

Hoja de ruta global para la descarbonización del sector de la salud

Una herramienta de navegación para lograr cero emisiones con resiliencia climática y equidad en salud

Salud sin Daño

Serie Cuidado de la salud climáticamente inteligente

Anexo A

Libro verde número dos



Anexo A: informe técnico

Índice

Introducción	2
Derivación de una línea de base de emisiones para 2014	3
Introducción	3
Hallazgos	3
Anestésicos inhalables e inhaladores de dosis medida	5
Revisión de resultados	6
Comparación con el Reino Unido por medio de los resultados publicados por el NHS	7
Estados Unidos y el estudio de Eckelman <i>et al.</i>	13
Comprobaciones adicionales de los resultados nacionales	14
Metodología para el análisis de la cadena de suministro	17
Análisis de rutas estructurales	17
Categorización y presentación de los datos de emisiones	20
Ampliación de la cobertura de países	26
Presupuestos de emisiones del sector de la salud	28
Introducción	28
Metodología	29
Presupuesto de emisiones	29
Presupuesto global de emisiones	29
Presupuesto global de emisiones para el sector de la salud	31
Trayectorias de emisiones	32
Resultados nacionales agrupados por trayectoria	35
Crecimiento futuro del sector de la salud	38
Fuentes de datos	38
Método	38
Conclusiones	38
Trayectorias de descarbonización en la economía mundial	43
Visión general	43
Fuentes de datos	44
Perspectivas sobre tecnología energética (informe de la IEA)	44
Emisiones de la agricultura	45
Trayectorias de descarbonización	45

El futuro de las emisiones del sector de la salud	51
Combinación de la proyección de crecimiento y las tendencias de descarbonización	51
Modelización de intervenciones sobre las emisiones	51
Intervenciones	52
Reducción de las emisiones derivadas de gases anestésicos e IDM	54
Eficiencia de los sistemas de salud	55
Asignación de la reducción de emisiones a vías de acción y acciones de alto impacto	57
Cálculo del potencial de reducción de emisiones de las vías de acción	57
Cálculo del potencial de reducción de emisiones de las acciones de alto impacto	59
Caracterización de la brecha de emisiones	60
Estimación de las emisiones procedentes de combustibles fósiles	60
Intervenciones en salud	60
Supuestos y limitaciones principales	63

Introducción

Este informe técnico detalla los métodos analíticos que se utilizaron para elaborar la *Hoja de ruta global para la descarbonización del sector de la salud*.

A continuación se presenta la metodología utilizada para los siguientes componentes:

- Modelización de la línea base
- Derivación y distribución de un presupuesto global de emisiones para el sector de la salud
- Proyección de tendencias de descarbonización y crecimiento para la predicción de emisiones futuras
- Modelización del impacto de acciones clave de descarbonización

Además, se incluye una sección con los principales supuestos y limitaciones que se tuvieron en cuenta para el estudio.

Derivación de una línea de base de emisiones para 2014

Introducción

El objetivo de este aspecto del estudio fue obtener información sobre las emisiones de alcance 3 del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHGP, por sus siglas en inglés) procedentes del sector de la salud a nivel global, más allá de los hallazgos del Libro verde número uno (en lo sucesivo denominado Libro verde)¹. El método elegido fue el análisis de rutas estructurales (SPA, por sus siglas en inglés), un enfoque avanzado para la creación de modelos insumo-producto (IO, por sus siglas en inglés). Esta sección describe la metodología que se empleó para llevar a cabo este análisis y compara en detalle sus resultados con los de un estudio con revisión por pares acerca de la huella del sector de la salud del Reino Unido, para terminar con un examen más amplio de los resultados generales y su relación con otras publicaciones sobre huellas nacionales.

Hallazgos

La huella global de las emisiones del sector de la salud se presenta desglosada en categorías de la cadena de suministro definidas específicamente para este estudio, además de las categorías y subcategorías de alcance 3 del GHGP establecidas en la sección 0, la Figura A.1 y la Figura A.3 respectivamente.

Salud sin Daño

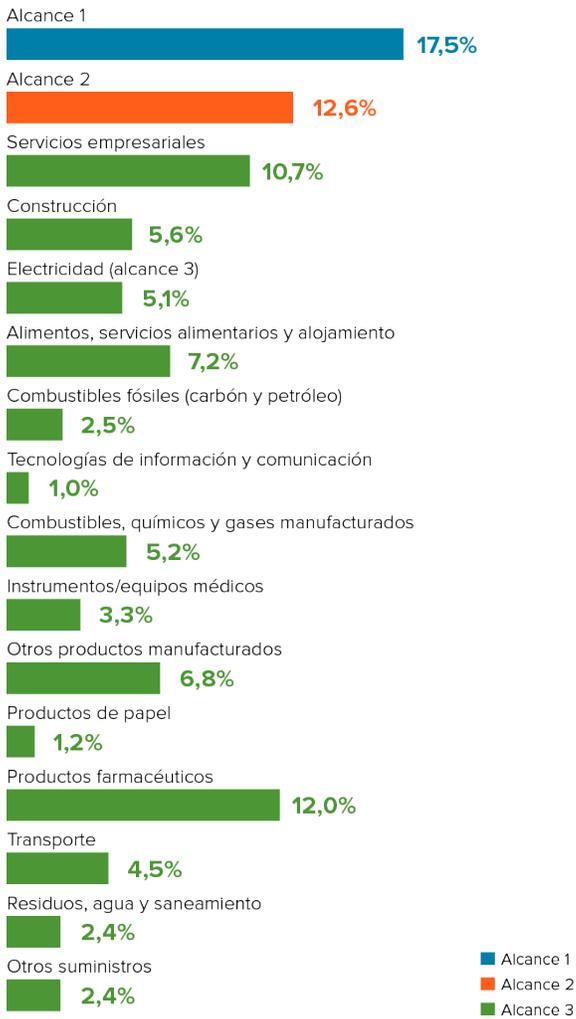


Figura A.1. Huella global de las emisiones del sector de la salud, según categorías de la cadena de suministro definidas para este estudio.

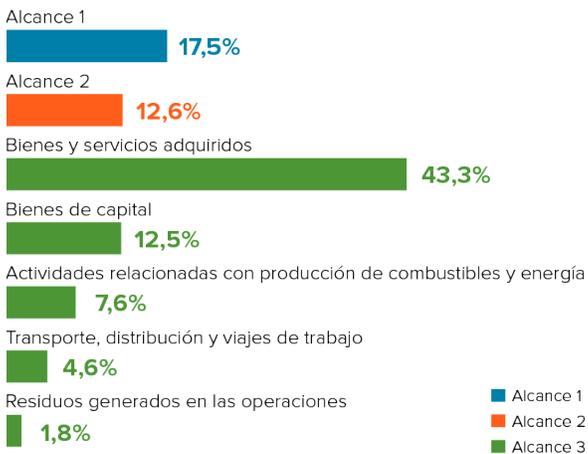


Figura A.2. Huella global de las emisiones del sector de la salud, según las categorías y subcategorías de la cadena de suministro definidas en el GHGP.

Servicios sanitarios adquiridos: emisiones de segundo nivel, agregadas al alcance 1; emisiones eléctricas de tercer nivel, agregadas al alcance 2; todos los demás impactos, agregados al alcance 3

Cuando las organizaciones de salud compran y venden servicios sanitarios entre sí, estas transacciones se registran en el modelo de insumo-producto como flujos que van del sector de salud y asistencia social al sector de salud y asistencia social. Esto significa que los servicios sanitarios aparecen en la cadena de suministro del sector de la salud. Una limitación de la metodología utilizada en el Libro verde número uno era que las emisiones de alcance 1 solo podían estimarse por medio del modelo de insumo-producto utilizando como sustituto las emisiones de nivel 1 del sector de salud y asistencia social. Por lo tanto, esta estimación considera que las emisiones de las organizaciones de salud incluidas en la cadena de suministro son de alcance 3, como lo serían para cualquier proveedor sanitario que adquiriera esos servicios (por ejemplo, la categoría “otros servicios sanitarios adquiridos” en la huella del NHS). Al determinar la huella climática total del sistema de salud, todas las emisiones de las organizaciones de salud deberían ser consideradas de alcance 1, independientemente de dónde se produzcan en la cadena de suministro. El SPA permite transferir estas emisiones del alcance 3 al alcance 1, lo que modifica ligeramente la estimación de las emisiones de alcance 1 del sector de la salud (para el Reino Unido, el alcance 1 aumenta del 12,3 % al 13,8 %, y el alcance 3 se reduce en la misma proporción).

Anestésicos inhalables e inhaladores de dosis medida

Los gases utilizados para anestesia son potentes gases de efecto invernadero. Entre los anestésicos de uso común se encuentran el óxido nitroso y los gases fluorados sevoflurano, isoflurano y desflurano. El potencial de calentamiento global (PCG) de estos gases oscila entre los 130 kg CO₂ eq/kg (sevoflurano) y los 2540 kg CO₂ eq/kg (desflurano). Actualmente, la mayoría de estos gases ingresa a la atmósfera después de su uso. Los inhaladores de dosis medida (IDM), por su parte, utilizan hidrofluorocarbonos como propelentes. Estos gases tienen un potencial de calentamiento que oscila entre 1480 y 2900 veces el del dióxido de carbono.

Estas emisiones directas no están incluidas en la base de datos mundial insumo-producto (WIOD, por sus siglas en inglés), y solo se dispone de datos limitados con respecto a la escala de la huella que les corresponde. Sin embargo, se consideró que era importante incluir en este estudio una aproximación de la magnitud a escala mundial de estas emisiones adicionales para explorar formas de mitigar su contribución a la emergencia climática.

Para los gases anestésicos, se utilizaron los siguientes conjuntos de datos:

- Óxido nitroso: los países del Anexo 1 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) proveen información sobre las emisiones derivadas del uso de óxido nitroso en el entorno sanitario², que sumaron 7,0 Mt CO₂ eq. En 2014,

estos países representaban en conjunto el 15 % de la población mundial, el 57 % del PIB mundial y el 73 % del gasto global en salud.

- Gases fluorados: un estudio de Vollmer *et al.*³ reveló que las emisiones globales a la atmósfera relacionadas con este tipo de anestésicos alcanzaron $3,1 \pm 0,6$ Mt CO₂ eq en 2014. Este estudio no diferenció entre las emisiones procedentes de la atención médica humana y las aplicaciones veterinarias, y no fue posible reunir pruebas suficientes para establecer la proporción asociada a cada una de ellas. Por lo tanto, se decidió informar la huella completa de las emisiones de estos gases.

Para los IDM, se cuenta con la siguiente información:

- Los países del Anexo 1 de la CMNUCC proveen información sobre las emisiones relacionadas con el uso de IDM², que sumaron 6,9 Mt CO₂ eq.

A partir de estos datos, que corresponden a los sistemas de salud más grandes y de mayores recursos a nivel mundial, se estimó el orden de magnitud general de la huella global. Dado que no se contó con datos globales acerca del uso de óxido nitroso y de IMD, esta estimación está por debajo del valor real.

Revisión de resultados

Tras llevar a cabo el SPA para los 44 países y regiones incluidas en la WIOD, se emprendió un proceso de validación de varias etapas. Inicialmente, los resultados se contrastaron con las conclusiones de la evaluación anterior, a fin de garantizar la coherencia con nuestro trabajo previo basado en la WIOD.

A continuación, se llevó a cabo una comparación a nivel nacional para contrastar la categorización de las emisiones obtenida por medio del SPA con los resultados del Reino Unido publicados por la Unidad de Desarrollo Sostenible (SDU, por sus siglas en inglés) del NHS. El objetivo de esta comparación era evaluar la distribución de las emisiones de la cadena de suministro frente a los resultados observados anteriormente. Se eligió el Reino Unido debido a la labor pionera del NHS en cuanto a la caracterización y comunicación detallada de las emisiones. Además, las categorías utilizadas por el NHS para sus informes fueron el punto de partida para las categorías de este estudio.

Las y los principales académicos de esta disciplina destacan la complejidad de establecer comparaciones significativas entre las cifras totales de los distintos sectores económicos calculadas con métodos insumo-producto (IO por sus siglas en inglés). Los datos subyacentes al modelo IO están calibrados para garantizar un equilibrio del conjunto con valores esperados de terceros; poco se hace para garantizar coincidencia a nivel de los sectores económicos

individuales. Por lo tanto, este ejercicio de validación considera que un margen de aproximadamente +/-40 % a nivel sectorial representa un buen grado de coincidencia. Los sectores que no alcanzaron una buena coincidencia fueron identificados para investigaciones posteriores.

Además de considerar la evaluación del Reino Unido, se realizaron algunos controles y comparaciones más generales relacionados con el desglose de las emisiones per cápita entre los países del modelo. Se tomó nota de los países cuyas emisiones per cápita diferían del conjunto de datos más amplio y, en la medida de lo posible, se cotejaron con datos externos.

