), los primeros datos sugieren que las cocinas híbridas solares y eléctricas podrían adaptarse bien a estos contextos, además de ayudar a superar algunos de los retos asociados a las cocinas solares como la lentitud de la cocción y la discontinuidad del suministro eléctrico.³⁰⁰

Además, los gobiernos pueden establecer estándares más estrictos de emisiones atmosféricas, incentivar la electrificación o exigir normativas de construcción que fomenten el uso de electrodomésticos totalmente eléctricos para las nuevas construcciones. Por ejemplo, tanto el estado de Washington como el de Nueva York exigen que los nuevos edificios cumplan normas estrictas de eficiencia energética, y Nueva York prohíbe el uso de gases fósiles tanto para la calefacción y como para cocinar, lo que incentiva la comercialización de soluciones de cocina más limpias.^{301,302,303}

Sin embargo, estas medidas suelen enfrentarse a una resistencia feroz por parte de la industria de los combustibles fósiles. En Berkeley, por ejemplo, la presión de la industria provocó que se derogara la medida que había convertido a la ciudad en la primera de Estados Unidos en prohibir las conexiones de gas para los nuevos edificios.³⁰⁴ En este país, los grupos de presión de la industria del gas se están infiltrando en organizaciones vecinales, dando voz a influencers en las redes sociales y bombardeando a las comunidades con mensajes para sembrar la controversia en torno a las prohibiciones locales del gas fósil.³⁰⁵



El término “gas natural” fue un invento de las grandes empresas. La industria estableció una norma que implicaba cocinar en nuestros hogares con un gas tóxico y lo comercializó como si fuera totalmente seguro.

Anna Lappé
en el podcast [Fuel to Fork](#)

Con todo, los niveles actuales de apoyo financiero y político a la cocina limpia a nivel mundial están muy por debajo de lo necesario para alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7: garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Quienes la defienden calculan que se deberían invertir al menos 5000 millones de dólares en financiación en el sector de la cocina limpia para 2025, 10 000 millones para 2027 y 20 000 millones para 2030.³⁰⁶ En 2020, las cocinas mejoradas recibieron 51 millones de dólares en financiación, mientras que la cocina eléctrica se benefició de menos de 5 millones de dólares de las inversiones registradas.³⁰⁷ Sin una financiación más amplia y equitativa, la expansión de este tipo de tecnologías seguirá siendo lenta y desigual, y los beneficios potenciales para la salud, la sociedad y el medioambiente seguirán sin materializarse.

CONCLUSIONES

¿qué se necesita para eliminar los combustibles fósiles de los sistemas alimentarios?

4





LOS PELIGROS DE LAS «SOLUCIONES TECNOLÓGICAS» Y POR QUÉ SOLO FUNCIONAN LOS CAMBIOS VERDADERAMENTE TRANSFORMADORES

Algunas de las «soluciones» que más se están promoviendo a día de hoy —y que, de hecho, se están desplegando con bastante rapidez— implican el riesgo de apuntalar la dependencia que los sistemas alimentarios tienen de los combustibles fósiles durante décadas.

Concretamente, la digitalización de la agricultura está impulsando una rápida expansión de los centros de datos de alto consumo energético, además de perpetuar el uso de fertilizantes y pesticidas químicos de origen fósil, aunque sea en aplicaciones de mayor precisión. A esto se suma que las plataformas agrícolas digitales están conectando los datos a nuevas generaciones de maquinaria propulsada por combustibles fósiles, incluidos tractores con una vida útil de entre 20 y 30 años. Gran parte de esta llamada innovación «disruptiva» se está llevando a cabo por sistemas de cultivo de productos básicos con un uso intensivo de productos químicos que siguen contando con el respaldo de jugosas subvenciones gubernamentales.³⁰⁸

Por encima de las crecientes preocupaciones y los resultados irrelevantes, la captura y almacenamiento de carbono (CAC) para producir hidrógeno y amoníaco «azules» gozan de un apoyo cada vez mayor por parte de los gobiernos. Estas actividades requieren infraestructuras nuevas de gran envergadura, lo que refuerza la dependencia a largo plazo de los combustibles fósiles.

Mientras tanto, muchas de las estrategias de sustitución que se promueven —como el amoníaco «verde» o los bioplásticos— se quedan en la superficie, no llegan a la raíz del problema. El amoníaco verde no contribuye a reducir la contaminación por nitrógeno que daña el aire, el suelo y el agua. Por su parte, los bioplásticos, que se suelen vender como alternativa sostenible, en la práctica no siempre se biodegradan y, en muchos casos, contienen miles de sustancias químicas sintéticas asociadas a problemas sanitarios y medioambientales similares a los de los plásticos convencionales. Además, ambas soluciones dejan una gran huella en el suelo y los recursos naturales, que agrava la situación de competencia por la tierra y pone en riesgo otros objetivos de sostenibilidad.

La prevalencia de estas «soluciones» da cuenta de un paradigma de innovación fuertemente sesgado y cada vez más privatizado. Con los recortes de inversión pública en investigación y desarrollo (I+D) agrícola, este campo queda en gran medida en manos de los intereses del sector privado, concretamente la agroindustria y las empresas tecnológicas, cuyas prioridades se orientan a los beneficios y no al bien común. Como consecuencia, la innovación se centra en mantener la demanda de insumos patentados como los productos agroquímicos y las semillas modificadas genéticamente, en lugar de perseguir el abandono de los mismos.

Este interés va en detrimento de otros enfoques orientados a un rediseño más radical de los sistemas, que comprende una combinación de innovación tecnológica, social y organizativa. Por otro lado, la desregulación tanto de productos como de procesos, limita aún más la supervisión pública de estas tecnologías y deja poco espacio al poder de decisión democrático o la rendición de cuentas. En la práctica, el interés público —equidad, sostenibilidad y resiliencia a largo plazo— brilla por su ausencia en la agenda de innovación dominante (como se analizará en el próximo informe de IPES-Food sobre vías de innovación).

Las «soluciones» high-tech más extendidas también están generando nuevas formas de consolidación del poder verdaderamente preocupantes.

Las plataformas de agricultura digital confieren un control sin precedentes a las grandes empresas tecnológicas y agroindustriales, un riesgo similar al que también plantean las nuevas tecnologías de ingeniería genética y biología sintética. Lejos de ser fortuita, esta concentración de poder se ve activamente reforzada por la creciente influencia política de estos sectores. Cuanto más y más se pliegan los sistemas alimentarios ante las prioridades de las empresas, más grave es el riesgo que supone sobre la gobernanza democrática y la responsabilidad pública la convergencia de intereses de la agroindustria, las big tech, y el sector de los combustibles fósiles.



A día de hoy, la agroindustria gasta que el sector de los combustibles fósiles en grupos de presión en el Congreso estadounidense.³⁰⁹ En las negociaciones mundiales sobre el clima y los plásticos, los grupos de presión corporativos superan sistemáticamente en número a las delegaciones de los países y no se cortan en poner trabas, desinformar e intimidar para echar por tierra cualquier avance (ver el Recuadro 7). Controlan los espacios de toma de decisiones y apartan a las comunidades afectadas y a las voces que defienden el interés público.

Los gigantes del sector alimentario emplean las mismas tácticas que las empresas petroleras y gasísticas para debilitar o bloquear todo tipo de normativas, desde medidas de salud pública hasta protecciones medioambientales.³¹⁰ **Si no se recupera el control público sobre la política alimentaria y energética y se reorienta la innovación hacia la equidad y la sostenibilidad, las «soluciones» que vengan de la mano de las empresas van a ser un remedio peor que las crisis que pretenden solventar.**

RECUADRO 7

DINÁMICAS DE LOS GRUPOS DE PRESIÓN QUE ECHAN POR TIERRA LOS ACUERDOS MUNDIALES SOBRE EL CLIMA Y LOS PLÁSTICOS

El Tratado Mundial sobre los Plásticos es una iniciativa liderada por la ONU con el objetivo de crear un acuerdo jurídicamente vinculante para abordar el problema de la contaminación por plásticos en todo su ciclo de vida, desde la producción hasta la eliminación. En diciembre de 2024, tras dos años de negociaciones, las conversaciones fracasaron. Un punto de fricción clave fue la negativa de las naciones ricas en petróleo, con Arabia Saudí a la cabeza, a aceptar cualquier acuerdo que limitara la producción de plástico.³¹¹ La influencia de la industria fue abrumadora: más de 220 grupos de presión de combustibles fósiles y productos químicos asistieron a la ronda final de negociaciones. Fueron la delegación más numerosa.³¹² Multinacionales como Dow y ExxonMobil fueron algunas de las empresas con mayor representación en los grupos de presión.

Igualmente alarmante resulta la influencia de la industria de los combustibles fósiles en las negociaciones anuales sobre el clima, las COP climáticas de la ONU. A la COP29 de 2024 tuvieron acceso más de 1700 grupos de presión de combustibles fósiles, que superaban en número a prácticamente todas las delegaciones nacionales.³¹³ Esta cifra roza el récord de 2456 grupos de presión de combustibles fósiles que asistieron a la COP28, cuyo anfitrión fue el mismísimo director de la compañía petrolera nacional de los Emiratos Árabes Unidos.³¹⁴ Los grupos de presión afiliados a la industria presentes en la COP28 casi cuadruplicaron a los que participaron en la COP27 de Sharm el-Sheij.

Por su parte, los grupos de presión de la industria agroalimentaria también se muestran cada vez más activos en las negociaciones sobre el clima. A la COP29 asistieron 204 grupos de presión de este sector,³¹⁵ y a la COP28, 340.³¹⁶ Cabe destacar que casi el 40 % de los grupos de presión presentes en la COP29 tenían tarjetas de identificación de las delegaciones de los países, con acceso privilegiado a las negociaciones, mientras que en la COP27, solo el 5% de los grupos gozaba de ese privilegio.

Aunque el acuerdo de la COP28 incluía un llamamiento a «abandonar los combustibles fósiles en los sistemas energéticos» —un avance respecto a textos anteriores en los que se evitaba nombrar sectores o acciones específicas—, no se hacía mención del uso de combustibles fósiles en los sistemas alimentarios.³¹⁷



Por lo tanto, es esencial llevar a cabo una transformación holística de los sistemas alimentarios que no solo modifique las prácticas, sino que también cuestione las enquistadas estructuras de poder a las que están sujetas.

Para ello, es fundamental dismantelar el complejo agropetroquímico, que sigue causando daños ecológicos, dependencia de los combustibles fósiles y consolidación empresarial. Existen grandes oportunidades para reducir drásticamente los combustibles fósiles, los agroquímicos y los plásticos en los sistemas alimentarios, y avanzar así hacia alternativas más saludables y sostenibles. Antes de esbozar esta visión holística, dedicamos el siguiente apartado a analizar un requisito previo, imprescindible para cualquier cambio significativo que nos aleje de los combustibles fósiles: una transición energética justa.



La pregunta que creo que hay que hacerse no es con qué podemos sustituir los combustibles fósiles, sino qué cambio estructural sería necesario para que los combustibles fósiles dejaran de ser importantes.

Raj Patel
en el podcast [Fuel to Fork](#)

LIMPIAR EL SISTEMA ALIMENTARIO DE COMBUSTIBLES FÓSILES PASA POR UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA

Los planes para eliminar gradualmente los combustibles fósiles de cualquier sector de la sociedad se apoyan fundamentalmente en la electrificación masiva y la producción extensiva de energía renovable. Un procesamiento de alimentos más limpio, el transporte sostenible y otras soluciones que están encima de la mesa requieren electricidad abundante y de origen renovable. Y este planteamiento reposa, a su vez, sobre un desafío clave: cómo generar la suficiente energía limpia y garantizar su distribución equitativa. En pocas palabras, **construir un sistema alimentario sin combustibles fósiles pasa necesariamente por una transición energética justa.**

Para completar la transición a energías limpias con éxito, es necesario articular todo el sistema energético en torno a la electricidad de origen renovable, y para ello se requieren mejoras considerables en materia de eficiencia energética y almacenamiento de energía. Apostar por la eficiencia para reducir la demanda global de energía no solo alivia la presión sobre la infraestructura renovable, sino que también aporta una mayor resiliencia y acelera la transición. Del mismo modo, para garantizar la fiabilidad de fuentes intermitentes como la eólica y la solar, hay que incrementar la capacidad de almacenamiento en baterías, la respuesta a la demanda y la flexibilidad de la red.³¹⁸

Aun así, la tecnología de las baterías debe avanzar y expandirse con rapidez, y esto implica promover innovaciones en su composición química y la mejora de su reciclaje.³¹⁹ Como han puesto de manifiesto los recientes apagones en España y Portugal, también es crucial modernizar las redes eléctricas para que puedan asumir el incremento en la electricidad renovable, puesto que las redes actuales son insuficientes.^{320,321}



La mayor parte del carbón y gas natural que se queman se destina a la producción de electricidad. Y esto es algo que podemos sustituir. En cambio, la forma en que se moviliza el capital para garantizar que la transición se produzca de forma rápida y justa es una decisión política.

Gabe Eckhouse
en el podcast [Fuel to Fork](#)



Las energías renovables son cada vez más competitivas. En 2023, el 96 % de la nueva capacidad solar y eólica terrestre costó menos que las nuevas centrales de carbón y gas fósil; y tres cuartas partes de los proyectos solares y eólicos nuevos suministraron electricidad más barata que la de las instalaciones de combustibles fósiles existentes.³²² En 2024, la energía limpia superó el 40 % de la generación mundial de electricidad, y todo gracias a un crecimiento récord de las energías renovables, y muy especialmente la solar.³²³

A pesar de todo, la demanda mundial de energía sigue creciendo a un ritmo mayor que la expansión de las energías limpias, el cambio climático plantea desafíos crecientes y las emisiones siguen en aumento.³²⁴ Las olas de calor de 2024, por ejemplo, dispararon la demanda de refrigeración, que a su vez elevó la demanda de electricidad en un 4%, muy por encima del aumento del 2,6% registrado en 2023.³²⁵ Esto condujo a una mayor generación de energía fósil y a un récord de emisiones del sector eléctrico. **Sin grandes avances en eficiencia energética, la transición hacia las energías limpias seguirá siendo un constante espejismo en el horizonte.**

Hay que tener en cuenta también que **la producción, el almacenamiento y la transmisión de energía renovable dependen de «minerales de transición»** como el litio, el cobalto y las tierras raras, cuya extracción está asociada a riesgos medioambientales y violaciones de los derechos humanos, amenaza la biodiversidad y puede provocar conflictos por los derechos sobre la tierra y los recursos.^{326,327} Por ejemplo, los conflictos civiles que han asolado la República Democrática del Congo están estrechamente vinculados a la riqueza del país en «minerales de transición». Junto con la extracción de combustibles fósiles, garantizar el acceso a los «minerales de transición» es actualmente una de las claves de la geopolítica mundial y establece nuevas y perversas dependencias, como se ha podido constatar, una vez más, en Ucrania.^{xxi}

Además, la creciente demanda de energía, impulsada por sectores como los centros de datos y la inteligencia artificial, plantea profundos cuestionamientos al respecto de quién se beneficia de esta energía y cómo puede garantizarse la equidad en la transición mundial hacia las renovables.



Más de la mitad de los minerales necesarios para la transición energética se encuentra en, o cerca de, tierras de pueblos indígenas y campesinos. La transición energética verde tiene que ser decolonial. No queremos cambiar una forma de explotación por otra.

Nnimmo Bassey
en el podcast [Fuel to Fork](#)

El alto grado de desigualdad en las relaciones norte-sur complica aún más la respuesta a estos desafíos. Aunque con la firma del Acuerdo de París los países de renta alta asumieron el compromiso de liderar la eliminación progresiva de los combustibles fósiles, en la práctica están concediendo un número récord de licencias de petróleo y gas y, de forma sistemática, se están quedando cortos en cuanto a objetivos climáticos y de financiación para la adaptación al clima y las transiciones energéticas en los países de rentas más bajas (ver el Recuadro 8).³²⁸ Como resultado, las naciones del G20 acumulan casi el 90% de la capacidad mundial de energía renovable hasta la fecha,³²⁹ mientras que los países de renta baja siguen teniendo que afrontar costes prohibitivos. La UNCTAD estima que una transición energética limpia para 48 economías en desarrollo requeriría 5,8 billones de dólares anuales, aproximadamente el 20% de su PIB en conjunto.³³⁰

xxi Durante la redacción de este informe, las garantías de seguridad de Estados Unidos a Ucrania siguen supeditadas al acceso al petróleo, el gas, el carbón y los minerales ucranianos (incluidas las tierras raras). Esto demuestra la importancia geopolítica que se atribuye a los combustibles fósiles y los minerales críticos, y sugiere que los intereses de las grandes potencias primarán sobre cualquier otra consideración en lo que respecta a la futura explotación de estos recursos. Ver Democracy Now! (1 de mayo de 2025). [Is Trump's "minerals deal" a fossil fuel shakedown? Antonia Juhasz on new U.S.-Ukraine agreement.](#)



Al mismo tiempo, quienes asumen de forma desproporcionada los costes de la extracción de minerales críticos son los países de renta baja, y con mucha frecuencia los pueblos indígenas que, además, no se benefician de la energía renovable que se produce con ayuda de estos minerales. En las próximas décadas, existen riesgos significativos de que el extractivismo aumente a escalas sin precedentes, con el consiguiente flujo de materias primas de sur a norte, y de tecnologías sucias de norte a sur.

En los sistemas alimentarios, como en muchos otros sectores, es, por tanto, vital garantizar que los esfuerzos para eliminar progresivamente los combustibles fósiles se inserten en el marco de una transición energética justa. Esto requiere estrategias bien pensadas para eliminar gradualmente la extracción de combustibles fósiles y acelerar la electrificación, la eficiencia energética y el almacenamiento en baterías, que deberán ir acompañadas de una adecuada gestión de los riesgos asociados y de garantías de una transición energética equitativa con una responsabilidad claramente diferenciada entre las regiones del mundo (ver el Recuadro 9).

RECUADRO 8

LAS GRANDES POTENCIAS FRACASAN EN LA ELIMINACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES FÓSILES

Las economías diversificadas y con mayor riqueza como **Reino Unido, Estados Unidos, Canadá, Noruega y Australia**, son las que están en mejor posición para abandonar los combustibles fósiles. Sin embargo, en lugar de liderar el cambio hacia las energías renovables, continúan impulsando la extracción de combustibles fósiles, hasta tal punto que, en 2023, concedieron la cifra récord de 825 licencias nuevas de petróleo y gas.³³¹ Estos cinco países acumulan más de dos tercios del total de licencias nuevas de petróleo y gas en todo el mundo desde 2020. En 2025, tan solo en Estados Unidos se vienen desarrollando 688 nuevos proyectos de combustibles fósiles por la vía rápida, entre los que se incluyen oleoductos y centrales eléctricas, y pasando por alto las revisiones medioambientales y las aportaciones públicas.³³²

En paralelo, economías emergentes como las de **India y China** dan alas a la producción de combustibles fósiles. En el conjunto del G20, las subvenciones a los combustibles fósiles alcanzaron la cifra récord de 1 billón de dólares en 2022 —más de cuatro veces el importe de 2021—, en gran medida fruto de la presión de los consumidores para compensar los altos precios de los combustibles fósiles.³³³ India pretende aumentar su capacidad solar y eólica, pero los avances siguen siendo lentos, y no se ha comprometido al abandono gradual del carbón. La producción y las importaciones de carbón del país alcanzaron un pico a principios de 2024, motivadas por el aumento de la demanda de electricidad durante las olas de calor extremo.³³⁴ El carbón sigue ocupando un papel central en el mix energético de India, con subvenciones permanentes, incentivos fiscales y planes de desarrollo del sector minero nacional. Y aunque las energías renovables reciben ayudas, las subvenciones a los combustibles fósiles son ocho veces superiores.³³⁵ China, por su parte, ha superado con seis años de antelación su objetivo de despliegue de energía eólica y solar para 2030, aunque el carbón sigue siendo la principal fuente de energía y emisiones del país.³³⁶ A pesar de una caída del 83 % en la concesión de nuevas licencias para plantas de carbón a principios de 2024, en el país se sigue construyendo a un ritmo fuerte debido al elevado número de licencias concedidas en 2022-2023.³³⁷

Aunque el Acuerdo de París exige el cese inmediato del desarrollo de nuevos combustibles fósiles y una bajada drástica de la producción, los gobiernos han seguido acelerando la expansión de los combustibles fósiles, pasando por alto así de sus compromisos climáticos.^{338,xxii} De hecho, considerados conjuntamente, en 2030 estos gobiernos tienen previsto producir más del doble de combustibles fósiles de lo que sería compatible con la limitación del calentamiento global a 1,5 °C.³³⁹ Pero lo cierto es que reorientar los 570 mil millones de dólares anuales previstos para nuevos proyectos de petróleo y gas de aquí a 2030 hacia la energía eólica y solar podría colmar en su totalidad el déficit de inversión necesario para cumplir los objetivos climáticos de estas energías renovables.³⁴⁰

xxii Estados Unidos es el único país que ha abandonado formalmente el Acuerdo de París sobre el Clima. Presentó su retirada oficial en 2020, pero se reincorporó en 2021, y recientemente ha anunciado una nueva retirada en enero de 2025, que entrará en vigor en enero de 2026.



