

Capítulo 2

Retos ambientales y sociales

2.1 Superpoblación y desarrollo sostenible

Naciones Unidas recoge diversas estimaciones y aspectos en relación con la población mundial hasta 2050, entre los que cabe destacar:



Aumento de la población mundial de manera heterogénea

La población mundial sigue aumentando, pero las tasas de crecimiento varían mucho según las regiones, planteando retos para el desarrollo sostenible.

A nivel global, se prevé que la población mundial pase de 7.700 millones en 2019 a 8.500 millones en 2030 (aumento del 10%), y que siga creciendo hasta los 9.700 millones en 2050 (26%) y hasta los 10.900 millones en 2100 (42%). Según las estimaciones de Naciones Unidas del 2019 al 2050, estas tasas de crecimiento serán heterogéneas en función

de la región. En la web del UNFPA (Fondo de Población de las Naciones Unidas) se pueden consultar las cifras de población en función de cada país, actualizadas de manera regular.

Según datos actualizados del 2022 por el UNFPA, China con 1.448,5 millones e India con 1.406,6 millones continúan siendo los países con mayor población. Se espera que, sobre 2027, India supere a China como el país más poblado del mundo. Por el contrario, se estima que China reduzca su población en un 2% entre 2019 y 2050.

Muchas de las poblaciones de más rápido crecimiento se encuentran en los países más pobres, donde el crecimiento de la población conlleva retos adicionales en el esfuerzo por erradicar la pobreza (ODS 1), lograr una mayor igualdad (ODS 5 y 10), combatir el hambre y la malnutrición (ODS 2) y reforzar la cobertura y la calidad de los sistemas de salud y educación (ODS 3 y 4).



Altas tasas de fertilidad en algunas partes del mundo

A nivel mundial, las mujeres tienen menos bebés, pero las tasas de fertilidad siguen siendo altas en algunas partes del mundo.

Entre los diversos factores que han influido en el crecimiento de la población, se encuentran la tasa de fecundidad unida a un aumento de la longevidad. El futuro crecimiento de la población depende en gran medida de la tendencia que vayan siguiendo las tasas de fecundidad.

En la actualidad, cerca de la mitad de la población mundial vive en un país o zona donde la fecundidad es inferior a 2,1 nacimientos por mujer a lo largo de la vida. En 2019, la fecundidad se mantiene por encima de este nivel, en promedio, en África subsahariana (4,6), Oceanía, excluyendo Australia/Nueva Zelanda (3,4), África del Norte y Asia Occidental (2,9), y Asia Central y Meridional (2,4). Según los datos del estudio *World Population Prospects* (2019 Revision), se prevé que la tasa de fertilidad mundial, que se redujo de 3,2 nacimientos por mujer en 1990 a 2,5 en 2019, siga disminuyendo hasta 2,2 en 2050.



Baja esperanza de vida en países en vías de desarrollo

La gente vive más tiempo, pero los habitantes de los países más pobres siguen viviendo 7 años menos que la media mundial

La esperanza de vida al nacer en el mundo, que aumentó de 64,2 años en 1990 a 72,6 años en 2019, se prevé que siga aumentando hasta los 77,1 años en 2050. Aunque se ha avanzado considerablemente en la reducción del diferencial de longevidad entre países, siguen existiendo grandes diferencias.

En 2019, la esperanza de vida al nacer en los países menos desarrollados está 7,4 años por detrás de la media mundial, debido en gran medida a la persistente alta mortalidad infantil y materna, así como a la violencia, los conflictos y el impacto continuo de la epidemia del VIH.



La población mundial está envejeciendo

El crecimiento de los mayores de 65 años y la reducción de personas en edad de trabajar ejerce presión sobre los sistemas de protección social.

En 2050, una de cada seis personas en el mundo tendrá más de 65 años (16%), frente a una de cada 11 en 2019 (9%). Entre las regiones en las que se prevé que el porcentaje de población de 65 años o más se duplique entre 2019 y 2050 se encuentran: el norte de África y Asia occidental, Asia central y meridional, Asia oriental y sudoriental, y América Latina y el Caribe.

La ratio de apoyo potencial, aquel que compara el número de personas en edad de trabajar con el de los mayores de 65 años, está disminuyendo en todo el mundo. Para 2050, se espera que 48 países, sobre todo en Europa, América del Norte y Asia oriental y sudoriental, tengan ratios de apoyo potencial inferiores a dos.

Estos valores tan bajos ponen de manifiesto el impacto potencial del envejecimiento de la población en el mercado laboral y en los resultados económicos, así como las presiones fiscales a las que muchos países se enfrentarán en las próximas décadas al tratar de crear y mantener sistemas públicos de atención sanitaria, pensiones y protección social para las personas mayores.



La migración internacional

Es un componente importante del cambio poblacional en algunos países.

La migración internacional es un fenómeno que tiene mucha menos influencia en los cambios poblacionales que los nacimientos y las muertes. Sin embargo, en algunos países y zonas, el impacto de la migración en las dimensiones de la población es significativo, como el caso de países que envían o reciben un número importante de migrantes económicos y aquellos más afectados por los movimientos de refugiados.

Algunos de los mayores movimientos migratorios están impulsados por la demanda

de trabajadores migrantes (Bangladesh, Nepal y Filipinas) o por la violencia, la inseguridad y los conflictos armados (Siria, Venezuela y Myanmar). Alemania, Bielorrusia, Estonia, la Federación Rusa, Hungría, Italia, Japón, Serbia y Ucrania experimentarán una afluencia neta de migrantes a lo largo de la década, ayudando a compensar las pérdidas de población causadas por un exceso de muertes sobre nacimientos.

2.1.1 Desafíos de la superpoblación para el desarrollo sostenible

Todas las estimaciones anteriormente descritas responden al desarrollo esperado en función del contexto social actual, en el que determinados factores son consecuencia de otros que están estrechamente relacionados entre sí. De esta forma, el aumento del número de personas que sobreviven hasta llegar a la edad reproductiva o los grandes cambios en las tasas de fecundidad, han incidido en un aumento de los procesos de urbanización, y de los movimientos migratorios.

Asimismo, la superpoblación tiene un enorme impacto directo en el medioambiente, tanto por el agotamiento de los recursos naturales como por el aumento de las emisiones de carbono a la atmósfera (crecimiento del consumo energético, mayor producción, etc.), responsables del cambio climático.

El planeta tiene una capacidad limitada de generación de materia prima y cada año el déficit de los recursos naturales (consumo de estos recursos a un ritmo más rápido del que el planeta es capaz de generarlos) llega más temprano. Como consecuencia, en los países en desarrollo, la superpoblación ejerce una presión desmedida por el control de los recursos, ocasionando conflictos territoriales por el abastecimiento de agua que están derivando en tensiones geopolíticas que podrían dar lugar a guerras.

Este consumo desmedido de los recursos naturales, unido al crecimiento de la producción de energía procedente del carbón, el petróleo y el gas natural (combustibles fósiles) está contribuyendo al aumento de las emisiones y, por ende, al calentamiento global como causante del cambio climático. A su vez, el cambio climático provoca fenómenos como la deforestación o la desertización, provocando la desaparición de especies animales y vegetales, lo que agrava el déficit de los recursos naturales y se perpetúa el ciclo antes mencionado con conflictos geopolíticos y migraciones.

La superpoblación es, por lo tanto, uno de los mayores retos para el desarrollo sostenible de la humanidad, que requiere de actuaciones globales, tanto en el ámbito social y económico como en el ambiental, con la inversión en innovación verde para el desarrollo de nuevas soluciones a la altura de estos desafíos.



Vídeo recomendado

La población mundial se está extinguiendo y los niños serán el “petróleo del futuro”

<https://www.youtube.com/watch?v=ioa4o3h-hC8>



Fuentes consultadas para complementar y profundizar

Población Mundial, Fondo de Población de las Naciones Unidas, UNFPA
<https://www.unfpa.org/es>

Desafíos globales: Población, Naciones Unidas (UN)
<https://www.un.org/es/global-issues/population>

Future Population Growth. 1700–2100, Our World in Data
<https://ourworldindata.org/future-population-growth>

2.2 Cambio climático

2.2.1 El cambio climático: su origen y sus efectos

El cambio climático se refiere a los cambios en el estado del clima que pueden identificarse a través de modificaciones en los valores promedio y/o en la variabilidad de sus propiedades. Estos cambios persisten durante periodos largos de tiempo, típicamente décadas o periodos más largos. Así, mientras que el tiempo atmosférico define las condiciones meteorológicas en el corto plazo, el clima corresponde a la descripción estadística del tiempo atmosférico durante periodos que pueden abarcar desde meses hasta miles o millones de años.

El cambio climático puede ser originado por procesos naturales internos o por forzamientos externos también naturales tales como la modulación en los ciclos solares o las erupciones volcánicas. También puede ser causado por

cambios inducidos por el hombre de forma persistente en la composición de la atmósfera o en los usos del suelo.

Sin embargo, desde el siglo XIX las actividades humanas han sido el principal motor del cambio climático, debido principalmente a la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas.

La quema de combustibles fósiles genera emisiones de **gases de efecto invernadero** que actúan como una manta que envuelve a la Tierra, atrapando el calor del sol y elevando las temperaturas.

Algunos ejemplos de emisiones de gases de efecto invernadero que provocan el cambio climático son el dióxido de carbono y el metano. Estos proceden del uso de la gasolina para conducir un coche o del carbón para calentar un edificio, por ejemplo. El desmonte de tierras y bosques también puede liberar dióxido de carbono. Los vertederos de basura son una fuente importante de emisiones de metano por la descomposición de los residuos orgánicos. La energía, la industria, el transporte, los edificios, la agricultura y el uso del suelo se encuentran entre los principales emisores.



Vídeos recomendados

¿Qué es el efecto invernadero?

<https://www.youtube.com/watch?v=YLFLxQ0t07A>

26 Formas de Luchar contra el Cambio Climático

<https://www.youtube.com/watch?v=wNQ5wvGmnEk>

2.2.2 Gases de Efecto Invernadero (GEI): Tipología y efectos

Los gases de efecto invernadero son aquellos que provocan que la radiación térmica emitida por la Tierra quede atrapada en la atmósfera, generando el denominado efecto invernadero.

Cuando este fenómeno se produce, una parte de la radiación solar que atraviesa la atmósfera y calienta la superficie terrestre se absorbe por las moléculas de los GEI y es irradiado en todas direcciones, produciendo un calentamiento de la superficie de la Tierra y de la parte baja de la atmósfera.

Si no fuese por el efecto invernadero la temperatura en promedio en la Tierra sería de -18°C , lo que evidencia que la existencia de los GEI es necesaria para mantener un planeta habitable. El problema sucede cuando las cantidades de GEI en la atmósfera se exceden, provocando un sobre calentamiento de la Tierra que redundará en el cambio climático.

Tipología de gases de efecto invernadero (GEI)

Una de las características de los GEI es que permanecen activos en la atmósfera durante varios años por lo que se les suele denominar gases de larga permanencia. Entre los principales

gases de efecto invernadero se encuentran:

- **El dióxido de carbono (CO_2):** es un componente menor de la atmósfera (supone aproximadamente el 0,04%), pero es relevante desde el punto de vista climático puesto que es el principal gas de efecto invernadero antropogénico, contribuyendo a un 60% del forzamiento radiativo ⁽²⁾. A pesar de su baja concentración, su influencia en las dinámicas atmosféricas es muy relevante ya que las moléculas son capaces de absorber e irradiar el calor saliente de la Tierra. Este es, sin duda, el GEI de larga permanencia que más está contribuyendo al cambio climático.
 - Origen natural: plantas en descomposición y materia animal, incendios forestales naturales y volcanes. El CO_2 es producto de procesos naturales tales como la respiración o las erupciones volcánicas.
 - Origen antropogénico: cambio en usos del suelo, quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) y la deforestación, dado que se elimina vegetación y se reduce su absorción de CO_2 . Los científicos atribuyen la mayor parte de la concentración de CO_2 a estas fuentes procedentes de la acción humana.

² El forzamiento radiativo o forzamiento climático es la diferencia entre la insolación absorbida por la Tierra y la energía irradiada de vuelta al espacio.