Comparación con el Reino Unido por medio de los resultados publicados por el NHS

Nuestra modelización abarca las emisiones del sector de la salud del Reino Unido durante 2014. Con el fin de establecer una comparación con los datos del NHS correspondientes al sector de la salud y la asistencia social, se consideraron los resultados de las prestaciones sanitarias y la salud pública y se los amplió en función de la población para lograr una representación nacional. Por otro lado, los datos de gasto del Sistema de Cuentas de Salud indican que la atención sanitaria privada representó el 20 % del gasto del sector de la salud del Reino Unido en 2014, por lo que se volvió a ampliar la escala de los resultados para dar cuenta de este hecho. Después de estos ajustes, y sobre la base del análisis del NHS, el cálculo de la huella del sector de la salud del Reino Unido en 2014 arrojó un total de 38,9 Mt CO₂ eq. Nuestra modelización determinó que dicha huella fue de 42,5 Mt CO₂ eq, lo que representa una diferencia del 9 % entre los totales generales por ambos modelos.

Para evaluar las emisiones, el NHS empleó una combinación de estudios ascendentes y descendentes a partir de un modelo de insumo-producto elaborado por la Universidad de Leeds y ajustado a la economía del Reino Unido⁴. Esto le permitió modelizar dicha economía con una mayor especificidad sectorial que el modelo WIOD, que se basa en una estructura global dividida en 56 sectores. Otra diferencia a destacar es que el modelo de insumo-producto que utilizó el NHS incluía una categoría individual para el sector de la salud, mientras que la WIOD combina las actividades de salud y asistencia social en una sola categoría. El método empleado en este estudio garantiza que la huella informada por la WIOD corresponda al sector de la salud, y para muchas categorías la distribución será la misma; sin embargo, para otras como el equipo médico y los servicios sanitarios adquiridos dentro del mismo sector, es posible que se observen discrepancias en el desglose por categorías. Dada la coincidencia observada en los totales generales de los modelos y la estrecha concordancia entre muchas de las categorías de compras clave, esta diferencia se considera aceptable cuando se tienen en cuenta los distintos enfoques de modelización y el equilibrio entre especificidad sectorial y cobertura geográfica que se buscó al seleccionar la WIOD para este estudio.

El NHS proporciona un desglose detallado de sus emisiones operativas y de la cadena de suministro. El estilo característico que utiliza este organismo para la categorización y

presentación de informes está ampliamente reconocido como modelo a seguir en el sector, y constituyó la base del sistema de categorización elegido para informar los resultados de este estudio. Los resultados del SPA se combinaron para que se correspondieran con el sistema de clasificación del NHS, y para ello se tomó como referencia la última actualización de la huella publicada por ese organismo⁵. En la Figura A.3 se muestra la comparación resultante, y en las páginas siguientes se incluyen comentarios sobre cada categoría. En términos generales, el desglose de ambos modelos es similar, y las emisiones aparecen concentradas en las principales categorías de compras, como las de servicios empresariales y productos farmacéuticos. Estos resultados, y la estrecha coincidencia de las cifras totales, permiten confiar en la precisión del análisis SPA en lo que respecta a su aplicación al Reino Unido.

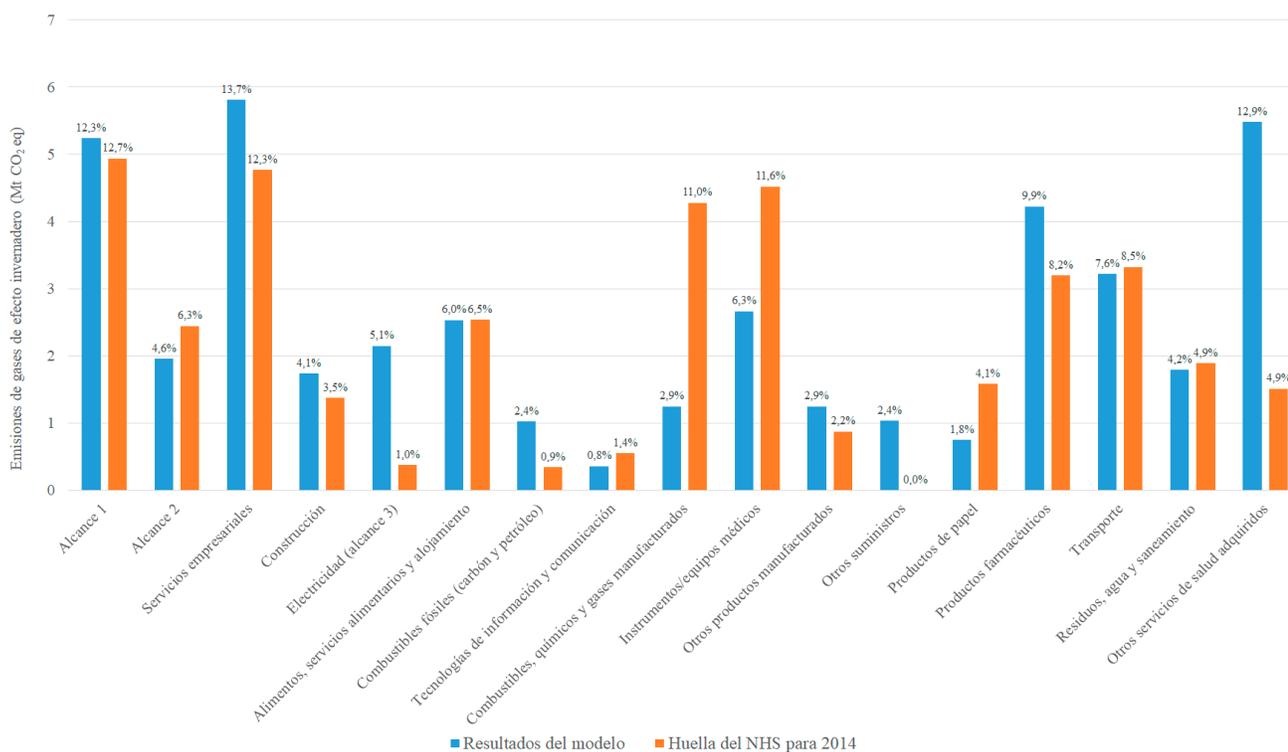


Figura A.3. Comparación entre las emisiones del sector de la salud del Reino Unido a partir de la modelización de este estudio y los desgloses reportados por el NHS para 2014. Las emisiones se muestran en Mt CO₂ eq, y se incluye la contribución porcentual de cada categoría a la huella global. (ver si agregamos alojamiento en food and catering)

Emisiones de alcance 1

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	5236	12,3
SDU del NHS	4937	12,7

Los dos modelos presentan una gran coincidencia en cuanto a las emisiones de alcance 1. El modelo del NHS se basa en datos ascendentes para el uso y transporte de la energía, mientras que nuestra evaluación utiliza estimaciones descendentes. Por lo tanto, la coincidencia de valores permite asignar un alto grado de confianza al cálculo del SPA.

Emisiones de alcance 2

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	1953	4,6
SDU del NHS	2444	6,3

En el caso de las emisiones de alcance 2, nuestra modelización predice un valor inferior al que reporta el NHS a partir de datos ascendentes. Lo positivo es que la diferencia entre el valor de la WIOD y el de los datos ascendentes se encuentra dentro de nuestro margen esperado de coincidencia para los métodos IO (diferencia porcentual: -20 %).

Servicios empresariales

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	5808	13,7
SDU del NHS	4770	12,3

Los modelos muestran una buena coincidencia en cuanto a la categoría de servicios empresariales (diferencia porcentual: +22 %), que en ambos casos aparece como la categoría de mayor magnitud en la cadena de suministro. Al combinar las categorías de la WIOD para que se correspondieran con sus contrapartes del NHS, se observó que las categorías de “servicios de alojamiento” y “servicios alimentarios” del modelo IO del NHS aparecen resumidas en una única categoría en la WIOD: “servicios alimentarios y alojamiento”. En este estudio, dicha categoría está asignada al sector de servicios empresariales, mientras que el modelo del NHS asigna el componente “servicios alimentarios” a la categoría de “alimentos y servicios alimentarios”. Esto da como resultado un leve aumento en la categoría de servicios empresariales de nuestro modelo, lo que puede explicar la diferencia observada en la figura.

Construcción

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	1738	4,1
SDU del NHS	1374	3,5

Los modelos muestran coincidencia en esta categoría (diferencia porcentual: +26 %).

Electricidad

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	2148	5,1
SDU del NHS	372	1,0

Los modelos muestran una divergencia en esta categoría. En el modelo WIOD, el valor correspondiente a las emisiones de alcance 3 derivadas de la generación eléctrica comprende la totalidad de las emisiones que proceden de la producción de electricidad en la cadena de suministro. Esto incluye las emisiones generadas por actividades de alta intensidad, tales como la extracción y el procesamiento de combustibles fósiles. Esto contrasta con el reporte basado en datos ascendentes del NHS, en el cual las emisiones eléctricas de alcance 3 solo comprenden las pérdidas relacionadas con la transmisión y distribución de energía. El modelo WIOD no particulariza estas pérdidas, por lo que no es posible hacer una comparación directa. Por este motivo, es esperable que el modelo WIOD muestre un valor más alto para esta categoría.

Alimentos y servicios alimentarios

Modelo	Emisiones (ktCO ₂ e)	Proporción (%)
SPA	2534	6,0
SDU del NHS	2537	6,5

Los modelos muestran una buena coincidencia en esta categoría (diferencia porcentual: -0,2 %). El valor de la WIOD excluye las emisiones de los servicios alimentarios, ya que el modelo las combina internamente con las de los servicios empresariales. En el modelo del NHS, el sector de los servicios alimentarios tiene un valor de 0,7 Mt CO₂ eq, lo que significa que la coincidencia seguiría siendo alta incluso si hubiera sido posible alinear directamente las categorías de la WIOD y del NHS.

Combustibles fósiles (carbón y petróleo)

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	1019	2,4
SDU del NHS	338	0,9

Los dos modelos difieren en cuanto a la metodología utilizada, ya que el NHS reporta datos ascendentes sobre el consumo registrado. Esto sugiere que el valor de la WIOD para esta categoría está por encima del que le corresponde realmente al Reino Unido. Sin embargo, dada la baja magnitud de las emisiones de este sector, se considera que esto no tiene un impacto significativo en la validez del modelo.

Tecnologías de la información y la comunicación

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	357	0,8
SDU del NHS	552	1,4

Los modelos muestran una buena coincidencia en esta categoría (diferencia porcentual: -35 %).

Combustibles, productos químicos y gases manufacturados

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	1247	2,9
SDU del NHS	4277	11,0

Los modelos muestran una disparidad considerable en esta categoría. El modelo WIOD proporciona menos detalle a nivel sectorial, ya que la categoría representa un solo sector del esquema IO, frente a los ocho sectores que abarca el modelo del NHS. Esto aumenta la probabilidad de que los dos modelos IO estén considerando diferentes límites sectoriales y, por lo tanto, estén contabilizando las actividades de manera distinta.

Instrumentos/equipos médicos

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	2664	6,3
SDU del NHS	4520	11,6

El valor estimado por el modelo WIOD para las emisiones procedentes de la compra de instrumentos y equipos médicos es inferior al reportado por el modelo del NHS. Esto puede deberse a que el perfil de gasto en la WIOD corresponde a “actividades de salud y trabajo social”, mientras que el modelo del NHS se basa en un perfil IO, que distingue entre la demanda de los servicios sanitarios y los sociales. En el modelo IO utilizado por el NHS, la asistencia social destina una menor proporción de su gasto de capital a la compra de equipos sanitarios, en comparación con la atención de la salud. La combinación de estos sectores en la WIOD puede reducir el gasto modelizado en esta categoría de abastecimiento y, por lo tanto, el cálculo de emisiones resultante.

Otros productos manufacturados

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	1246	2,9
SDU del NHS	872	2,2

Los modelos muestran un grado de coincidencia razonable en esta categoría de bajas emisiones (diferencia porcentual: +43 %).

Productos de papel

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	747	1,8
SDU del NHS	1583	4,1

La WIOD estima un valor menor para las emisiones de esta categoría que el NHS. Sin embargo, dado que se trata de una categoría de bajas emisiones, se considera que esto no tiene un impacto significativo en la validez del modelo.

Productos farmacéuticos

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	4224	9,9
SDU del NHS	3195	8,2

Existe un buen grado de coincidencia entre los modelos para esta categoría de altas emisiones. La WIOD muestra una contribución levemente elevada en comparación con el valor del NHS (diferencia porcentual: +32 %).

Transporte

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	3217	7,6
SDU del NHS	3321	8,5

Existe un buen grado de coincidencia entre los modelos para esta categoría. La WIOD muestra una contribución levemente reducida en comparación con el valor del NHS (diferencia porcentual: -3 %).

Residuos, agua y saneamiento

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	1790	4,2
SDU del NHS	1887	4,9

Dado que el alcantarillado pertenece a una categoría distinta en la WIOD, se decidió combinar las categorías de “residuos y reciclaje” y “agua y saneamiento” utilizadas por el NHS a fin de realizar una comparación real entre ambos modelos. Al utilizar esta categoría consolidada, se observó un alto grado de coincidencia (diferencia porcentual: -5 %).