RECUADRO 9

MARCOS GLOBALES PARA UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA

Los gobiernos de Tuvalu y Vanuatu propusieron un innovador marco de acción colectiva en la COP27 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en 2022: el [Tratado de No Proliferación de Combustibles Fósiles](#). Esta propuesta de acuerdo internacional exige un esfuerzo mundial coordinado para detener la expansión de la producción de combustibles fósiles, eliminar gradualmente y de forma equitativa la actividad extractiva que se desarrolla actualmente y aumentar las inversiones destinadas a energías renovables y a una transición justa. El tratado se enfrenta de manera frontal a la realidad política: ningún país quiere reducir la producción por sí solo, mientras otros se siguen beneficiando. Aun así, cuenta cada vez con un mayor número de apoyos: 135 ciudades y gobiernos subnacionales, más de 3390 organizaciones e instituciones y cientos de cargos electos.

Casi 350 grupos de la sociedad civil han respaldado el informe publicado por Civil Society Equity Review en 2024, [Fair Shares, Finance, Transformation](#), que evalúa los compromisos climáticos nacionales para 2035 y establece puntos de referencia justos para la reducción de las emisiones y la eliminación progresiva de combustibles fósiles. También propone un marco de transición justa que proteja a la clase trabajadora, las comunidades y los grupos que se ven más afectados por los impactos climáticos. El informe sostiene que existen los recursos financieros para una transición justa a nivel mundial, esboza múltiples vías para obtener financiación para el clima y detalla las reformas a corto y largo plazo que permitirían poner fin a la dependencia de los combustibles fósiles y reducir la creciente desigualdad mundial.

En 2024, para abordar los desafíos en materia de equidad, transparencia, inversión, sostenibilidad y derechos humanos relacionados con los «minerales de transición», las Naciones Unidas crearon un [Panel sobre minerales críticos para la transición energética](#). En las conclusiones del grupo se hace hincapié en la necesidad de promover una transición justa hacia las energías renovables y, en paralelo, aprovechar los «minerales de transición» para el desarrollo sostenible. Asimismo, se insta a garantizar que los países y comunidades ricos en estos minerales se beneficien económicamente de ellos, concretamente mediante la creación de valor local, salvaguardando al mismo tiempo los intereses medioambientales y sociales. Además, el grupo recomendó reforzar la colaboración internacional mediante la alineación y la armonización de las normativas, estándares e iniciativas existentes, y por medio de la identificación de áreas con potencial para una mayor acción multilateral.

ENFOQUES HOLÍSTICOS PARA ELIMINAR LOS COMBUSTIBLES FÓSILES DE NUESTROS SISTEMAS ALIMENTARIOS

En este apartado se esbozan los cambios sistémicos necesarios para dejar atrás los sistemas alimentarios que dependen de los combustibles fósiles. Perfilamos una visión audaz y holística, pensada para transformar por completo nuestra manera de producir, distribuir y consumir alimentos; una visión capaz de reducir considerablemente el uso de combustibles fósiles a medio plazo y que, en última instancia, aspire a abandonarlo por completo.

Estas transformaciones tienen un carácter intrínsecamente fundamental y sistémico, y exigen cambios de gran calado en las prácticas, las estructuras económicas y los incentivos políticos. Además, destacamos los enfoques transformadores que ya están ganando terreno, analizamos los obstáculos que frenan su adopción de forma generalizada e identificamos las palancas necesarias para acelerar su aplicación.



Transformar las prácticas agrícolas para abandonar gradualmente los combustibles fósiles

Desde el punto de vista de la producción, los enfoques para un rediseño holístico gozan de un impulso considerable y cada vez hay más evidencia científica que los respalda. Se ha calculado que los cambios en las prácticas de producción que previenen y revierten el cambio de uso de la tierra y la degradación del suelo podrían mitigar alrededor del 18 % de las emisiones anuales de GEI, además de contribuir a la fertilidad del suelo, proteger los ecosistemas y reforzar la resiliencia frente a las crisis climáticas.³⁴¹

En particular, los **enfoques agroecológicos** que reciclan materiales orgánicos en forma de nutrientes, pueden reducir significativamente la dependencia de agroquímicos —lo que podría llevar a una eliminación completa si se combina con cambios en la dieta—, sin tener que recurrir a fertilizantes nitrogenados «azules» y «verdes» (y evitando los daños que acarrearán), o a formas potencialmente arriesgadas de ingeniería de ecosistemas y pesticidas genéticos.^{xxiii}

Los estudios demuestran que el uso de nitrógeno podría reducirse drásticamente, desde ya, sin afectar a la producción, dado que, a nivel mundial, más de la mitad de los fertilizantes nitrogenados aplicados a los cultivos se pierden en el medio. Es posible reducir de forma inmediata y drástica el uso de fertilizantes nitrogenados si se mejora la eficiencia mediante la minimización de residuos, el reciclaje de nutrientes, el uso de cultivos de cobertura y rotaciones de cultivos, y la disminución de la aplicación en zonas de alto uso.³⁴²

Pero no basta con aumentar la eficiencia. Utilizar fertilizantes nitrogenados de forma más eficiente no resuelve la degradación subyacente de los suelos, ni rompe la dependencia de los agricultores respecto de los insumos fósiles. Recurrir a sistemas agroecológicos diversificados permitiría eliminar los productos agroquímicos en última instancia y recuperar la fertilidad del suelo mediante procesos ecológicos.

Entre las prácticas agroecológicas para mejorar la fertilidad se encuentran los cultivos de cobertura, la rotación de cultivos mejorada, el uso de inoculantes microbianos, la fijación de nitrógeno con leguminosas, la diversificación de cultivos, la agrosilvicultura y la integración de cultivos y ganadería (ver la Figura 7).

Estudios que analizan amplios datos de ensayos realizados tanto en sistemas de bajos insumos en África como en sistemas de altos insumos en Europa, han confirmado la existencia de una relación positiva entre la diversidad de cultivos y la productividad.^{343,344}

Los resultados demuestran que el rendimiento de los cultivos aumenta a medida que se incrementa la diversidad de los mismos y que, cuando se incluyen legumbres, estas reducen la necesidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos. Esta conclusión se ve corroborada por un metaanálisis global de más de 400 ensayos, según el cual la incorporación de legumbres en las rotaciones de cultivos, entre diversas especies de leguminosas y cultivos básicos, aumenta el rendimiento de los cultivos principales.³⁴⁵

xxiii La agroecología es la aplicación de la ciencia de la ecología al estudio, diseño y gestión de sistemas alimentarios sostenibles, la integración de los diversos sistemas de conocimiento generados por profesionales de los sistemas alimentarios y la implicación de los movimientos sociales que promueven la transición hacia sistemas alimentarios justos, equitativos y soberanos. En otras palabras, la agroecología se entiende como ciencia, práctica y movimiento social. Ver el Grupo de Alto Nivel de Expertos en Seguridad Alimentaria y Nutrición, (2019). Enfoques agroecológicos y otros enfoques innovadores en favor de la sostenibilidad de la agricultura y los sistemas alimentarios que mejoran la seguridad alimentaria y la nutrición. FAO.

xxiv Biofertilizantes, bioestimulantes y biopesticidas son términos utilizados para describir productos derivados biológicamente (de bacterias, hongos o extractos de plantas), destinados a favorecer la salud de las plantas y reducir la dependencia de los agroquímicos sintéticos. No obstante, las definiciones formales siguen siendo incoherentes y cada vez preocupa más la rápida comercialización y usurpación de estas tecnologías por parte de las empresas. Esta tendencia conlleva el riesgo de reforzar la dependencia de los agricultores de costosos insumos externos, a pesar de que muchos de ellos, especialmente en el Sur global, ya cuentan con los conocimientos y los medios para producir localmente insumos biológicos eficaces. Ver AFSA, (23 de abril de 2023). [Are biofertilizers a part of the solution to Africa's concerns with soil health and the environment?](#) y War on Want, (12 de febrero de 2021). [Building alternatives to toxic pesticides: peasant agroecology in Kenya.](#)

FIGURA 7

PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS QUE MEJORAN LA FERTILIDAD DEL SUELO Y ELIMINAN LA NECESIDAD DE FERTILIZANTES Y PESTICIDAS SINTÉTICOS



01. LABRANZA REDUCIDA	02. COMPOST	03. LEGUMINOSAS FIJADORAS DE NITRÓGENO	04. BIOESTIMULANTES	05. ACOLCHADO	06. ESTIÉRCOL	07. ROTACIÓN DE CULTIVOS
08. DIVERSIFICACIÓN DE CULTIVOS	09. VARIEDADES ADAPTADAS AL CONTEXTO	10. CULTIVOS INTERCALADOS	11. AGROSILVICULTURA	12. INTEGRACIÓN DE CULTIVOS Y GANADERÍA	13. DIVERSIFICACIÓN	14. GESTIÓN ECOLÓGICA DE PLAGAS



Paralelamente, gran parte de las prácticas agroecológicas también pueden ayudar a las y los agricultores a eliminar los plaguicidas químicos y mejorar los rendimientos.^{346,347} **La gestión integrada de plagas (GIP)** —basada en métodos naturales de control de plagas y con los plaguicidas químicos solo como último recurso— también puede reducir significativamente el uso de plaguicidas y, en algunos casos, incrementar la producción como resultado de apoyar a las poblaciones de polinizadores.^{348,349} Sin embargo, a pesar de su intención original, la GIP se suele practicar con un uso continuado y elevado de plaguicidas, en parte debido a definiciones poco claras y a la influencia de la industria agroquímica.³⁵⁰ En contraste, los primeros estudios sobre sistemas libres de pesticidas y fertilizantes, como el relativo a las prácticas de agricultura natural gestionada por la comunidad en Andhra Pradesh, muestran que los rendimientos pueden ser iguales o superiores a los de la agricultura convencional (ver el Recuadro 10).³⁵¹



El trabajo que sostiene la vida — agricultura, cuidados, cocina— está profundamente infravalorado. Es urgente redignificar la agricultura campesina y todas las formas de trabajo de cuidados.

Georgina Catacora-Vargas
en el pódcast [Fuel to Fork](#)

Las prácticas agroecológicas no solo rompen el ciclo de dependencia de los insumos sintéticos, sino que también refuerzan la seguridad alimentaria y la nutrición a nivel individual, familiar y regional, sobre todo cuando se combinan múltiples estrategias agroecológicas.³⁵² Un estudio realizado en Ecuador, por ejemplo, descubrió que las y los agricultores agroecológicos gastan menos en alimentos que sus vecinos no agroecológicos, además de seguir dietas más nutritivas basadas en las costumbres tradicionales en torno a la comida.³⁵³

Estos beneficios colaterales van más allá de los métodos de cultivo y están estrechamente ligados a las redes sociales y los mercados localizados que fomenta la agroecología, que promueven las economías solidarias y los entornos saludables. Como sistemas de bajos insumos, los modelos agroecológicos también ofrecen a los agricultores más autonomía para decidir sobre sus medios de producción, lo que posibilita medios de vida más dignos y resistentes.³⁵⁴

Con todo, al abandono de los productos agroquímicos a nivel global pasa necesariamente por un cambio en las dietas.

Las investigaciones demuestran que sería posible alimentar a diez mil millones de personas sin fertilizantes nitrogenados sintéticos y sin un uso adicional de la tierra, a condición de que se produjera un cambio en las dietas a escala mundial, que debe dirigirse concretamente hacia dietas más diversificadas y con menos carne en las regiones donde su consumo es mayor.³⁵⁵

Ya de por sí, las dietas saludables tienden a ser bajas en emisiones,³⁵⁶ pero más allá de eso y de los beneficios para la salud pública, el cambio en los países de renta alta a dietas ricas en frutas y verduras, cereales integrales, frutos secos y legumbres, y con un consumo de carne radicalmente más bajo, también reduciría la pérdida de biodiversidad.³⁵⁷

Cuando se integran en las rotaciones de cultivos, las legumbres pueden proporcionar gran parte del nitrógeno necesario para el crecimiento de las plantas, y a la vez mejoran la estructura del suelo, eliminan plagas y malas hierbas y contribuyen a la configuración de dietas saludables. No podemos olvidar que, sin esos cambios en las dietas, la eliminación de los fertilizantes nitrogenados sintéticos conduciría, casi con toda seguridad, a la escasez de alimentos o la deforestación generalizada.³⁵⁸



RECUADRO 10

LA AGROECOLOGÍA EN ACCIÓN, EN TODO EL MUNDO

En **Cuba**, el colapso de la Unión Soviética y el embargo comercial por parte de Estados Unidos dieron lugar al Movimiento Agroecológico de Campesino a Campesino (MACAC), que algunas voces consideran una revolución agroecológica.³⁵⁹ Contando con el apoyo de la Asociación de Agricultores Pequeños de Cuba (ANAP) desde el primer momento, los productores del MACAC promovieron el intercambio de conocimientos a través de un modelo de campesino a campesino que se convirtió en la piedra angular de la transición.³⁶⁰ En las explotaciones agrícolas, los insumos sintéticos se sustituyeron por biofertilizantes y biopesticidas, que posteriormente evolucionaron hacia prácticas holísticas como la diversificación de cultivos y la agrosilvicultura.³⁶¹ El movimiento también obtuvo el respaldo del gobierno, las ONG y la comunidad científica.^{362,363} Más de la mitad del campesinado cubano (200 000 familias) participa a día de hoy en el MACAC, más de 3000 cooperativas están inscritas en la ANAP, y la productividad de las pequeñas explotaciones se ha duplicado en 20 años, además de abastecer de alimentos a las comunidades locales en una proporción cada vez mayor (hasta un 80 % en algunas regiones).^{364,365,366}

Por su parte, **India** acoge la mayor iniciativa agroecológica del planeta: el programa Andhra Pradesh Community-Managed Natural Farming (APCNF), en funcionamiento desde 2016. Está dirigido por Ryuthy Sadhikara Samstha (RySS), una organización sin ánimo de lucro creada por el Departamento de Agricultura de Andhra Pradesh. El APCNF, que persigue la transición de 6 millones de agricultores en 6 millones de hectáreas, se basa en la agricultura natural de presupuesto cero, que prescinde por completo de insumos sintéticos.³⁶⁷ La agricultura natural incluye prácticas como la diversificación de cultivos, el control biológico de plagas, la conservación del suelo y el uso de semillas autóctonas e insumos naturales.³⁶⁸ En la actualidad, están inscritos en el programa casi un millón de agricultores que labran más de un millón de acres, lo que además genera beneficios económicos y medioambientales colaterales.³⁶⁹ RySS también colabora con gobiernos, centros de investigación y otras organizaciones para contribuir al avance de la agricultura natural en la India y otros países.³⁷⁰

El municipio **Val-de-Drôme**, al sureste de Francia, con 56 000 habitantes en una superficie de 2200 km², se ha convertido en uno de los grandes referentes de la transición agroecológica. En los años sesenta y setenta, los pioneros de la agricultura ecológica —agricultores y agricultoras locales y residentes recién llegados de las ciudades— impulsaron esta transición a través de redes de intercambio de conocimientos entre iguales, con el apoyo de agentes de extensión que promovían los insumos ecológicos.³⁷¹ A finales de los noventa, se habían establecido cadenas de suministro ecológicas, programas agroecológicos a largo plazo y canales cortos de distribución.³⁷² En 2009, las autoridades locales dieron un nuevo impulso al movimiento con el proyecto Biovallée, basado en un sistema de gobernanza participativa de los agentes locales. Entre sus objetivos está llegar al 50% de tierras de cultivo en ecológico, reducir en un 50% los insumos sintéticos en la agricultura convencional y abastecer la restauración pública en un 80% de alimentos ecológicos y/o locales de aquí a 2040.³⁷³ El proyecto también promueve la transición energética, la biodiversidad, la protección del suelo y el agua, y el empleo verde. Gracias a estos esfuerzos, las tierras de cultivo en ecológico han pasado del 19% en 2008 al 38% en 2023 (más del triple de la media nacional).^{374,375}

La cuestión de si las tecnologías digitales de precisión son necesarias para complementar estos enfoques agroecológicos, y hasta qué punto son apropiadas para las pequeñas explotaciones, sigue siendo objeto de controversia. Están surgiendo algunos enfoques híbridos en los que las herramientas tecnológicas se integran en procesos dirigidos por los agricultores y agricultoras.

Por ejemplo, a través de iniciativas como el Laboratorio de Tecnologías Abiertas de Argentina, donde los pequeños productores colaboran en cooperativas, alianzas y redes para reunir, almacenar, controlar y utilizar colectivamente los datos de sus explotaciones.³⁷⁶



Más allá de las prácticas agrícolas sostenibles, es fundamental entender que la agroecología consiste también en la transformación de las relaciones de poder en los sistemas alimentarios. Esto significa transferir el control sobre la tierra, las semillas, la tecnología y el conocimiento a los pequeños agricultores y agricultoras y garantizar que las decisiones sobre el sistema alimentario se tomen de forma colectiva, democrática y en beneficio del interés público.³⁷⁷

Los sistemas agroecológicos tienden a un uso más intensivo de mano de obra y conocimientos, y dependen menos de maquinaria impulsada por combustibles fósiles como, por ejemplo, tractores. Aunque esto plantea dudas en materia de viabilidad económica, conviene señalar que la agricultura, del tipo que sea, no es económicamente viable en muchos lugares del mundo, en gran parte por ser una actividad fuertemente subvencionada por los gobiernos, aunque en proporciones desiguales. Y precisamente estas grandes subvenciones, disponibles solo en los países de renta alta, hacen casi imposible la competencia por parte de los países de bajos ingresos en lo que se refiere a producción de alimentos. Ahora bien, las subvenciones tienden a beneficiar a la agricultura industrial de uso intensivo de productos químicos, mientras que los enfoques agroecológicos, por lo general, no tienen acceso a apoyos comparables.³⁷⁸

Este desequilibrio en materia de políticas ha contribuido a que se invierta menos de lo necesario en modelos más sostenibles.

Con todo, los sistemas agroecológicos, aunque precisan de más mano de obra, suelen ser más rentables.³⁷⁹ En este sentido, ante el potencial de la agroecología para generar más empleo —y un empleo más con más sentido— en las áreas rurales,³⁸⁰ se multiplican las voces que reclaman que la política agraria incluya entre sus objetivos la creación de puestos de trabajo de calidad en el ámbito rural.

Las explotaciones también disponen de un margen considerable para reducir las necesidades energéticas de sus explotaciones e incluso generar energía si introducen elementos de rediseño del sistema. De hecho, algunas de ellas están integrando la generación de energía renovable en sus sistemas de producción de diversas formas y a distintas escalas. Cabe señalar que sigue siendo mucho más habitual convertir grandes extensiones de tierras agrícolas para destinarlas a la producción de energía solar: 1372 km² en 2018, o el 27% de las instalaciones fotovoltaicas mundiales, una transformación que implica sacrificios ambientales y de seguridad alimentaria.³⁸¹





Este clima de preocupación ha motivado una mayor experimentación con sistemas agrovoltaicos, es decir, paneles solares instalados en altura y compatibles con el pastoreo de animales o la producción de cultivos. En la misma línea, es frecuente la instalación de turbinas eólicas en tierras de labranza con un daño mínimo para los cultivos, de manera que se sigan conservando esas tierras para uso agrícola.³⁸² No obstante, la energía renovable que se produce en las explotaciones no siempre se utiliza en ellas, y estos sistemas se enfrentan a obstáculos y costes que pueden llegar a ser prohibitivos (ver el Recuadro 11).

RECUADRO 11

PROMESAS Y DESAFÍOS DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN EXPLOTACIONES AGRÍCOLAS

La generación de energía *in situ* puede reducir los costes de explotación y, en caso de excedente, puede venderse a la red eléctrica, lo que proporcionaría una fuente de ingresos adicional, ajena a las fluctuaciones de los mercados de materias primas. Aunque la producción de energía renovable ya se ha integrado en explotaciones agrícolas de Asia, Europa y Norteamérica, los agricultores de países de renta baja se enfrentan a importantes barreras financieras y técnicas para su adopción.³⁸³ La competencia por la tierra entre la producción de energía y la de alimentos es otro desafío clave y requiere un fuerte compromiso político, además de sistemas de incentivos cuidadosamente planificados.

Los **sistemas agrovoltaicos** consisten en la instalación de paneles solares en altura en granjas, invernaderos o terrenos, ya sea por encima de los cultivos o integrados en los pastos para el ganado. Los paneles solares elevados proporcionan sombra a los animales que pastan, de manera que sufren menos estrés térmico, y mejoran también la calidad de los pastos.³⁸⁴ La agrovoltaica no es compatible con todos los cultivos, pero muchos estudios han demostrado que las cosechas se mantienen, o mejoran, gracias a que los paneles solares protegen los cultivos de las heladas (actúan como una manta térmica y retienen el calor durante la noche), de las altas temperaturas y del estrés hídrico (proporcionan sombra durante el día y reducen la evaporación del agua).^{385,386,387} Aunque algunos gobiernos ya están promoviendo estos enfoques integrados energía-alimentación, con ejemplos como las políticas de desarrollo en China,³⁸⁶ EE. UU.³⁸⁹ y Europa, donde se han llegado a invertir 1 700 millones de euros (1 820 millones de dólares) en incentivos en Italia,³⁹⁰ las ayudas financieras y políticas siguen escasas.