A finales del siglo XIX, los niveles de dióxido de carbono eran de 280 partes por millón (ppm); ahora las concentraciones están alrededor de 380 ppm. Según las advertencias del IPCC, si la cantidad de dióxido de carbono que hay en la atmósfera supera las 450 ppm, la temperatura de la Tierra podría dispararse de manera descontrolada.



En el mar se encuentran en grandes cantidades los hidratos de metano, combinación congelada de metano y agua. Un cambio climático continuado en el tiempo podría provocar la liberación de esas reservas congeladas de metano a la atmósfera, agravando los efectos de los gases de efecto invernadero y provocando un calentamiento global sin precedentes.

- **El metano (CH_4):** es un hidrocarburo resultado también de procesos naturales y actividades humanas, entre las que se incluye la descomposición de residuos orgánicos en vertederos, la agricultura, así como la digestión de rumiantes o la gestión del estiércol en ganadería. En 100 años, una tonelada de metano podría calentar el globo 23 veces más que una tonelada de dióxido de carbono. La atmósfera tiene una concentración de metano de 1.774 partes por billón (ppb), sin embargo, hay 220 veces menos metano que dióxido de carbono en la atmósfera.

- **El óxido nitroso (N_2O):** es el único óxido de nitrógeno (NO_x) que actúa como gas de efecto invernadero. El óxido nitroso es emitido por las bacterias del suelo. La agricultura y el uso de fertilizantes con base de nitrógeno, junto con el tratamiento de los residuos animales, aumentan la producción de óxidos nitrosos. Algunas industrias, como la del nailon, y la quema de combustibles en motores de combustión interna también liberan óxido nitroso a la atmósfera.



El óxido nitroso tendrá en un siglo un efecto de calentamiento global aproximadamente 300 veces superior al del dióxido de carbono

Asimismo, entre otros gases de efecto invernadero encontramos los clorofluorocarbonos (CFC), cuyo uso se fue eliminando gradualmente a raíz del Protocolo de Montreal sobre sustancias que agotan la capa de ozono. Los clorofluorocarbonos son químicos no tóxicos, no inflamables que contienen átomos de carbono, cloro y flúor. Utilizados antes de su prohibición en aerosoles, refrigeradores, aires acondicionados, envoltorios de espuma de alimentos o extintores de incendios.

El vapor de agua (H_2O), es el gas de efecto invernadero más abundante, destacando su retroalimentación con el clima. A medida que

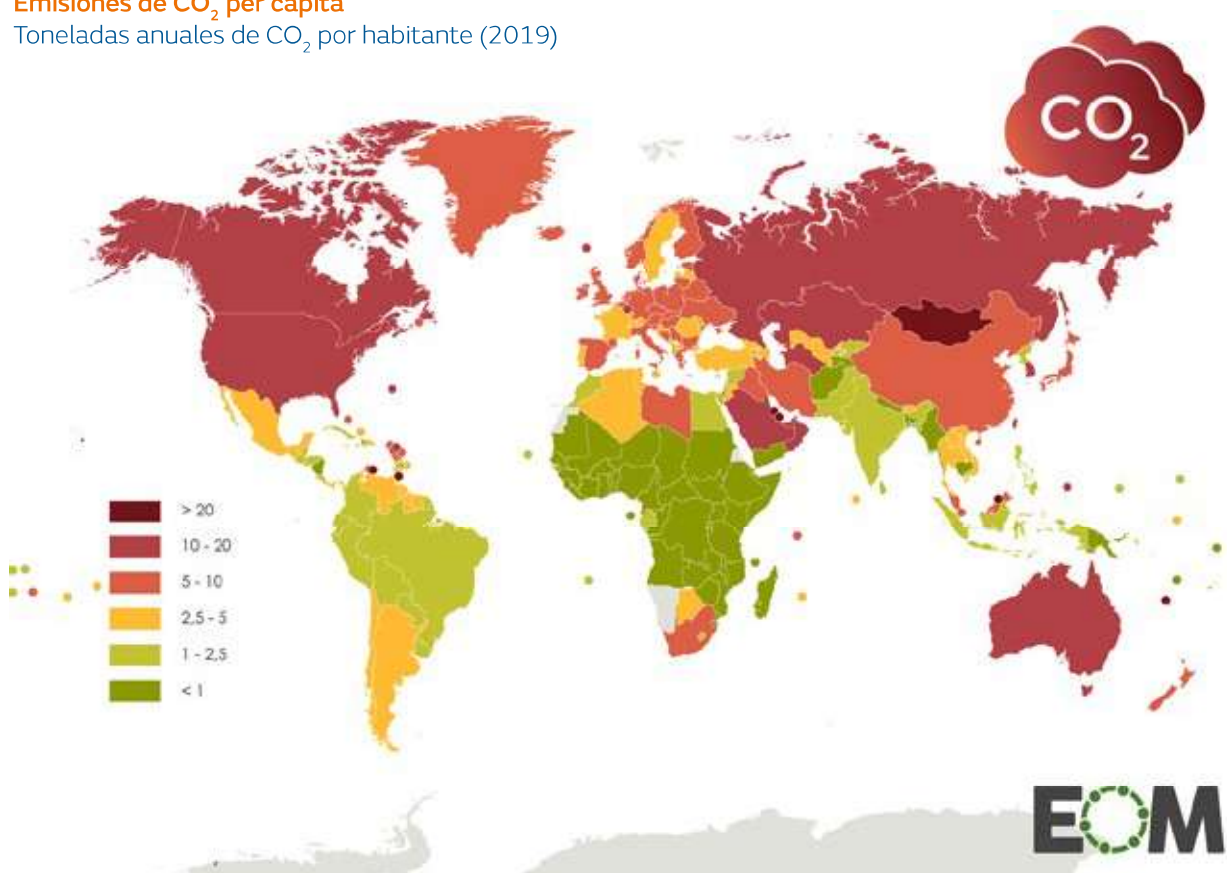
la Tierra se calienta, aumenta el vapor de agua y consecuentemente la probabilidad de nubosidad y precipitación. Es decir, el vapor de agua responde rápidamente a los cambios en la temperatura, a través de la evaporación, la condensación y la precipitación, incrementando la energía térmica global y contribuyendo al calentamiento.

Radiografía de emisiones de GEI por países y sectores

Emisiones de GEI en el mundo

Emisiones de CO_2 per cápita

Toneladas anuales de CO_2 por habitante (2019)



Cartografía: Abel Gil Lobo (2021)

Fuente: Global Carbon Atlas (2021)

El mapa de los emisores de CO₂ per cápita muestra cómo la mayoría de los países en vías de desarrollo emiten menos de una tonelada de CO₂ por habitante y año, mientras que aquellos más “desarrollados” superan como mínimo las cinco toneladas anuales por persona. Se pueden observar excepciones, como Francia con sus menores índices de emisión debido a la dependencia de la energía nuclear; o Costa Rica, que ha alcanzado un alto Índice de Desarrollo Humano mediante un modelo de desarrollo sostenible contrapuesto al del resto de países en desarrollo.

Esta radiografía contrasta con la distribución del riesgo que las consecuencias del cambio climático tendrán en los países en vías de desarrollo. En aquellos países donde las consecuencias serán más devastadoras, es donde sería necesario actuar con una mayor inversión y recursos para asegurar unas infraestructuras resilientes. Aunque estos países no han sido los responsables del estado de emergencia climática actual, se les impone la apuesta por modelos energéticos más sostenibles que, debido a encontrarse en un estadio incipiente, requieren una mayor inversión económica que puede ralentizar el crecimiento del país en el corto plazo.

En las COP que se han ido sucediendo, es un debate recurrente decidir quién debe pagar los daños causados por el cambio climático y, en particular, los desastres por casos de clima extremo que afectan a los países pobres que no son responsables del cambio climático. En este sentido, el éxito de la COP 27 se definirá por los avances en la financiación para el cambio climático y en la creación de un “fondo global de pérdidas y daños”.

Emisiones de GEI en Europa, evolución por países

La Unión Europea (UE) lidera a escala mundial la lucha contra el cambio climático por medio del diseño de políticas ambiciosas y una estrecha cooperación con socios internacionales. A lo largo de los últimos años, la UE ha evolucionado en políticas y planes de acción para cumplir con los objetivos de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Con las miras en el 2030, se presentó un plan para reducir en al menos un 55% las emisiones, y Europa aspira a convertirse en el primer continente climáticamente neutro del mundo para 2050.

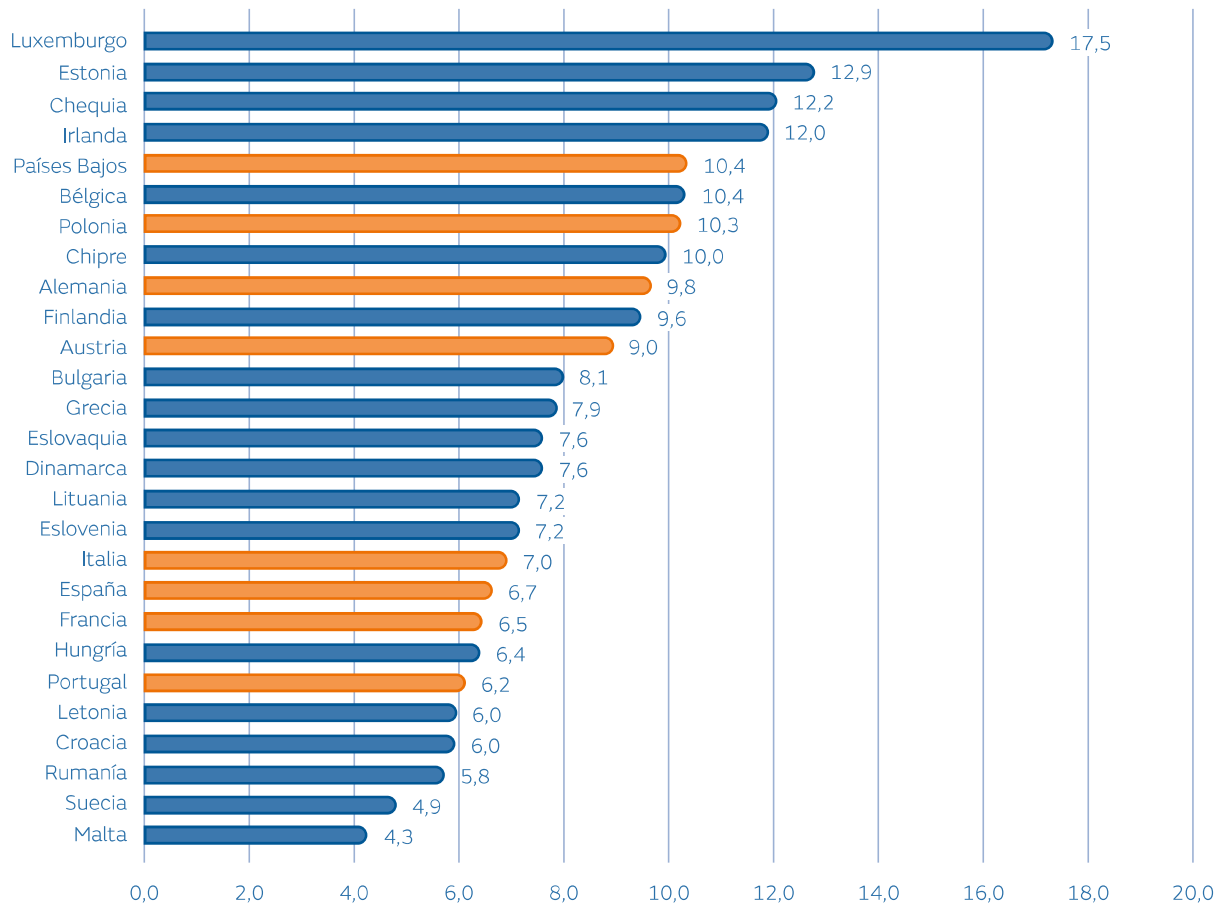
En el estudio Evolución de las emisiones de gases efecto invernadero en España y comparativa en el contexto europeo de la Fundación Naturgy⁽³⁾, se presenta una comparativa del rol que los diferentes sectores económicos desempeñan en las emisiones de una selección de los países más relevantes de la UE. Los Países analizados representaron aproximadamente el 72,5% de las emisiones de gases de efecto Invernadero de la UE en 2019.