Otros suministros

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
--------	-----------------------------------	----------------

SPA	1068	2,4
SDU del NHS	0	0,0

El perfil de gasto establecido por el modelo del NHS para los sectores comprendidos en esta categoría (que abarca el comercio mayorista e incluye a los vehículos) devuelve un valor nulo, lo que merece una investigación más profunda. El modelo WIOD indica que estos sectores hacen una pequeña contribución al perfil de emisiones.

Otros servicios de salud adquiridos

Modelo	Emisiones (kt CO ₂ eq)	Proporción (%)
SPA	5507	13,0
SDU del NHS	1886	4,9

Los modelos muestran una divergencia considerable con respecto a esta categoría, que representa el gasto de las organizaciones del sector de la salud en bienes y servicios proporcionados por otras áreas del mismo sector. Esta diferencia se debe a la consolidación de los sectores de salud y asistencia social dentro de un mismo perfil de gasto en la WIOD. Según el modelo IO utilizado por el NHS, el 11 % del gasto total del sector de la salud en 2014 se destinó a otras áreas del sector de la salud, mientras que en el modelo WIOD, el sector de la atención de la salud humana y de asistencia social destinó el 30 % de su gasto a su propia categoría. Como consecuencia de la consolidación de los sectores de salud y asistencia social, la proporción del gasto total que le corresponde a esta categoría de la WIOD es mayor que la de su contraparte del modelo del NHS.

Estados Unidos y el estudio de Eckelman *et al.*

Una vez obtenidos los resultados finales de este estudio, se procedió a compararlos en detalle con los de un estudio publicado previamente acerca de la huella nacional de Estados Unidos⁶. Este análisis puso de relieve algunas disparidades con los resultados de nuestra modelización, que parecían tener relación con la escala de la intensidad de emisiones consideradas a partir del año base de 2008 en el estudio previo. Con posterioridad a este análisis, Eckelman *et al.* publicaron una actualización⁷ que reemplaza el estudio con el que se comparó originalmente nuestro modelo.

Esta actualización mostró una consonancia mucho más estrecha con nuestros resultados. La huella total reportada para 2014 fue de 518,6 Mt CO₂ eq, un valor que se encuentra dentro del 5 % de divergencia de las 546,5 Mt CO₂ eq estimadas por nuestro modelo. La actualización del estudio también separa las emisiones por alcances.

Alcance	Unidad	Nuestro estudio	Estudio nacional	Diferencia (%)	Los estudios muestran un buen grado de coincidencia en cuanto a la huella general del sector
Emisiones de alcance 1	Mt	118,3	35,3	-70 %	Existe una gran discrepancia entre las huellas de alcance 1 registradas en los dos estudios. Esto puede deberse a las diferentes fuentes de datos y los límites de los sistemas considerados.
Emisiones de alcance 2	Mt	81,8	62,4	-24 %	El alcance 2 representa una proporción similar de la huella en ambos estudios (12 % y 15 %).
Emisiones de alcance 3	Mt	346,3	420,9	22 %	Nuestro estudio tiene un valor inferior para el alcance 3. El desequilibrio entre los alcances 1 y 3 puede estar relacionado con los diferentes métodos y fuentes de datos utilizados, que dan lugar a una asignación diferente de las emisiones entre los alcances.

Tabla A.1. Comparación entre el desglose por alcance producido por nuestro modelo y el informado en el estudio actualizado sobre la huella nacional de EUA.

Comprobaciones adicionales de los resultados nacionales

Además de los análisis descriptos en las secciones anteriores, se examinó el conjunto de resultados desde una perspectiva más amplia con el fin de identificar tendencias y áreas potenciales de divergencia. Se investigaron las emisiones per cápita de los países del modelo en cada una de las categorías del SPA. Para cada sector se crearon histogramas que permiten visualizar el rango en términos de valores per cápita. En la Figura A.4 y la Figura A.5 se muestran ejemplos correspondientes a “servicios empresariales” y “productos farmacéuticos”, respectivamente.

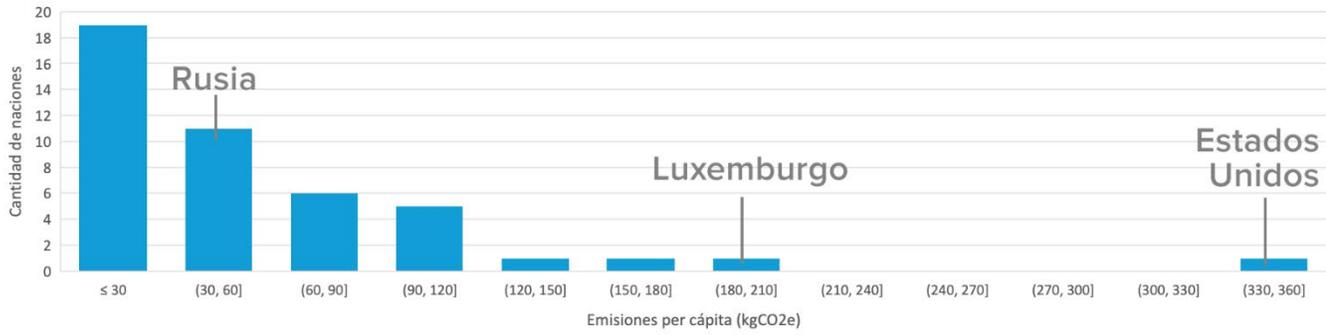


Figura A.4. Distribución de las emisiones per cápita asociadas a los servicios empresariales adquiridos por el sistema nacional de salud. Se indican a modo de ejemplo las posiciones de Rusia, Luxemburgo y Estados Unidos.

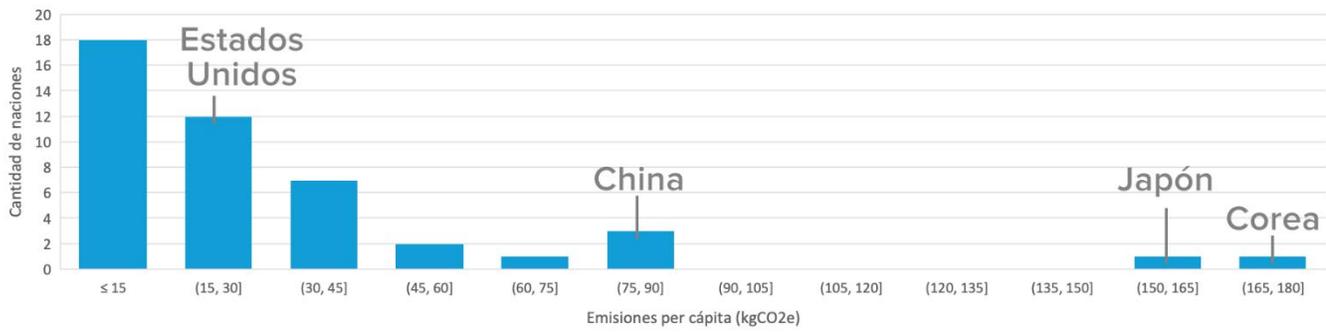


Figura A.5. Distribución de las emisiones per cápita asociadas a los productos farmacéuticos adquiridos por el sistema nacional de salud. Se indican a modo de ejemplo las posiciones de Estados Unidos, China, Japón y Corea.

Después de trazar estas distribuciones para cada categoría, se generó un mapa de calor (Figura A.6) para evaluar visualmente la variación general de los valores observados en todo el modelo. Se marcaron en naranja las emisiones per cápita que mostraban una diferencia de magnitud considerable con respecto a las observadas en otros países, para su posterior investigación. Se procuró identificar causas y razones que explicaran estas diferencias a partir de los datos disponibles. En el caso de Rusia y Turquía, el equipo de la WIOD detectó una carencia de registros nacionales fiables para la construcción de sus tablas de insumo-producto⁸, lo que puede haber causado algunas divergencias en los resultados del modelo. Los países cuyas huellas nacionales estaban disponibles en la literatura fueron objeto de comparaciones adicionales, y estos resultados se destacaron en el gráfico con un marco rectangular naranja. Estos parámetros de comparación adicionales se muestran en la **Error! Reference source not found.**

	Aspectos evaluados	Unidad	Este estudio	Otro estudio	Diferencia	Comentario
	Productos farmacéuticos	Mt	113	173	54 %	El otro estudio presenta una huella farmacéutica considerablemente mayor; los desembolsos de particulares parecen tener un papel significativo. Se recomienda un nuevo estudio para investigar las emisiones farmacéuticas en China.
	Alcance 1	Mt	41,0	50,4	23 %	Nuestro alcance 1 es más pequeño a pesar de una mayor huella total.
Australia ¹¹	Emisiones totales del sector de la salud	Mt	30,2	35,8	19 %	Nuestro valor está dentro del rango de incertidumbre citado; las evaluaciones utilizaron distintos modelos IO y conjuntos de datos de gasto.
	Otros productos manufacturados	kt	2,2	-	N/D	El otro estudio no brinda resultados sobre la cadena de suministro.
Austria ¹²	Emisiones totales del sector de la salud	Mt	5,0	6,8	36 %	El otro estudio es solo de CO ₂ ; es común observar más variabilidad en los modelos IO de países más pequeños y con más recursos económicos.

Tabla A.2. Comparaciones adicionales de los resultados del modelo con los reportados en la literatura.

Metodología para el análisis de la cadena de suministro

En las siguientes páginas se describe el enfoque adoptado para cuantificar las emisiones de las cadenas de suministro del sector de la salud mediante el análisis de rutas estructurales (SPA). A continuación, se detalla el método utilizado para ajustar los resultados del SPA a la categorización utilizada en los informes, así como la lógica subyacente a la selección de las categorías presentadas.

Análisis de rutas estructurales

A la hora de analizar la estructura de una unidad económica y sus emisiones relacionadas por medio de modelos de insumo-producto (IO), el SPA ofrece un método avanzado para cuantificar

en forma directa los componentes individuales de una cadena de suministro global y de alta complejidad.

La Figura A.7 brinda un ejemplo ilustrativo de una cadena de suministro del sector de la salud. Esta cadena se centra en la prestación directa de servicios de transporte, electricidad y servicios alimentarios por la organización proveedora de atención sanitaria ubicada en el nivel 1 de la estructura. También se muestra una parte de la cadena de suministro de la compañía proveedora del servicio de alimentos, en la que se ven los sectores involucrados indirectamente en la prestación de los servicios alimentarios requeridos por el sector de la salud.

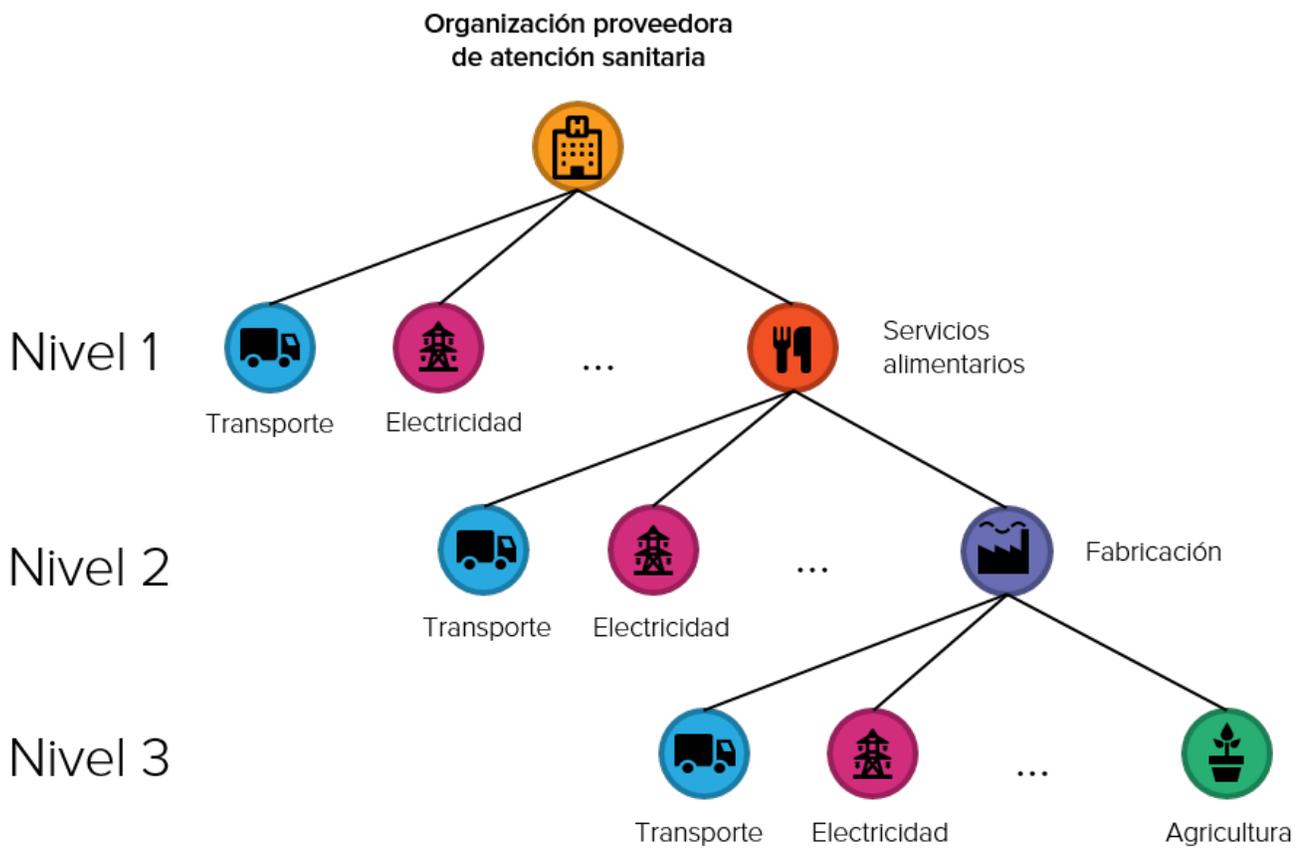


Figura A.7. Representación simplificada de una sección de la cadena de suministro de una organización proveedora de atención sanitaria.