La instalación de **turbinas eólicas** en las explotaciones agrícolas permite a los agricultores generar energía renovable con un impacto mínimo para los cultivos,³⁹¹ pero hay que tener en cuenta que esto beneficia más a las grandes explotaciones que a las más pequeñas.³⁹² Además, las turbinas eólicas entrañan ciertos problemas como la contaminación acústica y el impacto visual, cuestiones que podrían implicar consultas a la comunidad antes de su instalación. Aunque el coste de las turbinas eólicas está disminuyendo gradualmente, la inversión inicial sigue siendo elevada, lo que explica que este tipo de instalaciones exista, sobre todo, en países de renta alta.

El **biogás**, producido a partir de residuos agrícolas o estiércol mediante un proceso de digestión anaeróbica, puede generar calor o electricidad, y ofrece una alternativa a los combustibles fósiles como fuente de energía para los procesos de las explotaciones. Se suele plantear como una solución para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mitigar la escorrentía de nutrientes de los residuos ganaderos, pero en muchos casos sus bondades se exageran. Si bien es cierto que puede ofrecer reducciones de emisiones de GEI, el alcance de las mismas es limitado, y la quema de biogás produce los mismos contaminantes atmosféricos que la quema de gas fósil.³⁹³ A esto se añaden las importantes subvenciones necesarias para que la digestión anaeróbica sea competitiva frente a otras opciones renovables más rentables como la energía solar y eólica, que, además, suelen ir a parar a las explotaciones más grandes.^{394,395} Los digestores anaeróbicos de las granjas industriales de engorde han sido muy criticados por considerarse una estrategia de ecoblanqueo (greenwashing) del daño que causan las prácticas agrícolas industriales a gran escala y por las fugas de metano, desacreditando así las supuestas reducciones de GEI.^{396,397} Sin embargo, es posible utilizar digestores de biogás más pequeños de manera sostenible en granjas pequeñas y medianas, incluso en contextos de bajos ingresos, pero que su utilización se generalice o no depende de la mejora del acceso y de la formación de los agricultores.³⁹⁸



Acciones en los eslabones intermedios para la reducción de combustibles fósiles

La reestructuración y la relocalización de las cadenas de suministro de alimentos son medidas con un enorme potencial para reducir drásticamente el uso de combustibles fósiles en el eslabón intermedio de la cadena alimentaria. Estas medidas implican dejar atrás las cadenas de productos básicos globalizadas y dirigidas por grandes corporaciones para pasar a **redes alimentarias territoriales y agroecológicas** en las que prime la producción, la distribución y el consumo a nivel local y regional.

Como destaca el informe de IPES-Food de 2024, [Alimentos con los pies en la tierra](#), **los mercados locales y territoriales** ofrecen salidas fundamentales para la producción diversificada de los pequeños agricultores, en particular para los alimentos producidos con altos estándares medioambientales como los alimentos ecológicos sin agroquímicos. Estos sistemas localizados permiten mejorar la transparencia, la estabilidad del mercado y la resiliencia, al tiempo que reducen la dependencia de largas rutas de transporte que consumen mucha energía.

Sin embargo, para aprovechar estas ventajas es necesario **invertir en infraestructuras regionales** como **plantas de transformación, almacenamiento en frío, centros logísticos e instalaciones mayoristas**, esenciales para apoyar los mercados territoriales, especialmente los que se centran en alimentos frescos, alimentos preparados y productos básicos mínimamente procesados.

La **descentralización de las cadenas de frío** es especialmente crítica, aunque actualmente ya se utilizan soluciones de almacenamiento descentralizadas y alimentadas con energías renovables (o incluso sin alimentación) como cámaras frigoríficas, cavas para la maduración del queso y métodos de secado natural, que podrían potenciarse para evitar el deterioro de los alimentos en zonas con redes eléctricas poco fiables como el África subsahariana (ver Recuadro 12).





RECUADRO 12

INSTALACIONES COMUNITARIAS Y DESCENTRALIZADAS DE ALMACENAMIENTO EN FRÍO EN TODO EL MUNDO

Varias empresas del **África subsahariana** ofrecen instalaciones comunitarias de almacenamiento en frío alimentadas con energía solar. En Nigeria, ColdHubs gestiona 54 cámaras frigoríficas comunitarias alimentadas con energía solar que, en 2022, evitaron el deterioro de más de 42 000 toneladas de alimentos provenientes de 5250 agricultores, minoristas y mayoristas. La empresa estima que los ingresos de sus clientes aumentaron una media del 50%.³⁹⁹ En Kenia, Solar Freeze proporciona unidades móviles de almacenamiento en frío a más de 3000 pequeños productores y productoras, lo que ha reducido las pérdidas en un 50 %.⁴⁰⁰ Por su parte, en Ghana, AkoFresh se ha fijado el objetivo de reducir a la mitad las pérdidas postcosecha en 10 comunidades de pequeños agricultores y agricultoras.⁴⁰¹

El aislamiento térmico natural también puede proporcionar un almacenamiento en frío eficaz a gran escala. En **Estados Unidos**, el Departamento de Agricultura (USDA) almacena 1500 millones de libras de queso, 355 millones de libras de mantequilla y 211 millones de libras de nueces pecanas en cuevas subterráneas cerca de Springfield, Misuri, a una temperatura de unos 15 °C durante todo el año sin energía externa.⁴⁰² A menor escala, las comunidades de Ladakh, en la India, utilizan pozos subterráneos con aislamiento térmico natural, con una temperatura de entre 0 y 8 °C, para conservar productos como patatas y zanahorias, durante un máximo de seis meses sin necesidad de electricidad.⁴⁰³

La reducción de las pérdidas postcosecha es especialmente urgente en el Sur global, donde la mayor parte del desperdicio de alimentos no se produce en el plano del consumo, sino durante y después de la recolección. Existen cada vez más estudios que destacan la existencia de un amplio abanico de prácticas que pueden contribuir a reducir estas pérdidas, desde la mejora de las herramientas de recolección y los contenedores de almacenamiento ventilados o herméticos hasta la recolección, el secado y la clasificación en el momento oportuno para eliminar los cultivos en mal estado.⁴⁰⁴ Sin embargo, los estudios también revelan una brecha crítica: la mayoría de las intervenciones se centran de manera exclusiva en las tecnologías o las prácticas de manipulación, y se presta mucha menos atención a los programas de formación, la infraestructura, el acceso a los mercados, la financiación y el respaldo político.

Según las modelizaciones realizadas, el establecimiento de cadenas de suministro de alimentos más localizadas y menos industrializadas puede evitar mayores pérdidas de alimentos, en comparación con la optimización de las cadenas de frío.⁴⁰⁵ Esta afirmación es válida tanto en entornos industrializados como no industrializados, aunque se observa con mayor intensidad en estos últimos. Las cadenas de suministro locales y cortas también pueden reducir el embalaje y facilitar la recuperación y reutilización de los envases, lo que redundará en una disminución de los plásticos en toda la cadena de suministro.⁴⁰⁶

En lo que respecta al transporte, la combinación de vehículos eléctricos para corta distancia o el transporte no motorizado con sistemas de distribución localizados puede ser beneficiosa para ambas partes y redundar en beneficios sociales, económicos y medioambientales.⁴⁰⁷ De hecho, el uso de camiones eléctricos en lugar de camiones diésel para el transporte de corta distancia ya es técnicamente viable.



Existen localidades de todos los tamaños que ya se están erigiendo pioneras en la creación de sistemas alimentarios locales y sostenibles, y que se encuentran en una posición idónea para adoptar estrategias radicales que buscan reducir la huella de los combustibles fósiles en sus cadenas de suministro de alimentos (ver Recuadro 13). Aprovechando la experimentación y la visión ya existentes en torno a los **«sistemas alimentarios ciudad-región»** y los «cuencas alimentarias locales», existen grandes posibilidades de desarrollar modelos integrados en los que las entidades municipales obtengan alimentos sostenibles de sus zonas de influencia utilizando flotas de vehículos eléctricos.⁴⁰⁸

En lo que respecta a los consumidores, los mercados de alimentación locales e informales, especialmente los vendedores ambulantes y los mercados urbanos, desempeñan un papel vital en la promoción del desarrollo sostenible y la mejora del acceso a los alimentos. Sin embargo, estos espacios también están marcados por constantes desigualdades económicas y sociales que determinan quién puede participar, quién puede comprar y quién se obtiene los beneficios.



Las cadenas de suministro locales, cortas y ágiles son más resilientes. En lugar de ofrecer lo que cada uno quiera y cuando quiera, la prioridad es garantizar que todo el mundo esté bien alimentado.

Raj Patel
en el pódcast [Fuel to Fork](#)

Si bien la mejora de los mercados puede atraer inversiones que son necesarias, a menudo conllevan también el riesgo de exclusión, especialmente cuando implica la reubicación o la imposición de requisitos formales.⁴⁰⁹

Los vendedores informales, que se enfrentan a condiciones precarias y a ingresos limitados, son especialmente vulnerables frente a los cierres motivados por normativas de salud y seguridad, diseñadas teniendo en mente las cadenas de valor de las empresas.⁴¹⁰ De hecho, estas medidas se aplican a veces de forma selectiva, más por motivos de especulación inmobiliaria que de salud pública. Es necesario tomar acciones decididas, basadas en la equidad y la justicia alimentaria, para garantizar que los mercados supongan una verdadera mejora de acceso a alimentos variados, seguros, frescos y asequibles para todas las comunidades.^{xxv}

Para llevar a cabo un aumento de escala de estos sistemas, **es fundamental contar con palancas políticas tanto en el plano de la oferta como del consumo**. Desde la perspectiva de la demanda, por ejemplo, las administraciones pueden establecer **unos criterios mínimos de sostenibilidad para todo lo que atañe a la contratación pública**, y exigir que escuelas, hospitales y otras instituciones se abastezcan de alimentos procedentes de productores locales y respetuosos con el medioambiente. Estos criterios podrían comenzar con ciertas restricciones al uso de insumos químicos e incentivar progresivamente el salto hacia prácticas ecológicas, agroecológicas o regenerativas que eviten por completo la utilización de este tipo de insumos.

Por su parte, desde el plano de la oferta, esta transición pasará por **apoyar a los agricultores autóctonos y sus tradiciones alimentarias, proteger las tierras agrícolas del desarrollo, ofrecer apoyo técnico y financiero para ayudar a los agricultores a adoptar métodos sostenibles y proporcionar garantías de mercado** para reducir los riesgos de la producción agroecológica y garantizar medios de vida estables y viables.

Las políticas de transporte pueden respaldar aún más este cambio, por ejemplo, mediante la adopción por parte de los gobiernos de **exenciones fiscales para los vehículos de mercancías de transporte ferroviario y la reducción de la distancia mínima requerida por ferrocarril** para incentivar la logística multimodal y de bajas emisiones. Este tipo de políticas son fundamentales para rediseñar las cadenas de suministro con el fin de reducir realmente el uso de energías fósiles tanto en el almacenamiento como en la distribución.

xxv Para obtener orientaciones políticas detalladas y ejemplos globales de transformaciones de los mercados alimentarios urbanos con carácter equitativo, ver ICLEI - Gobiernos Locales por la Sostenibilidad (2025), [The CityFood Market Handbook for Healthy and Resilient Cities](#).



RECUADRO 13

EL DESARROLLO DE SISTEMAS ALIMENTARIOS SOSTENIBLES MEDIANTE POLÍTICAS ALIMENTARIAS INTEGRADAS POR PARTE DE MUNICIPIOS DE TODOS LOS TAMAÑOS

El programa *Connect the Dots* [*Ligue os Pontos*] de **São Paulo, Brasil** protege de la expansión urbana los bosques, embalses y tierras agrícolas situadas en las zonas rurales de las afueras de la ciudad. Ofrece asistencia técnica a los agricultores para mejorar el rendimiento de sus cosechas, la transición a prácticas sostenibles y el acceso a los mercados urbanos para productos ecológicos. La ciudad también está detrás de uno de los programas de alimentación escolar más grandes del mundo, mediante el que se sirven más de 2 millones de comidas saludables al día, y que cuenta con un programa de compras centrado en el abastecimiento a partir de granjas locales, sostenibles y familiares. Además, el Laboratorio Urbano de Políticas Públicas de Alimentación (LUPPA) apoya y conecta a los municipios brasileños que trabajan en políticas alimentarias urbanas sostenibles para que puedan extender y replicar estrategias de éxito. Las políticas alimentarias urbanas de Brasil cuentan también con el apoyo de la recién creada Estrategia Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional en las Ciudades, cuyo objetivo es aumentar la producción, la disponibilidad, el acceso y el consumo de alimentos saludables, y muy especialmente en comunidades vulnerables y marginadas.

En **Mouans-Sartoux, Francia**, el municipio protegió del desarrollo urbano 112 hectáreas de tierras agrícolas e invirtió en agricultura ecológica para alcanzar su objetivo de servir alimentos 100 % ecológicos y locales en los comedores escolares. Para solventar las presiones de la urbanización, la ciudad promulgó políticas que establecían vínculos entre la protección de las tierras agrícolas con la contratación pública. Asimismo, creó una granja ecológica de propiedad pública para abastecer a las escuelas, gestionada mediante la colaboración entre el gobierno local, los agricultores, los centros educativos y los padres y madres. La participación de los niños y niñas se consolidó a través de visitas a la granja e iniciativas contra el desperdicio de alimentos. Una encuesta posterior reveló que, como resultado, el 87% de las familias habían mejorado sus hábitos de alimentación a favor de productos ecológicos y locales.

Ciudad Quezon, en Filipinas está apostando por un enfoque holístico de los sistemas alimentarios urbanos sostenibles mediante políticas integradas que abarcan la producción, las cadenas de suministro y el consumo. El buque insignia de estas iniciativas de agricultura urbana ha sido la conversión de un total de 381 650 m² de terrenos baldíos en terrenos para la agricultura urbana y la creación de más de 160 granjas urbanas. Cabe añadir la Política de Adquisición Pública de Alimentos Saludables, que establece criterios nutricionales y promueve el abastecimiento en explotaciones locales. Otras políticas complementarias como la prohibición de los plásticos de un solo uso y la participación del Ayuntamiento en el Proyecto Comedor Sostenible, fomentan la reducción de residuos y el consumo responsable con el medioambiente. En conjunto, estas iniciativas combaten el hambre, mejoran la nutrición, reducen el desperdicio alimentario y la contaminación por plásticos, y construyen un sistema alimentario resiliente y arraigado en la comunidad.

Un sistema alimentario reorientado a la agroecología, los mercados territoriales y las dietas sostenibles tiene el potencial de reducir de forma drástica sus necesidades de procesado y envasado. A pesar de ello, se ha dedicado relativamente poca atención o financiación a las **alternativas existentes frente al envasado plástico de los alimentos**. Aunque, en ocasiones, este tipo de envasado puede prolongar la vida útil de los productos, muchas prácticas, especialmente en las cadenas de suministro alimentario largas e industrializadas, priorizan la marca, los estándares estéticos y la eficiencia económica por encima de la conservación de los alimentos, lo que a menudo agrava tanto el desperdicio de alimentos como el de envases.⁴¹¹



En el ámbito de los hogares, el hecho de que los productos estén envueltos en plástico no reduce significativamente el desperdicio alimentario.⁴¹² Por el contrario, **la concienciación de los consumidores y los hábitos de compra responsables** resultan mucho más eficaces. Del mismo modo, en el sector de la restauración, especialmente en el de la comida rápida y a domicilio, al desperdicio de alimentos se añaden grandes cantidades de residuos generados por los envases. Por su parte, **las cadenas de suministro alimentario cortas y los envases reutilizables** ofrecen alternativas más viables y sostenibles.

Multitud de expertos sostienen que debería ser prioritaria **la eliminación de los envases innecesarios** (por ejemplo, en los productos frescos) y abogar por materiales sostenibles como el papel o el cartón.⁴¹³ Prácticas como los envases múltiples, los envoltorios de un solo uso y los envases estandarizados pueden generar residuos en todas las etapas de la cadena, desde la producción hasta la venta minorista. Tras reconocer el problema, decenas de países ya han **prohibido los plásticos de un solo uso**. En 2018, por ejemplo, Vanuatu se convirtió en uno de los primeros en prohibir los plásticos de un solo uso, con resultados impresionantes: los artículos prohibidos pasaron de representar el 35 % de los residuos a tan solo el 2 %.⁴¹⁴

Sin embargo, la prohibición de los plásticos por sí sola no basta para frenar la marea de los residuos que generan. Sin medidas adicionales o una estrategia de eliminación gradual más amplia, la simple prohibición de determinados artículos tiene un impacto mínimo en la cultura de usar y tirar que sustenta la sobreproducción, el consumo excesivo y los residuos.⁴¹⁵

También se ha pedido que se **adopten criterios de «usos esenciales»** para orientar las decisiones sobre los envases de plástico, lo que ayudaría a distinguir entre usos verdaderamente necesarios (por ejemplo, para la salud o la seguridad) y usos que pueden eliminarse o sustituirse.⁴¹⁶ Además, son muchas las voces que recomiendan establecer normativas de **«responsabilidad ampliada por parte de los productores»** que determinan que son las empresas las responsables de los envases de plástico a lo largo de todo su ciclo de vida.⁴¹⁷ Estas medidas podrían combinarse con mejoras en las infraestructuras locales para la **recuperación y reutilización de los envases** y con marcos políticos complementarios.

Los envases reutilizables han caído a mínimos históricos, incluso en el sector de las bebidas, donde hubo un tiempo en el que gozaron de gran popularidad. Sin embargo, existen evidencia científica que demuestra que los sistemas de reutilización pueden reducir el impacto medioambiental y ahorrar costes.⁴¹⁸ Aunque los modelos de reutilización y rellenado están empezando a recuperarse en el comercio minorista, siguen padeciendo la falta de incentivos, marcos legales y normas claras.

Por último, hay quienes piden más **investigación y experimentación para encontrar alternativas a los envases de plástico**, entre las que se incluirían el envasado con materiales disponibles localmente o con enfoques de química sostenible que estén al margen de los sistemas patentados para desarrollar materiales de origen biológico que minimicen o eliminen el uso y la generación de sustancias peligrosas.⁴¹⁹



Nuestro presupuesto climático es limitado: solo podemos quemar una cantidad determinada de combustibles fósiles. Y esto nos lleva a preguntarnos: ¿cuál es la forma más inteligente de emplearlos? Quizás tenga más sentido en el sector sanitario que en el envasado de comida basura.

Emma Priestland
en el podcast [Fuel to Fork](#)



Cambios en el plano de la demanda para recortar de forma radical el uso de combustibles fósiles

Para relocalizar las cadenas de suministro alimentario y propulsar el cambio hacia la agroecología debemos **modificar las dietas y crear entornos alimentarios más saludables**. Estos cambios en la demanda deben ir **acompañados de acciones encaminadas a reducir el desperdicio de alimentos**, especialmente en el Norte global, donde la mayor parte del desperdicio se produce en los niveles de la venta minorista y del consumo, y de una **mayor responsabilidad de los minoristas y los fabricantes con el fin de mejorar la eficiencia energética y las prácticas de la cadena de suministro**.

La transición hacia dietas sostenibles y saludables, especialmente reduciendo el consumo de carne allí donde ya es elevado, y la reducción significativa del desperdicio de alimentos constituyen dos pilares esenciales de cualquier transformación integral del sistema alimentario. Un estudio europeo reveló que la adopción de estas estrategias, junto con una mejor gestión de las explotaciones agrícolas, podría reducir el uso de fertilizantes nitrogenados en un 40% y las pérdidas de nitrógeno en un 50%, al tiempo que se obtendrían importantes beneficios para el medioambiente y la salud pública.⁴²⁰

Los beneficios climáticos que supone reducir el consumo de carne y de lácteos procedentes de la ganadería industrial están ya bien documentados: numerosos estudios han demostrado que la transición a dietas sostenibles y saludables junto a la reducción a la mitad de la producción y el consumo mundial de carne industrial, podrían mitigar hasta un 8 % las emisiones anuales de gases de efecto invernadero, al tiempo que mejorarían la salud y reducirían la presión sobre la tierra y los ecosistemas.^{421,422}

Pero aunque es fundamental reducir el consumo de carne y lácteos en general, se deben tener en cuenta algunos matices. La carne de vacuno procedente de la ganadería industrial puede emitir menos metano por kilogramo de carne que la carne de vacuno alimentado con pastos (debido principalmente a las tasas de crecimiento más rápidas y a la menor esperanza de vida).



Cocinar en casa sigue siendo una tarea profundamente marcada por el género, y no podemos ignorar que los alimentos procesados, en muchos casos, han aliviado una carga que recae, la mayor parte de las veces, sobre las mujeres. Así que, aunque hay mucho que criticar, hay matices que impiden que ajustarnos plenamente a ese dualismo de “bueno” frente a “malo”.

Errol Schweizer
Fuel to Fork podcast

Pero las granjas industriales suelen depender de piensos con un alto contenido en productos químicos, que se asocian a mayores emisiones de CO₂ y óxido nítrico, además de tener un consumo elevado de energía fósil.^{423,424,425} Por el contrario, los sistemas agroecológicos o de pastoreo, aunque con mayores emisiones de metano, están asociados a menores emisiones de CO₂ y óxido nítrico, pueden reducir el uso de combustibles fósiles y contribuyen a objetivos más amplios de bienestar animal y medioambiental.