Al realizar un análisis de los volúmenes totales de emisiones de las diferentes economías en su distribución per cápita, se logra identificar dos grandes grupos entre los países europeos analizados:

- Aquellos países que presentan unas emisiones per cápita en el entorno del 10 t CO₂e/habitante: Países Bajos, Alemania, Polonia, Austria.
- Aquellos que se ubican aproximadamente en 6,5 t CO₂e/habitante: España, Italia, Francia, Portugal.

³ A fecha de elaboración de este documento se encontraba ya disponible el informe de 2020. Sin embargo, los datos expuestos corresponden al periodo de 2019 ya que se consideran más representativos a la tendencia habitual sin la variación del factor del covid-19.

Emisiones per cápita (t CO₂e/habitante) en 2019

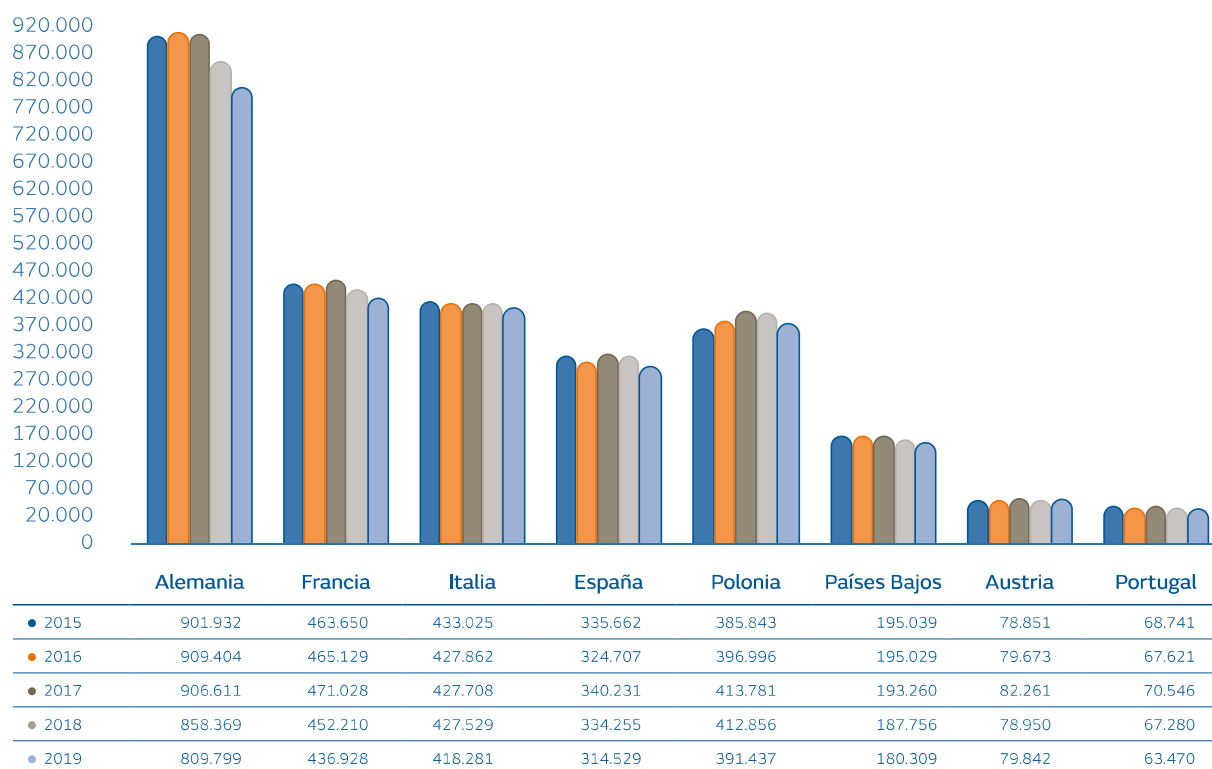


Fuente: AEMA

Analizando la evolución de las emisiones nacionales en el periodo 2015-2019, se observa cómo Alemania con una reducción de un 10,2% es el país con una mayor contracción en sus niveles de emisiones de GEI, seguido de Portugal (7,7%), Países Bajos (7,6%), España (6,3%),

Francia (5,8%) e Italia (3,4%). Por el contrario, Austria y Polonia presentan en el periodo analizado un ligero repunte de aproximadamente 1,5% de sus emisiones.

Evolución emisiones anuales GEI (kt CO₂e) en el periodo 2015-2019 (excluye LULUCF)



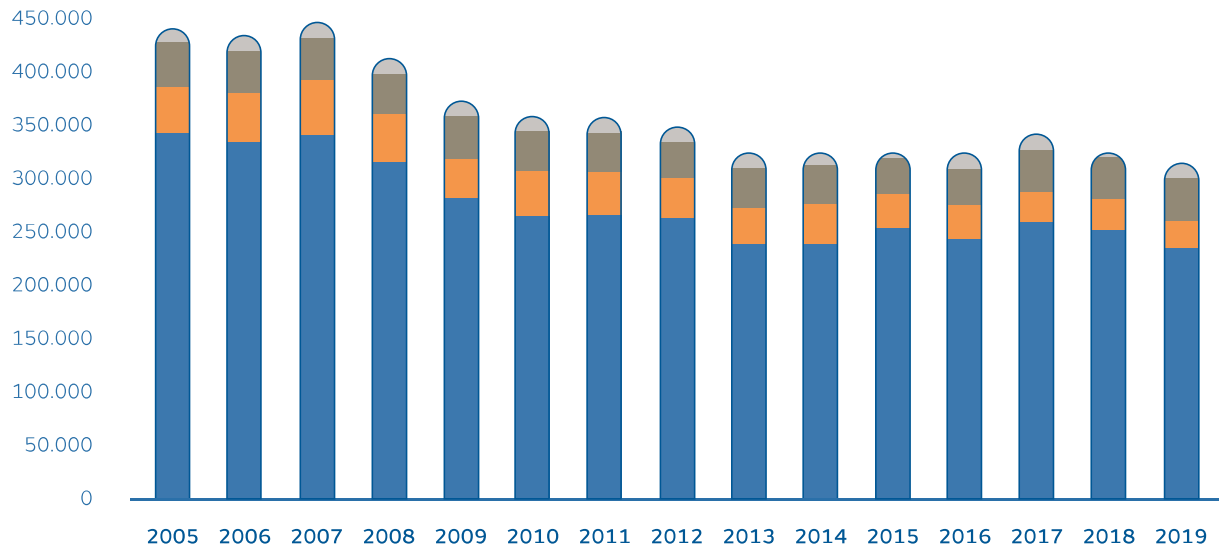
Fuente: Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Emisiones de GEI en España, evolución por sectores y categorías

Profundizando el análisis en el caso de España y ampliando el marco temporal al periodo comprendido entre 2005 y 2019, se puede

observar una evolución de las emisiones en función de los sectores analizados en el Inventario nacional de emisiones de España.

Emisiones de GEI por sectores del Inventario (kt CO₂e) en el periodo 2005-2019 para España



	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
●	343.553	334.065	342.229	314.504	280.257	265.566	268.374	264.768	238.989	239.077	255.453	244.135	258.913	253.384	236.738
	77,9%	77,0%	76,9%	76,4%	75,3%	74,2%	75,1%	75,5%	73,9%	73,3%	76,1%	75,2%	76,1%	75,8%	75,3%
●	44.082	47.105	48.805	45.947	39.170	40.300	37.393	35.743	34.600	36.421	30.760	31.816	28.247	27.756	26.110
	10,0%	10,9%	11,0%	11,2%	10,5%	11,3%	10,5%	10,2%	10,7%	11,2%	9,2%	9,8%	8,3%	8,3%	8,3%
●	40.532	39.700	40.702	37.300	37.718	37.735	36.964	35.754	35.848	37.536	35.979	34.405	39.525	39.644	37.794
	9,2%	9,1%	9,1%	9,1%	10,1%	10,6%	10,3%	10,2%	11,1%	11,5%	10,7%	10,6%	11,6%	11,9%	12,0%
●	12.870	13.136	13.422	13.653	14.962	14.076	14.614	14.407	14.003	13.087	13.471	14.351	13.546	13.471	13.887
	2,9%	3,0%	3,0%	3,3%	4,0%	3,9%	4,1%	4,1%	4,3%	4,0%	4,0%	4,4%	4,0%	4,0%	4,4%

- Energía
- Procesos Industriales
- Agricultura
- Residuos

Fuente: Inventarios Nacionales de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.

Este análisis revela una importante reducción de los niveles agregados de emisiones de GEI de la economía española, donde el volumen total de emisiones en 2019 representa una reducción del 28,6% en relación a los niveles de emisiones en 2005. Según la evolución por sectores se puede observar que:

- El sector Energía, el más importante en términos totales de emisiones con una representatividad de aproximadamente el 76%, ha visto reducido su contribución en 2019 en un 31% en relación a los niveles de 2005.
- Los procesos industriales (que representan aproximadamente el 10% de las emisiones entre 2005 y 2019) se han reducido en un 40%.
- Las emisiones del sector primario (en torno al 10%) han reducido sus emisiones en 2019 en un 7% respecto a 2005, siendo el sector Residuos el único que ha incrementado su volumen de emisiones en algo menos de un 8%, si bien su importancia relativa es bastante reducida pues solo representa el 4% de las emisiones del periodo.

Principales sectores y actividades generadoras de GEI

Las emisiones de GEI descritas en el Inventario Nacional se desagregan en diferentes sectores, que cubren la práctica totalidad de la actividad económica española. La información relacionada con estos gases se agrupa en cinco grandes sectores conforme las indicaciones de IPCC: Energía; Procesos industriales; Agricultura; Uso de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura; Residuos.

A continuación, se describen aquellas actividades por sectores que presentan una mayor relevancia en el volumen total de emisiones según el estudio anteriormente citado.

Sector Energía. Se divide en dos grandes grupos de actividad:

- Emisiones fugitivas de los combustibles, que pueden ser intencionadas o no intencionadamente liberadas a la atmósfera en actividades antropogénicas. La participación de las emisiones fugitivas en el cómputo global es muy minoritaria tanto dentro del propio sector Energía como en el total del Inventario Nacional

de Gases Efecto Invernadero.

- Actividades de combustión, que representan el uso directo de combustibles para la obtención de energía. Estas actividades se dividen en varias subcategorías:
 - Industrias del sector energético, fundamentalmente de generación eléctrica y refino.
 - Industrias manufactureras y de la construcción, agrupando las emisiones producidas por los consumos energéticos de la industria y el sector de construcción.
 - Transporte, agrupando toda la tipología (aviación, marítimo, ferroviario y transporte por carretera, principalmente).
 - Otros sectores, con distribuciones proporcionales entre las emisiones asociadas a los consumos energéticos del sector Residencial, el sector Comercial y usos energéticos del sector primario.
 - Fuentes móviles no especificadas, cuya representatividad en las emisiones del sector es muy marginal (y no se contemplan en este Estudio).

Sector Industria. Las emisiones vinculadas a este sector Industria se divide en dos grupos:

- Emisiones de GEI por el uso de combustibles (incluidas en el sector Energía), en esta categoría, se incluyen todas aquellas emisiones producidas por la combustión de combustibles fósiles con fines energéticos en instalaciones estacionarias en la industria y en la construcción. Las actividades desagregadas de esta categoría son:
 - Hierro y acero.
 - Metales no ferrosos.
 - Productos químicos.
 - Pasta de papel, papel e impresión.
 - Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco.
 - Minerales no metálicos.
 - Otros

- Emisiones de proceso, (incluidas en el sector Procesos industriales y Uso de Otros Productos): estas emisiones se incluyen en el sector del inventario denominado Procesos industriales y Uso de Otros Productos, y su importancia relativa varía en función de las características de las economías nacionales. La desagregación de la actividad industrial en función de sus emisiones de GEI incluye:
 - Industria minera.
 - Industria química.
 - Industria metalúrgica.
 - Productos no energéticos procedentes de combustibles y uso de disolventes.
 - Industria electrónica.
 - Usos de los productos como sustitutos de las SAO (sustancias que agotan la capa de ozono).
 - Fabricación y utilización de otros productos.
 - Otros.