La función del SPA es tomar la estructura de árbol subyacente a la cadena de suministro y dividirla en las distintas ramas, o rutas, de sus componentes, cuantificar el capital a lo largo de cada ruta, y derivar las emisiones asociadas. En la Figura A.8 se muestran algunas de las rutas incluidas en la cadena de suministro del ejemplo. Una vez conocidas las rutas y emisiones asociadas que están presentes en la estructura de una cadena de suministro, se pueden agrupar

las rutas individuales según los sectores que atraviesan en su recorrido. Esto permite obtener un amplio espectro de información sobre los flujos de capital y de emisiones a lo largo de la cadena de suministro, los niveles en los cuales se producen emisiones, y los bienes y servicios que tienen asociada una mayor cantidad de GEI.

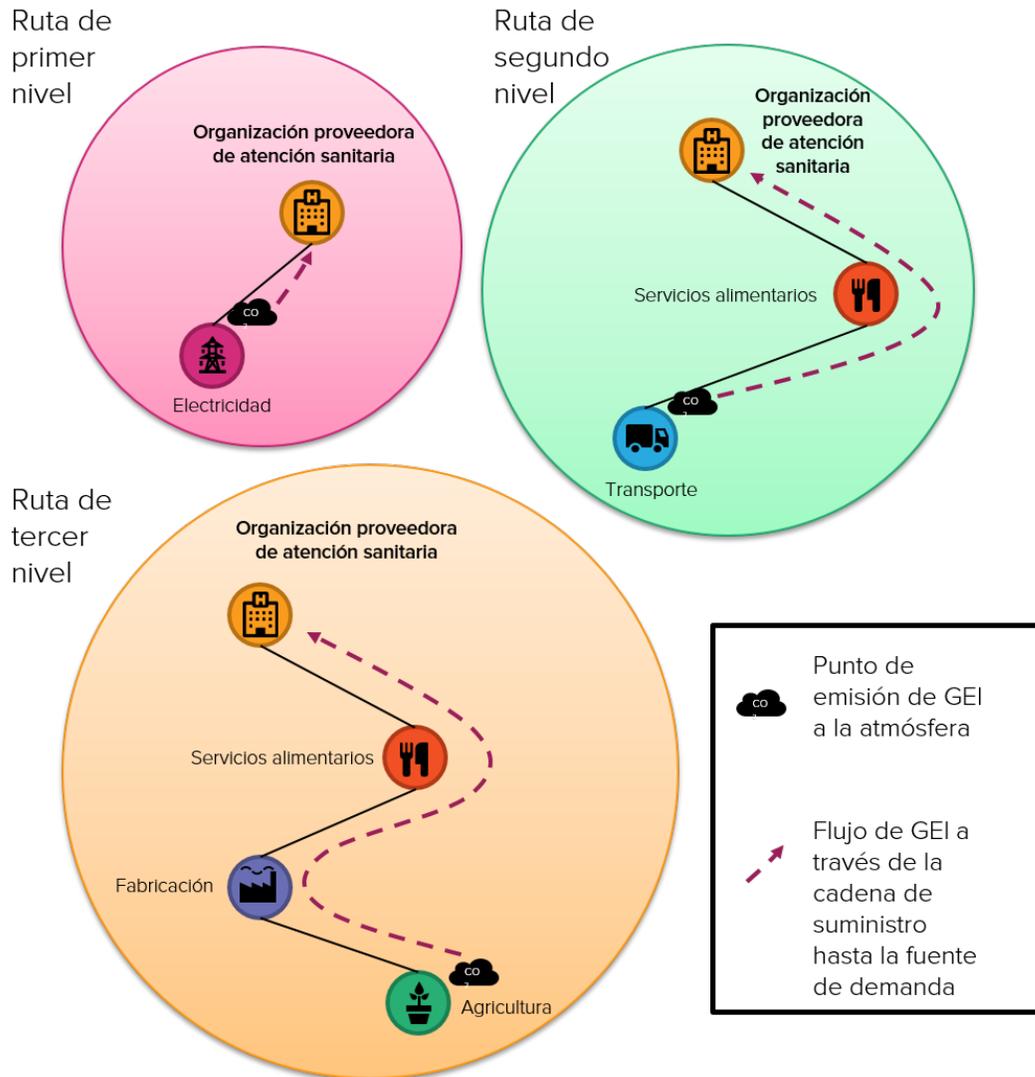


Figura A.8. Rutas ilustrativas de la cadena de suministro en los niveles primero, segundo y tercero. También se muestra de qué manera las emisiones asociadas a cada ruta de la cadena de suministro se atribuyen al sector que impulsa la demanda en dichas rutas (en este caso, la organización proveedora de atención sanitaria).

Los cálculos matemáticos del SPA son relativamente sencillos, y se abordan en detalle en Lenzen³⁴. Para calcular la contribución de una ruta, en primer lugar se calcula el flujo de capital asociado a dicha ruta a partir del perfil de demanda final del sector de la salud (derivado durante la modelización del Libro verde número uno), y se modifica su escala según la proporción del

gasto asociado a la ruta. Esta proporción se obtiene por medio de los coeficientes técnicos incluidos en la WIOD que describen la escala relativa de los flujos financieros entre sectores de la economía mundial. Una vez que se ha determinado el flujo de capital, se lo multiplica por la intensidad de emisiones directas correspondiente al sector que produce las emisiones asociadas a la ruta (que es el sector final de la ruta).

La complejidad de un análisis SPA radica en el gran número de cálculos que se requieren para cuantificar todas las rutas responsables de las emisiones en una cadena de suministro. Se trata de un proceso computacionalmente exhaustivo. El número de rutas a calcular se controló por medio de las técnicas de filtrado descritas por Lenzen y comentadas en la sección “Limitaciones y supuestos” de este informe.

Categorización y presentación de los datos de emisiones

Tras haber completado un SPA para los 44 países y regiones de la WIOD, se procedió a presentar los resultados, junto con su contexto general, por medio de dos enfoques de categorización:

- **Perspectiva de la prestación de atención sanitaria:** esta categorización se basa en los informes empleados por la SDU del NHS, y agrupa las emisiones de la cadena de suministro según las categorías de compra utilizadas por el personal encargado del abastecimiento de los proveedores de atención sanitaria, tales como las de productos farmacéuticos y equipos médicos.
- **Perspectiva del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero:** las emisiones se agrupan de una manera que concuerda con la terminología y los métodos incluidos en el estándar de informes corporativos del GHGP.

La Tabla A.1 muestra las categorizaciones resultantes de cada una de las perspectivas mencionadas, mientras que en la Figura A.7 se describen los tipos de emisiones comprendidos en cada categoría. A fin de organizar las emisiones de rutas individuales según ambos esquemas de categorización, se estableció una armonización entre la clasificación sectorial de la WIOD, que está basada a su vez en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, y las listas de categorías deseadas. En la Figura A.9 y la Tabla A.3. Asignación de las categorías de la WIOD a los sectores de compras del sector de la salud presentados en este estudio.

se detallan las asignaciones que se realizaron entre las categorías de la WIOD y las listas de categorías que se muestran a continuación.

Tipo de emisión	Categorización basada en la prestación de atención sanitaria	Categorización del GHGP
Alcance 1	Emisiones directas derivadas de los establecimientos de salud y del	Emisiones directas derivadas de los establecimientos de salud y del

Tipo de emisión	Categorización basada en la prestación de atención sanitaria	Categorización del GHGP
	funcionamiento de los vehículos de flota	funcionamiento de los vehículos de flota
Alcance 2	Emisiones derivadas de la generación de la electricidad adquirida por el sector de la salud	Emisiones derivadas de la generación de la electricidad adquirida por el sector de la salud
Subcategorías del alcance 3:	Servicios empresariales	Bienes y servicios adquiridos
	Construcción	Bienes de capital
	Electricidad: emisiones de la cadena de suministro correspondientes al sector eléctrico y pérdidas relacionadas con la transmisión y distribución	Actividades relacionadas con el combustible y la energía no incluidas en el alcance 1 o el alcance 2
	Alimentos, servicios alimentarios y alojamiento	Transporte, distribución, traslados por negocios
	Combustibles fósiles (carbón y petróleo)	Residuos generados en las operaciones
	Tecnologías de la información y la comunicación	
	Combustibles, productos químicos y gases manufacturados	
	Instrumentos/equipos médicos	
	Otros productos manufacturados	
	Productos de papel	
	Productos farmacéuticos	
	Transporte, incluido el de carga y los viajes de negocios	
	Residuos, agua y saneamiento	
	Otros suministros	

Tabla A.1. Esquemas de categorización utilizados para presentar las conclusiones del análisis SPA.

Categorías del SPA	Definición de lo que comprende la categoría
Alcance 1: funcionamiento de edificios	Emisiones directas derivadas del funcionamiento de edificios, predominantemente de calderas e incineradores
Alcance 1: transporte	Emisiones directas derivadas de las flotas de vehículos propiedad del sector de la salud, así como de los viajes laborales de profesionales de la salud (excluidos los traslados regulares al lugar de trabajo)
Alcance 2	Emisiones derivadas de la generación de la electricidad adquirida por el sector de la salud, principalmente por la quema de combustibles fósiles

Categorías del SPA	Definición de lo que comprende la categoría
Alcance 3: servicios empresariales	Emisiones asociadas a los servicios profesionales contratados por el sector de la salud, como servicios legales, contables y de consultoría
Alcance 3: construcción	Emisiones asociadas a la construcción de edificios e infraestructura, incluidos el suministro y la fabricación de materiales de construcción
Alcance 3: electricidad	Emisiones asociadas a la transmisión y distribución de la electricidad adquirida por el sector de la salud, así como a la electricidad generada dentro de la propia cadena de suministro del sector
Alcance 3: alimentos, servicios alimentarios y alojamiento	Emisiones asociadas a los productos alimenticios y servicios alimentarios provistos por el sistema de salud, y al alojamiento requerido por el personal sanitario
Alcance 3: combustibles fósiles (carbón y petróleo)	Emisiones asociadas a la producción de combustibles fósiles adquiridos por el sector de la salud para su uso en calderas, generadores y vehículos. Estas emisiones son las que se generan durante la producción de estos combustibles y no las emisiones derivadas de su combustión, que se incluyen en el alcance 1
Alcance 3: tecnologías de la información y la comunicación	Emisiones asociadas a los servicios y productos de TI y comunicación adquiridos por el sector de la salud, incluidos sistemas informáticos, equipos de telecomunicaciones y actividades de edición
Alcance 3: combustibles, productos químicos y gases manufacturados	Emisiones asociadas a la fabricación de los productos químicos adquiridos, como jabón y detergentes, y de los gases utilizados en el entorno sanitario
Alcance 3: instrumentos/equipos médicos	Emisiones asociadas a instrumentos y equipos médicos adquiridos, incluidos computadoras, dispositivos electrónicos y productos ópticos
Alcance 3: otros productos manufacturados	Emisiones asociadas a distintos productos adquiridos, incluidos productos plásticos, productos textiles, maquinaria, vehículos y equipos eléctricos
Alcance 3: otros suministros	Emisiones asociadas a bienes adquiridos a granel por medio de mayoristas e intermediarios
Alcance 3: productos de papel	Emisiones asociadas a la fabricación de productos de papel y cartón adquiridos por el sector de la salud
Alcance 3: productos farmacéuticos	Emisiones asociadas a la fabricación de productos farmacéuticos adquiridos por el sector de la salud, incluidas las emisiones asociadas con la energía, los materiales y el transporte de productos farmacéuticos
Alcance 3: transporte	Emisiones de los servicios de transporte adquiridos por el sector de la salud, incluidos el transporte de carga y de pasajeros
Alcance 3: residuos, agua y saneamiento	Emisiones asociadas a la captación, el tratamiento, el suministro y el alcantarillado del agua, así como a la eliminación y el reciclaje de residuos

Tabla A.2. Fuentes de emisiones del sector de la salud comprendidas en el esquema de categorización utilizado en este estudio.