Los cambios en la dieta pueden contribuir a impulsar transformaciones más amplias en la producción y las cadenas de suministro de alimentos al reducir la dependencia de los combustibles fósiles y aportar beneficios colaterales para la salud y el medioambiente. **La reducción del consumo de alimentos ultraprocesados (UPF)** puede disminuir significativamente el uso de combustibles fósiles, las emisiones de GEI y los envases de plástico.

xxvi Desafortunadamente, muchos de los avances previstos en la estrategia «De la granja a la mesa» se han estancado. A pesar de ello, muchos países europeos están impulsando políticas alimentarias integradas para crear entornos alimentarios saludables, como se puede ver, por ejemplo, en los [estudios de casos](#) del informe de Agora Agriculture e IDDRI (2025). [Towards national food policies that support healthy and sustainable consumption. Country case studies and the role of EU food policy.](#)



Los UPF más nocivos, como las bebidas azucaradas, las carnes procesadas industrialmente, los cereales azucarados, los aperitivos y los dulces, tienen poco o ningún valor nutricional y dependen en gran medida de los monocultivos y los sistemas ganaderos intensivos. La transición hacia dietas basadas en alimentos locales, de temporada y mínimamente procesados, no solo se ajusta a las directrices de alimentación saludable, sino que también favorece la diversificación de la agricultura agroecológica y los mercados alimentarios regionales.

En un contexto en el que el 42 % de la población mundial no puede permitirse una dieta saludable,⁴²⁶ acortar las cadenas de suministro de alimentos, aprovechar la palanca de la contratación pública, gravar los alimentos ultraprocesados y reconfigurar las subvenciones agrícolas son medidas que podrían abaratar el acceso a opciones alimentarias sanas.

Cocinar en casa se asocia con un menor consumo de alimentos ultraprocesados y un mayor consumo de alimentos sin procesar o mínimamente procesados, pero se suele destacar la falta de tiempo como un obstáculo para cocinar y comer de forma saludable.⁴²⁷ Es también una actividad muy marcada por el género en casi todo el mundo, ya que las mujeres cocinan en casa tres veces más que los hombres.⁴²⁸ Las cadenas de suministro de alimentos locales pueden desempeñar un papel fundamental a la hora de preparar ingredientes para comidas saludables, lo que contribuye a reducir el trabajo doméstico (que suele recaer en las mujeres) que podría incrementarse frente a una menor dependencia de los alimentos ultraprocesados.

RECUADRO 14

AMÉRICA LATINA ENCABEZA LA REGULACIÓN DE LOS ALIMENTOS ULTRAPROCESADOS

América Latina es pionera en cuanto a regulación de los alimentos ultraprocesados (UPF) mediante el etiquetado, los impuestos y las restricciones de comercialización. Actualmente, en Chile, Perú, Uruguay, México, Argentina, Colombia y Venezuela son obligatorias etiquetas de advertencia en la parte frontal de los envases de alimentos y bebidas con alto contenido en azúcar, sal, grasas y/o calorías.⁴³³ Ecuador, Bolivia y Brasil también exigen el etiquetado de los alimentos poco saludables.⁴³⁴ Además, Brasil, Chile, Ecuador, México, Perú y Uruguay promueven los alimentos mínimamente procesados y aconsejan evitar los productos ultraprocesados en sus **directrices nutricionales**.^{435,436,437}

En varios países también se han introducido **impuestos**: Ecuador, Chile y Perú aplican impuestos ad valorem a los refrescos (con tipos del 10 %, 18 % y 25 %, respectivamente), y Colombia grava con un 25 % tanto los alimentos ultraprocesados como los refrescos.^{438,439} México, por su parte, impone un impuesto de un peso por litro a las bebidas azucaradas y otro del 8 % a los alimentos envasados no esenciales y con alto contenido calórico.⁴⁴⁰

Además, México **prohíbe los anuncios publicitarios de alimentos ultraprocesados** en televisión durante el horario infantil, mientras que Chile va más allá y prohíbe toda la comercialización de UPF dirigida al público infantil en todos los medios de comunicación, además de restringir los anuncios publicitarios de este tipo de productos en televisión y en cines desde las 6:00 hasta las 22:00 horas.⁴⁴¹ En ambos países también están prohibidas las imágenes atractivas para los niños en la comercialización de UPF.^{442,443} Asimismo, México, Chile, Uruguay y Argentina **prohíben en las escuelas la venta de productos que tengan etiquetas de advertencia**.^{444,445,446}

Los primeros resultados sugieren la eficacia de estas políticas. En Chile, los estudios estiman que las regulaciones sobre el etiquetado y la publicidad han reducido las compras en el plano de los consumidores por valor de un 37 % en azúcar, un 2 % en sodio, un 16 % en grasas saturadas y un 23 % en calorías.⁴⁴⁷ En México, las investigaciones indican que alrededor del 40 % de personas adultas y jóvenes declararon comprar menos alimentos ultraprocesados tras la introducción de las etiquetas de advertencia.⁴⁴⁸



Las visiones holísticas que buscan cambiar los incentivos y los comportamientos en torno a la alimentación suelen articularse en estrategias para **crear «entornos alimentarios» más saludables**, actualmente uno de los pilares de los principales marcos políticos, incluida la estrategia de la UE «De la granja a la mesa».^{xxvi}

Uno de los casos relevantes es el de Chile, que en 2016 introdujo políticas —como restricciones a la publicidad de alimentos poco saludables, advertencias obligatorias en la parte delantera de los envases y la prohibición de la comida basura en las escuelas— que condujeron a una reducción de casi el 25 % en el consumo de bebidas azucaradas en 18 meses (ver Recuadro 14).⁴²⁹ La adopción de políticas de etiquetado similares en otros países, especialmente en aquellos en los que los alimentos ultraprocesados todavía no han saturado el mercado, podría repercutir significativamente en sus entornos alimentarios. En Estados Unidos, estudios realizados sobre cientos de miles de productos envasados disponibles en los principales supermercados revelan que el 70 % de los artículos vendidos son alimentos ultraprocesados y que, de estar regulados por la normativa chilena, requerirían una etiqueta de advertencia.^{430,431}

Por último, cabe mencionar un proceso judicial histórico en Estados Unidos que podría marcar un punto de inflexión en cuanto a la responsabilidad de la industria de los alimentos ultraprocesados por su papel perjudicial sobre la salud pública. La parte demandante, de 18 años, presentó su demanda contra 11 grandes empresas, entre ellas Coca-Cola, Nestlé, PepsiCo y General Mills. En ella alega que estas empresas diseñaron intencionadamente productos adictivos que fueron dirigidos a niños y niñas, y se apoya en documentos internos y una exhaustiva investigación.⁴³² Esta acción legal sin precedentes, además de dar pie al debate sobre la responsabilidad civil de la industria, pone también de manifiesto importantes fallos normativos, lo que podría sentar las bases para reformas más amplias y una oleada de nuevas demandas en el futuro.

No podemos terminar sin hablar de la desmesurada influencia que los intereses corporativos ejercen sobre las políticas relacionadas con la alimentación, los plásticos o el clima, lo que se traduce en que las decisiones que se toman prioricen las ganancias por encima de las personas y el planeta. Se necesitan urgentemente estrategias de protección sólidas para desbancar la hegemonía corporativa, al tiempo que se debe institucionalizar una gobernanza inclusiva y participativa para alinear de nuevo la toma de decisiones con el interés público. Sin todo ello, los avances en la transformación de los sistemas alimentarios descritos en esta sección se verán gravemente comprometidos. Para más análisis y recomendaciones, ver nuestro informe ¿Quién inclina la balanza?.



Lo primero que hay que hacer es decir adiós a las grandes empresas minoristas y de procesamiento de alimentos. Ninguno de los cambios de los que estamos hablando servirá de nada si no lo hacemos, ya que son ellas las que absorben todo el oxígeno, toda la energía y todo el capital.

Errol Schweizer
en el podcast [Fuel to Fork](#)

RECOMENDACIONES

5





Los sistemas alimentarios están profundamente ligados a los combustibles fósiles. Sin embargo, como se ha demostrado en este informe, transformarlos para romper esa dependencia es tan necesario como factible. Ante la aceleración de la crisis climática — que causa daños cada vez mayores a las personas, los ecosistemas y las economías, y pone en peligro el acceso a los alimentos— resulta más urgente que nunca abordar esa dependencia. Pero, a pesar de su importancia crítica, este aspecto sigue estando prácticamente ausente en los principales debates sobre el clima.

Si queremos reducir verdaderamente esta dependencia, el camino a seguir requiere desenmascarar soluciones que se presentan como efectivas, pero que no siempre lo son. Tecnologías como el amoníaco «azul» y «verde», la agricultura digital y la biología sintética se presentan a menudo como soluciones sostenibles, pero, como hemos visto, en realidad refuerzan la dependencia de los combustibles fósiles, los agroquímicos y los modelos de producción industrial. Respaldados por poderosas coaliciones de empresas de combustibles fósiles, agroindustriales y tecnológicas, estos enfoques representan una nueva forma de retroceso y negacionismo que obstaculiza el cambio real y debilita el control público.

Como telón de fondo, los acuerdos climáticos mundiales se enfrentan a una resistencia política cada vez mayor, en particular por parte de los movimientos de extrema derecha, y la extracción de combustibles fósiles continúa prácticamente sin control. Al mismo tiempo, la inflación de los precios de los alimentos y la energía, y la preocupación pública por la contaminación por plásticos, la fragilidad de la cadena de suministro y las dietas poco saludables han trasladado el foco hacia la transformación del sistema alimentario. Y es precisamente en este contexto de presiones geopolíticas y socioeconómicas donde los esfuerzos por reducir la dependencia

de los combustibles fósiles y reconstruir sistemas alimentarios resilientes y sostenibles se han vuelto más urgentes y, al mismo tiempo, más capaces de generar consensos que nunca.

La transformación que se busca no se limita a la alimentación y la agricultura: se trata de reivindicar la democracia. La dependencia de los combustibles fósiles refleja profundos problemas en materia de rendición de cuentas y equidad, pero en aquellos lugares donde el control democrático y la acción colectiva prosperan, los combustibles fósiles pierden fuerza.

Las medidas inmediatas y a medio plazo como eliminar gradualmente los productos agroquímicos, sacar partido de la contratación pública y reducir los alimentos ultraprocesados, pueden contribuir de forma significativa a una reducción en el uso de combustibles fósiles. A largo plazo, son necesarios cambios más profundos para dismantelar los sistemas alimentarios industriales basados en energía fósil: plantar cara al poder de las grandes empresas, redistribuir el control y consolidar una gobernanza alimentaria con carácter democrático.

Esta transformación debe ir acompañada, a su vez, de una transición energética justa. Reducir la demanda energética es esencial, pero para alcanzar estos sistemas alimentarios sostenibles pasa también por expandir la electrificación y garantizar un acceso equitativo a las energías renovables. Como se detalla en los Apartados 2 y 3, las intersecciones que se dan entre estas distintas transiciones —la electrificación del transporte, el procesamiento y las operaciones agrícolas, y la inversión en eficiencia energética y energías renovables in situ—, pueden contribuir a un futuro resiliente y libre de combustibles fósiles.





A continuación, esbozamos ocho recomendaciones clave para encauzarnos hacia este objetivo. Estas medidas están interrelacionadas y, si se aplican de forma conjunta, tienen el potencial para generar un cambio real y duradero. Si bien las recomendaciones se dirigen principalmente a los responsables políticos, no debemos olvidar el papel fundamental de la acción colectiva impulsada por la comunidad para fomentar un cambio desde la base. Aunque nuestro objetivo es ambicioso, estas recomendaciones trazan una hoja de ruta hacia sistemas alimentarios más resilientes, más equitativos y exentos de la inestabilidad y la destrucción provocadas por la dependencia de los combustibles fósiles.



Recomendación 1: Impulsar una transición energética justa

- **Poner fin a las subvenciones a los combustibles fósiles, detener todos los nuevos proyectos de combustibles fósiles y eliminar gradualmente la infraestructura existente.** Reconocer que los combustibles fósiles baratos son la base del sistema alimentario industrial y el principal causante del cambio climático.
- **Reorientar la financiación pública hacia una transición energética justa,** que garantice no solo la expansión de las energías renovables, sino también su distribución equitativa, su asequibilidad y su uso eficiente, y dé prioridad al acceso de las comunidades y los sectores más necesitados, especialmente en el Sur global. Esto implica también proteger a la clase trabajadora, las comunidades y los grupos que se ven más afectados por los impactos climáticos.
- **Invertir en tecnología de baterías y en la mejora del reciclaje, y modernizar las redes eléctricas** para dar respuesta al aumento de las energías renovables.
- **Establecer objetivos claros de eficiencia energética vinculantes** para todos los sectores, centrándose en la reducción del consumo y la optimización del uso. Esto también implicaría ampliar los mecanismos de financiación pública y de bajo coste para que las pequeñas y medianas empresas puedan adoptar tecnologías energéticamente eficientes e invertir en la autogeneración de una parte de su energía a partir de fuentes renovables.
- **Promover la eficiencia energética del transporte marítimo** reduciendo la velocidad operativa e invirtiendo en el desarrollo de tecnologías sostenibles como los buques de carga propulsados a vela.
- **Aplicar políticas de «quien contamina paga»** como, por ejemplo, los impuestos sobre el carbono, con vistas a generar más ingresos para una transición energética justa.
- **Apoyar las alianzas transnacionales,** entre movimientos locales y en todo el Sur global, que abogan por transformaciones energéticas justas.
- **Poner freno a la influencia de las grandes corporaciones** en la política climática para romper la cooptación de los espacios de debate y toma de decisiones por parte de la industria y garantizar una gobernanza democrática y centrada en las personas (ver Recomendación 8).





Recomendación 2: Eliminar gradualmente los agroquímicos

- **Eliminar las subvenciones** a los fertilizantes y pesticidas sintéticos, que han conducido a un uso excesivo y han consolidado la dependencia, y al mismo tiempo, apoyar a los agricultores y trabajadores agrícolas en el proceso hacia una transición justa que les permita abandonar la dependencia de los agroquímicos.
- **Reformar y reasignar las subvenciones agrícolas** para favorecer las prácticas agroecológicas (ver Recomendación 3).
- **Establecer planes nacionales ambiciosos para la eliminación gradual de los agroquímicos** que contemplen objetivos de reducción claros, plazos exigentes y medidas específicas. Los planes de eliminación gradual coordinada incluirían medidas para reducir la producción y el consumo industrial de carne en las regiones con alto consumo.
- **Eliminar la financiación pública** destinada a soluciones tecnológicas como el amoníaco «azul» y «verde», la agricultura de precisión y la biología sintética, que consolidan los sistemas extractivos e industriales y tienen efectos perjudiciales para el medioambiente y la sociedad.
- **Aplicar políticas de «quien contamina paga»** como, por ejemplo un impuesto sobre los plaguicidas, con el fin de generar más ingresos para la eliminación gradual de los agroquímicos.
- **Frenar la influencia de las grandes corporaciones** en la política agrícola para romper la cooptación de los espacios de debate y toma de decisiones por parte de la industria y garantizar una gobernanza democrática y centrada en las personas (ver Recomendación 8).



Recomendación 3: Promover la agricultura agroecológica

- **Reconfigurar las subvenciones agrícolas** para apoyar prácticas agroecológicas, como la diversificación de cultivos, los cultivos de cobertura, la gestión ecológica de plagas, los bioestimulantes microbianos, la agrosilvicultura, la fijación de nitrógeno con leguminosas y los sistemas integrados de cultivo y ganadería.
- **Ofrecer nuevas perspectivas a la investigación y el desarrollo** para expandir el alcance de la innovación agroecológica, mediante la reorientación de las instituciones de investigación y los servicios de asesoramiento público existentes hacia enfoques ecológicos y dirigidos por los agricultores.
- **Apoyar el intercambio de conocimientos y la cocreación** mediante un proceso de documentación continuo y el intercambio de buenas prácticas entre agricultores, movimientos sociales e investigadores.
- **Alinear las prioridades de las políticas en materia de alimentación y agricultura** mediante políticas alimentarias coordinadas e integradas que fortalezcan las cadenas de suministro locales (ver Recomendación 4), apoyen las dietas saludables (ver Recomendación 6), reduzcan la pérdida y el desperdicio de alimentos (ver Recomendación 7) y construyan una gobernanza alimentaria democrática (ver Recomendación 8).





Recomendación 4: Reconstruir y reforzar las cadenas locales de suministro de alimentos

- **Financiar infraestructuras adaptadas a la escala** en zonas rurales, urbanas y periurbanas, tales como el almacenamiento descentralizado, las instalaciones de procesamiento, los sistemas de cadena de frío, estructuras de acceso al agua potable, estructuras de saneamiento y energías renovables.
- **Desarrollar y modernizar las infraestructuras de los mercados locales**, tales como los mercados mayoristas y los mercados de productos frescos, los puntos de venta al por menor, los almacenes, las redes de transporte y logísticas, los centros regionales de distribución de alimentos y las cocinas del sector público.
- **Alinear las políticas de contratación pública** con los objetivos de sostenibilidad y proximidad mediante el abastecimiento de productores locales y agroecológicos (ver también Recomendación 6).
- **Establecer cadenas de suministro de propiedad y gestión públicas** para garantizar el acceso a los mercados de los productores sostenibles y hacer que los alimentos locales y saludables sean la opción más accesible y asequible.
- **Reducir el uso de combustibles fósiles en el transporte de alimentos a través de sustituir el transporte de mercancías de corta distancia por camiones eléctricos** o medios de transporte no motorizados y ampliar el transporte intermodal ferroviario y por carretera con impuestos y políticas de apoyo.
- **Aprovechar las cadenas de suministro más cortas** para reducir el desperdicio de alimentos, eliminar los envases de plástico innecesarios y ampliar los sistemas de reutilización y reciclaje (ver también Recomendación 5).
- **Garantizar el acceso equitativo a la energía limpia y a la infraestructura del sistema alimentario**, especialmente en las regiones desatendidas, como pilar central de una transición energética justa.



Recomendación 5: Reducir considerablemente la producción de plástico y acelerar la inversión en alternativas y en sistemas de reutilización

- **Eliminar los envases innecesarios** con la aplicación de marcos de «usos esenciales» para reducir gradualmente el plástico no indispensable (por ejemplo, en los productos frescos), y prohibir los formatos más contaminantes como los envoltorios de un solo uso, los envases múltiples y los diseños estandarizados impulsados por el marketing.
- **Establecer objetivos obligatorios de reducción en la producción de plástico**, incluso mediante acuerdos internacionales como el Tratado Mundial sobre los Plásticos de las Naciones Unidas.
- **Reconstruir y fortalecer las cadenas de suministro cortas y los mercados territoriales** que reducen la necesidad de conservación y envasado, y apoyar soluciones orientadas a la reutilización y con poca generación de residuos (ver Recomendación 4).
- **Promulgar leyes de responsabilidad ampliada del productor** mediante las cuales las empresas sean responsables de los residuos plásticos a lo largo de todo su ciclo de vida. Estas leyes deben ir acompañadas de una aplicación estricta y de sistemas locales adecuadamente financiados para la recogida, la reutilización y el reciclado.
- **Establecer objetivos de prevención y reutilización de residuos** y reconstruir la infraestructura y los incentivos para los envases reutilizables en los sectores minorista, de reparto a domicilio y de bebidas.
- **Invertir en investigación e innovación de interés público para desarrollar alternativas al plástico** en los envases alimentarios y la agricultura, con prioridad a los materiales disponibles a nivel local, sostenibles y de código abierto, desarrollados al margen de los intereses del sector petroquímico.



Recomendación 6: Reducir el consumo de alimentos ultraprocesados y crear entornos alimentarios saludables

- **Promover campañas de educación pública amplias** para fomentar dietas sostenibles y nutritivas. Estas campañas deben ir acompañadas de subvenciones y apoyo específico para las comunidades de bajos ingresos.
- **Reducir la disponibilidad y el atractivo de los alimentos ultraprocesados** mediante la introducción de etiquetas de advertencia en la parte frontal de los envases, la restricción de la publicidad (especialmente dirigida al público infantil), la aplicación de impuestos sobre los alimentos ultraprocesados y su prohibición en las escuelas y los comedores públicos.
- **Reorientar las subvenciones agrícolas** para apoyar la producción y la accesibilidad a alimentos frescos y producidos localmente (ver Recomendación 3).
- **Sacar partido de la contratación pública para ampliar el acceso** a alimentos locales y nutritivos en las instituciones públicas, con el apoyo de políticas alimentarias integradas que establezcan criterios mínimos de sostenibilidad, proporcionen formación y apoyo financiero a los y las agricultoras y protejan las tierras agrícolas para garantizar su viabilidad a largo plazo (ver Recomendación 4).
- **Frenar el excesivo poder político y de mercado de las grandes empresas de alimentación y bebidas** que ejercen presión para seguir bloqueando políticas de salud pública esenciales (ver Recomendación 8).



Recomendación 7: Eliminar el desperdicio de alimentos y promover las cocinas limpias

- **Reducir drásticamente las pérdidas postcosecha de alimentos**, especialmente en el Sur global, a través de la inversión en cadenas de suministro locales y cortas (ver Recomendación 4). Esto implica optimizar las infraestructuras y ofrecer formación y financiación para mejorar la cosecha, la transformación y el almacenamiento de los cultivos.
- **Garantizar el acceso equitativo a la energía limpia y acelerar la transición a las cocinas eléctricas**, en particular las de inducción en los países de renta alta, mediante la actualización de los códigos de construcción y los programas de incentivos. También financiar la transición a cocinas eléctricas e híbridas solares-eléctricas en los países de ingresos bajos y medios.
- **Respaldar las campañas dirigidas a los consumidores y los minoristas**, especialmente en el Norte global, para reducir el desperdicio de alimentos. Esto contempla la introducción de prohibiciones y multas a las empresas por desperdicio alimentario, así como ampliar los programas de reciclaje y redistribución de alimentos. Las campañas dirigidas a los consumidores deben dotar a las personas de conocimientos y herramientas para reducir el desperdicio de alimentos mediante mejores hábitos de compra, almacenamiento y preparación.