Sector Agricultura y Ganadería. Las emisiones agrupadas en el sector engloban principalmente las siguientes actividades o fuentes generadoras de emisiones:

- Emisiones procedentes de la ganadería:
 - Fermentación entérica: recoge las emisiones de metano (CH_4) generadas en los procesos de fermentación entérica que ocurren en el sistema digestivo de ciertas especies animales.
 - Gestión del estiércol: recoge las emisiones de CH_4 producidas por el estiércol hasta su destino final. El valor de las emisiones depende de la cantidad de excreta y de su tipo de gestión.
- Emisiones procedentes de las prácticas agrícolas:
 - Cultivo de arroz, esencialmente vinculadas a la emisión de CH_4 , producida como consecuencia de las especificidades de su cultivo.
 - Suelos agrícolas, que comprende todas las fuentes de nitrógeno que se aplican al suelo y que son emisoras de óxido nitroso (N_2O)

por vía directa e indirecta (por deposición y lixiviación o escurrimiento).

- Quema de residuos agrícolas en el campo.
- Enmienda caliza: esta actividad contabiliza el dióxido de carbono (CO_2) que se libera tras la aplicación de carbonatos de calcio y magnesio a los suelos agrícolas para corregir la acidez.
- Aplicación de urea: esta categoría contabiliza el dióxido de carbono (CO_2) que se libera tras la aplicación de urea (sintética) a los suelos agrícolas.
- Otros fertilizantes que contienen carbono.

Sector Residuos. Las emisiones agrupan fundamentalmente las procedentes de las siguientes categorías o actividades:

- Depósito en vertederos en residuos sólidos, que recoge las emisiones ligadas a los depósitos de residuos sólidos en vertederos gestionados y que constituyen el principal sistema de tratamiento de estos residuos en España. El único contaminante emitido en el marco de esta categoría es el CH_4 .
 - Tratamiento biológico, bajo esta categoría se contemplan principalmente las emisiones ligadas a las actividades de compostaje y biometanización, dichas emisiones están principalmente protagonizadas por el CH_4 y el N_2O .
 - Incineración y quema en espacio abierto de residuos sólidos; en esta categoría incluyen las emisiones (principalmente CH_4 y N_2O) producidas durante la: incineración de lodos procedentes de la depuración de aguas residuales; de residuos municipales, sin valorización energética; o de residuos hospitalarios; la quema al aire libre de residuos agrícolas o residuos depositados en vertederos no gestionados.
- Tratamiento y eliminación de aguas residuales: en esta categoría se incluyen las plantas de tratamiento y eliminación de aguas residuales de origen doméstico e industrial. Este tipo de plantas son fuente de generación de CH_4 como consecuencia del propio proceso de depuración. Adicionalmente, la depuración de aguas residuales domésticas se considera una fuente indirecta de N_2O debido a la degradación de los

componentes nitrogenados contenidos en el efluente que sale de las plantas de tratamiento.

- Otros: esta categoría se emplea fundamentalmente para la estimación de emisiones producidas por actividades tales

como el extendido de lodos procedentes de la depuración de aguas residuales, o bien para la inclusión de potenciales incendios accidentales.



Fuentes consultadas para complementar y profundizar

Evolución de las emisiones de gases efecto invernadero en España y comparativa en el contexto europeo, Fundación Naturgy, 2022
<https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/evolucion-de-las-emisiones-de-gases-efecto-invernadero-en-espana-2005-2020/>

Informe de Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero, MITERD
https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-es_nir_edicion2022_tcm30-523942.pdf

2.2.3 Objetivo: descarbonización de la economía

En el objetivo de lograr un modelo económico y social que asegure el equilibrio del planeta, es necesario realizar una desvinculación entre actividad económica, bienestar humano y el uso de los recursos naturales y los impactos ambientales.

Para ello, es necesario analizar el modelo actual económico y los comportamientos sociodemográficos desde una perspectiva de interdependencia. En este análisis resulta imprescindible evaluar los impactos ambientales para fijar objetivos sobre su impacto ambiental, para lo que se cuenta con metodologías como la identidad de Kaya o la huella de carbono.

Identidad de Kaya

La identidad de Kaya es una expresión matemática desarrollada por el economista japonés Yoichi Kaya en 1993 en su libro *Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability* (medioambiente, energía y economía: estrategias para la sostenibilidad).

Esta expresión matemática permite visualizar un enfoque global de las emisiones de CO₂ relacionadas con las actividades humanas, integrando cuatro factores que determinan la tendencia actual:

- Emisiones globales de dióxido de carbono, en CO₂
- Consumo global de energía primaria, en TEP (Tonelada Equivalente de Petróleo)
- PIB, en dólares (\$)
- Población mundial, en miles de millones



$$\text{CO}_2 = \text{Población} \times [\text{PIB} / \text{Población}] \times [\text{Energía} / \text{PIB}] \times [\text{CO}_2 / \text{Energía}]$$

Intensidad
energética

Intensidad de
carbono del mix
energético global

- **Energía/PIB: representa la intensidad energética**, la cantidad de energía utilizada (en kWh) necesaria para crear una unidad monetaria, es decir, para fabricar un producto o servicio. Esto pretende animarnos a racionalizar nuestro uso de la energía.
- **CO₂/energía: es la intensidad de carbono del mix energético global**. Esta relación exige una reducción de las emisiones de CO₂ en la producción de energía, en particular mediante el fomento de las energías bajas en carbono, como es el caso de las energías renovables.

La identidad de Kaya define **dos objetivos** a nivel global:

- Una ganancia en la **eficiencia de carbono** de nuestra producción de energía.
- Un aumento de la **eficiencia energética** de nuestra producción.

Para limitar el aumento del nivel medio de la temperatura de la superficie de la Tierra y evitar un calentamiento global de más de 1,5°C en comparación con los niveles preindustriales de aquí a 2050, parece necesario dividir las emisiones de CO₂ por 3 de aquí a 2050 a escala mundial.

Para lograr esta reducción de CO₂, teniendo en cuenta el aumento de la población y del nivel de vida, se requiere una decisión global muy rápida a favor de la eficiencia energética y la descarbonización del mix energético. La solución

obvia a este cálculo es, por lo tanto, avanzar hacia las emisiones cero de CO₂ lo antes posible.

Esta expresión matemática enlaza con la noción de desarrollo sostenible al ilustrar la urgencia de tomar medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmósfera.

Para la realización de esta evaluación, resulta necesario llevar a cabo mediciones y cálculos como lo son la huella de carbono para poder determinar qué es lo que, en nuestros hábitos de producción, consumo y desechos tiene un impacto negativo en el medioambiente y limitarlo.

Huella de carbono

La huella de carbono es una métrica ambiental que calcula la totalidad de las emisiones de GEI generadas, directa e indirectamente, por una

persona, un grupo, una organización, empresa o incluso un producto o servicio. Su medición se realiza en cantidades de CO₂ equivalente (CO₂e o CO₂eq).⁽⁴⁾

La importancia de conocer la huella de carbono radica en la posibilidad de establecer planes con objetivos de reducción locales, regionales e internacionales, como lo fue el Acuerdo de París. Otra aplicación del cálculo de la huella de carbono está en los inventarios de gases de efecto invernadero, que contabilizan las emisiones equivalentes a un año calendario.

Si bien no existe una única medición de la huella de carbono, sí existen enfoques específicos para aproximarse a su cálculo. Las seis perspectivas principales siguen metodologías y normas internacionales (como el GHG protocol)⁽⁵⁾:

- **Corporativa:** se mide la huella de carbono de una organización, generalmente por un año, para un mejor aprovechamiento de los recursos.
- **Ciclo de vida de un producto o servicio:** se miden las emisiones de GEI de mercancías o servicios en toda su cadena de producción y, a veces, hasta en su consumo o desecho final.
- **En eventos:** se contabiliza la huella de carbono durante la planificación y realización de algún evento (desde el uso de energía y transporte hasta la preparación de alimentos o la papelería).
- **Territorial:** se miden las emisiones de GEI en un área específica, limitada geográfica o políticamente. Funciona para determinar el impacto global del cambio climático en un área y emprender planes de mitigación.
- **Por industria:** evalúa la huella de carbono de un sector productivo particular. Esto representa la oportunidad de optimizar recursos y el uso de materias primas, lo que ofrece ventajas competitivas y un impacto ambiental más controlado.
- **Personal:** aquí se evalúan las emisiones de GEI directas e indirectas de un individuo en un lapso específico. Se requiere conocer los hábitos de consumo y posesiones de una persona para calcularlo.

Aunque cada enfoque de evaluación de la huella de carbono tiene objetivos específicos, todos comparten la implementación de medidas para reducir las emisiones de GEI.



Método de cálculo

La huella de carbono que genera cada fuente de emisión es el resultado del producto del dato de consumo (dato de actividad) por su correspondiente factor de emisión:

$$\text{Huella de carbono} = \text{Dato de Actividad} \times \text{Factor de Emisión}$$

Dato Actividad: es el parámetro que define el nivel de la actividad generadora de las emisiones de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, cantidad de gas natural utilizado en la calefacción (kWh de gas natural).

Factor de Emisión: es la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por cada unidad del parámetro “dato de actividad”. Por ejemplo, para el gas natural, el factor de emisión sería 0,202 kg CO₂ eq/kWh de gas natural.

En base a esta fórmula, existen varias metodologías para el cálculo de la huella de carbono (UNE-ISO 14064, GHG Protocol, etc.).

⁴ Los gases de efecto invernadero distintos del dióxido de carbono (metano, óxido nitroso, hidrofluorocarburos, etc.) son convertidos a su valor equivalente en dióxido de carbono, multiplicando la masa del gas en cuestión por su Potencial de calentamiento global (GWP)

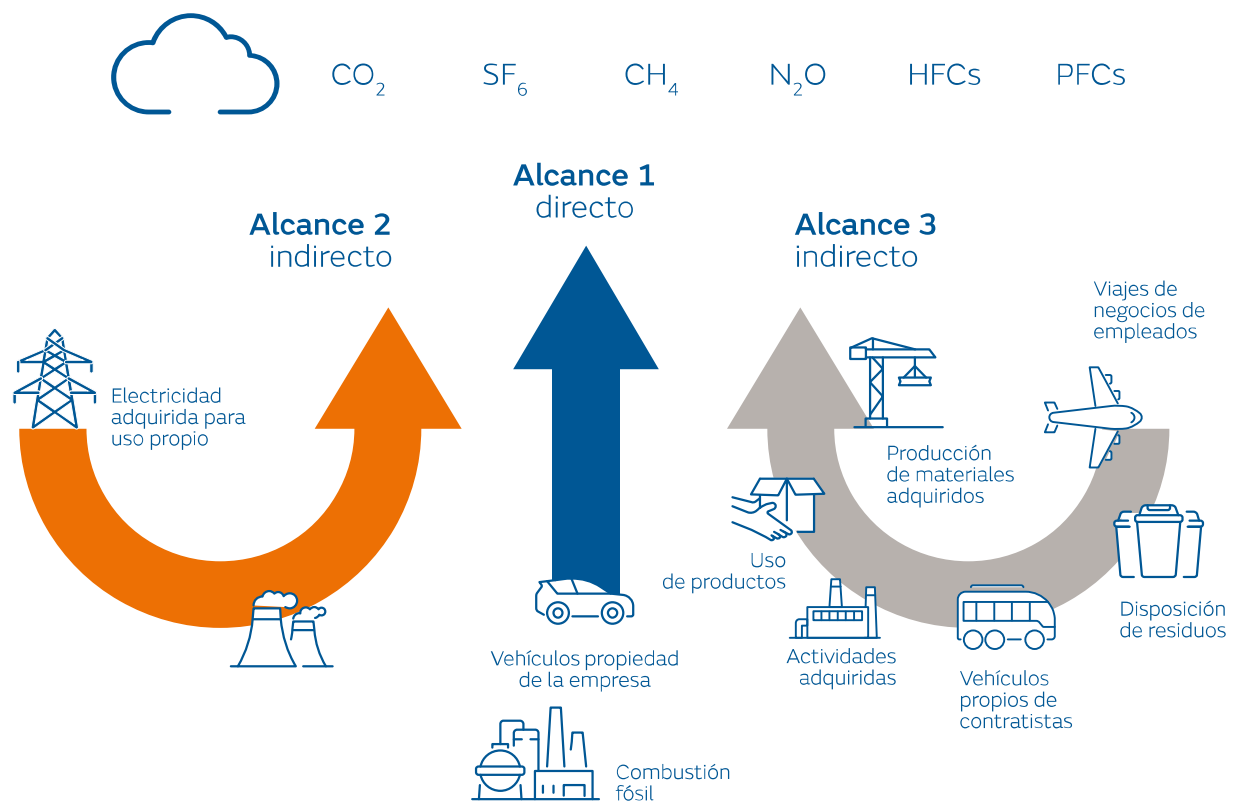
⁵ Greenhouse Gas Protocol (GHG Protocol) es un estándar de contabilidad de gases de efecto invernadero reconocido a nivel mundial.