Categorías de Arup	Categorías de la WIOD
Servicios empresariales	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte
	Actividades postales y de mensajería
	Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y fondos de pensiones

Categorías de Arup	Categorías de la WIOD
	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto planes de seguridad social de afiliación obligatoria
	Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros
	Actividades inmobiliarias
	Actividades jurídicas y de contabilidad; actividades de oficinas principales y actividades de consultoría de gestión
	Investigación científica y desarrollo
	Publicidad y estudios de mercado
	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades veterinarias
	Actividades de servicios administrativos y de apoyo
	Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria
	Educación
	Otras actividades de servicios
	Actividades de los hogares como empleadores; actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio
	Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos
	Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales
	Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social
Construcción	Construcción
	Reparación e instalación de maquinaria y equipo
	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
	Fabricación de metales comunes
	Fabricación de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables
	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
Electricidad	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado
Alimentos y servicios alimentarios	Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas
	Pesca y acuicultura
	Elaboración de productos alimenticios, bebidas y productos de tabaco
	Actividades de alojamiento y de servicio de comidas
Combustibles fósiles (carbón y petróleo)	Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo
Tecnologías de la información y la comunicación	Actividades de edición
	Actividades de producción de películas cinematográficas, videos y programas de televisión, grabación de sonido y edición de música; actividades de programación y transmisión
	Telecomunicaciones
	Programación informática, consultoría de informática y actividades conexas; actividades de servicios de información
Combustibles, productos químicos y gases manufacturados	Fabricación de sustancias y productos químicos
	Explotación de minas y canteras
Instrumentos/equipos médicos	Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica
	Fabricación de muebles y otras industrias manufactureras
Otros productos manufacturados	Silvicultura y extracción de madera
	Fabricación de productos textiles, prendas de vestir y productos de cuero

Categorías de Arup	Categorías de la WIOD
	Fabricación de productos de caucho y plástico
	Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
	Fabricación de otro equipo de transporte
	Fabricación de maquinaria y equipo n. c. p.
	Fabricación de equipo eléctrico
	Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas
Productos de papel	Fabricación de papel y de productos de papel
	Impresión y reproducción de grabaciones
Productos farmacéuticos	Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico
Transporte	Transporte por vía terrestre y transporte por ductos
	Transporte por vía acuática
	Transporte por vía aérea
Residuos, agua y saneamiento	Evacuación de aguas residuales; recolección, tratamiento y eliminación de desechos; recuperación de materiales; actividades de descontaminación y otros servicios de gestión de desechos
	Captación, tratamiento y distribución de agua
Otros suministros	Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas
	Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas

Tabla A.3. Asignación de las categorías de la WIOD a los sectores de compras del sector de la salud presentados en este estudio.

Categoría del GHGP	Subcategoría del GHGP	Categoría de la WIOD
Alcance 1		Emisiones del sector de la salud
Alcance 2		Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado
Alcance 3	Bienes y servicios adquiridos	Actividades postales y de mensajería
		Actividades de alojamiento y servicios alimentarios
		Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y fondos de pensiones
		Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto planes de seguridad social de afiliación obligatoria
		Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros
		Actividades inmobiliarias
		Actividades jurídicas y de contabilidad; actividades de oficinas principales; actividades de consultoría de gestión
		Investigación científica y desarrollo
		Publicidad y estudios de mercado
		Otras actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades veterinarias
Actividades de servicios administrativos y de apoyo		

Categoría del GHGP	Subcategoría del GHGP	Categoría de la WIOD	
		Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	
		Educación	
		Otras actividades de servicios	
		Actividades de los hogares como empleadores; actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	
		Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	
		Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos	
		Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	
		Pesca y acuicultura	
		Elaboración de productos alimenticios, bebidas y productos de tabaco	
		Actividades de edición	
		Actividades de producción de películas cinematográficas, videos y programas de televisión, grabación de sonido y edición de música; actividades de programación y transmisión	
		Telecomunicaciones	
		Programación informática, consultoría de informática y actividades conexas, y actividades de servicios de información	
		Fabricación de sustancias y productos químicos	
		Fabricación de productos textiles, prendas de vestir y productos de cuero	
		Fabricación de productos de caucho y plástico	
		Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	
		Fabricación de papel y de productos de papel	
		Impresión y reproducción de grabaciones	
		Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	
		Captación, tratamiento y distribución de agua	
		Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	
		Transporte por vía acuática	
		Bienes de capital	Construcción
			Reparación e instalación de maquinaria y equipo
			Fabricación de otros productos minerales no metálicos
			Fabricación de metales comunes
		Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables	
		Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	
		Explotación de minas y canteras	
		Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica	
		Fabricación de maquinaria y equipo n. c. p.	
		Fabricación de equipo eléctrico	

Categoría del GHGP	Subcategoría del GHGP	Categoría de la WIOD
		Silvicultura y extracción de madera
		Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques
		Fabricación de otro equipo de transporte
		Fabricación de muebles y otras industrias manufactureras
		Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas
	Actividades relacionadas con la producción de combustibles y energía	Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado
		Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo
	Transporte, distribución y traslados por negocios	Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte
		Transporte por vía aérea
		Transporte por vía terrestre y transporte por ductos
	Residuos generados en las operaciones	Evacuación de aguas residuales; recolección, tratamiento y eliminación de desechos; recuperación de materiales; actividades de descontaminación y otros servicios de gestión de desechos

Tabla A.6. Asignación de categorías de la WIOD al desglose basado en la clasificación del GHGP.

Ampliación de la cobertura de países

Los 43 países analizados en detalle por el modelo insumo-producto de la WIOD son en general países de altos ingresos. Otros estudios, que utilizan diferentes fuentes de datos y metodologías, han proporcionado estimaciones para otros países. Uno de esos estudios, de Lenzen *et al.*¹³, publica una huella global del sector de la salud calculada por medio de Eora, un modelo de insumo-producto distinto, junto a la huella de 25 países no individualizados en la WIOD.

Estos países adicionales se muestran en la Tabla A.7, y sus perfiles se incluyen en las fichas informativas de países que acompañan a este informe. La incorporación de estas 25 huellas nacionales significa que la cobertura de la hoja de ruta es más amplia que la del Libro verde número uno.

Dado que estas huellas se calcularon por medio de una metodología diferente (Eora) y que se utilizó una fuente distinta para determinar el gasto del sector de la salud, la delimitación de las definiciones sectoriales y las actividades abarcadas no coincide con la del modelo basado en la WIOD. Además, no había datos disponibles para estos países con respecto a la estructura misma de la huella de salud. Gracias a que las trayectorias de reducción de emisiones y las proyecciones de gasto en salud a nivel nacional están disponibles para todos los países, se pudo

realizar una estimación de la hipótesis de referencia (BAU) y las trayectorias objetivo para las huellas nacionales incorporadas. Para estimar la escala potencial de la reducción de emisiones en estos países, en cambio, se utilizaron las reducciones medias mundiales derivadas del modelo WIOD. Estas estimaciones destacan el ahorro potencial que conllevaría una descarbonización similar a la media mundial y, por lo tanto, no reflejan la variabilidad inherente a los distintos contextos nacionales. Se recomienda que estos países profundicen la investigación de la huella de sus sistemas de salud, así como su potencial de descarbonización, para reflejar más precisamente dichos contextos nacionales.

Presupuestos de emisiones del sector de la salud

Introducción

En esta sección se describe el enfoque adoptado para estimar el presupuesto de emisiones del sector de la salud a nivel global y las trayectorias de emisiones nacionales. El cálculo del presupuesto de carbono del sector de la salud se basó en un método de contracción y convergencia¹ al que se realizaron algunas modificaciones. Estas tuvieron como fin adecuarlo al análisis de la contribución del sector de la salud a las emisiones mundiales y al Acuerdo de París. Las trayectorias de emisiones de cada país se estimaron sobre la base de cuatro tipos de trayectoria.

Esta sección está organizada en función de los siguientes componentes:

- En la sección 0 se describe el enfoque adoptado para calcular el presupuesto global de emisiones y el presupuesto calculado para el sector de la salud a nivel global.
- En la sección 0 se describe el enfoque adoptado para estimar las trayectorias de los países en función del presupuesto de emisiones.
- En la sección 0 se incluyen gráficos de resumen para cada tipo de trayectoria.

Las estimaciones de presupuestos y trayectorias de emisiones tomaron como base las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); en adelante, se las denominará simplemente emisiones. Se han considerado los seis GEI incluidos en el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Estos son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆)¹⁴. Los resultados se expresan en dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq), que representa la cantidad de CO₂ que se requiere para producir un impacto de calentamiento equivalente a lo largo de 100 años¹⁴.

¹ En el proyecto C40 Deadline 2020 se utilizó un método similar. Disponible en: https://www.c40.org/other/deadline_2020

Metodología

Presupuesto de emisiones

Esta sección describe el enfoque adoptado para calcular la parte del presupuesto global de emisiones que corresponde al sector de la salud. Se divide en dos subsecciones. La primera subsección se centra en el enfoque adoptado para determinar el presupuesto global de emisiones. La segunda subsección describe los pasos que se tomaron para asignar una parte del presupuesto global de emisiones al sector de la salud y para repartirla entre los países del modelo.

Presupuesto global de emisiones

Para fines de este estudio, se estableció un presupuesto global de emisiones que cumpliera con el objetivo aspiracional del Acuerdo de París. Esto significa limitar el aumento de la temperatura media global a no más de 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales.

El presupuesto de emisiones considerado en este estudio corresponde a las emisiones de GEI que restan para alcanzar un calentamiento global de 1,5 °C, considerando las acumuladas desde 2014. En consonancia con el Informe Especial sobre el Calentamiento Global de 1,5 °C (SR15) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés), la estimación se basó en los escenarios de emisiones creados como parte del trabajo del Consorcio para el Desarrollo de Modelos de Evaluación Integrados (IAMC, por sus siglas en inglés)¹⁵. Se extrajeron los datos de 36 escenarios con emisiones de GEI incluidos en el Protocolo de Kioto y que se adecuan a un calentamiento de 1,5 °C con sobrepaso nulo o limitadoⁱⁱ.

Para estimar las emisiones anualesⁱⁱⁱ utilizadas para derivar el presupuesto de emisiones se tomó la mediana de todos los escenarios. El resultado concuerda, en líneas generales, con las emisiones informadas en el IPCC SR15 (véase la Tabla 2.4 en el Capítulo 2 del IPCC SR15). En estos escenarios hipotéticos, las emisiones antropogénicas netas de CO₂ a nivel mundial para 2030 (nótese que estas no incluyen emisiones de otros gases) se reducen en aproximadamente un 45 % con respecto a los niveles de 2010, y alcanzan un cero neto alrededor de 2050.

ⁱⁱ Las trayectorias con sobrepaso son aquellas en las cuales el calentamiento global excede (“sobrepasa”) temporalmente los 1,5 °C, y vuelve a ese valor antes o poco después de 2100. Véase también https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2018/11/SR15_Chapter_1_Low_Res.pdf, página 60.

ⁱⁱⁱ Nota: los cinco valores anuales obtenidos de la base de datos del IAMC se interpolaron a valores anuales para estimar las emisiones acumuladas.

La Tabla A.4 muestra el presupuesto global de emisiones que se obtuvo por medio de este enfoque, considerando los valores desde 2014.

	Escenario de 1,5 °C
Presupuesto de emisiones restante, incluidas las emisiones de CO ₂ y de otros gases, desde enero de 2014 (en Gt CO ₂ eq)	995

Tabla A.4. Presupuesto de emisiones restante (incluye las emisiones de CO₂ y de otros gases) desde enero de 2014 para el escenario de 1,5 °C.

Trayectoria global de emisiones

Para modelizar la trayectoria global, se utilizó como referencia la mediana de los escenarios del IAMC que representan un aumento de 1,5 °C con sobrepaso nulo o limitado. La Figura A.9 muestra la modelización de la trayectoria global de emisiones que cumple con el presupuesto de emisiones mencionado anteriormente. La mediana de los escenarios del IPCC SR15 se muestra con fines ilustrativos.



Figura A.9. Trayectoria global de emisiones estimada para limitar la temperatura global a 1,5 °C y mediana de los escenarios de emisiones del IAMC incluidos en el informe IPCC SR15.

Con el fin de obtener una curva más realista, se optó por ajustar los escenarios del IAMC a una trayectoria modelizada en lugar de usar los datos en forma directa. En algunos de los años considerados, la mediana de los escenarios del IAMC refleja variaciones hipotéticas en las

emisiones que pueden ser poco realistas. Esto se debe al hecho de que la curva se estimó empíricamente a partir de esta serie de escenarios (véase en la Figura A.9, por ejemplo, el comportamiento de la curva de la mediana al aproximarse al año 2060). Aun así, cabe señalar que ambas curvas conducen al mismo presupuesto de emisiones.