Recomendación 8:

Limitar el poder de las grandes corporaciones y democratizar la gobernanza de los sistemas alimentarios

- **Establecer normas claras y realmente vinculantes en materia de conflictos de intereses, grupos de presión y «puertas giratorias»** en los órganos de gobernanza y de investigación científica, especialmente mediante la exclusión fuera de las negociaciones mundiales sobre el clima y los plásticos de grupos de presión del sector fósil, petroquímico y de la agroindustria.
- **Fortalecer la legislación antimonopolios** y aplicar políticas para reducir el excesivo poder de las corporaciones en los sectores alimentario y energético.
- **Eliminar las lagunas fiscales** y promulgar políticas fiscales justas y progresivas para frenar la evasión fiscal de las empresas y garantizar una financiación pública adecuada para una transición justa en los sectores alimentario y energético.
- **Institucionalizar una gobernanza inclusiva y participativa**, que dé prioridad a una participación verdadera de los movimientos sociales, las organizaciones ciudadanas y la sociedad civil en la toma de decisiones a todos los niveles.



Una economía que ha logrado separarse de los combustibles fósiles no es una economía de austeridad, sino de abundancia. Una economía que se construye a través de los cuidados mutuos y del planeta.

Raj Patel
en el podcast [Fuel to Fork](#)



FIGURA 8

¿QUÉ SE NECESITA PARA ELIMINAR LOS COMBUSTIBLES FÓSILES DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS?





NOTAS AL PIE

¹ Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N. y Leip, A. (2021). Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions. *Nature Food*, 2(3), 198–209.

² Menegat, S., Ledo, A. y Tirado, R. (2022). Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture. *Scientific Reports*, 12(1), 14490.

³ Alianza Global para el Futuro de la Alimentación (2023). Cambio de poder: por qué debemos abandonar los combustibles fósiles en los sistemas alimentarios industriales.

⁴ AIE (2020). Iron and steel technology roadmap: Towards more sustainable steelmaking.

⁵ Lipiäinen, S., Kuparinen, K., Sermyagina, E. y Vakkilainen, E. (2022). Pulp and paper industry in energy transition: Towards energy-efficient and low carbon operation in Finland and Sweden. *Sustainable Production and Consumption*, 29, 421–431.

⁶ Aramendia, E., Brockway, P. E., Taylor, P. G. y Norman, J. (2023). Global energy consumption of the mineral mining industry: Exploring the historical perspective and future pathways to 2060. *Global Environmental Change*, 83 (102745).

⁷ OCDE. (21 de noviembre de 2024). El costo de las medidas de apoyo a los combustibles fósiles disminuyó drásticamente en 2023, pero sigue siendo elevado en relación con su promedio histórico.

⁸ OCDE. (2024). Seguimiento y evaluación de las políticas agrícolas 2024: Innovación para un crecimiento sostenible de la productividad.

⁹ FAO, PNUD y PNUMA (2021). Una oportunidad multimillonaria: La readaptación del apoyo agrícola para transformar los sistemas alimentarios. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

¹⁰ OCDE. (21 de noviembre de 2024). El costo de las medidas de apoyo a los combustibles fósiles disminuyó drásticamente en 2023, pero sigue siendo elevado en relación con su promedio histórico.

¹¹ Beeler, C. (3 de diciembre de 2021). Glasgow summit pledge to phase out fossil fuel subsidies faces an uphill battle. *The World*.

¹² Black, S., Liu, A., Parry, I. y Vernon, N. (enero de 2024). Datos sobre subsidios a los combustibles fósiles del FMI: actualización 2023. Fondo Monetario Internacional.

¹³ Rennert, K., Errickson, F., Prest, B. C., Rennels, L., Newell, R. G., Cooke, R., King, A., Pizer et al. (2022). Comprehensive evidence implies a higher social cost of CO₂. *Nature*, 610(7930), 687–692.

¹⁴ FAO, PNUD y PNUMA (2021). Una oportunidad multimillonaria: La readaptación del apoyo agrícola para transformar los sistemas alimentarios. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

¹⁵ Banco Mundial (2023). Detox Development.

¹⁶ AIE (2024). World Energy Outlook 2024 – Perspectivas de la energía en el mundo.

¹⁷ AIE (2024). Oil 2024: Analysis and forecast to 2030.

¹⁸ AIE (2018). The Future of Petrochemicals.

¹⁹ Tilsted, J. P., Bauer, F., Deere Birkbeck, C., Skovgaard, J. y Rootzén, J. (2023). Ending fossil-based growth: Confronting the political economy of petrochemical plastics. *One Earth*, 6(6), 607–619.

²⁰ AIE (2018). The Future of Petrochemicals.

²¹ Levi, P. G. y Cullen, J. M. (2018). Mapping global flows of chemicals: from fossil fuel feedstocks to chemical products. *Environmental Science & Technology*, 52(4), 1725–1734.

²² FAO (2021). Assessment of agricultural plastics and their sustainability – A call for action.

²³ Levi, P. G. y Cullen, J. M. (2018). Mapping global flows of chemicals: from fossil fuel feedstocks to chemical products. *Environmental Science & Technology*, 52(4), 1725–1734.

²⁴ AIE (2018). The Future of Petrochemicals.

²⁵ *Ibid.*



²⁶ DiFelice, M. (26 de marzo de 2024). The real root of high food prices: Corporate greed and consolidation. Food & Water Watch.

²⁷ Instituto de Política Agrícola y Comercial (IATP) y GRAIN (2023). Un cartel corporativo fertiliza la inflación de los precios de los alimentos.

²⁸ IPES-Food (2022). ¿Otra tormenta perfecta?

²⁹ CMNUCC (2023). Resultado del primer balance mundial, Proyecto de decisión -/CMA.5. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

³⁰ IPCC (2019). El cambio climático y la tierra: Informe especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestre (Resumen para responsables políticos).

³¹ FAO (2018). Transformar la alimentación y la agricultura para alcanzar los ODS.

³² Woods, J., Williams, A., Hughes, J. K., Black, M. y Murphy, R. (2010). Energy and the food system. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365(1554), 2991–3006.

³³ Paris, B., Vandonrou, F., Balafoutis, A. T., Vaiopoulos, K., Kyriakarakos, G., Manolakis, D. y Papadakis, G. (2022). Energy use in open-field agriculture in the EU: A critical review recommending energy efficiency measures and renewable energy sources adoption. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 158, 112098.

³⁴ *Ibid.*

³⁵ AIE (2021). Ammonia Technology Roadmap.

³⁶ Jungers, G., Portet-Koltalo, F., Cosme, J. y Seralini, G. E. (2022). Petroleum in pesticides: A need to change regulatory toxicology. Toxics, 10(11), 670.

³⁷ *Ibid.*

³⁸ Mesnage, R., Benbrook, C. y Antoniou, M. N. (2019). Insight into the confusion over surfactant co-formulants in glyphosate-based herbicides. Food And Chemical Toxicology, 128, 137-145.

³⁹ *Ibid.*

⁴⁰ CIEL (2022). Sowing a Plastic Planet: How Microplastics in Agrochemicals Are Affecting Our Soils, Our Food, and Our Future

⁴¹ FAO (2024). Pesticides use and trade, 1990–2022.

⁴² Bauer, F., Tilsted, J. P., Deere Birkbeck, C., Skovgaard, J., Rootzén, J., Karltorp, K., Åhman, M., Finkill, G. D., Cortat, L. y Nyberg, T. (2024). Petrochemicals and climate change: Powerful fossil fuel lock-ins and interventions for transformative change. Environmental and Energy Systems Studies, Universidad de Lund.

⁴³ PAN North America (2022). Pesticides and Climate Change: A Vicious Cycle.

⁴⁴ *Ibid.*

⁴⁵ Wan, N., Fu, L., Dainese, M., Kiær, L. P., Hu, Y., Xin, F., Goulson, D., Woodcock, B. A., Vanbergen, A. J., Spurgeon, D. J., Shen, S. y Scherber, C. (2025). Pesticides have negative effects on non-target organisms. Nature Communications, 16(1).

⁴⁶ Boedeker, W., Watts, M., Clausen, P. y Marquez, E. (2020). The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning : estimations based on a systematic review. BMC Public Health, 20(1).

⁴⁷ Shekhar, C., Khosya, R., Thakur, K., Mahajan, D., Kumar, R., Kumar, S. y Sharma, A. K. (2024). A Systematic Review of Pesticide Exposure, Associated Risks, and Long-Term Human Health Impacts. Toxicology Reports, 13, 101840.

⁴⁸ Pathak, V. M., Verma, V. K., Rawat, B. S., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N. y Cunill, J. M. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and it's eco-friendly management as bioremediation : A comprehensive review. Frontiers In Microbiology, 13.

⁴⁹ AIE (2021). Ammonia Technology Roadmap.

⁵⁰ IPCC (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.

⁵¹ AIE (2018). The Future of Petrochemicals.



⁵² FAO (2021). [Placing fertilizers in firm focus](#). Global Soil Partnership.

⁵³ CIEL (2022). [Fossils, Fertilizers, and False Solutions: How Laundering Fossil Fuels in Agrochemicals Puts the Climate and the Planet at Risk](#).

⁵⁴ Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J. y Garnier, J. (2014). [50 year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems : the relationship between yield and nitrogen input to cropland](#). Environmental Research, 9(10), 105011.

⁵⁵ *Ibid.*

⁵⁶ Corral, P., Irwin, A., Krishnan, N., Mahler, D. G. y Vishwanath, T. (2020). [Fragility and Conflict : On the Front Lines of the Fight against Poverty](#). Washington, D.C.: World Bank eBooks.

⁵⁷ FAO (2024). [Conferencia Regional para África de la FAO, 33.º periodo de sesiones](#) [Diponible en inglés].

⁵⁸ Menegat, S., Ledo, A. y Tirado, R. (2022). [Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture](#). Scientific Reports, 12(1), 14490.

⁵⁹ *Ibid.*

⁶⁰ PNUMA (s.f.). [Beat Nitrogen Pollution](#). PNUMA. Consultado el 18 de septiembre de 2024.

⁶¹ PNUMA (2024). [Global Nitrous Oxide Assessment](#).

⁶² Sandström, V., Kaseva, J., Porkka, M., Kuisma, M., Sakieh, Y. y Kahiluoto, H. (2023). [Disparate history of transgressing planetary boundaries for nutrients](#). Global Environmental Change, 78, 102628.

⁶³ Lassaletta, L., Billen, G., Grizzetti, B., Anglade, J. y Garnier, J. (2014). [50-year trends in nitrogen use efficiency of world cropping systems: The relationship between yield and nitrogen input to cropland](#). Environmental Research, 9(10), 105011.

⁶⁴ Wang, M., Bodirsky, B.L., Rijneveld, R. *et al.* (2024). [A triple increase in global river basins with water scarcity due to future pollution](#). Nature Communications, 15, 880.

⁶⁵ Gilbert, N. (30 de enero de 2025). [As EPA considers cancer links to nitrates in drinking water, industry downplays the risks](#). U.S. Right to Know.

⁶⁶ IPCC (2019). [El cambio climático y la tierra:Informe](#)

[especial del IPCC sobre el cambio climático, la desertificación, la degradación de las tierras, la gestión sostenible de las tierras, la seguridad alimentaria y los flujos de gases de efecto invernadero en los ecosistemas terrestre \(Resumen para responsables políticos\)](#).

⁶⁷ PNUMA (s.f.). [Beat Nitrogen Pollution](#). PNUMA. Consultado el 18 de septiembre de 2024.

⁶⁸ Krzyzanowski, M. (2022). [The Health Impacts of Nitrogen Dioxide \(NO₂\) Pollution](#). Health and Environment Alliance.

⁶⁹ Wyer, K. E., Kelleghan, D. B., Blanes-Vidal, V., Schauburger, G. y Curran, T. P. (2022). [Ammonia emissions from agriculture and their contribution to fine particulate matter: A review of implications for human health](#). Journal of Environmental Management, 323, 116285.

⁷⁰ PNUMA [Facts about Nitrogen Pollution](#). Consultado el 17 de abril de 2025.

⁷¹ Paris, B., Vandorou, F., Balafoutis, A. T., Vaiopoulos, K., Kyriakarakos, G., Manolakos, D. y Papadakis, G. (2022). [Energy use in open-field agriculture in the EU: A critical review recommending energy efficiency measures and renewable energy sources adoption](#). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 158, 112098.

⁷² Muñoz, R. y Llanos, J. (2012). [Estimación de la vida útil del tractor agrícola mediante el uso de un modelo de difusión a nivel agregado](#) [Disponible en inglés]. Ciencia e Investigación Agraria, 39(3), 557–562.

⁷³ Amigos de la Tierra (2025). [Rethinking No-Till: The toxic impact of conventional no-till agriculture on soil, biodiversity, and human health](#).

⁷⁴ Lorencowicz, E. y Uziak, J. (2015). [Repair cost of tractors and agricultural machines in family farms](#). Agriculture and Agricultural Science Procedia, 7, 152–157.

⁷⁵ Panigrahi, S. S., Luthra, K., Singh, C. B., Atungulu, G. y Corscadden, K. (2023c). [On-farm grain drying system sustainability : Current energy and carbon footprint assessment with potential reform measures](#). Sustainable Energy Technologies And Assessments, 60, 103430.

⁷⁶ FAO (2021) [Assessment of agricultural plastics and their sustainability – A call for action](#).

⁷⁷ *Ibid.*



⁷⁸ *Ibid.*

⁷⁹ FAO (2021). [Assessment of agricultural plastics and their sustainability: A call for action.](#)

⁸⁰ Winiarska, E., Jutel, M. y Zemelka-Wiacek, M. (2024). [The potential impact of nano- and microplastics on human health: Understanding human health risks.](#) Environmental Research, 251(Pt. 2), 118535.

⁸¹ Ziani, K., Ioniță-Mîndrican, C.-B., Mititelu, M., Neacșu, S. M., Negrei, C., Moroșan, E., Drăgănescu, D. y Preda, O. T. (2023). [Microplastics: A real global threat for environment and food safety: A state of the art review.](#) Nutrients, 15(3), 617.

⁸² Chang, N., Chen, L., Wang, N., Cui, Q., Qiu, T., Zhao, S., He, H., Zeng, Y., Dai, W., Duan, C. y Fang, L. (2024). [Unveiling the impacts of microplastic pollution on soil health: A comprehensive review.](#) Science of the Total Environment, 951.

⁸³ Hofmann, T., Ghoshal, S., Tufenkji, N., Adamowski, J. F., Bayen, S., Chen, Q., Demokritou, P., Flury, M., Hüffer, T., Ivleva, N. P., Ji, R., Leask, R. L., Maric, M., Mitrano, D. M., Sander, M., Pahl, S., Rillig, M. C., Walker, T. R., White, J. C. y Wilkinson, K. J. (2023). [Plastics can be used more sustainably in agriculture.](#) Communications Earth & Environment, 4(1).

⁸⁴ Zhu, R., Zhang, Z., Zhang, N., Zhong, H., Zhou, F., Zhang, X., Liu, C., Huang, Y., Yuan, Y., Wang, Y., Li, C., Shi, H., Rillig, M. C., Dang, F., Ren, H., Zhang, Y. y Xing, B. (2025). [A global estimate of multiccosystem photosynthesis losses under microplastic pollution.](#) Actas de la National Academy of Sciences of the United States of America, 122 (11), e2423957122.

⁸⁵ Nizzetto, L., Futter, M. y Langaas, S. (2016). [Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin?](#) Environmental Science & Technology, 50(20).

⁸⁶ Kedzierski, M., Ciredorf-Boulant, D., Palazot, M., Yvin, M. y Bruzard, S. (2023). [Continents of plastics: An estimate of the stock of microplastics in agricultural soils.](#) Science of The Total Environment, 880, 163294.

⁸⁷ AIE (2024). [Global Hydrogen Review 2024.](#)

⁸⁸ Schlissel, D. y Juhn, A. (2023). [Blue hydrogen: Not clean, not low carbon, not a solution: Making hydrogen from natural gas makes no sense.](#) Institute for Energy Economics and Financial Analysis.

⁸⁹ Oil Change International (2024). [Funding failure: Carbon capture and fossil hydrogen subsidies](#)

[exposed.](#)

⁹⁰ Schlissel, D. y Juhn, A. (2023). [Blue hydrogen: Not clean, not low carbon, not a solution: Making hydrogen from natural gas makes no sense.](#) Institute for Energy Economics and Financial Analysis.

⁹¹ Robertson, B. y Mousavian, M. (2022). [Review of carbon capture to serve enhanced oil recovery: Overpromise and underperformance.](#) Institute for Energy Economics and Financial Analysis.

⁹² Agora Industry (2024). [Global Green Fertiliser Tracker.](#)

⁹³ Center for International Environmental Law (2024). [Emissions unleashed: The climate crisis and America's petrochemical boom.](#)

⁹⁴ Rosa, L. y Gabrielli, P. (2022). [Energy and Food Security Implications of Transitioning Synthetic Nitrogen Fertilizers to Net-Zero Emissions.](#) Environmental Research Letters, 18.

⁹⁵ Waters-Bayer, A. y Wario, H.T. (2020). [Pastoralism and large-scale Renewable energy and green hydrogen projects, potentials and threats.](#) Brot für die Welt and Heinrich Böll Foundation.

⁹⁶ Comisión Europea (18 de mayo de 2022). [Plan RePowerEU.](#)

⁹⁷ Menegat, S., Ledo, A. y Tirado, R. (2022). [Greenhouse gas emissions from global production and use of nitrogen synthetic fertilisers in agriculture.](#) Scientific Reports, 12(1), 14490.

⁹⁸ Bio.News (10 de noviembre de 2023). [Can biotech break the interdependence between food production and fossil fuels?.](#)

⁹⁹ Heinrich-Böll-Stiftung, Amigos de la Tierra Europa, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland (BUND) y PAN Europa (2022). [Pesticide Atlas 2022](#) [Disponible en español].

¹⁰⁰ Amigos de la Tierra (2020). [Gene-Silencing Pesticides: Risks and Concerns.](#)

¹⁰¹ Arpaia, S., Christiaens, O., Giddings, K., Jones, H., Mezzetti, B., Moronta-Barrios, F., Perry, J. N., Sweet, J. B., Taning, C. N. T., Smagghe, G. y Dietz-Pfeilstetter, A. (2020). [Biosafety of GM crop plants expressing dsRNA: Data requirements and EU regulatory considerations.](#) Frontiers in Plant Science, 11.

¹⁰² Ver, por ejemplo, FMC (6 de octubre de 2023).



Defining Biologicals in Crop Protection.

¹⁰³ Wang, H.L., Ding, B.J., Dai, J.Q., Nazarene, T. J., Borges, R., Mafrá-Neto, A., Cahoon, E. B., Hofvander, P., Stymne, S. y Löfstedt, C. (2022). Insect pest management with sex pheromone precursors from engineered oilseed plants. *Nature Sustainability*, 5, 981–990.

¹⁰⁴ Amigos de la Tierra (2023). Genetically engineered soil microbes: risks and concerns.

¹⁰⁵ CSS, ENSER y VDW (2019). Gene drives: A report on their science, applications, social aspects, ethics and regulations.

¹⁰⁶ Ver, por ejemplo, Miller, L. (10 de enero de 2020). Making real a biotechnology dream: Nitrogen-fixing cereal crops. MIT News.

¹⁰⁷ Ver, por ejemplo, Pivot Bio (s.f.). Making agriculture more sustainable with microbial nitrogen fertilizer technology.

¹⁰⁸ Ver Daniel, A. (18 de marzo de 2025). A cell pulls off one of the 'Holy Grails' of biotechnology. NPR.

¹⁰⁹ Jungers, G., Portet-Koltalo, F., Cosme, J. y Seralini, G. E. (2022). Petroleum in pesticides: A need to change regulatory toxicology. *Toxics*, 10(11), 670.

¹¹⁰ Hoang, B. T. L., Fletcher, S. J., Brosnan, C. A., Ghodke, A. B., Manzie, N. y Mitter, N. (2022). RNAi as a foliar spray: Efficiency and challenges to field applications. *International Journal of Molecular Science*, 23(12), 6639.

¹¹¹ Amigos de la Tierra (2020). Gene-Silencing Pesticides: Risks and Concerns.

¹¹² *Ibid.*

¹¹³ Wong, A. C. S., Massel, K., Lam, Y., Hintzsche, J. y Chauhan, B. S. (2022). Biotechnological road map for innovative weed management. *Frontiers in Plant Science*, 13, 887723.

¹¹⁴ Corporate Europe Observatory (20 de octubre de 2021). Exposed: How biotech giants use patents and new GMOs to control the future of food.

¹¹⁵ Germing, K. *et al.* (2025). Crop protection by RNA interference: a review of recent approaches, current state of developments and use as of 2013. *Environmental Sciences Europe*, 37(1), 15.

¹¹⁶ ETC Group (2022). Barones de la Alimentación

2022: Lucro con las crisis, digitalización y nuevo poder corporativo.

¹¹⁷ Corporate Europe Observatory (20 de octubre de 2021). Exposed: How biotech giants use patents and new GMOs to control the future of food.