Enfoque a organizaciones o corporativo

Tomando como base el GHG Protocol para el cálculo de la huella de carbono, una de las cuestiones fundamentales a tener en cuenta es definir el alcance. En este sentido, distinguimos 3 alcances:

- Alcance 1: consiste en las emisiones directas. Es decir, en el caso de una empresa, las emisiones generadas por aquellas fuentes de emisión o actividades propias de la misma. En una PYME, esto se concretaría en las emisiones debidas a la calefacción y a los vehículos en propiedad (o sobre los que ejerza el control).

- Alcance 2: son las emisiones indirectas derivadas de la generación de electricidad consumida y comprada por la empresa en cuestión.
- Alcance 3: las emisiones del alcance 3 son consecuencia de las actividades que realiza la empresa, pero que están fuera de su control. En esta categoría entrarían los viajes de los empleados o el uso de productos que emitan GEI.



Fuente: Elaboración propia basada en GHG Protocol.

El Ministerio para la Transición Ecológica ha desarrollado una serie de herramientas para facilitar el cálculo de la huella de carbono de una organización.

Entre estas herramientas se encuentra una calculadora que permite estimar de manera sencilla las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a las actividades de una organización, contemplando tanto las emisiones directas, como las indirectas procedentes del

consumo de electricidad. No incluye el cálculo de las emisiones de alcance 3.

Ofrece, además, la posibilidad de cuantificar la reducción de emisiones que pueda suponer la aplicación de un plan de mejora determinado, o comparar los resultados de emisiones entre años diferentes. Además, muestra una serie de ratios de emisiones que podrán servir para establecer órdenes de magnitud y facilitar la comprensión de los resultados.



Acceso

a la calculadora de MITECO:

<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/calculadoras.aspx>



Actividades recomendadas

Proponer al alumnado que mida su huella ecológica personal con:

<http://www.footprintcalculator.org/en/quiz/0/food/category>

<https://offset.climateneutralnow.org/footprintcalc>

Realizar una aproximación de la la huella del centro educativo (corporativa) con los alumnos:

<https://www.ceroco2.org/calculadoras/>

Otras actividades y recursos pedagógicos para actividades en clase disponibles aquí:

<https://www.overshootday.org/kids-and-teachers-corner/classroom-activities/>



Vídeo recomendado

¿Qué es la Huella de Carbono?

Proyecto Mido mi Huella

<https://youtu.be/nQ1pPLb1Fo4>



Más información

sobre el registro en
MITECO:

En la página del ministerio las organizaciones pueden registrar el cálculo de su huella de carbono, su compensación o proyectos de absorción de dióxido de carbono y lograr la obtención de un sello que certifique su desempeño ambiental.

Página web: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/registro-huella.html>

Vídeo interactivo: https://www.youtube.com/watch?v=T8pxNs_d81s



Fuentes consultadas para complementar y profundizar

Cambio climático. Bases científicas y cuestiones a debate, Fundación Naturgy
<https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/cambio-climatico-bases-cientificas-y-cuestiones-a-debate/>

Gases de efecto invernadero, OCEANA
<https://europe.oceana.org/es/que-hacemos-cambio-climatico-y-energias-renovables-cambio-climatico-mas-informacion-gases-de-efecto-invernadero/>

Identidad de Kaya: definición, retos y soluciones para el clima
<https://climate.selectra.com/es/que-es/identidad-kaya#la-identidad-de-kaya-y-el-desarrollo-sostenible>

Huella de carbono: aprende a calcular tu impacto ambiental, Greenpeace
<https://www.greenpeace.org/mexico/blog/9386/huella-de-carbono/>

Huella de carbono de una organización, MITECO
https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/huellacarbono_conceptosbasicos_tcm30-478999.pdf

2.2.4 Medidas para alcanzar el net zero

Cuando se habla de cambio climático generalmente se piensa en el año 2050, que es el plazo marcado por los científicos para lograr la neutralidad de carbono. Sin embargo, el año realmente clave es 2030, fecha en la que tenemos que haber logrado reducir a nivel global las emisiones de dióxido de carbono en un 50%.

Se están emitiendo miles de millones de toneladas de CO₂ a nivel global. Para conseguir reducir estas emisiones hay diferentes soluciones según el tipo de sector que emite el CO₂, las cantidades emitidas o incluso la localización geográfica de la empresa emisora.

Se debe por tanto buscar soluciones que sean rápidas, debido a la urgencia del 2030, pero que al mismo tiempo sean escalables y permitan una transición justa.

Net Zero y potenciales de reducción

Como anteriormente se ha comentado, la ciencia ha demostrado claramente que a fin de evitar los peores impactos del cambio climático y conservar un planeta habitable, el aumento global de la temperatura necesita limitarse a no más de 1,5°C por encima de los niveles preindustriales. En la actualidad, la Tierra ya tiene un calentamiento superior al 1,1°C en comparación a finales del siglo XIX, y las emisiones continúan elevándose. Para mantener el calentamiento global por debajo de 2°C y preferiblemente 1,5°C, tal y como se fijó en el Acuerdo de París, es necesario que las emisiones se reduzcan alrededor del 45% para 2030 y que se alcance el cero neto hacia 2050.

El denominado *net zero* (cero neto) es un objetivo que implica comprometerse a recortar las emisiones de gases de efecto invernadero hasta dejarlas lo más cerca posible a las emisiones nulas, a excepción de algunas

emisiones residuales que sean reabsorbidas desde la atmósfera mediante, por ejemplo, el océano y los bosques o mediante soluciones tecnológicas que permitan retirar CO₂ de la atmósfera.

Más de 70 países, incluidos los grandes contaminadores, como China, EE. UU. y la Unión Europea, han establecido el objetivo del cero neto, que suponen alrededor del 76% de las emisiones globales. Más de 1.200 empresas han establecido objetivos fundamentados en la ciencia y en consonancia con el cero neto, y más de 1.000 ciudades, con más de 1.000 instituciones educativas, y con más de 400 entidades financieras, se han unido en la campaña *Race to Zero* para alcanzar el cero neto en 2050 y para que se reduzcan a la mitad las emisiones globales en 2030.

La transición a un mundo con cero emisiones supone uno de los mayores retos a los que se ha enfrentado la humanidad. Para lograrse requiere de una transformación profunda de nuestro modelo de producción, de consumo y de hábitos como el transporte. En concreto, requiere de una transformación del sector energético, el cual constituye en torno a tres cuartos de las emisiones de gases de efecto invernadero de las últimas décadas (76% de emisiones de España en 2019 según el Inventario Nacional), y encierra la clave para evitar los peores efectos del cambio climático. La eficiencia energética y la sustitución de generadores de contaminación, como la producción de energía mediante el carbón, el petróleo o el gas, por fuentes de energía renovables, como la energía solar o eólica o los gases renovables, reducirían drásticamente las emisiones de carbono.

Para conseguir reducir estas emisiones hay diferentes soluciones según el tipo de sector que emite el CO₂, las cantidades emitidas o incluso la localización geográfica de la empresa emisora.

Eficiencia energética como clave de cambio

La eficiencia energética se puede definir como la disminución del consumo de energía primaria de un centro de consumo de energía, por la implementación de medidas de índole técnica o no técnica, manteniéndose en todo caso el cumplimiento de los objetivos previstos, y sin disminución de la calidad, productividad,

seguridad física de las personas y patrimonial de los bienes y sin producir mayor impacto ambiental que la situación primitiva. En definitiva, significa usar menos energía para realizar la misma tarea, es decir, eliminar el desperdicio de energía.

La eficiencia energética supone un recurso clave en el desarrollo de una sociedad descarbonizada. Desde una perspectiva macroeconómica, la implementación de planes de eficiencia energética por parte de un país aporta beneficios tales como:

- Reducción de la dependencia energética de otros países que disponen de fuentes energéticas primarias (petróleo, gas natural, carbón...).
- Aumento del ahorro económico al reducir el consumo energético.
- Disminución de la presión sobre los recursos naturales propios para conservarlos de manera estratégica.
- Contribución a la reducción de emisiones de gases de efectos invernadero.

Si bien las tecnologías de energía renovable también ayudan a lograr estos objetivos, mejorar la eficiencia energética es la forma más barata y, a menudo, la más inmediata de reducir los gases de efecto invernadero (GEI).

Entre las diversas oportunidades de mejora de eficiencia podemos encontrar los sectores de:

- Edificación. Los arquitectos deben optimizar la eficiencia del edificio e incorporar tecnologías de energía renovable, lo que conduciría a la creación de edificios de emisiones cero. También se pueden realizar cambios en los edificios existentes para reducir el uso de energía. Estos pueden incluir pequeños pasos, como la elección de bombillas LED y electrodomésticos de bajo consumo, o esfuerzos más grandes como la mejora del aislamiento y la climatización.
- Generación de energía y distribución. El uso de sistemas combinados de calor y energía pueden recuperar el calor residual de las centrales eléctricas y usarlo para proporcionar calefacción, refrigeración y/o agua caliente a los edificios e instalaciones cercanas. Esto aumentaría la eficiencia energética de la generación de energía. Una red eléctrica

inteligente, smart grid ⁽⁶⁾, es otro sistema que mejora la eficiencia de la generación, distribución y consumo eléctrico.

- Diseño urbanístico. Las ciudades que están diseñadas con un gran desarrollo de transporte público y opciones seguras y accesibles para caminar y andar en bicicleta son clave para reducir la necesidad de viajar en vehículo personal.
- Transporte. La industria del automóvil, la aviación o el ferrocarril de todo en el mundo

está invirtiendo en nuevas tecnologías y sistemas para cumplir los objetivos de eficiencia y emisiones marcados por las nuevas normativas.

Las recomendaciones anteriores mejoran la eficiencia energética principalmente a través de la tecnología y el diseño, desde la perspectiva del rol empresarial. Sin embargo, la forma en que las personas utilizan estas tecnologías tendrá un impacto trascendental.



El American Council for an Energy Efficient Economy (ACEEE) publica su *International Energy Efficiency Scorecard* que analiza la eficiencia energética de 25 de los países top consumidores de energía. En el año 2022 España se encuentra en el puesto 6. Otros informes como The World Energy Trilemma Index del World Energy Council también analizan la sostenibilidad energética de los países.



Vídeo recomendado

¿Qué es la Eficiencia Energética?

https://www.youtube.com/watch?v=_12eVybFCl

Energías renovables

Las energías renovables son aquellas que se obtienen de fuentes naturales y son inagotables o con capacidad de renovación. Estas energías se han convertido en parte clave para alcanzar

los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y en el objetivo de lograr la sostenibilidad del planeta. Entre ellas podemos encontrar la energía solar, eólica, hidráulica, geotérmica, mareomotriz, undimotriz, la biomasa o el biogás.

⁶ Aquella que puede integrar de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella, de tal forma que se asegure un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro.

Generación renovable de electricidad

La evolución del uso de la electricidad renovable ha superado todas las expectativas. La demanda mundial de energías renovables se ha incrementado de forma constante, al igual que el consumo energético, sobre todo en los países en desarrollo. La producción y la capacidad de instalación a nivel mundial, relativas a todas las tecnologías de generación de electricidad renovable, se han incrementado igualmente, ya que la mayoría de tales tecnologías ha experimentado una reducción significativa de los costes en todo el mundo.