Presupuesto global de emisiones para el sector de la salud

Enfoque para la asignación de un presupuesto de emisiones al sector de la salud a nivel global

Habiendo calculado el presupuesto y la trayectoria de emisiones del sector de la salud, a continuación aplicamos un enfoque de contracción y convergencia. Este enfoque consiste en un proceso de dos fases desarrollado por el Global Commons Institute¹⁶. La fase de convergencia es un período de “adaptación” durante el cual las emisiones regionales per cápita pueden aumentar o disminuir linealmente hacia la media global en el año de convergencia (por ejemplo, 2040). En la fase de contracción, todas las emisiones per cápita regionales disminuyen hasta igualar las emisiones per cápita globales de un año determinado (por ejemplo, 2100). Para obtener más información sobre el enfoque de contracción y convergencia, puede consultarse al Global Commons Institute¹⁶.

Para este estudio, modificamos el método a fin de que refleje las emisiones sectoriales en lugar de las emisiones regionales. Para ello, utilizamos como referencias el producto interno bruto mundial (PIB) y el gasto total del sector de la salud¹⁶. En 2017, por ejemplo, el sector de la salud representaba el 10 % del PIB total¹⁷. Para modificar la escala de la trayectoria global (véase la Figura A.9), se consideró la proyección del porcentaje del PIB correspondiente al sector de la salud para el período comprendido entre la actualidad y el año 2100, lo que derivó en un objetivo de emisiones de 0,11 t CO₂ eq para el año de convergencia (2040). Se seleccionó a 2040 como año de convergencia porque las emisiones por PIB del sector de la salud parten de un valor inferior a la media global. Por lo tanto, se seleccionó un año de convergencia relativamente tardío que diera como resultado una disminución constante de las emisiones hasta alcanzar la media global (un año de convergencia temprano resultaría en una reducción muy pequeña o nula de las emisiones hasta llegar a dicho año).

Resultados de la asignación de un presupuesto de emisiones al sector de la salud a nivel global

El enfoque de contracción y convergencia se aplicó a las emisiones previstas del sector de la salud a nivel global para el período comprendido entre los años 2014 y 2050. Este estudio tomó

como base los datos del informe *Huella climática del sector salud*, elaborado por Salud sin Daño^{iv}.

La Tabla A.5 resume los resultados de la asignación de una parte del presupuesto global de emisiones al sector de la salud a nivel global por medio del enfoque de contracción y convergencia. Se estima que las emisiones per cápita procedentes de la atención sanitaria deben reducirse en un 39 % hasta llegar al año de convergencia y en un 45 % más hasta 2050 para llegar a ser prácticamente nulas.

	Valor coherente con 1,5 °C
Presupuesto de emisiones del sector de la salud a nivel global para 2014 – 2050 (Gt CO ₂ eq)	50,3
Emisiones per cápita del sector de la salud a nivel global en 2014 (t CO ₂ eq/cápita)	0,28
Emisiones per cápita del sector de la salud a nivel global en 2040 (t CO ₂ eq/cápita)	0,11
Emisiones per cápita del sector de la salud a nivel global en 2050 (t CO ₂ eq/cápita)	0,05

Tabla A.5. Resultados resumidos del presupuesto de emisiones y las emisiones per cápita del sector de la salud a nivel global requeridas para 2014 (año de referencia), 2040 (año de convergencia) y 2050, según el escenario de 1,5 °C.

Trayectorias de emisiones

Esta sección presenta trayectorias de emisiones para cada uno de los sectores de salud nacionales, elaboradas sobre la base del presupuesto de emisiones definido para el período 2014-2050 en el escenario de 1,5 °C con sobrepaso nulo o limitado. Esta sección se divide en dos subsecciones que describen brevemente el enfoque adoptado para asignar trayectorias a cada país y el modelo que se utilizó para desarrollar las curvas de trayectoria.

Enfoque para la asignación de trayectorias

La trayectoria de un país se define como una trayectoria de emisiones plausible que un país debe seguir para no exceder el presupuesto global de emisiones asignado al sector de la salud. El enfoque consiste en dos pasos principales: 1) la definición de los tipos de trayectoria y 2) la identificación de criterios para la asignación de trayectorias a los distintos países.

^{iv} Apéndice A: tabla de emisiones nacionales del sector de la salud correspondientes a los 43 países de la WIOD, disponible en: <https://saludsindanio.org/HuellaClimaticaSalud>

Definición de los tipos de trayectoria

La Tabla A.6 describe las cuatro trayectorias utilizadas en este estudio. Estas se basan en los tipos de trayectoria empleados por el Grupo de Liderazgo Climático (C40) para definir trayectorias urbanas, que se elaboraron como parte del informe *Deadline 2020*¹⁸.

Trayectoria	Descripción	Año pico	Tendencia hasta el año pico	Tasa de descenso de las emisiones
Descenso pronunciado	Los países tienen que iniciar inmediatamente una reducción drástica de sus emisiones per cápita	-		Pronunciada
Descenso sostenido	Los países tienen que iniciar inmediatamente una reducción de las emisiones per cápita más sostenida que aquellas que requieren una reducción pronunciada	-		Sostenida
Pico temprano	Se permite a los países aumentar las emisiones hasta el año pico de 2022 antes de iniciar una reducción sostenida	2022	Lineal	Sostenida, en concordancia con el descenso sostenido
Pico tardío	Se permite a los países aumentar las emisiones hasta el año pico de 2026 antes de iniciar una reducción sostenida	2026	Lineal	Sostenida, en concordancia con el descenso sostenido

Tabla A.6. Descripción y principales características de las cuatro trayectorias.

Modelización de las curvas de trayectoria

Las curvas de trayectoria se calcularon por medio de una función matemática que rige la forma general de la trayectoria, a saber:

Descenso pronunciado y sostenido: la trayectoria sigue una función logística de crecimiento negativo (curva en forma de S).

Pico temprano y tardío: la trayectoria sigue un período de crecimiento lineal hasta llegar al año pico, después del cual se la modeliza por medio de una función logística de crecimiento negativo para cumplir con el nivel de emisiones objetivo.

Para el desarrollo de las trayectorias finales se utilizó un proceso iterativo de ajuste de los parámetros de las curvas, a fin de cumplir con los requisitos de la descripción de la trayectoria (por ejemplo, para reflejar un descenso pronunciado de forma realista) y garantizar que la suma de las trayectorias se mantuviera dentro del presupuesto de emisiones del sector de la salud a nivel global.

Identificación de criterios y umbrales

Este estudio identificó el PIB per cápita como el criterio clave para asignar trayectorias, ya que ofrece una representación de la capacidad de cada país para reducir sus emisiones y de la contribución actual de los países a las emisiones totales del sector de la salud. Los hallazgos muestran una fuerte relación lineal entre el PIB de los países y sus emisiones per cápita. La

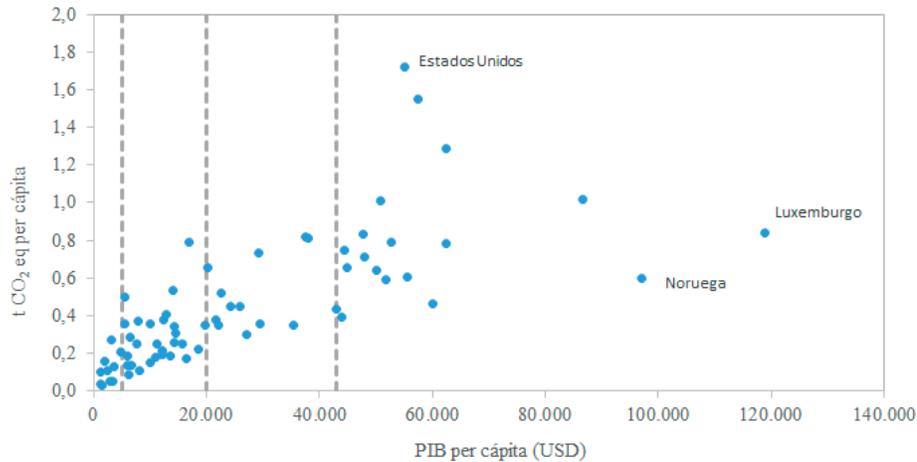


Figura A.10 ilustra esta correlación. Tres países (Estados Unidos, Noruega y Luxemburgo) se destacan por sus valores atípicos, ya que sus emisiones son considerablemente mayores (Estados Unidos) o menores (Noruega, Luxemburgo) de lo esperado en función de su PIB.

Con el fin de agrupar a los países según las diferentes trayectorias, se definió una serie de umbrales. Estos umbrales se seleccionaron sobre la base del rango de PIB per cápita entre los países y su tipología. Se definieron cuatro niveles de PIB: hasta USD 5000, de USD 5000 a USD 20 000, de USD 20 000 a USD 43 000, y superiores a USD 43 000.

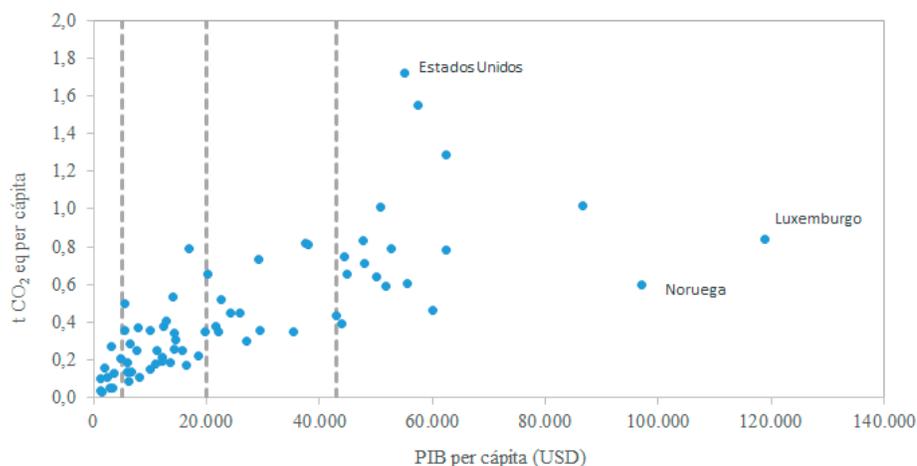


Figura A.10. Emisiones per cápita comparadas con el PIB de los países comprendidos en este estudio, según la tipología y los umbrales considerados para la asignación a las cuatro trayectorias (línea gris discontinua).

La Tabla A.7 presenta los tipos de trayectoria asignados a los países.

Descenso pronunciado	Descenso sostenido	Pico temprano	Pico tardío
Australia	Chipre	Brasil	India
Austria	República Checa	Bulgaria	Indonesia
Bélgica	Estonia	China	<i>Georgia</i>
Canadá	Grecia	Croacia	<i>Kenia</i>
Dinamarca	Corea	Hungría	<i>Kirguistán</i>
Finlandia	Letonia	México	<i>Filipinas</i>
Francia	Lituania	Polonia	<i>Ucrania</i>
Alemania	Malta	Rumania	<i>Uzbekistán</i>
Irlanda	Portugal	Rusia	<i>Vietnam</i>
Italia	República Eslovaca	Turquía	<i>Resto del mundo</i>
Japón	Eslovenia	<i>Argentina</i>	
Luxemburgo	España	<i>Chile</i>	
Países Bajos	Taiwán	<i>Colombia</i>	
Noruega	<i>Israel</i>	<i>Ecuador</i>	
Suecia		<i>Irán</i>	
Suiza		<i>Kazajistán</i>	
Reino Unido		<i>Malasia</i>	
EUA		<i>Mauricio</i>	
<i>Singapur</i>		<i>Paraguay</i>	
<i>Kuwait</i>		<i>Perú</i>	
<i>Nueva Zelanda</i>		<i>Sudáfrica</i>	
		<i>Tailandia</i>	
		<i>Macedonia del Norte</i>	
		<i>Uruguay</i>	

Tabla A.7. Trayectorias asignadas a los países. Los países que se añadieron a partir del trabajo de Lenzen *et al.*¹³ se muestran en cursiva.

Resultados nacionales agrupados por trayectoria

La Figura A.11 muestra las emisiones anuales per cápita, agrupadas por trayectoria. Los países con descenso pronunciado disminuyen sus emisiones hasta llegar al año 2030, después del cual la tasa de descenso se ralentiza y terminan acercándose gradualmente a las cero emisiones. La trayectoria de los países con descenso sostenido es un poco menos pronunciada. Las emisiones de ambos grupos de países siguen una trayectoria similar a partir de 2030 aproximadamente.