¹¹⁸ Bloomfield, D., Pannu, J., Zhu, A. W., Ng, M. Y., Lewis, A., Bendavid, E., Asch, S. M., Hernandez-Boussard, T., Cicero, A. y Inglesby, T. (2024). AI and biosecurity: The need for governance. *Science*, 385(6711), 831–833.

¹¹⁹ Ver, por ejemplo, Zanin, A. R. A., Neves, D. C., Teodoro, L. P. R. *et al.* (2022). Reduction of pesticide application via real-time precision spraying. *Scientific Reports*, 12, 5638.

¹²⁰ Machleb, J., Peteinatos, G. G., Kollenda, B., Andújar, D. y Gerhards, R. (2020). Sensor-based mechanical weed control: Present state and prospects. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105638.

¹²¹ Association of Equipment Manufacturers (AEM) (2021). The environmental benefits of precision agriculture in the United States.

¹²² Un estudio de campo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) sobre cultivos de pastos registró un aumento del consumo de combustible por hectárea cuando se activaba el sistema de autoguiado de los tractores, Ashworth, A.J. *et al.* (2020). Environmental Impact Assessment of Tractor Guidance Systems Based on Pasture Management Scenarios. *Journal of ASABE*, 65(3).

¹²³ Bahmutsky, S., Grassauer, F., Arulnathan, V. y Pelletier, N. (2024). A review of life cycle impacts and costs of precision agriculture for cultivation of field crops. *Sustainable Production and Consumption*.

¹²⁴ Bronson, K. (2022). *The immaculate conception of data: Agribusiness, activists, and their shared politics of the future*. McGill-Queen's University Press

¹²⁵ Bessette, D. L., Brainard, D. C., Srivastava, A. K., Lee, W. y Geurkink, S. (2022). Battery electric tractors: small-scale organic growers' preferences, perceptions, and concerns. *Energies*, 15(22), 8648.

¹²⁶ Malik, A. y Kohli, S. (2020). Electric tractors: Survey of challenges and opportunities in India. *Materials Today: Proceedings*, 28, 2318-2324.

¹²⁷ Shamshiri, R. R. (2024). *Electrical tractors for autonomous farming*. En *Mobile Robots for Digital Farming* (pp. 89-106). CRC Press.



¹²⁸ Bessette, D. L., Brainard, D. C., Srivastava, A. K., Lee, W. y Geurkink, S. (2022). [Battery electric tractors: small-scale organic growers' preferences, perceptions, and concerns](#). *Energies*, 15(22), 8648.

¹²⁹ CIEL (2022). [Sowing a Plastic Planet: How Microplastics in Agrochemicals Are Affecting Our Soils, Our Food, and Our Future](#)

¹³⁰ Pappa, F. (2024). [Sounding the alarm for digital agriculture: Examining risks to the human rights to science and food](#). *Netherlands Quarterly of Human Rights*, 42(3), 276–296.

¹³¹ Ver, por ejemplo: Anastasiou, E., Fountas, S., Voulgaraki, M., Psiroukis, V., Koutsiaras, M., Kriezi, O. *et al.* (2023). [Precision farming technologies for crop protection: A meta-analysis](#). *Smart Agricultural Technology*, 5, 100323.

¹³² Mytton, D. y Ashtine, M. (2022). [Sources of data center energy estimates : A comprehensive review](#). *Joule*, 6(9), 2032-2056.

¹³³ Agencia Internacional de la Energía (2025). [Energy and AI: World Energy Outlook Special Report](#).

¹³⁴ *Ibid.*

¹³⁵ Goldman Sachs (28 de abril de 2024). [Generational growth: AI, data centers and the coming US power demand surge](#).

¹³⁶ Olivo, A. (17 de abril de 2024). [Internet data centers are fueling drive to old power source: Coal](#). *The Washington Post*.

¹³⁷ Kimball, S. (23 de enero de 2025). [Trump says he will approve power plants for AI through emergency declaration](#). *CNBC*.

¹³⁸ Ambrose, J. (23 de julio de 2024). [Ireland's datacentres overtake electricity use of all urban homes combined](#). *The Guardian*.

¹³⁹ Beyond Fossil Fuels (2025). [System overload: How new data centres could throw Europe's energy transition off course](#).

¹⁴⁰ S&P Global Ratings (30 de octubre de 2024). [Data centers: Rapid growth will test U.S. tech sector's decarbonization ambitions](#).

¹⁴¹ Kerr, D. (12 de julio de 2024). [AI brings soaring emissions for Google and Microsoft, a major contributor to climate change](#). *NPR*.

¹⁴² Microsoft (2024). [2024 Environmental Sustainability Report](#).

¹⁴³ Spencer, T. y Singh, S. (18 de octubre de 2024). [What the data centre and AI boom could mean for the energy sector](#). Agencia Internacional de la Energía

¹⁴⁴ S&P Global (30 de octubre de 2024). [Data centers: Rapid growth will test U.S. tech sector's decarbonization ambitions](#).

¹⁴⁵ Luccioni, S., Trevelin, B. y Mitchell, M. (3 de septiembre de 2024). [The environmental impacts of AI – Primer](#). Hugging Face.

¹⁴⁶ Grupo ETC (2024). [Behind Sugar and Spice and Everything Nice: The Environmental Impacts of Digitalization](#).

¹⁴⁷ *Ibid.*

¹⁴⁸ Hackfort, S., Marquis, S. y Bronson, K. (2024). [Harvesting value : Corporate strategies of data assetization in agriculture and their socio-ecological implications](#). *Big Data & Society*, 11(1).

¹⁴⁹ Alianza Global para el Futuro de la Alimentación (2023). [Cambio de poder: por qué debemos abandonar los combustibles fósiles en los sistemas alimentarios industriales](#).

¹⁵⁰ Sovacool, B. K., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A. y Rooney, D. (2021). [Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options](#). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110856.

¹⁵¹ Ladha-Sabur, A., Bakalis, S., Fryer, P. J. y López-Quiroga, E. (2019). [Mapping energy consumption in food manufacturing](#). *Trends in Food Science & Technology*, 86, 270-280.

¹⁵² Galitsky, C., Worrell, E. y Ruth, M. (2003). [Energy efficiency improvement and cost saving opportunities for the corn wet milling industry: An ENERGY STAR guide for energy and plant managers](#). Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division.

¹⁵³ Monteiro, C. A., Cannon, G., Levy, R. B., Moubarac, J.-C., Louzada, M. L., Rauber, F., Khandpur, N., Cediell, G., Neri, D., Martinez-Steele, E., Baraldi, L. G. y Jaime, P. C. (2019). [Ultra-processed foods: What they are and how to identify them](#). *Public Health Nutrition*, 22(5), 936–941.



¹⁵⁴ Alianza Global para el Futuro de la Alimentación (2023). [Cambio de poder: por qué debemos abandonar los combustibles fósiles en los sistemas alimentarios industriales.](#)

¹⁵⁵ FAO (2021). [Una oportunidad multimillonaria: La readaptación del apoyo agrícola para transformar los sistemas alimentarios.](#)

¹⁵⁶ Wood, B., Williams, O., Nagarajan, V. y Sacks, G. (2021). [Market Strategies Used by Processed Food Manufacturers to Increase and Consolidate Their Power: A Systematic Review and Document Analysis.](#) *Globalization and Health*, 17, 17.

¹⁵⁷ Wood, B., Robinson, E., Baker, P., Paraje, G., Mialon, M., van Tullemen, C. y Sacks, G. (2023). [What is the purpose of ultra-processed food? An exploratory analysis of the financialisation of ultra-processed food corporations and implications for public health.](#) *Globalization and Health*, 19(1), 85.

¹⁵⁸ Hall, K. D., Ayuketah, A., Brychta, R., Cai, H., Cassimatis, T., Chen, K. Y., Chung, S., Costa, E., Courville, A., Darcey, V., Fletcher, L. A., Forde, C. G., Gharib, A. M., Guo, J., Howard, R., Joseph, P. V., McGehee, S., Ouwerkerk, R., Raisinger, K., Rozga, I., Stagliano, M., Walter, M., Walter, P. J., Yang, S. y Zhou, M. (2019). [Ultra-processed diets cause excess calorie intake and weight gain: An inpatient randomized controlled trial of ad libitum food intake.](#) *Cell Metabolism*, 30(1), 67–77.e3.

¹⁵⁹ Baker, P., Machado, P., Santos, T., Sievert, K., Backholer, K., Hadjikakou, M., Russell, C., Huse, O., Bell, C., Scrinis, G., Worsley, A., Friel, S. y Lawrence, M. (2020). [Ultra-processed foods and the nutrition transition: Global, regional and national trends, food systems transformations and political economy drivers.](#) *Obesity Reviews*, 21(12), e13126.

¹⁶⁰ FAO, IFAD, UNICEF, PMA y OMS (2023). [El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023.](#)

¹⁶¹ Taylor, C., Maroccia, J., Masterson, M. y Rosentrater, K. A. (2023). [Comprehensive life cycle assessment of the corn wet milling industry in the United States.](#) *Frontiers in Energy Research*, 11.

¹⁶² Heinrich Böll Stiftung y Amigos de la Tierra (2021). [Atlas de la Carne.](#)

¹⁶³ Lane, M. M., Gamage, E., Du, S., Ashtree, D. N., McGuinness, A. J., Gauci, S., Baker, P., Lawrence, M., Rebholz, C. M., Srouf, B., Touvier, M., Jacka, F. N., O'Neil, A., Segasby, T. y Marx, W. (2024). [Ultra-processed food exposure and adverse health outcomes : umbrella review of epidemiological meta-analyses.](#) *BMJ*, e077310.

¹⁶⁴ Nilson, E. A. F., Delpino, F. M., Batis, C., Machado, P. P., Moubarac, J. C., Cedieli, G., Corvalan, C., Ferrari, G., Rauber, F., Martinez-Steele, E., Louzada, M. L. D. C., Levy, R. B., Monteiro, C. A. y Rezende, L. F. M. (2025). [Premature mortality attributable to ultraprocessed food consumption in 8 countries.](#) *American Journal of Preventive Medicine*, 58(4), 500-510.

¹⁶⁵ Kesse-Guyot, E., Allès, B., Brunin, J., Fouillet, H., Dussiot, A., Berthy, F., Perraud, E., Hercberg, S., Julia, C., Mariotti, F., Deschasaux-Tanguy, M., Srouf, B., Lairon, D., Pointereau, P., Baudry, J. y Touvier, M. (2022). [Environmental impacts along the value chain from the consumption of ultra-processed foods.](#) *Nature Sustainability*, 6(2), 192-202.

¹⁶⁶ Karali, N., Khanna, N. y Shah, N. (2024). [Climate Impact of Primary Plastic Production.](#) Lawrence Berkeley National Laboratory.

¹⁶⁷ FAO (2021). [Assessment of agricultural plastics and their sustainability – A call for action.](#)

¹⁶⁸ Tan, J., Tiwari, S. K. y Ramakrishna, S. (2021). [Single-use plastics in the food services industry: can it be sustainable?.](#) *Materials Circular Economy*, 3(1), 7.

¹⁶⁹ Grand View Research (2024). [Plastic packaging market size, share & trends analysis report by material, by product \(rigid, flexible\), by technology \(injection molding, extrusion, blow molding, thermoforming\), by application, by region, and segment forecasts, 2024–2030.](#) Report No. GVR-2-68038-516-8.

¹⁷⁰ *Ibíd.*

¹⁷¹ Bauer, F., Tilsted, J. P., Deere Birkbeck, C., Skovgaard, J., Rootzén, J., Karltorp, K., Åhman, M., Finkill, G. D., Cortat, L. y Nyberg, T. (2024). [Petrochemicals and climate change: Powerful fossil fuel lock-ins and interventions for transformative change.](#) *Environmental and Energy Systems Studies*, Lund University.

¹⁷² AIE (2018). [The Future of Petrochemicals.](#)

¹⁷³ *Ibíd.*



- ¹⁷⁴ Willis J., Bofilio T., Wielechowski R. y Manili A. (2024). [The Plastic Recycling Deception](#). Planet Tracker.
- ¹⁷⁵ Center for Climate Integrity (2024). [The Fraud of Plastic Recycling: How Big Oil and the Plastics Industry Deceived the Public for Decades and Caused the Plastic Waste Crisis](#).
- ¹⁷⁶ OCDE (2022). [Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060](#).
- ¹⁷⁷ Rivas, M. L., Albion, I., Bernal, B., Handcock, R. N., Heatwole, S. J., Parrott, M. L., Piazza, K. A. y Deschaseaux, E. (2022). [The plastic pandemic: COVID-19 has accelerated plastic pollution, but there is a cure](#). Science of the Total Environment, 847, 157555.
- ¹⁷⁸ Cowger, W., Willis, K. A., Bullock, S., Conlon, K., Emmanuel, J., Erdle, L. M., Eriksen, M., Farrelly, T. A., Hardesty, B. D., Kerge, K., Li, N., Li, Y., Liebman, A., Tangri, N., Thiel, M., Villarrubia-Gómez, P., Walker, T. R., y Wang, M. (2024). [Global producer responsibility for plastic pollution](#). Science Advances, 10(17).
- ¹⁷⁹ Break Free From Plastics (2023). [BRANDED 6: Holding the World's Worst Plastic Polluters Accountable Annually Since 2018](#).
- ¹⁸⁰ Landrigan, P. J., Raps, H., Cropper, M., Bald, C., Brunner, M., Canonizado, E. M., Charles, D., Chiles, T. C., Donohue, M. J., Enck, J., Fenichel, P., Fleming, L. E., Ferrier-Pages, C., Fordham, R., Gozt, A., Griffin, C., Hahn, M. E., Haryanto, B., Hixson, R., Dunlop, S. *et al.* (2023). [The Minderoo-Monaco Commission on Plastics and Human Health](#). Annals of Global Health, 89(1), 23.
- ¹⁸¹ Wagner, M., Monclús, L., Arp, H. P. H., Groh, K. J., Løseth, M. E., Muncke, J., Wang, Z., Wolf, R. y Zimmermann, L. (2024). [State of the science on plastic chemicals: Identifying and addressing chemicals and polymers of concern](#).
- ¹⁸² Geueke, B., Parkinson, L. V., Groh, K. J., Kassotis, C. D., Maffini, M. V., Martin, O. V., Zimmermann, L., Scheringer, M. y Muncke, J. (2024). [Evidence for widespread human exposure to food contact chemicals](#). Journal Of Exposure Science & Environmental Epidemiology.
- ¹⁸³ Yates, J., Deeney, M., Muncke, J. *et al.* [Plastics matter in the food system](#). Commun Earth Environ 6, 176 (2025).
- ¹⁸⁴ Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N. y Leip, A. (2021). [Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions](#). Nature Food, 2(3), 198–209.
- ¹⁸⁵ Poore, J. y Nemecek, T. (2018). [Reducing food's environmental impacts through producers and consumers](#). Science, 360(6392), 987–992.
- ¹⁸⁶ AIE (2019). [The Future of Rail: Opportunities for energy and the environment](#).
- ¹⁸⁷ Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N. y Leip, A. (2021). [Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions](#). Nature Food, 2(3), 198–209.
- ¹⁸⁸ *Ibíd.*
- ¹⁸⁹ Poore, J. y Nemecek, T. (2018). [Reducing food's environmental impacts through producers and consumers](#). Science, 360(6392), 987–992.
- ¹⁹⁰ Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N. y Leip, A. (2021). [Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions](#). Nature Food, 2(3), 198–209.
- ¹⁹¹ OCDE y FAO (2024). [OCDE-FAO Informe Perspectivas Agrícolas 2024-2033](#). Publicaciones OCDE.
- ¹⁹² Chowdhury, S., Pozzer, A., Haines, A., Klingmüller, K., Münzel, T., Paasonen, P., Sharma, A., Venkataraman, C. y Lelieveld, J. (2022). [Global health burden of ambient PM2.5 and the contribution of anthropogenic black carbon and organic aerosols](#). Environment International, 159.
- ¹⁹³ Consejo Internacional sobre Transporte Limpio (ICCT) (2017). [Greenhouse gas emissions from global shipping, 2013–2015](#).
- ¹⁹⁴ Fluch, J., Brunner, C. y Grubbauer, A. (2017). [Potential for energy efficiency measures and integration of renewable energy in the European food and beverage industry based on the results of implemented projects](#). Energy Procedia, 123, 148–155.
- ¹⁹⁵ IRENA (2015). [Renewable energy options for the industry sector: Global and regional potential until 2030](#).
- ¹⁹⁶ *Ibíd.*



- ¹⁹⁷ Mukherjee, S., Asthana, A., Howarth, M., McNeill, R. y Frisby, B. (2019). [Achieving operational excellence for industrial baking ovens](#). *Energy Procedia*, 161, 395-402.
- ¹⁹⁸ Sovacool, B. K., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A. y Rooney, D. (2021). [Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options](#). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110856.
- ¹⁹⁹ Dumont, M., Wang, R., Wenzke, D., Blok, K. y Heijungs, R. (2023). [The techno-economic integrability of high-temperature heat pumps for decarbonizing process heat in the food and beverages industry](#). *Resources, Conservation and Recycling*, 188, Article 106605.
- ²⁰⁰ Meyers, S., Schmitt, B., Chester-Jones, M. y Sturm, B. (2016). [Energy efficiency, carbon emissions, and measures towards their improvement in the food and beverage sector for six European countries](#). *Energy*, 104, 266-283.
- ²⁰¹ Unilever (4 de noviembre de 2024). [How can business help power policy change on renewables?](#)
- ²⁰² AB InBev (s.f.). [Brewing with 100% renewable electricity](#).
- ²⁰³ Nestlé (s.f.). [Climate action in our operations](#).
- ²⁰⁴ Clairand, J.-M., Briceño-León, M., Escrivá-Escrivá, G. y Pantaleo, A. M. (2020). [Review of energy efficiency technologies in the food industry: Trends, barriers, and opportunities](#). *IEEE Access*, 8, 36051-36072.
- ²⁰⁵ Sovacool, B. K., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A. y Rooney, D. (2021). [Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options](#). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 143, 110856.
- ²⁰⁶ Bell, J. y Girisan, V. (19 de diciembre de 2024). [The role of electrification in the food & beverage and consumer packaged goods sectors](#). *ENGIE Impact*.
- ²⁰⁷ Fluch, J., Brunner, C. y Grubbauer, A. (2017). [Potential for energy efficiency measures and integration of renewable energy in the European food and beverage industry based on the results of implemented projects](#). *Energy Procedia*, 123, 148-155.
- ²⁰⁸ Graham, B. (14 de noviembre de 2024). [PepsiCo completes €2.4m rooftop solar panel installation at Cork facility](#). *Echo Live*.
- ²⁰⁹ Campbell, D. (18 de septiembre de 2024). [Top UK food firms urged to do more to cut 'staggering' emissions](#). *The Guardian*.
- ²¹⁰ Reavis, M., Ahlen, J., Rudek, J. y Naithani, K. (2022). [Evaluating greenhouse gas emissions and climate mitigation goals of the global food and beverage sector](#). *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5.
- ²¹¹ OMS (2024). [Commercial determinants of noncommunicable diseases in the WHO European Region](#).
- ²¹² Popkin, B. M., Barquera, S., Corvalan, C., Hofman, K. J., Monteiro, C., Ng, S. W., Swart, E. C. y Taillie, L. S. (2021). [Towards unified and impactful policies to reduce ultra-processed food consumption and promote healthier eating](#). *The Lancet Diabetes & Endocrinology*, 9(7), 462-470.
- ²¹³ Corporate Europe Observatory (26 de noviembre de 2018). [Plastic pressure: Industry turns up the heat to avoid plastics regulation spurred by public demand](#).
- ²¹⁴ Slater, S., Lawrence, M., Wood, B., Serodio, P. y Baker, P. (2024). [Corporate interest groups and their implications for global food governance: mapping and analysing the global corporate influence network of the transnational ultra-processed food industry](#). *Globalization and Health*, 20(1), 16.
- ²¹⁵ Beyond Plastics (2024). [Desmitificando los plásticos compostables y biodegradables](#).
- ²¹⁶ Dirección General de Medio Ambiente (30 de noviembre de 2022). [Communication – EU policy framework on biobased, biodegradable and compostable plastics](#). Comisión Europea.
- ²¹⁷ Beyond Plastics (2024). [Desmitificando los plásticos compostables y biodegradables](#).
- ²¹⁸ European Bioplastics (2015). [EN 13432 certified bioplastics performance in industrial composting](#).
- ²¹⁹ Döhler, N., Wellenreuther, C. y Wolf, A. (2022). [Market dynamics of biodegradable bio-based plastics: Projections and linkages to European policies](#). *EFB Bioeconomy Journal*, 2, 100028.
- ²²⁰ CIEL (2019). [Plastic and Climate: The hidden costs of a plastic planet](#).
- ²²¹ Beyond Plastics (2024). [Desmitificando los plásticos compostables y biodegradables](#).