Entre las tecnologías de generación renovables cabe destacar:

- **Energía Solar Fotovoltaica.** La tecnología solar fotovoltaica consiste en la capacidad que tienen algunos materiales de generar electricidad al incidir sobre ellos la radiación solar. El principal material utilizado en la industria fotovoltaica es el silicio, elemento más abundante sobre la tierra después del oxígeno. Durante los últimos años ha crecido el número de fabricantes que utilizan otros materiales semiconductores.
- **Energía Termoeléctrica.** Esta tecnología, también llamada CSP por sus iniciales en inglés (Concentrating Solar Power), consiste en generar electricidad aprovechando la radiación solar mediante un proceso de dos etapas, convirtiéndola primero en calor y luego en electricidad por medio de ciclos termodinámicos convencionales. Mediante una serie de espejos de grandes dimensiones se concentra la radiación solar en zonas concretas. Un fluido que alcanza altas temperaturas es capaz de generar vapor de agua que es conducido a una turbina y, como en cualquier otra central térmica convencional, permite generar electricidad. Una ventaja muy importante de este tipo de instalaciones es que pueden ser gestionadas gracias tanto a sistemas de acumulación como de hibridación con energías fósiles y permiten cierto grado de independencia temporal respecto al recurso solar. A diferencia de la tecnología solar fotovoltaica que también aprovecha la radiación difusa, estos sistemas sólo permiten el aprovechamiento de la radiación solar

directa, siendo necesaria su localización en zonas climáticas donde sea abundante este tipo de radiación. En este sentido, España está ejerciendo un liderazgo mundial en el desarrollo y ejecución de proyectos, (potencia instalada) generando un fuerte sector industrial paralelo a este crecimiento (capacidad tecnológica).

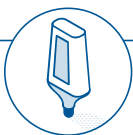
- **Energía hidráulica:** es aquella que aprovecha el movimiento del agua para generar energía. Su obtención se debe al aprovechamiento de la energía cinética y potencial de los saltos de agua o corrientes. El propio movimiento del agua hace girar una turbina, que está conectada a un transformador, produce la energía eléctrica. En función del movimiento del agua se producen otros tipos de energía como la maremotriz que aprovecha el movimiento de las mareas y la energía undimotriz a partir de las olas, por el movimiento ondulatorio de la superficie del agua del mar.
 - **Energía Eólica.** Son todas aquellas instalaciones que utilizan como energía primaria la fuerza del viento para generar electricidad. El proceso se realiza a través de un aerogenerador que transforma la energía cinética de las corrientes de aire en energía eléctrica. La radiación solar no incide por igual en toda la superficie de la Tierra: en aquellas zonas que son más calentadas, el aire pesa menos y tiende a ascender generando áreas de bajas presiones mientras que en las zonas más frías el aire desciende y pesa más creando áreas de altas presiones. La diferencia entre presiones hace que el aire se mueva y se origine el viento.
 - **Combustibles renovables:** son aquellos derivados de productos orgánicos o desechos metabólicos (biocombustibles) o los carburantes sintéticos (obtenidos a partir de CO₂ capturado y los procedentes de residuos no orgánicos como plásticos), sustituyen los procedentes de materia fósiles y se perfilan como un remedio real a corto y medio plazo contra las emisiones de CO₂ en todos los ámbitos del transporte (terrestre, aéreo y marítimo).
- Gas renovable. Los gases renovables se obtienen a partir de materias primas o fuentes renovables, siendo de tres tipos:

- **Biometano y Biogás:** Procedente de la digestión anaerobia de residuos orgánicos, como basuras domésticas, residuos industriales, lodos de depuradora o deyecciones ganaderas. Tras esta digestión, sufre un proceso de “upgrading”, alcanzando las condiciones que le hacen totalmente compatible con el actual gas natural, pudiendo ser vehiculado por la infraestructura gasista existente. En el proceso, se genera un subproducto que es un excelente fertilizante, en una lógica de economía circular.
- **Gas de síntesis o syngas:** Obtenido por gasificación térmica de residuos, posibilita la gestión de cualquier residuo excepto cristal y metal. No obstante, está mayoritariamente orientado a materia orgánica lignocelulósica, como los residuos forestales y agrícolas, lo que también podría contribuir a evitar incendios.
- **Hidrógeno verde:** Producido a partir de electricidad renovable mediante electrólisis del agua, puede ser almacenado en las redes de gas existente sin necesidad de baterías (en España, el sistema gasista tiene capacidad para almacenar el equivalente al consumo eléctrico del país de 2 meses).

Esta alternativa evita el consumo de materiales, energía y residuos asociados a las baterías y a diferencia de éstas, permite el almacenamiento de energía durante largos periodos, para cubrir las diferencias estacionales en la demanda de nuestro país.

Todos los gases renovables contribuyen a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y son claves en la descarbonización del sistema energético, al evitar las emisiones de CO₂ del gas natural sustituido.

Los gases renovables producidos a partir de residuos orgánicos no solo son neutros en carbono, sino que pueden tener incluso emisiones de CO₂ negativas, actuando como sumidero y retirando gases de efecto invernadero de la atmósfera. Es el caso del biometano procedente de las deyecciones ganaderas, cuya gestión actual presenta emisiones GEI. La transformación de estos residuos en gas renovable puede evitar emitir a la atmósfera el 200% de las emisiones de CO₂ correspondientes al combustible fósil sustituido.



Según el informe Los gases renovables. Un vector energético emergente, publicado por Fundación Naturgy, el potencial máximo de producción de gases renovables en España podría ser equivalente al **65% de la demanda total actual de gas natural**, si se impulsara de forma decidida su desarrollo.

Los autores de este estudio sostienen que, si España desarrolla todo su potencial de producción, podría llegar a reducir unos **35 millones de toneladas de CO₂**, es decir, **más del 10% de las emisiones de gases de efecto invernadero previstas para el año 2030**. Este valor equivale al CO₂ que emite todo su parque de turismos en un año o el que absorbió toda la superficie forestal de España en 2017.



Fuentes consultadas para complementar y profundizar

El Gobierno aprueba la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo, que marca la senda para alcanzar la neutralidad climática a 2050, MITECO, 2020

https://www.miteco.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/2020/11/el_gobierno_aprueba_la_estrategia_de_descarbonizacion_a_largo_plazo_quem.html

Qué es el hidrógeno verde y por qué podría ser el combustible del futuro, E-Automotive, 2020 <https://noticias-renting.aldautomotive.es/que-es-el-hidrogeno-verde-y-por-que-podria-ser-el-combustible-del-futuro/>

Hidrógeno verde, el combustible limpio e infinito, clave en la Descarbonización, Revista Haz, 2021 <https://www.compromisoempresarial.com/rsc/2021/06/hidrogeno-verde-combustible-limpio-infinito-clave-descarbonizacion/>

Naturgy marca un hito en la transición energética de España con la primera inyección de gas renovable procedente de vertedero en la red de distribución, Naturgy, 2021 <https://www.naturgy.com/notas-de-prensa/naturgy-marca-un-hito-en-la-transicion-energetica-de-espana-con-la-primera-inyeccion-de-gas-renovable-procedente-de-vertedero-en-la-red-de-distribucion/>

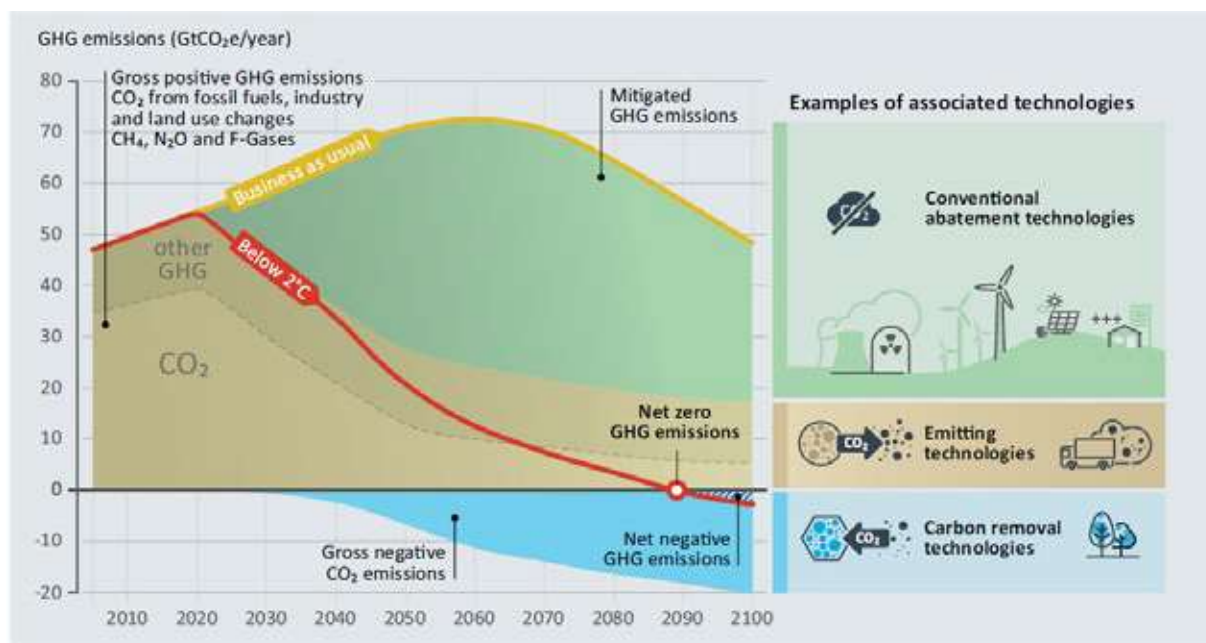
Gas Renovable, NEDGIA <https://www.youtube.com/watch?v=3QmAdEbUpqU>

Soluciones naturales y tecnologías de emisiones negativas

Las tecnologías de emisiones negativas son aquellas que retiran CO₂ de la atmósfera. Son, por tanto, una tecnología fundamental para alcanzar la neutralidad climática en 2050 pues permiten compensar las emisiones imposibles de evitar.

Estas tecnologías, conocidas como NET (Negative Emissions Technologies), son para muchos expertos una de las alternativas con más posibilidades para alcanzar los objetivos del Acuerdo de París.

Si observamos un escenario típico de mitigación como el de la figura, vemos una línea roja que nos muestra la ruta descendente que deberían seguir las emisiones a medida que pasen los años de aquí a final de siglo. Si la descomponemos para separar por un lado la parte de la línea que esperamos alcanzar emitiendo menos (franja marrón), es decir, reduciendo las emisiones positivas procedentes de la quema de combustibles fósiles, agricultura, etc., y por otro, la parte que esperamos alcanzar mediante emisiones negativas (franja azul), es decir, capturando CO₂ de la atmósfera, vemos que el grado en el que nos apoyamos en esto último es enorme.



Fuente: Informe sobre la brecha de emisiones 2017: un informe de síntesis de las Naciones Unidas para el medioambiente. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2017.

De los cerca de 900 escenarios de mitigación que produce el IPCC manejando distintos modelos climáticos, apenas 76 de ellos son compatibles con un escenario de 2°C, apoyándose la gran mayoría de ellos en las emisiones negativas. Como se muestra en la figura, se espera que a partir de 2030 las tecnologías negativas estén disponibles para su comercialización, un escenario aún lejano.

En el desarrollo de estas tecnologías negativas y otras soluciones, es conveniente tener siempre en mente el criterio de la urgencia. Tenemos que buscar soluciones que sean rápidas, debido a la urgencia del 2030, pero que al mismo tiempo sean escalables y nos permitan una transición justa. Entre estas soluciones, encontramos las tecnologías de captura de CO₂ o los sumideros naturales de carbono.

Tecnologías de captura de dióxido de carbono (CAUC)

Hay varios tipos de tecnologías dentro del marco de captura, almacenamiento y uso de CO₂. Son las llamadas tecnologías CAUC.

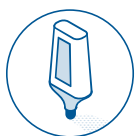
Cuando una central térmica, una planta siderúrgica o una cementera están funcionando, se genera CO₂ acompañado de un conjunto de gases. Debido a esto, el primer paso en el proceso de captura de CO₂ es separarlo del resto de gases cuya emisión a la atmósfera no tiene tanto riesgo (como el nitrógeno).

En el proceso de captura, existen diferentes opciones: utilizando filtros o membranas, un solvente que disuelve el CO₂, pero no los demás gases, o filtros similares a los que se pueden

tener en casa para depurar el agua que retienen el CO₂, pero dejan pasar el resto de los gases.