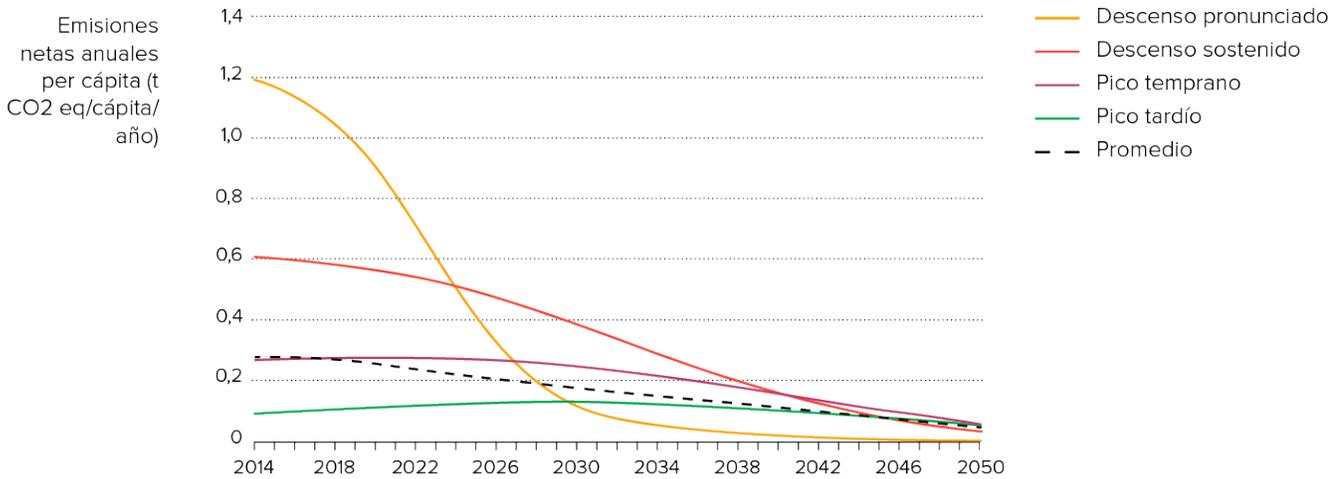


Figura A.11. Emisiones netas anuales per cápita del sector de la salud a nivel global, categorizadas por perfil de emisiones y comparadas con la media mundial.

En el caso de las trayectorias con picos, los picos de emisiones per cápita se registran en 2022 y 2026 para las trayectorias con pico temprano y pico tardío respectivamente, aunque el crecimiento de las emisiones en dichos picos es mínimo. A partir de ese punto, las emisiones per cápita se modelizaron de forma que disminuyeran gradualmente según la trayectoria de descenso sostenido.

La Figura A.12 muestra las emisiones anuales para los cuatro tipos de trayectoria (es decir, las emisiones per cápita multiplicadas por la suma de población dentro de cada trayectoria).

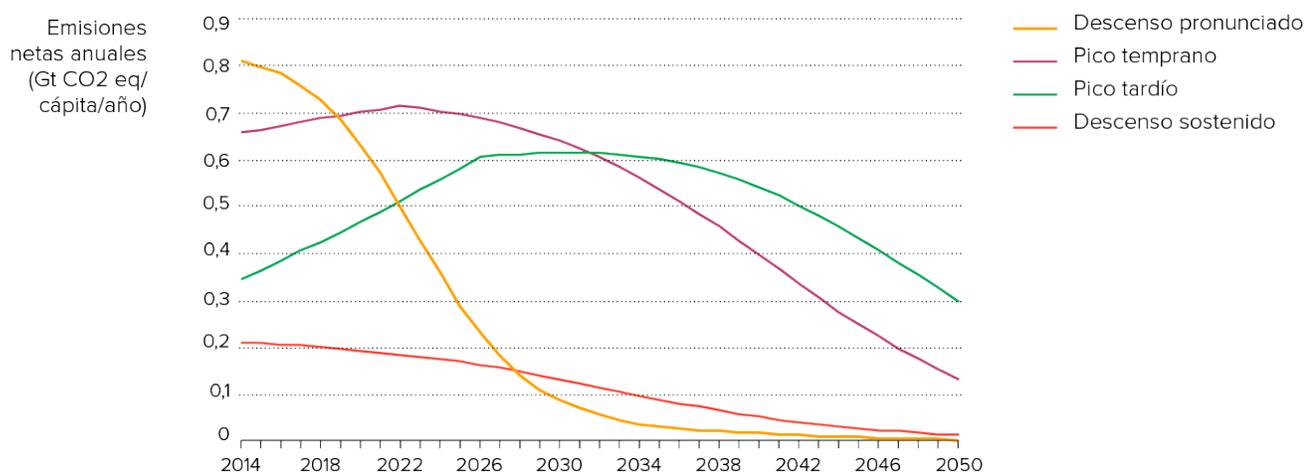


Figura A.12. Trayectorias de las emisiones netas anuales del sector de la salud a nivel global, categorizadas por perfil de emisiones.

Los países con pico tardío tienen las emisiones anuales más altas del período modelizado, seguidas por los países con descenso pronunciado. Después de 2035, los países con pico temprano, pico tardío y descenso pronunciado tienen emisiones anuales similares. La curva de los países con pico tardío muestra una discontinuidad en el año pico. Es importante señalar que, en la realidad, es probable que el cambio en las emisiones sea más suave que lo que muestra el modelo, ya que se trata de una representación simplificada de la forma en que se pueden distribuir las emisiones dentro del presupuesto disponible.

Crecimiento futuro del sector de la salud

Fuentes de datos

El Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud (IHME, por sus siglas en inglés) ha elaborado proyecciones de gasto para el sector de la salud¹⁹. Este conjunto de datos ha servido de base para las proyecciones de crecimiento del sector que se incluyeron en la modelización de la hoja de ruta. Las proyecciones del IHME se basan en métodos revisados por pares y publicados en las principales revistas especializadas, entre ellas *The Lancet*²⁰ y *Population Health Metrics*²¹.

Los conjuntos de datos del IHME que se utilizaron para proyectar la demanda futura de atención sanitaria en la hoja de ruta abarcan los datos de gasto registrados hasta 2018 y proyectan gastos futuros hasta 2050. Para este estudio se utilizaron las proyecciones de gasto total en salud (en 2019 y en dólares estadounidenses), sobre la base del perfil de proyección promedio. En el informe que acompaña al conjunto de datos podrá encontrar más información sobre estos y sobre los métodos utilizados para la generación de las proyecciones¹⁹.

Método

A fin de modelizar los cambios en la demanda del sector de la salud en los años que restan hasta 2050, se tomó como referencia la variación del gasto en salud para ajustar la escala del sector de la salud de cada país a lo largo del tiempo. El vínculo entre las emisiones y el gasto es una parte fundamental del método IO adoptado por la hoja de ruta para la estimación de emisiones, lo que significa que usar proyecciones de gasto para estimar el crecimiento del sistema de salud permite predecir razonablemente el crecimiento simultáneo de las emisiones.

Conclusiones

Teniendo en cuenta la vigencia del método y de los datos de origen en la literatura, los diálogos mantenidos con las partes responsables y los resultados de nuestra evaluación de las tendencias involucradas, consideramos que estas proyecciones proporcionan una base sólida para la elaboración de una hoja de ruta del sector de la salud a nivel global.

De la Figura A.13 a la Figura A.17 se muestran las trayectorias de crecimiento de los 43 países de la WIOD y del resto del mundo (RoW, por sus siglas en inglés); inicialmente todas juntas en un

solo gráfico y, en las figuras subsiguientes, divididas en franjas según las emisiones per cápita de sus sistemas de salud.

El IHME predice que tres de los tres países de la WIOD verán crecer sus sistemas de salud en más de un 400 % entre 2014 y 2050: China (692 %), India (521 %) e Indonesia (471 %). Se prevé que la mayoría de los demás países crezcan entre un 150 % y un 300 %, y que tres países se mantengan en un tamaño similar al que tenían en 2014: Grecia, Italia y Portugal.

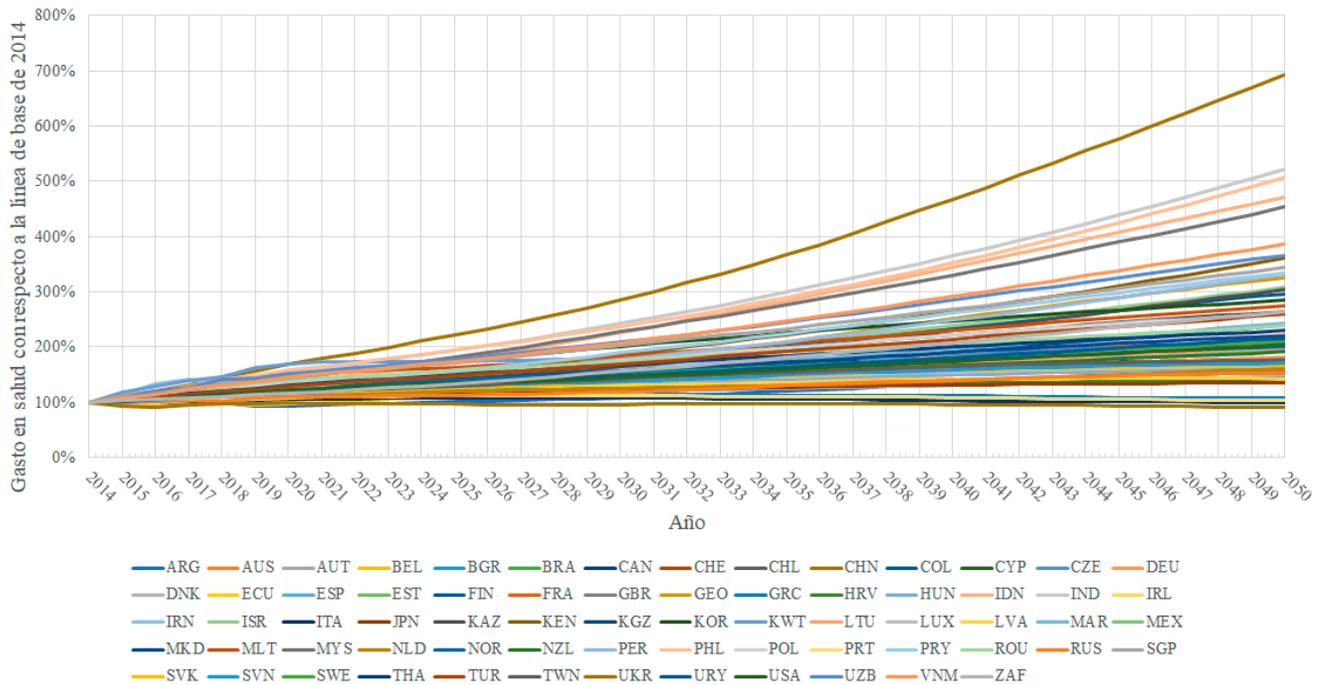


Figura A.13. Proyección del crecimiento del gasto en salud para las huellas nacionales utilizadas en esta evaluación, sobre la base de las proyecciones del IHME.

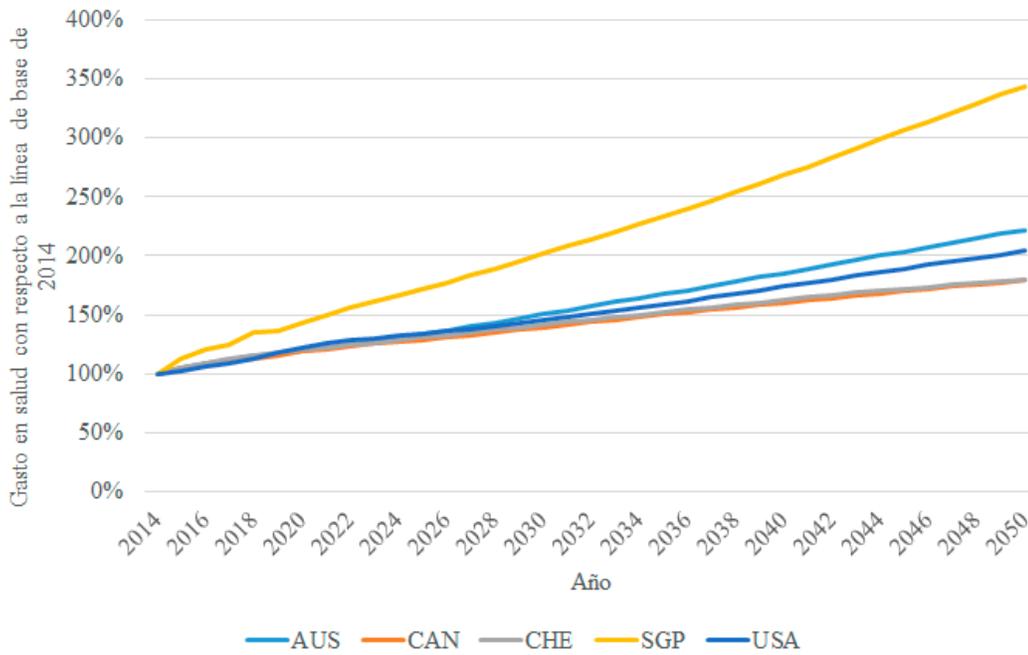


Figura A.14. Proyección del crecimiento del gasto en salud para los sistemas de salud considerados como los "máximos emisores" (más de 1,0 t CO₂ eq per cápita) en el Libro verde número uno¹, sobre la base de las proyecciones del IHME.