- ²²² Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C. y Wagner, M. (2020). [Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition](#). *Environment International*, 145, 106066.
- ²²³ Phelps, D. W., Parkinson, L. V., Boucher, J. M., Muncke, J. y Geueke, B. (2024). [Per- and Polyfluoroalkyl Substances in Food Packaging : Migration, Toxicity, and Management Strategies](#). *Environmental Science & Technology*, 58(13), 5670-5684.
- ²²⁴ Beyond Plastics (2024). [Desmitificando los plásticos compostables y biodegradables](#).
- ²²⁵ Goossen, C. P. y Dolan, K. (2023). [Evidence of compost contamination with per- and polyfluoroalkyl substances \(PFAS\) from 'compostable' food serviceware](#). *Biointerphases*, 18(3), 030501.
- ²²⁶ Brizga, J., Hubacek, K. y Feng, K. (2020). [The Unintended Side Effects of Bioplastics: Carbon, Land, and Water Footprints](#). *One Earth*, 3(1), 45–53.
- ²²⁷ Raschka, A., Carus, M. y Piotrowski, S. (2013). [Renewable Raw Materials and Feedstock for Bioplastics](#). *Bio-Based Plastics*. Wiley.
- ²²⁸ Grupo ETC (2010). [Los nuevos amos de la biomasa: Biología sintética y el próximo asalto a la biodiversidad](#).
- ²²⁹ Grupo ETC (2023). [El espejismo de las algas: El cultivo industrial de algas no enfría el clima y daña la naturaleza](#).
- ²³⁰ Beyond Plastics (2024). [Desmitificando los plásticos compostables y biodegradables](#).
- ²³¹ AIE (2023). [Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach](#).
- ²³² Aryanpur, V. y Rogan, F. (2024). [Decarbonising road freight transport: The role of zero-emission trucks and intangible costs](#). *Scientific Reports*, 14(1), 2113.
- ²³³ Consejo Internacional sobre Transporte Limpio (ICCT) (2023). [Vision 2050: Strategies to Align Global Road Transport With Well Below 2°C](#).
- ²³⁴ Lark, T. J., Hendricks, N. P., Smith, A., Pates, N., Spawn-Lee, S. A., Bougie, M., Booth, E. G., Kucharik, C. J. y Gibbs, H. K. (2022). [Environmental Outcomes of the US Renewable Fuel Standard](#). *Actas de la National Academy of Sciences*, 119.
- ²³⁵ Hodge, T. y Durland, L. J. (8 de abril de 2025). [The false promise of blue ammonia for shipping and beyond](#). Center for International Environmental Law.
- ²³⁶ AIE (2021). [Net zero by 2050](#).
- ²³⁷ AIE (2024). [Global Hydrogen Review 2024](#).
- ²³⁸ Basma, H., Rodríguez, F., Hildermeier, J. y Jahn, A. (2022). [Electrifying Last-Mile Delivery](#). ICCT y RAP.
- ²³⁹ Schabas, M. (junio de 2024). [Following the freight – Where to find rail intermodal growth](#). Oliver Wyman.
- ²⁴⁰ Torres de Miranda Pinto, J., Mistage, O., Bilotta, P. y Helmers, E. (2018). [Road-rail intermodal freight transport as a strategy for climate change mitigation](#). *Environmental Development*, 25.
- ²⁴¹ Xue, L. y Chen, K. (4 de septiembre de 2024). [Lessons from China's Growing Adoption of Zero-Emission Trucks](#). World Resources Institute.
- ²⁴² Lèbre, É., Stringer, M., Svobodova, K., Owen, J. R., Kemp, D., Côte, C., Arratia-Solar, A. y Valenta, R. K. (2020). [The social and environmental complexities of extracting energy transition metals](#). *Nature Communications*, 11(1), 4823.
- ²⁴³ Levenda, A. M., Behrsin, I. y Disano, F. (2021). [Renewable energy for whom? A global systematic review of the environmental justice implications of renewable energy technologies](#). *Energy Research & Social Science*, 71, 101837.
- ²⁴⁴ Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N. y Leip, A. (2021). [Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions](#). *Nature Food*, 2(3), 198–209.
- ²⁴⁵ Biofuelwatch (2025). [A global fat grab: Examining the push for aviation biofuels](#).
- ²⁴⁶ Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA) (2024). [Net zero 2050: Sustainable aviation fuels](#).
- ²⁴⁷ AIE (2024). [Global Hydrogen Review 2024](#).
- ²⁴⁸ CE Delft. (2012). [Regulated Slow Steaming in Maritime Transport: An Assessment of Options, Costs and Benefits](#). Transport and Environment y Seas at Risk.



- ²⁴⁹ Vakili, S., Ballini, F., Schönborn, A., Christodoulou, A., Dalaklis, D., Ölçer, A.I. (2023). Assessing the macroeconomic and social impacts of slow steaming in shipping: A literature review on small island developing states and least developed countries. Journal of Shipping and Trade, 8(2).
- ²⁵⁰ Cargill (13 de marzo de 2024). Cargill shares outcome of the world's first wind-powered ocean vessel's maiden voyage.
- ²⁵¹ Singleton, T. (13 de marzo de 2024). Sail-powered cargo ship 'shows potential of wind'. BBC News.
- ²⁵² CE Delft (2012). Regulated Slow Steaming in Maritime Transport: An Assessment of Options, Costs and Benefits. Transport and Environment y Seas at Risk.
- ²⁵³ AIE (2021). Ammonia Technology Roadmap: Towards more sustainable nitrogen fertiliser production.
- ²⁵⁴ Corporate Europe Observatory (10 de octubre de 2023). The dirty truth about the EU's hydrogen push.
- ²⁵⁵ Cames, M., Wissner, N. y Sutter, J. (Junio de 2021). Ammonia as a marine fuel: Risks and perspectives. Öko-Institute for Applied Ecology.
- ²⁵⁶ *Ibid.*
- ²⁵⁷ Lark, T. J., Hendricks, N. P., Smith, A., Pates, N., Spawn-Lee, S. A., Bougie, M., Booth, E. G., Kucharik, C. J. y Gibbs, H. K. (2022). Environmental Outcomes of the US Renewable Fuel Standard. Actas de la National Academy of Sciences, 119.
- ²⁵⁸ Vasilakou, K., Nimmegeers, P., Thomassen, G., Billen, P. y Van Passel, S. (2023). Assessing the future of second-generation bioethanol by 2030 – A techno-economic assessment integrating technology learning curves. Applied Energy, 344, 121263.
- ²⁵⁹ Baresic, D., Smith T., Raucci, K., Rehmatulla, C., Narula, N. y Rojon, I. (2018). LNG as a marine fuel in the EU: Market, bunkering infrastructure investments and risks in the context of GHG reductions. UMAS, Londres.
- ²⁶⁰ Howarth, R. W. (2024). The greenhouse gas footprint of liquefied natural gas (LNG) exported from the United States. Energy Science & Engineering, 12(11), 4843–4859.
- ²⁶¹ NRDC (2020). Sailing to Nowhere: Liquefied natural gas is not an effective climate strategy.
- ²⁶² Earth Insight (2024). Anything But Natural: LNG Expansion Threats to Coastal & Marine Ecosystems.
- ²⁶³ Stoner, O., Lewis, J., Lucio Martínez, I., Gumy, S., Economou, T. y Adair-Rohani, H. (2021). Household cooking fuel estimates at global and country level for 1990 to 2030. Nature Communications.
- ²⁶⁴ AIE (2023). A Vision for Clean Cooking Access for All.
- ²⁶⁵ Stoner, O., Lewis, J., Lucio Martínez, I., Gumy, S., Economou, T. y Adair-Rohani, H. (2021). Household cooking fuel estimates at global and country level for 1990 to 2030. Nature Communications.
- ²⁶⁶ Flammini, A., Adzmir, H., Karl, K. y Tubiello, F. N. (2023). Quantifying greenhouse gas emissions from wood fuel use by households. Earth System Science Data, 15(5), 2179–2187.
- ²⁶⁷ AIE (2020). Global CO2 emissions in 2019.
- ²⁶⁸ OMS (2024). Fact sheet: Household air pollution.
- ²⁶⁹ Kimball, S. (enero de 2025). Modern energy cooking services: A pathway to mitigating urban heat stress. MECS.
- ²⁷⁰ Carducci, B., Fanzo, J. y Wolfson, J. A. (2025). Household cooking and eating practices across food system typologies in 135 countries from 2018 to 2022. Health Promotion International, 40(2).
- ²⁷¹ IRENA (2023). Renewables-based electric cooking: Climate commitments and finance.
- ²⁷² Banco Mundial (2020). The state of access to modern energy cooking services.
- ²⁷³ Kashtan, Y. S., Nicholson, M., Finnegan, C., Ouyang, Z., Lebel, E. D., Michanowicz, D. R., Shonkoff, S. B. C. y Jackson, R. B. (2023). Gas and propane combustion from stoves emits benzene and increases indoor air pollution. Environmental Science & Technology.
- ²⁷⁴ Logue, J. M., Klepeis, N. E., Lobscheid, A. B. y Singer, B. C. (2014). Pollutant Exposures from Natural Gas Cooking Burners: A Simulation-Based Assessment for Southern California. Environmental Health Perspectives, 122(1): 43-50.
- ²⁷⁵ Lin, W., Brunekreef, B. y Gehring, U. (2013). Meta-analysis of the effects of indoor nitrogen dioxide and gas cooking on asthma and wheeze in children. International Journal of Epidemiology.



²⁷⁶ Leach, M. (11 de junio de 2024). [The gas to electric cooking transition, in the OECD](#). Modern Energy Cooking Services.

²⁷⁷ James, S. y Christian J. (2004). [Improving energy efficiency within the food cold-chain](#). Encyclopedia of meat sciences.

²⁷⁸ Crippa, M., Solazzo, E., Guizzardi, D., Monforti-Ferrario, F., Tubiello, F. N. y Leip, A. (2021). [Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions](#). Nature Food, 2(3), 198–209.

²⁷⁹ James, S. y James, C. (2004). [Improving energy efficiency within the food cold-chain](#). Encyclopedia of meat sciences.

²⁸⁰ Friedman-Heiman, A. y Miller, S. A. (2024). [The impact of refrigeration on food losses and associated greenhouse gas emissions throughout the supply chain](#). Environmental Research, 19(6), 064038.

²⁸¹ International Institute of Refrigeration (2021). [The carbon footprint of the cold chain](#).

²⁸² Dwyer, O. (5 de junio de 2024). [Better refrigeration could avoid almost 2bn tonnes of CO2 per year from food loss](#). Carbon Brief.

²⁸³ *Ibid.*

²⁸⁴ Banco Mundial (2018). [Agriculture in Africa: Telling myths from facts](#).

²⁸⁵ PNUMA y FAO (2022). [Sustainable food cold chains: Opportunities, challenges and the way forward](#).

²⁸⁶ Clean Cooking Alliance (2023). [Clean Cooking as a Catalyst for Sustainable Food Systems](#).

²⁸⁷ Kashtan, Y., Nicholson, M., Finnegan, C. J., Ouyang, Z., Garg, A., Lebel, E. D., Rowland, S. T., Michanowicz, D. R., Herrera, J., Nadeau, K. C. y Jackson, R. B. (2024). [Nitrogen dioxide exposure, health outcomes, and associated demographic disparities due to gas and propane combustion by U.S. stoves](#). Science Advances, 10(18).

²⁸⁸ Departamento de Energía de los Estados Unidos (11 de mayo de 2023). [Making the switch to induction stoves or cooktops](#).

²⁸⁹ Solar Cookers International (2023). [Nationally Determined Contributions with emphasis on solar cooking](#).

²⁹⁰ IRENA y FAO (2021). [Renewable energy and agri-food systems: Advancing energy and food security towards sustainable development goals](#).

²⁹¹ International Institute of Refrigeration (2021). [The carbon footprint of the cold chain](#).

²⁹² National Renewable Energy Laboratory (2009). [Grocery store 50% energy savings technical support document](#).

²⁹³ Sovacool, B. K., Bazilian, M., Griffiths, S., Kim, J., Foley, A. y Rooney, D. (2021). [Decarbonizing the food and beverages industry: A critical and systematic review of developments, sociotechnical systems and policy options](#). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 143, 110856.

²⁹⁴ Reuters (13 de diciembre de 2024). [Local unions group seeks ouster of Kroger CEO after \\$7.5 bln buyback plan](#).

²⁹⁵ Floess, E., Grieshop, A., Puzzolo, E., Pope, D., Leach, N., Smith, C. J., Gill-Wiehl, A., Landesman, K. y Bailis, R. (2023). [Scaling up gas and electric cooking in low- and middle-income countries: Climate threat or mitigation strategy with co-benefits?](#). Environmental Research, 18(3), 034010.

²⁹⁶ OMS (2023). [Achieving universal access and net-zero emissions by 2050: A global roadmap for just and inclusive clean cooking transition](#).

²⁹⁷ IRENA y FAO (2021). [Renewable energy and agri-food systems: Advancing energy and food security towards sustainable development goals](#).

²⁹⁸ ACNUR (2022). [Geneva Technical Hub Case Studies: Solar-electric cooking](#).

²⁹⁹ IRENA (2023). [Renewables-based electric cooking: Climate commitments and finance](#).

³⁰⁰ Ver, por ejemplo Spotlight Kampala, (2025). [Advancing Electric Cooking Transitions in Informal Settlements: Lessons from Kampala](#).

³⁰¹ Oficina de Gestión Financiera del Estado de Washington (2022). [Highlights of Gov. Inslee's proposed 2022 budget](#).

³⁰² Consejo del Código de Construcción del Estado de Washington (2023). [Washington State Energy Code: Progress toward 2030](#).



³⁰³ OMS (2023). [Achieving universal access and net-zero emissions by 2050: A global roadmap for just and inclusive clean cooking transition.](#)

³⁰⁴ Noor, D. (24 de febrero de 2025). [US fossil fuel industry campaigns to kill policies that ban gas in new buildings.](#) The Guardian.

³⁰⁵ A Matter of Degrees (9 de agosto de 2021). [The devious plan to keep us hooked on gas](#) [Episodio del pódcast].

³⁰⁶ Clean Cooking Alliance (20 de octubre de 2021). [Clean Cooking Alliance launches energy compact to unlock the SDGs and net-zero.](#)

³⁰⁷ IRENA (2023). [Renewables-based electric cooking: Climate commitments and finance.](#)

³⁰⁸ Reyes-García, V., Villasante, S., Benessaiah, K., Pandit, R., Agrawal, A., Claudet, J., Garibaldi, L. A., Kabisa, M., Pereira, L. y Zinngrebe, Y. (2025). [The costs of subsidies and externalities of economic activities driving nature decline.](#) AMBIO.

³⁰⁹ Goswami, O. y Perry Stillerman, K. (2024). [Cultivating Control: Corporate Lobbying on the Food and Farm Bill.](#) Unión de Científicos Conscientes.

³¹⁰ OMS (2024). [Commercial determinants of noncommunicable diseases in the WHO European Region.](#)

³¹¹ Cater, L. y Cokelaere, H. (1 de diciembre de 2024). [UN plastic treaty talks end without a deal.](#) Politico.

³¹² CIE. (27 de noviembre de 2024). [Fossil Fuel Lobbyists Flood Final Scheduled Round of Global Plastics Treaty Negotiations.](#)

³¹³ Noor, D. (15 de noviembre de 2024). [Over 1,700 coal, oil and gas lobbyists granted access to Cop29, says report.](#) The Guardian.

³¹⁴ Lakhani, N. (5 de diciembre de 2023). [Record number of fossil fuel lobbyists get access to COP28 climate talks.](#) The Guardian.

³¹⁵ Sherrington, R. (18 de noviembre de 2024). [Meat, dairy and pesticide lobbyists return in high numbers to climate summit.](#) DeSmog.

³¹⁶ Sherrington, R., Carlile, C. y Healy, H. (9 de diciembre de 2023). [Big meat and dairy lobbyists turn out in record numbers at Cop28.](#) The Guardian.

³¹⁷ De los Casares, V. (18 de diciembre de 2023). [COP28 & the future of fossil fuels: A historic agreement and hopes ahead.](#) Sciences Po.

³¹⁸ AIE (2021). [Net zero by 2050.](#)

³¹⁹ AIE (2024). [Batteries and Secure Energy Transitions.](#)

³²⁰ Al-Shetwi, A. Q. (2022). [Sustainable development of renewable energy integrated power sector : Trends, environmental impacts, and recent challenges.](#) The Science Of The Total Environment, 822, 153645.

³²¹ Sánchez León, J. G. (2 de mayo de 2025). [Spain–Portugal blackouts: What actually happened, and what can Iberia and Europe learn from it?](#) The Conversation.

³²² AIE (2024). [Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028.](#)

³²³ Ember (2025). [Global Electricity Review 2025.](#)

³²⁴ *Ibid.*

³²⁵ *Ibid.*

³²⁶ Lèbre, É., Stringer, M., Svobodova, K., Owen, J. R., Kemp, D., Côte, C., Arratia-Solar, A. y Valenta, R. K. (2020). [The social and environmental complexities of extracting energy transition metals.](#) Nature Communications, 11(1), 4823.

³²⁷ Levenda, A. M., Behrsin, I. y Disano, F. (2021). [Renewable energy for whom? A global systematic review of the environmental justice implications of renewable energy technologies.](#) Energy Research & Social Science, 71, 101837.

³²⁸ The Lancet Regional Health – Europe (2024). [COP29: incremental but insufficient progress on climate finance.](#)

³²⁹ AIE (2024). [Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028.](#)

³³⁰ UNCTAD (s.f.). [The costs of achieving the SDGs: Energy transition.](#) Consultado el 18 de septiembre de 2024.

³³¹ Milman, O. y Lakhani, N. (24 de julio de 2024). [«Revealed: Wealthy western countries lead in global oil and gas expansion.](#) The Guardian.

³³² Noor, D. (19 de febrero de 2025). [Outrage as Trump cites ‘emergency’ to fast-track fossil fuel projects.](#) The Guardian.



- ³³³ Laan, T., Geddes, A., Jones, N., Bois von Kursk, O., Kuehne, K., Gerbase, L., O'Manique, C., Sharma, D. y Stockman, L. (2023). [Fanning the Flames: G20 provides record financial support for fossil fuels](#). International Institute for Sustainable Development.
- ³³⁴ Climate Action Tracker (s.f.). [India](#). Consultado el 21 de mayo de 2025.
- ³³⁵ *Ibid.*
- ³³⁶ Climate Action Tracker (s.f.). [China](#). Consultado el 21 de mayo de 2025.
- ³³⁷ *Ibid.*
- ³³⁸ AIE (2021). [Net zero by 2050](#).
- ³³⁹ SEI, Climate Analytics, E3G, IISD, y PNUD (2023). [The Production Gap: Phasing down or phasing up? Top fossil fuel producers plan even more extraction despite climate promises](#).
- ³⁴⁰ IISD (2022). [Navigating energy transitions: Mapping the road to 1.5°C](#).
- ³⁴¹ Roe, S., Streck, C., Obersteiner, M., Frank, S., Griscom, B., Drouet, L., Fricko, O., Gusti, M., Harris, N., Hasegawa, T., Hausfather, Z., Havlík, P., House, J., Nabuurs, G.-J., Popp, A., Sanz Sánchez, M. J., Sanderman, J., Smith, P., Stehfest, E. y Lawrence, D. (2019). [Contribution of the Land Sector to a 1.5°C World](#). Nature Climate Change.
- ³⁴² Einarsson, R. (2024). [Nitrogen in the food system. TABLE Explainer](#). TABLE, University of Oxford, Swedish University of Agricultural Sciences, y Wageningen University and Research.
- ³⁴³ MacLaren, C., Mead, A., van Balen, D., Claessens, L., Etana, A., de Haan, J., Haagsma, W. *et al.* (2022). [Long-Term Evidence for Ecological Intensification as a Pathway to Sustainable Agriculture](#). Nature Sustainability, 5, 770–779.
- ³⁴⁴ Dittmer, K. M., Rose, S., Snapp, S. S., Kebede, Y., Brickman, S., Shelton, S., Egler, C., Stier, M. y Wollenberg, E. (2023). [Agroecology can promote climate change adaptation outcomes without compromising yield in smallholder systems](#). Environmental Management, 72(2), 333–342.
- ³⁴⁵ Zhao, J., Chen, J., Beillouin, D., Lambers, H., Yang, Y., Smith, P., Zeng, Z., Olesen, J. E. y Zang, H. (2022). [Global Systematic Review with Meta-Analysis Reveals Yield Advantage of Legume-Based Rotations and Its Drivers](#). Nature Communications, 13, Article 3998.
- ³⁴⁶ Duddigan, S., Shaw, L. J., Sizmur, T., Gogu, D., Hussain, Z., Jirra, K., Kaliki, H., Sanka, R., Sohail, M., Soma, R., Thallam, V., Vattikuti, H. y Collins, C. D. (2023). [Natural farming improves crop yield in SE India when compared to conventional or organic systems by enhancing soil quality](#). Agronomy for Sustainable Development, 43(2), 31.
- ³⁴⁷ Marten, G. (s.f.). [Escaping the pesticide trap: Natural management for agricultural pests \(Andhra Pradesh, India\)](#). EcoTipping Points.
- ³⁴⁸ Douglas, M. R., Sponsler, D. B., Lonsdorf, E. V., Grozinger, C. M., Johnson, R. M. y Biddinger, D. J. (2021). [IPM reduces insecticide applications by 95% while maintaining or enhancing crop yields through wild pollinator conservation](#). Actas de la National Academy of Sciences, 118(44), e2108429118.
- ³⁴⁹ Pretty, J. y Bharucha, Z. P. (2015). [Integrated pest management for sustainable intensification of agriculture in Asia and Africa](#). Insects, 6(1), 152–182.
- ³⁵⁰ Deguine, J.P., Aubertot, J.N., Flor, R.J. *et al.* (2021). [Integrated pest management: good intentions, hard realities](#). A review. Agron. Sustain. Dev. 41, 38.
- ³⁵¹ Duddigan, S. *et al.* (2023). [Natural farming improves crop yield in SE India when compared to conventional or organic systems by enhancing soil quality](#). Agronomy for sustainable development, 43(2), 31.
- ³⁵² Bezner Kerr, R. B. *et al.* (2021). [Can agroecology improve food security and nutrition? A review](#). Global Food Security, 29, 100540.
- ³⁵³ Deaconu, A. *et al.* (2021). [Agroecology and nutritional health: A comparison of agroecological farmers and their neighbors in the Ecuadorian highlands](#). Food Policy, 101, 102034.
- ³⁵⁴ Bezner Kerr, R. *et al.* (2022). [Human and social values in agroecology: A review](#). Elementa: Science of the Anthropocene, 10(1), 00090.
- ³⁵⁵ Einarsson, R. (2024). [Nitrogen in the food system. TABLE Explainer](#). TABLE, University of Oxford, Swedish University of Agricultural Sciences, y Wageningen University and Research.
- ³⁵⁶ Kesse-Guyot, E., Allès, B., Brunin, J., Fouillet, H., Dussiot, A., Berthy, F., Perraud, E., Hercberg, S., Julia, C., Mariotti, F., Deschasaux-Tanguy, M., Srouf, B., Lairon, D., Pointereau, P., Baudry, J. y Touvier, M. (2022). [Environmental impacts along the value chain from the consumption of ultra-processed foods](#). Nature Sustainability, 6(2), 192–202.