La elección de la tecnología más adecuada dependerá de cómo se produce ese CO₂, de las condiciones de temperatura, de presión o de concentración del dióxido de carbono. Una vez se captura, se realiza su transporte al lugar donde se vaya a almacenar o a usar.

Además de las tecnologías de captura de dióxido de carbono, orientadas a mitigar el impacto de las emisiones ya generadas, existen otras propuestas tecnológicas dedicadas a mitigar el efecto causado por dichas emisiones como es el calentamiento de la tierra.



Geoingeniería solar

La geoingeniería solar es un conjunto de propuestas para alterar el equilibrio radiativo de la Tierra reflejando más luz solar hacia el espacio, con el objetivo de reducir los riesgos a largo plazo de la acumulación de dióxido de carbono.

Entre los distintos enfoques de la geoingeniería solar se baraja:

- La construcción de un escudo en el espacio entre la Tierra y el Sol para bloquear la luz solar.
- Inyección de aerosoles en la estratosfera, como el ácido sulfúrico. Esto podría reducir las temperaturas y muchos otros riesgos climáticos de una manera bastante uniforme.
- Técnicas para evitar que los cirros delgados, un tipo de nube que tiende a calentar el planeta, sean menos frecuentes,
- Aumentar el brillo de las nubes marinas o hacer que la superficie terrestre sea más brillante añadiéndole reflectividad: por ejemplo, pintando los techos de blanco.

Sumideros naturales de carbono

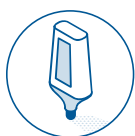
Los bosques y otros ecosistemas almacenan una gran cantidad de carbono por encima y por debajo del suelo. Lo más importante que podemos hacer es mantener en pie los bosques existentes y otros ecosistemas.

Los bosques contienen mucho carbono, no solo los árboles visibles, sino también el suelo y las raíces debajo de la tierra, por

lo que, por ejemplo, los humedales y las turberas almacenan una enorme cantidad de carbono. Los bosques de manglares, que son humedales con árboles, tienen algunas de las concentraciones más altas de carbono. Deberíamos mantener esos bosques y ecosistemas existentes, no solo porque almacenan carbono, sino porque lo hacen ya mismo. Además, los bosques albergan una gran cantidad de biodiversidad. Por estos motivos, es esencial mantener los ecosistemas existentes.

Complementariamente a la protección de los bosques, para aumentar la captación de CO₂ pueden realizarse proyectos de forestación y restauración ambiental, por ejemplo, en terrenos degradados por incendios o zonas agrícolas abandonadas. Este tipo de actuaciones deben

diseñarse considerando no solamente la captación de CO₂ si no también la creación de biodiversidad, seleccionando las especies más adecuadas en cada territorio.



Carbono azul

El carbono azul es todo el carbono que proviene de la vida en el océano. Es decir, el carbono que queda almacenado en los ecosistemas costeros y marinos, que incluye a hábitats, a especies e incluso a los procesos que facilitan la absorción de ese carbono atmosférico en el océano y se transportan hacia los sedimentos y aguas profundas.

Un ejemplo muy claro son los productores primarios que hacen fotosíntesis. Ellos cogen dióxido de carbono y nos dan oxígeno, y cuando sus cuerpos mueren, una parte del carbono es consumido por la cadena trófica y vuelve a la atmósfera por la respiración, pero otra gran parte queda secuestrada o almacenada en el océano y por las corrientes llega al océano profundo y se queda allí guardado.

El 83% del ciclo del carbono global tiene lugar en los océanos. Y la mitad de todo este carbono que se almacena en el océano se encuentra en los ecosistemas de la costa. Cuando se hace referencia al océano tendemos a pensar en las profundidades del mismo, pero, sin embargo, el mayor almacenamiento de carbono azul se realiza en los ecosistemas, a pesar de cubrir solo un 2% de toda la superficie del océano.



Fuentes consultadas para complementar y profundizar

Soluciones naturales y tecnológicas para frenar el cambio climático, BBVA Openmind
https://www.bbvaopenmind.com/wp-content/uploads/2022/07/BBVA-OpenMind-Cuaderno-de-Sostenibilidad-2_Soluciones-naturales-y-tecnologicas.pdf

Negative emissions technology needed to remove CO₂ and head off climate change, Chemistry World, 2018 <https://www.chemistryworld.com/news/negative-emissions-technology-needed-to-remove-co2-and-head-off-climate-change/3009710.article>

2.3 Consumo de agua y materias primas

2.3.1 La sobreexplotación de los recursos naturales

En las últimas cinco décadas nuestra población mundial se ha duplicado, la extracción de materiales se ha triplicado y el producto interno bruto se ha cuadruplicado. La extracción y el procesamiento de los recursos naturales se ha acelerado en las dos últimas décadas y es responsable de más del 90% de nuestra pérdida de biodiversidad, del estrés hídrico y de aproximadamente la mitad de los impactos relacionados con el cambio climático.

En los últimos 50 años no hemos experimentado una sola vez un período prolongado de estabilización ni una disminución en la demanda mundial de materiales:

- Metales. El crecimiento del 2,7% anual en el uso de minerales metálicos desde 1970 refleja la importancia de los metales en la construcción, la infraestructura, la manufactura y los bienes de consumo.
- Minerales no metálicos. La arena, la grava y la arcilla representan la mayor parte de los minerales no metálicos utilizados. El incremento en el uso de estos minerales, que pasó de 9 mil millones a 44 mil millones de toneladas entre 1970 y 2017.
- Combustibles fósiles. El uso de carbón, petróleo y gas natural aumentó de 6.000 millones de toneladas en 1970 a 15.000 millones en 2017. Sin embargo, la proporción de la extracción mundial se produjo a la inversa, disminuyendo de un 23% en 1970 al 16% en 2017.
- Biomasa. El tonelaje total de la demanda de biomasa aumentó de 9 mil millones a 24 mil millones de toneladas entre 1970 y 2017, principalmente en las categorías de cultivos y pastoreo.

- Agua. En la segunda mitad del siglo XX la extracción mundial de agua para la agricultura, las industrias y los municipios creció a un ritmo más rápido que la población humana. Entre 1970 y 2010 la tasa de crecimiento de extracción de agua disminuyó, pero aun así pasó de 2.500 km³ a 3.900 km³ por año. Entre 2000 y 2012 el 70% del agua extraída en el mundo se utilizó para la agricultura, principalmente para el riego, mientras que las industrias extrajeron el 19% y los municipios el 11%.
- Tierra. Entre 2000 y 2010 el área total de tierras para cultivos en el mundo aumentó de 15,2 millones de km² a 15,4 millones de km². El área de tierras de cultivo disminuyó en Europa y Norteamérica, pero aumentó en África, Latinoamérica y Asia. El área global de pastos disminuyó de 31,3 millones de km² a 30,9 millones de km². África y Latinoamérica experimentaron una ligera pérdida neta de bosques mientras que las otras regiones del mundo tuvieron ligeros aumentos netos.

El agua como el recurso vital del planeta

El agua está en el epicentro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos, los ecosistemas y para la supervivencia de los seres humanos. El agua también forma parte crucial de la adaptación al cambio climático, y es un decisivo vínculo entre la sociedad y el medioambiente.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 6 trata de “garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”. Las metas de este objetivo cubren tanto los aspectos del ciclo del agua como los sistemas de saneamiento.

Los principales desafíos del agua son:

- 2.200 millones de personas carecen de acceso a servicios de agua potable gestionados de forma segura. (OMS/UNICEF 2019).
- Casi 2.000 millones de personas dependen de centros de atención de la salud que carecen de servicios básicos de agua (OMS/UNICEF 2020).

- Más de la mitad de la población – 4.200 millones de personas – carecen de servicios de saneamiento gestionados de forma segura (WHO/UNICEF 2019).
- 297.000 niños y niñas menores de cinco años mueren cada año debido a enfermedades diarreicas causadas por las malas condiciones sanitarias o agua no potable (OMS/UNICEF 2019).
- 2.000 millones de personas viven en países que sufren escasez de agua (UN 2019).
- El 90% de los desastres naturales están relacionados con el agua (UNISDR).
- El 80% de las aguas residuales retornan al ecosistema sin ser tratadas o reutilizadas (UNESCO, 2017).
- Alrededor de dos tercios de los ríos transfronterizos del mundo no tienen un marco de gestión cooperativa (SIWI).
- La agricultura representa el 70% de la extracción mundial de agua (FAO).

Como hemos visto, el agua es uno de los recursos naturales más afectados. Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), la tendencia gradualmente creciente del estrés hídrico mundial a lo largo de los últimos veinte años

refleja un estrés cada vez mayor en varias zonas del mundo. Se habla de estrés hídrico cuando la demanda de agua es más alta que la cantidad disponible durante un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad.

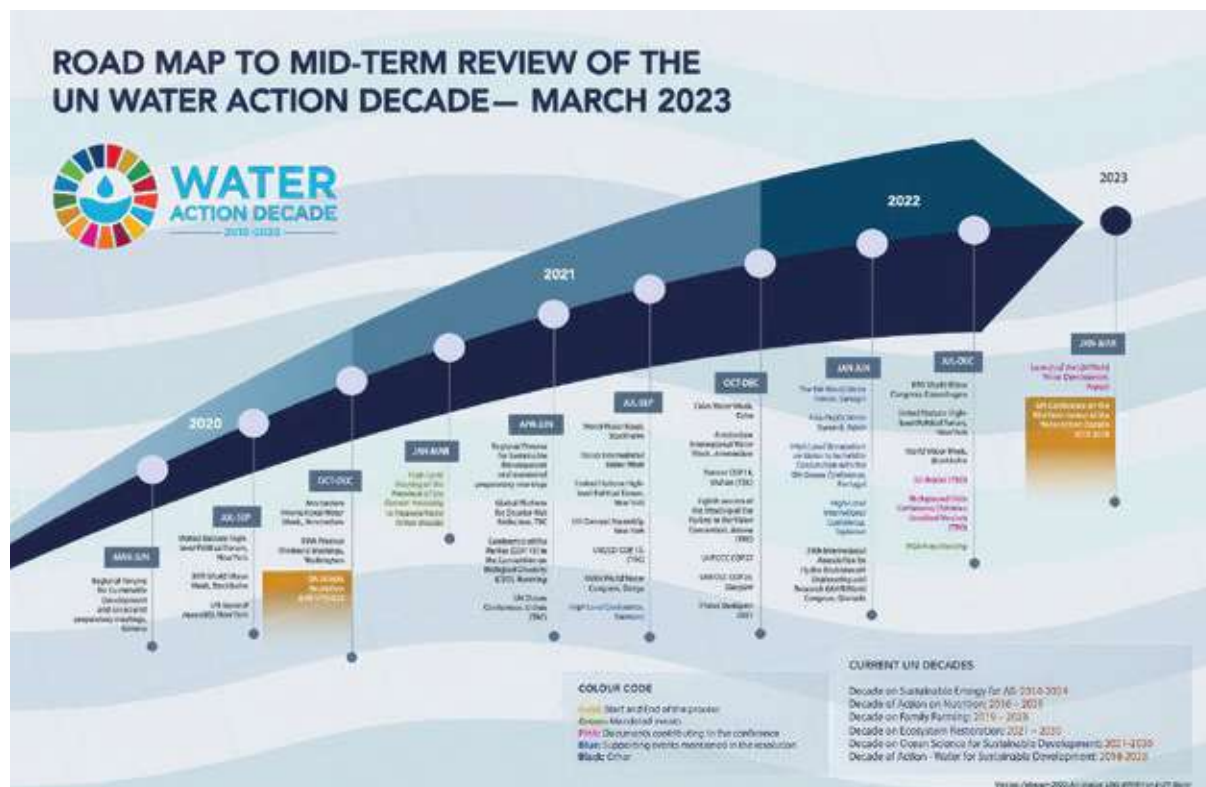
Uno de los hitos más importantes ha sido el reconocimiento por parte de la Asamblea General de las Naciones Unidas del **derecho humano al agua y al saneamiento**, en julio de 2010. La Asamblea reconoció el derecho de todos los seres humanos a tener acceso a una cantidad de agua suficiente para el uso doméstico y personal (entre 50 y 100 litros de agua por persona y día), segura, aceptable y asequible (el coste del agua no debería superar el 3% de los ingresos del hogar), y accesible físicamente (la fuente debe estar a menos de 1.000 metros del hogar y su recogida no debería superar los 30 minutos).