- ³⁵⁷ Tilman, D. y Clark, M. (2014). [Global diets link environmental sustainability and human health](#). *Nature*, 515(7528), 518-522.
- ³⁵⁸ Einarsson, R. (2024). [Nitrogen in the food system](#). *TABLE Explainer*. TABLE, University of Oxford, Swedish University of Agricultural Sciences, y Wageningen University and Research.
- ³⁵⁹ Biovision (2025). [Cuba's agroecological revolution](#).
- ³⁶⁰ Oxfam (2021). [Scaling sustainable agriculture: multiplying the Farmer-to-Farmer Agroecology movement in Cuba](#).
- ³⁶¹ Biovision (2025). [Cuba's agroecological revolution](#).
- ³⁶² La Vía Campesina (2016). [Agroecología en Cuba: para el campesino, "ver es creer"](#).
- ³⁶³ Oxfam (2021). [Scaling sustainable agriculture: multiplying the Farmer-to-Farmer Agroecology movement in Cuba](#).
- ³⁶⁴ La Vía Campesina (2016). [Agroecología en Cuba: para el campesino, "ver es creer"](#).
- ³⁶⁵ Amigos de la Tierra Internacional (2019). [La agroecología en Cuba: cómo lograr un cambio de sistema](#)
- ³⁶⁶ Oxfam (2021). [Scaling sustainable agriculture: multiplying the Farmer-to-Farmer Agroecology movement in Cuba](#).
- ³⁶⁷ Ver la página web de [APCNF](#).
- ³⁶⁸ GIST (2023). [«Natural Farming Through a Wide-Angle Lens: True Cost Accounting Study of Community Managed Natural Farming in Andhra Pradesh, India»](#). *GIST Impact*, p.5.
- ³⁶⁹Thallam, V. K. y Patel, R. (2025). [Andhra Pradesh community managed natural farming – a conversation](#). *The Journal Of Peasant Studies*, 1-16.
- ³⁷⁰ Ver, por ejemplo, University of Birmingham, (13 de marzo de 2025). [New MoU signed to support natural farming research and scaling in India - University of Birmingham](#).; Hans India, (27 de agosto de 2024). [Six-member team of RySS leaves for Zambia](#).; The New Indian Express, (5 de diciembre de 2024). [Andhra emerges as an inspiring example of natural farming](#).
- ³⁷¹ IPES-Food (2018). [Romper con los sistemas agropecuarios y alimentarios industriales](#).
- ³⁷² Delclaux J. (2024). [Transition agroécologique dans la vallée de la Drôme, le regard du monde de la recherche sur 50 ans de trajectoire](#). Association Biovallée.
- ³⁷³ Fundación Carasso. [BioVallée : Système alimentaire innovant en Val de Drôme](#).
- ³⁷⁴ FNAB (2019). [BioVallée](#)
- ³⁷⁵ Crater (2023). [Indicateur Agriculture Biologique pour le territoire PAT de la Communauté de communes du Val de Drôme en Biovallée](#). Consultado el 5 de mayo de 2025.
- ³⁷⁶ Laboratorios de Tecnologías Abiertas, tema tratado en el episodio 4 del podcast [Fuel to Fork](#).
- ³⁷⁷ Suarez, A. y Ume, C. (2024). [Transforming food systems in the Global South: a radical approach](#). *Frontiers In Sustainable Food Systems*, 8.
- ³⁷⁸ Ver, por ejemplo, IPES-Food, (2020). [Flujos monetarios:¿qué está frenando la inversión en la investigación agroecológica para África?](#)
- ³⁷⁹ Mouratiadou, I., Wezel, A., Kamilia, K., Marchetti, A., Paracchini, M. L. y Bàrberi, P. (2024). [The socio-economic performance of agroecology](#). *A review*. *Agronomy For Sustainable Development*, 44(2).
- ³⁸⁰ Kerr, R. B., Liebert, J., Kansanga, M. y Kpienbaareh, D. (2022). [Human and social values in agroecology](#). *Elementa Science Of The Anthropocene*, 10(1).
- ³⁸¹ He, T., Yang, R., Xiao, W., Ye, Y., Hu, Y., Chen, Y., Sun, Z., Wang, K., Chen, W. y Zhang, M. (2024). [Trading food for energy? Global evidence of solar projects undermining food security](#).
- ³⁸² Welle, E. (17 de enero de 2025). [Would you put a wind turbine on your farm?](#) Ambrook Research.
- ³⁸³ Rahman, M. M., Khan, I., Field, D. L., Techato, K. y Alameh, K. (2022). [Powering agriculture: Present status, future potential, and challenges of renewable energy applications](#). *Renewable Energy*, 188, 731-749.



- ³⁸⁴ Kampherbeek, E. W., Webb, L. E., Reynolds, B. J., Sistla, S. A., Horney, M. R., Ripoll-Bosch, R., Dubowsky, J. P. y McFarlane, Z. D. (2022). [A preliminary investigation of the effect of solar panels and rotation frequency on the grazing behavior of sheep \(Ovis aries\) grazing dormant pasture](#). Applied Animal Behaviour Science, 246, 105799.
- ³⁸⁵ Widmer, J., Christ, B., Grenz, J. y Norgrove, L. (2024). [Agrivoltaics, a promising new tool for electricity and food production: A systematic review](#). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 192, 114277.
- ³⁸⁶ Wagner, M., Lask, J., Kiesel, A., Lewandowski, I., Weselek, A., Högy, P., Trommsdorff, M., Schnaiker, M.-A. y Bauerle, A. (2023). [Agrivoltaics: The environmental impacts of combining food crop cultivation and solar energy generation](#). Agronomy, 13(2), 299.
- ³⁸⁷ Agostini, A., Colauzzi, M. y Amaducci, S. (2021). [Innovative agrivoltaic systems to produce sustainable energy: An economic and environmental assessment](#). Applied Energy, 281, 116102.
- ³⁸⁸ Silan, J. G., Xu, S. y Apanada, M. J. (2024). [Dual harvest: Agrivoltaics boost food and energy production in Asia](#). World Resources Institute.
- ³⁸⁹ Dohlman, E., Maguire, K., Davis, W. V., Husby, M., Bovay, J., Weber, C. y Lee, Y. (2024). [Trends, insights, and future prospects for production in controlled environment agriculture and agrivoltaics systems](#). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, Servicio de investigación económica.
- ³⁹⁰ Comisión Europea (10 de noviembre de 2023). [Commission approves €1.7 billion Italian State aid scheme under the Recovery and Resilience Facility to support agrivoltaic installations](#).
- ³⁹¹ Rahman, M. M., Khan, I., Field, D. L., Techato, K. y Alameh, K. (2022). [Powering agriculture: Present status, future potential, and challenges of renewable energy applications](#). Renewable Energy, 188, 731–749.
- ³⁹² Welle, E. (17 de enero de 2025). [Would you put a wind turbine on your farm?](#) Ambrook Research.
- ³⁹³ Malet, N., Pellerin, S., Girault, R. y Nesme, T. (2023). [Does anaerobic digestion really help to reduce greenhouse gas emissions? A nuanced case study based on 30 cogeneration plants in France](#). Journal of Cleaner Production, 384, 135578.
- ³⁹⁴ Feedback (2020). [Green Gas Without the Hot Air: Defining the true role of biogas in a net zero future](#).
- ³⁹⁵ Nisbet, E. (2025). [Biogas Subsidies and the Increase in Consolidation on Industrial Hog Operations](#). 41 Ga. St. U. L. Rev. 763
- ³⁹⁶ Waterman, C. y Armus, M. (2024). [Biogas or Bull****? The Deceptive Promise of Manure Biogas as a Methane Solution](#). Amigos de la Tierra Estados Unidos.
- ³⁹⁷ DiFelice, M. y Ruane, K. (12 de abril de 2023). [We can't let this gas greenwash factory farms](#). Food & Water Watch.
- ³⁹⁸ Tagne, R. F. T., Dong, X., Anagho, S. G., Kaiser, S. y Ulgiati, S. (2021). [Technologies, challenges and perspectives of biogas production within an agricultural context. The case of China and Africa](#). Environment Development And Sustainability, 23(10), 14799-14826.
- ³⁹⁹ SITRA (7 de noviembre de 2022). [Communal refrigerated buildings powered by the sun](#).
- ⁴⁰⁰ Amjad, W., Munir, A., Akram, F., Parmar, A., Precoppe, M., Asghar, F. y Mahmood, F. (2023). [Decentralized solar-powered cooling systems for fresh fruit and vegetables to reduce post-harvest losses in developing regions: a review](#). Clean Energy, 7(3), 635–653.
- ⁴⁰¹ Masterson, V. (20 de septiembre de 2022). [Using the sun to keep agricultural produce cool? How Ghana's farmers are benefiting from solar-powered cold storage](#). Foro Económico Mundial.
- ⁴⁰² Cadloff, E. B. (25 de mayo de 2022). [Yes, the Government Really Does Stash Billions of Pounds of Cheese in Missouri Caves](#). Modern Farmer.
- ⁴⁰³ Ali, Z., Yadav, A., Stobdan, T. y Singh, S. B. (2012). [Traditional methods for storage of vegetables in cold arid region of Ladakh, India](#). Indian Journal of Traditional Knowledge, 11(2), 351–353.
- ⁴⁰⁴ Stathers, T., Holcroft, D., Kitinoja, L., Mvumi, B. M., English, A., Omotilewa, O., Kocher, M., Ault, J. y Torero, M. (2020). [A scoping review of interventions for crop postharvest loss reduction in sub-Saharan Africa and South Asia](#). Nature Sustainability, 3(10), 821-835.
- ⁴⁰⁵ Friedman-Heiman, A. y Miller, S. A. (2024). [The impact of refrigeration on food losses and associated greenhouse gas emissions throughout the supply chain](#). Environmental Research, 19(6), 064038.



- ⁴⁰⁶ Schweitzer, J.-P., Gionfra, S., Pantzar, M., Mottershead, D., Watkins, E., Petsinaris, F., ten Brink, P., Ptak, E., Lacey, C. y Janssens, C. (2018). [Al descubierto: cómo el plástico desechable no resuelve el problema del desperdicio de alimentos en Europa \(y qué debemos hacer en su lugar\)](#) [Disponible en inglés]. Instituto para la Política Ambiental Europea (IPAE).
- ⁴⁰⁷ Wegerif, M. (2014). [Exploring Sustainable Urban Food Provisioning : The Case of Eggs in Dar es Salaam](#). Sustainability, 6(6), 3747-3779.
- ⁴⁰⁸ National Farmers Union (2021). [Imagine if: A vision of a near-zero-emission farm and food system for Canada](#).
- ⁴⁰⁹ IPES-Food, 2024. [Alimentos con los pies en la tierra. Los mercados territoriales como estrategia para alcanzar la seguridad y resiliencia alimentarias](#).
- ⁴¹⁰ Ibid.
- ⁴¹¹ Schweitzer, J.-P., Gionfra, S., Pantzar, M., Mottershead, D., Watkins, E., Petsinaris, F., ten Brink, P., Ptak, E., Lacey, C. y Janssens, C. (2018). [Al descubierto: cómo el plástico desechable no resuelve el problema del desperdicio de alimentos en Europa \(y qué debemos hacer en su lugar\)](#) [Disponible en inglés]. Instituto para la Política Ambiental Europea (IPAE).
- ⁴¹² Ibid.
- ⁴¹³ Beyond Plastics (2024). [Desmitificando los plásticos compostables y biodegradables](#).
- ⁴¹⁴ Srinivasan, P. (20 de junio 2024). [How the small Pacific island nation of Vanuatu drastically cut plastic pollution](#). The Guardian.
- ⁴¹⁵ March, A., Fletcher, S. y Evans, T. (13 de enero de 2023). [Single-use plastic bans: Research shows three ways to make them effective](#). The Conversation.
- ⁴¹⁶ Balan, S. A., Andrews, D. Q., Blum, A., Diamond, M. L., Fernández, S. R., Harriman, E., ... y Kwiatkowski, C. F. (2023). [Optimizing chemicals management in the United States and Canada through the essential-use approach](#). Environmental Science & Technology, 57(4), 1568-1575.
- ⁴¹⁷ Beyond Plastics (2024). [Desmitificando los plásticos compostables y biodegradables](#).
- ⁴¹⁸ Rethink Plastic (2021). [Realising Reuse: The potential for scaling up reusable packaging, and policy recommendations](#).
- ⁴¹⁹ Sheldon, R. A. y Norton, M. (2020). [Green chemistry and the plastic pollution challenge : towards a circular economy](#). Green Chemistry, 22(19), 6310-6322.
- ⁴²⁰ Leip, A., Wollgast, J., Kugelberg, S., Costa Leite, J., Maas, R. J. M., Mason, K. E. y Sutton, M. A. (2023). [Appetite for Change: Food System Options for Nitrogen, Environment & Health. 2nd European Nitrogen Assessment Special Report on Nitrogen & Food](#). UK Centre for Ecology & Hydrology.
- ⁴²¹ WWF (2020). [Bending the curve: the restorative power of planet-based diets](#).
- ⁴²² Zhu, J., Luo, Z., Sun, T., Li, W., Zhou, W., Wang, X., Fe, X., Tong, H. y Yin, K. (2023). [Cradle-to-grave emissions from food loss and waste represent half of total greenhouse gas emissions from food systems](#). Nature Food.
- ⁴²³ Eshel, G., Flamholz, A. I., Shepon, A. A. y Milo, R. (2025). [US grass-fed beef is as carbon intensive as industrial beef and ≈10-fold more intensive than common protein-dense alternatives](#). Actas de la National Academy of Sciences, 122(12).
- ⁴²⁴ De Vries, M., Van Middelaar, C. y De Boer, I. (2015). [Comparing environmental impacts of beef production systems: A review of life cycle assessments](#). Livestock Science, 178, 279-288.
- ⁴²⁵ Lynch, J. (2019). [Availability of disaggregated greenhouse gas emissions from beef cattle production : A systematic review](#). Environmental Impact Assessment Review, 76, 69-78.
- ⁴²⁶ FAO, IFAD, UNICEF, PMA y OMS (2023). [El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2023](#).
- ⁴²⁷ Wolfson, J. A., Martinez-Steele, E., Tucker, A. C. y Leung, C. W. (2024). [Greater Frequency of Cooking Dinner at Home and More Time Spent Cooking Are Inversely Associated With Ultra-Processed Food Consumption Among US Adults](#). Journal Of The Academy Of Nutrition And Dietetics, 124(12), 1590-1605.e1.
- ⁴²⁸ Carducci, B., Fanzo, J. y Wolfson, J. A. (2025). [Household cooking and eating practices across food system typologies in 135 countries from 2018 to 2022](#). Health Promotion International, 40(2).
- ⁴²⁹ Dillman Carpentier, F. R., Taillie, L. S. y Correa, T. (8 de agosto de 2023). [Chile's comprehensive food policy offers global lessons in tackling unhealthy foods](#). Health Policy Watch.



⁴³⁰ Guinovart Martín, L. (25 de julio de 2024). 71% of US packaged foods are high in sugar, salt, saturated fat or calories! GoCoCo.

⁴³¹ Ravandi, B., Mehler, P., Ispirova, G., Barabási, A. y Menichetti, G. (2022). GroceryDB: Prevalence of processed food in grocery stores. medRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory).

⁴³² Fusaro, D. (21 de enero de 2025). 11 food companies targeted in ultraprocessed lawsuit. Food Processing.

⁴³³ Nowell, C. (21 de mayo de 2024). Latin America labels ultra-processed foods. Will the US follow? The Guardian.

⁴³⁴ *Ibid.*

⁴³⁵ Monteiro, C.A., Cannon, G., Lawrence, M., Costa Louzada, M.L. y Pereira Machado, P. (2019). Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system. Roma, FAO.

⁴³⁶ Ortega-Guzmán, A., Parra-Soto, S., Vega-Salas, M. J., Rodríguez-Osiac, L. y López-Arana, S. (2025). Assessing the Alignment of Chilean Food-Based Dietary Guidelines on Cancer Prevention : A Content Analysis. Healthcare, 13(10), 1133.

⁴³⁷ Unar-Munguía, M., Cervantes-Armenta, M. A., Rodríguez-Ramírez, S., Arenas, A. B., Gaxiola, A. C. F. y Rivera, J. A. (2024). Mexican national dietary guidelines promote less costly and environmentally sustainable diets. Nature Food, 5(8), 703-713.

⁴³⁸ Global Food Research Program UNC (Programa de Investigación Alimentaria Global de la Universidad de Carolina del Norte) (2020). Sugary drink taxes around the world.

⁴³⁹ Penczu, A. (10 de octubre de 2024). Latin America Is Leading the Charge Against Ultra-Processed Food. Novara Media.

⁴⁴⁰ Popkin, B. *et al.* (2021). Towards unified and impactful policies to reduce ultra-processed food consumption and promote healthier eating. The Lancet Diabetes & endocrinology, 9(7), 462-470.

⁴⁴¹ Carolina Torres Bastidas, A. (13 de agosto de 2024). La publicidad, la niñez y la protección de derechos ¿una triada posible? Dejusticia.

⁴⁴² *Ibid.*

⁴⁴³ Corvalán, C., Reyes, M., Garmendia, M. L. y Uauy, R. (2013). Structural responses to the obesity and non-communicable diseases epidemic: the Chilean Law of Food Labeling and Advertising. Obesity reviews, 14, 79-87.

⁴⁴⁴ CNN (29 de marzo de 2025). 'Farewell, junk food!': Mexico bans sale of salty and sweet treats in schools to fight child obesity.

⁴⁴⁵ FAO, OPS y UNICEF (2023). Front-of-pack nutrition labelling in Latin America and the Caribbean – Guidance note.

⁴⁴⁶ RegAsk (5 de enero de 2023). Uruguay prohíbe la venta de alimentos etiquetados con exceso de grasas y azúcares en las escuelas

⁴⁴⁷ Taillie, L. S., Bercholz, M., Popkin, B., Rebolledo, N., Reyes, M., y Corvalán, C. (2024). Decreases in purchases of energy, sodium, sugar, and saturated fat 3 years after implementation of the Chilean food labeling and marketing law: An interrupted time series analysis. PLoS medicine, 21(9), e1004463.

⁴⁴⁸ Contreras-Manzano, A. *et al.* (2024). Self-reported decreases in the purchases of selected unhealthy foods resulting from the implementation of warning labels in Mexican youth and adult population. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 21(1), 64.



ACERCA DE IPES-FOOD

El Panel Internacional de Expertos en Sistemas Alimentarios Sostenibles IPES-Food es un grupo de reflexión compuesto por expertos y expertas de todo el mundo, que orienta la acción en favor de sistemas alimentarios sostenibles a nivel global. El panel reúne a 25 científicos y científicas y profesionales de primer orden de diversos campos y regiones del mundo para llevar a cabo investigaciones, elaborar recomendaciones en materia de políticas y reclamar sistemas alimentarios sostenibles, igualitarios y saludables en todo el mundo. IPES-Food hunde sus raíces en la ciencia y en las realidades de quienes están en primera línea de la doble crisis del clima y el hambre, y viene siendo, desde 2015, una de las voces más destacadas en la promoción de soluciones políticas y la creación de alianzas para abordar las cuestiones más acuciantes en materia de alimentación y agricultura. El panel está copresidido por Olivier De Schutter, relator especial de las Naciones Unidas sobre la extrema pobreza y los derechos humanos, y Lim Li Ching, experta independiente en agricultura y sistemas alimentarios.



Esta publicación ha sido financiada por la Rosa-Luxemburg-Stiftung. Su contenido es responsabilidad exclusiva de IPES-Food. Las posiciones aquí expresadas no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Rosa-Luxemburg-Stiftung.

 [@IPESfood_es](https://twitter.com/IPESfood_es)

 ipes-food.org/es/

 Bluesky: [@IPES-food.org](https://bsky.app/profile/ipes-food.org)

 LinkedIn: [IPES-Food](https://www.linkedin.com/company/ipes-food)