Cada año, se celebran dos días internacionales de la ONU sobre agua y saneamiento: el **Día Mundial del Agua** (22 de marzo), y el **Día Mundial del Retrete** (19 de noviembre). Ambas celebraciones van acompañadas de una campaña pública que trata de crear conciencia sobre los problemas del agua, centrándose en un tema particular y tratando de inspirar actuaciones.



Ver en Anexo
más información sobre
[Días mundiales y ODS](#)

La iniciativa Action Water Decade de Naciones Unidas se centra en el agua durante una década para avanzar en el desarrollo sostenible. Diez años para insuflar aire nuevo a los programas y proyectos existentes.



Las industrias que consumen más agua son:

- Las industrias químicas. Representan un 25%, la mayor parte de estas instalaciones disponen de sistemas de recuperación, que permiten la reutilización en proceso del agua depurada.
- Las industrias agroalimentarias y explotaciones ganaderas. Representan un 17%. Las industrias de bebidas incorporan el agua consumida como parte de su producto final.
- La producción y transformación de metales. Suponen un 13% de la cantidad de agua que consume la industria. Las instalaciones de fabricación de elementos de acero consumen gran cantidad de agua debido a los sistemas de refrigeración utilizados.

- Las industrias minerales. Con un 7% consumen agua en el proceso productivo para la generación de aguas de molienda y también por la alimentación de sistemas de refrigeración.
- Las industrias relativas al consumo de disolventes orgánicos utilizan un 5% del consumo total de agua.

Un futuro sostenible no ocurrirá espontáneamente. Sin una acción urgente y concertada, el rápido crecimiento y el uso ineficiente de los recursos naturales seguirán creando presiones insostenibles sobre el medioambiente.



Vídeo recomendado

Escasez de agua en el mundo: 8 causas y sus consecuencias

Ecología verde: <https://www.youtube.com/watch?v=k0Wthd5Tp7Y>

La huella ecológica

La huella ecológica es un indicador que se utiliza para conocer el grado de impacto de la sociedad sobre el planeta. De esta forma, mide el impacto generado por la demanda de recursos naturales existentes en el planeta, en relación con la capacidad que tiene este para regenerar estos recursos.

El concepto fue acuñado en 1996, a propuesta del economista William Rees y del ecologista Mathis Wackernagel, como una medición para determinar cuánta área de tierra y agua biológicamente productiva requiere un individuo, una población o una actividad para producir todos los recursos que consume y absorber los desechos que genera, utilizando la tecnología y las prácticas de gestión de recursos predominantes. La Huella Ecológica se suele medir en hectáreas globales. Debido a que el comercio es global, la Huella de un individuo o país incluye tierra o mar de todo el mundo. Sin más especificación, la huella ecológica generalmente se refiere a la huella ecológica del consumo.

Tipos de áreas de biocapacidad

Los aproximadamente 12.200 millones de hectáreas de tierra y agua biológicamente productivas de la Tierra se clasifican en cinco tipos. Los cinco tipos de áreas de biocapacidad que soportan los 6 tipos de demanda de la Huella son tierras de cultivo; tierras forestales; tierra de pastoreo; pesquerías y terreno edificado.

En línea con la huella ecológica de una sociedad, cabe destacar el **Día de la Deuda Ecológica**, también conocido en inglés como *Earth Overshoot Day*, o el *Ecological Debt Day*. Es el día del año (día del calendario) en que la humanidad ha agotado el presupuesto de la naturaleza

para el año. Durante el resto del año, la sociedad opera en un exceso ecológico al reducir las reservas de recursos locales y acumular dióxido de carbono en la atmósfera. Es decir, cuando el consumo de recursos naturales por parte de los seres humanos excede la capacidad terrestre de regenerar tales recursos ese mismo año.

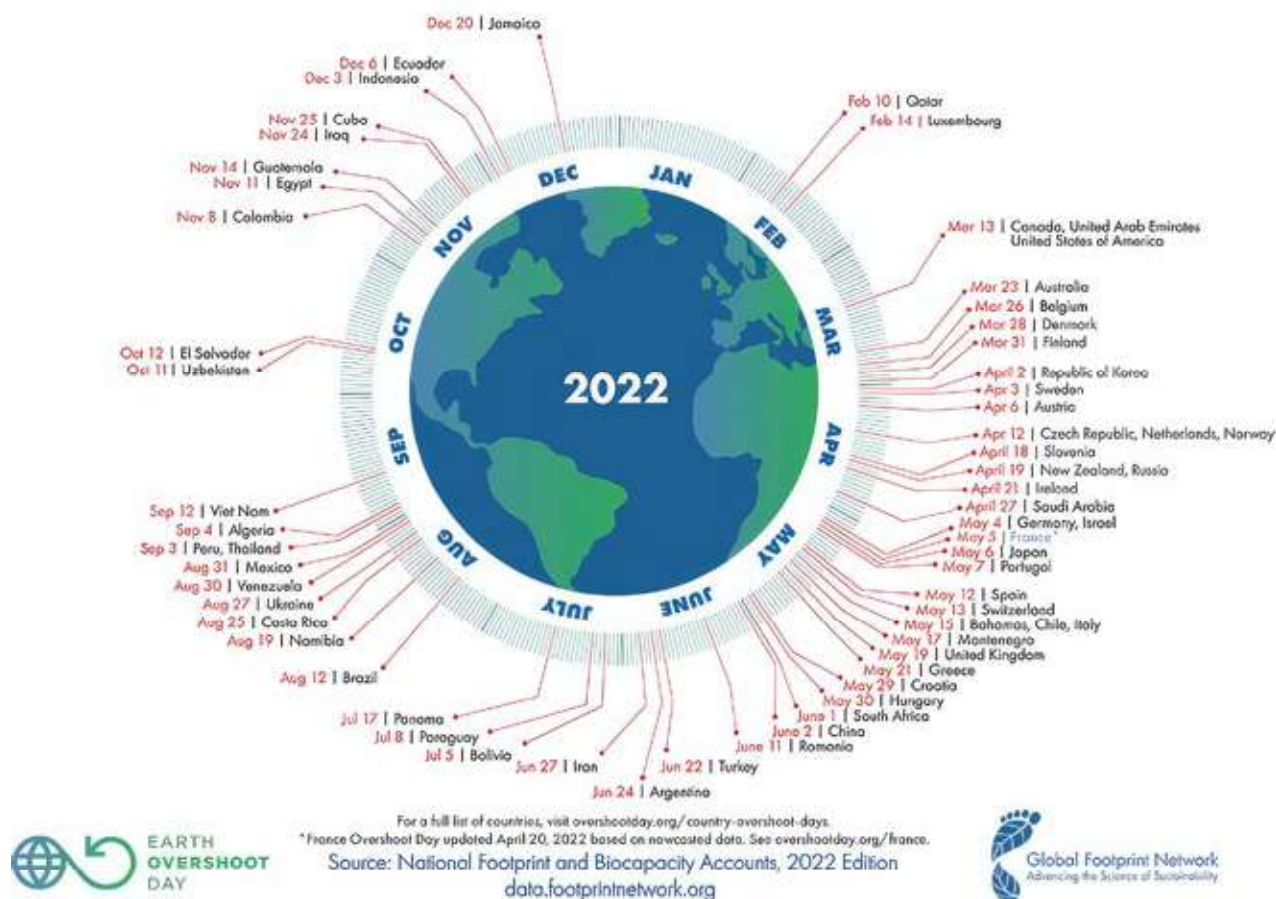


Según el informe de Red de Huella Global, que señala el día de 'sobrecapacidad' de la Tierra en cada país, España agotó el jueves 12 de mayo de 2022 todos sus recursos naturales disponibles para usar a lo largo de todo el año, por lo que entró en números rojos al acabar con su presupuesto ecológico.

Según el informe del WWF, España necesitaría 2,8 planetas para afrontar su demanda de recursos naturales, tras agotarlos todos antes de llegar a la mitad de mayo. El ritmo de consumo de un español medio ha generado un déficit ecológico de 2,8 hectáreas globales por persona

Country Overshoot Days 2022

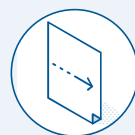
When would Earth Overshoot Day land if the world's population lived like...



2.4 Economía circular en la gestión como alternativa al modelo lineal

En este contexto de sobrecapacidad y agotamiento de los recursos de la Tierra, los ODS proporcionan el marco de trabajo para cambiar esta situación mediante dos vías principales:

- Un uso más eficiente de los recursos: mediante la **desvinculación de los impactos ambientales con el crecimiento económico**, como anteriormente se ha referido.



Más información

Ver concepto de desvinculación en el apartado [1.3.3 Desacoplar crecimiento económico del consumo de recursos](#)

A través de la implementación del consumo y la producción sostenibles integrando técnicas de **economía circular**.

2.4.1 Concepto de economía circular

La economía circular es un modelo de producción y consumo que implica compartir, alquilar, reutilizar, reparar, renovar y reciclar materiales

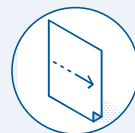
y productos existentes todas las veces que sea posible para crear un valor añadido. De esta forma, el ciclo de vida de los productos se extiende.

En la práctica, implica reducir los residuos al mínimo. Cuando un producto llega al final de su vida, sus materiales se mantienen dentro de la economía siempre que sea posible. Estos pueden ser productivamente utilizados una y otra vez, creando así un valor adicional.



Fuente: Ilustración sobre los pasos que dan forma a una economía circular. Parlamento Europeo.

Contrasta con el modelo económico lineal tradicional, basado principalmente en el concepto “extraer, producir, usar y tirar”, que requiere de grandes cantidades de materiales y energía baratos y de fácil acceso. Es un modelo que descartaría la obsolescencia programada (producción de productos con un periodo de vida útil prefijado de antemano para fomentar la venta del siguiente modelo), contra la que el Parlamento Europeo está tomando medidas.



Más información

sobre la jerarquía de residuos en el apartado [2.5.5 Los residuos sólidos](#)

Cambiar a un modelo basado en la economía circular permitiría enfrentar los desafíos ambientales, sociales y económicos anteriormente descritos. Este cambio de modelo contribuiría directamente al ODS 12, en concreto, a su meta 12.5:



“12.5 De aquí a 2030, reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización”.

Avanzar hacia una economía más circular generaría también nuevas oportunidades, según datos del Parlamento Europeo (2022):

- Ahorro económico a las empresas de la UE a través de medidas como la prevención de residuos, el diseño ecológico y la reutilización; así como la reducción del total anual de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducción de la presión sobre el medioambiente, mejora de la seguridad de suministro de materias primas, estimulación de la competitividad, la innovación, el crecimiento económico y el empleo.
- Ahorros económicos a los consumidores al proporcionarles productos más duraderos e innovadores con una mayor calidad de vida.

2.4.2 Plan de Acción de Economía Circular de la Unión Europea

En 2020, continuando con los esfuerzos iniciados en 2015, la Comisión Europea adoptó un nuevo Plan de Acción sobre la Economía Circular, que constituye uno de los principales elementos incluidos en el Pacto Verde Europeo (European Green Deal), el nuevo programa de Europa para el crecimiento sostenible.

Este nuevo Plan de Acción de 2020 incluye iniciativas a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos, partiendo desde su diseño, y pretende promover la generalización de los procesos de economía circular, logrando con ello productos más sostenibles, la reducción de residuos y el empoderamiento de los ciudadanos (como el “derecho a reparar”). Se presta especial atención a los sectores intensivos en recursos, como la electrónica y las TIC (Tecnologías de la Información y de la Comunicación), los plásticos, los textiles o la construcción.

En febrero de 2021, el Parlamento votó el plan de acción sobre economía circular y demandó medidas adicionales para avanzar hacia una economía neutra en carbono, sostenible, libre de tóxicos y completamente circular en 2050. Estas deben incluir leyes más estrictas sobre reciclaje y objetivos vinculantes para 2030 de reducción de la huella ecológica por el uso y consumo de materiales.

En marzo de 2022, la Comisión dio a conocer el primer paquete de medidas para acelerar la transición hacia una economía circular, como parte del plan de acción de economía circular.