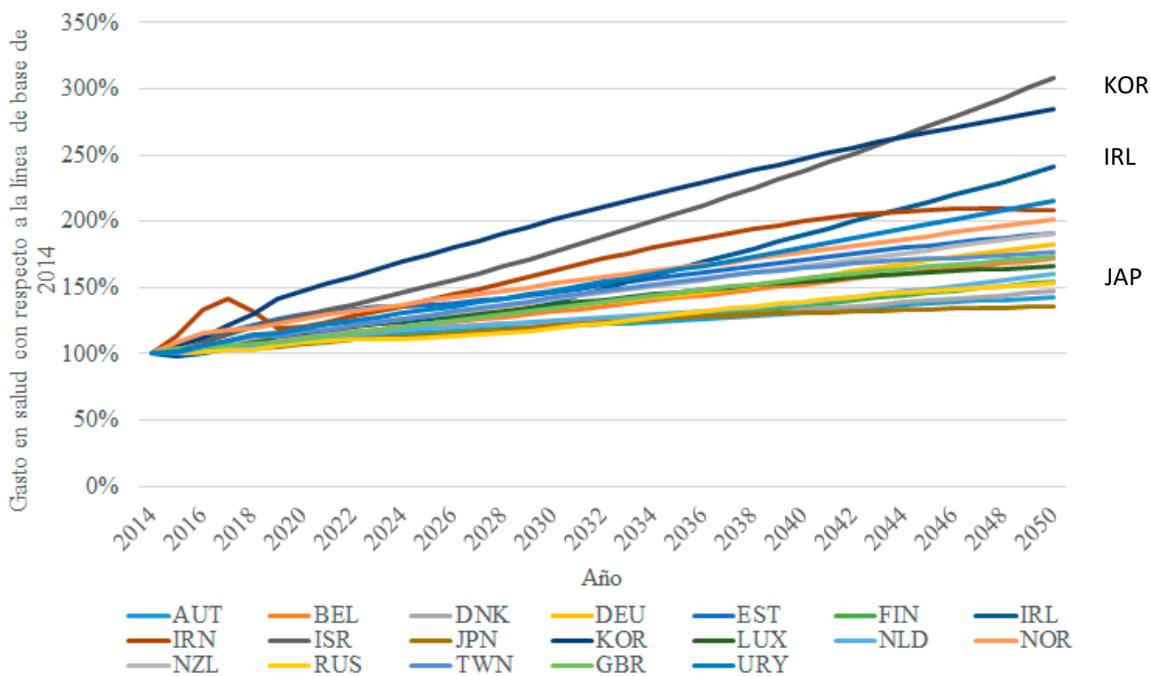


Figura A.15. Proyección del crecimiento del gasto en salud para los sistemas de salud considerados como "grandes emisores" (de 0,5 t CO₂ eq a 1 t CO₂ eq per cápita) en el Libro verde número uno, sobre la base de las proyecciones de IHME.

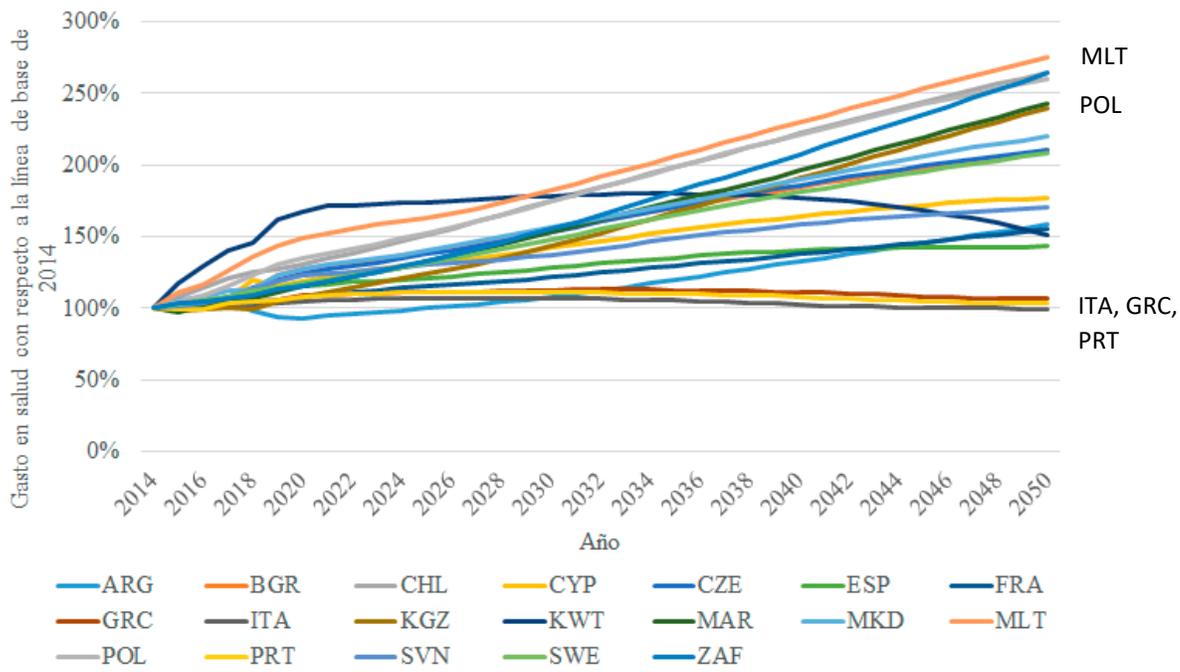


Figura A.16. Proyección del crecimiento del gasto en salud para los sistemas de salud considerados como “emisores que superan el promedio” (entre la media global de 0,28 t CO₂ eq y 0,50 t CO₂ eq per cápita) en el Libro verde número uno, sobre la base de las proyecciones del IHME.

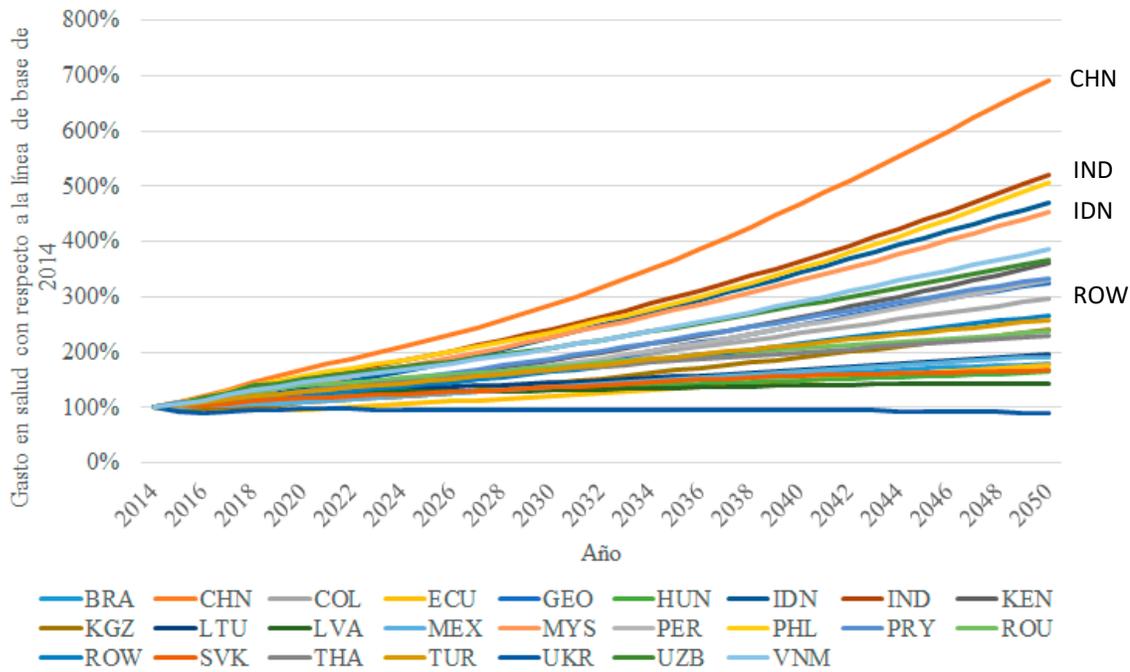


Figura A.17. Proyección del crecimiento del gasto en salud para los sistemas de salud considerados como “emisores por debajo del promedio” (por debajo de la media global de 0,28 t CO₂ eq per cápita) en el Libro verde número uno, sobre la base de las proyecciones del IHME.

Trayectorias de descarbonización en la economía mundial

Visión general

Con el fin de establecer el impacto de la adopción de tecnologías bajas en carbono sobre las intensidades de emisiones en la economía mundial, se llevó a cabo un análisis de la literatura disponible sobre el tema. En esta tarea se destacó la labor de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, por sus siglas en inglés)²² y, en lo que se refiere a la agricultura, la de Popp *et al.*²³, cuyos trabajos proporcionan previsiones de descarbonización para los grandes emisores de la economía mundial hasta 2050.

El informe *Energy Technology Perspectives* [Perspectivas sobre tecnología energética] (PTE) publicado por la IEA en 2017 proporcionó la base para todas las trayectorias de emisiones incluidas en esta modelización, excepto para la agricultura. Este análisis examinó una serie de escenarios futuros para determinar el ritmo y el alcance de la transición a distintos enfoques y tecnologías bajas en carbono.

Importancia del sector de la salud para promover la acción de la sociedad

En este trabajo se utiliza el Escenario más allá de 2 °C (B2DS) de la IEA. Se trata de un escenario muy ambicioso, que postula una rápida adopción de alternativas bajas en carbono en toda la economía mundial. Esta tasa de descarbonización se ve justificada por la magnitud del desafío que representa la descarbonización del sector de la salud y de la economía en general. Para alcanzarla, se requieren acciones de promoción que se traduzcan en un llamamiento a la acción de la sociedad en su conjunto, con el objetivo de frenar las emisiones y la emergencia climática que acarrearán. El Escenario tecnológico de referencia (RTS) es un escenario alternativo, de ambiciones más moderadas en cuanto a la acción climática en el marco de la economía en general.

El proceso de descarbonización de la agricultura se modelizó sobre la base de la investigación de Popp *et al.*²³ Estas trayectorias se aplicaron al modelo WIOD de la misma forma en que se aplicaron las trayectorias proporcionadas por la IEA.

Al asignar las trayectorias de emisiones a los sectores y regiones correspondientes de la WIOD, se procuró que las tendencias de descarbonización se adecuaran a las causas de las emisiones para cada sector de la WIOD y la región en la que estuviera incluida cada país. Esto significa que se incorporaron los supuestos considerados en el informe PTE de la IEA para modelizar la transición de la intensidad de emisiones de las industrias correspondientes.

Una vez completado este paso, las trayectorias de descarbonización se combinaron con las previsiones de demanda derivadas del crecimiento futuro del sector de la salud (sección A.3) para elaborar una proyección de las emisiones globales de salud que reflejara tanto los cambios en la demanda como la descarbonización de la economía mundial.

Aplicación de las tendencias mundiales al modelo de emisiones del sector de la salud

La generación de resultados del SPA para cada país, la aplicación de factores de escala para el crecimiento y la determinación de trayectorias de descarbonización para industrias clave fueron actividades que requirieron el procesamiento de grandes cantidades de datos. El equipo encargado del estudio, consciente de que esta era la primera vez (hasta donde sabemos) que se utilizaba la metodología SPA con los datos de la WIOD para este propósito, implementó scripts automatizados en lenguaje Python que tomaron datos de 2014, ajustaron la escala según cada año objetivo y generaron resultados en formato de base de datos e informes anuales.

Fuentes de datos

Perspectivas sobre tecnología energética (informe de la IEA)

Los datos que se utilizaron para modelizar las tendencias de descarbonización en las principales tecnologías e industrias provienen del análisis de la IEA. La IEA elaboró varios escenarios hipotéticos para predecir la evolución futura de las emisiones sectoriales de CO₂ relacionadas con la energía.

El informe PTE se centró en la modelización de los cambios en el consumo de energía y en las fuentes primarias de energía (por ejemplo, la transición del carbón, el petróleo y el gas natural a alternativas bajas en carbono), y las proyecciones corresponden únicamente a las emisiones energéticas de CO₂. Se estimaron las emisiones totales de sectores clave (edificios, transporte e industria) para los años 2014 y 2025, y a partir de allí se consideraron intervalos de cinco años entre 2025 y 2050. También se incluyeron trayectorias sectoriales de descarbonización a nivel regional y algunas específicas para cada país, pero con un menor nivel de detalle a escala nacional. Con el fin de integrar los datos en la hoja de ruta, se aplicó una interpolación lineal para obtener trayectorias de descarbonización para cada año hasta 2050.

Una ausencia clave en el modelo PTE de la IEA son las emisiones de gases distintos del CO₂^v. Según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés),

^v Metano, óxido nitroso y gases fluorados

el 22 % de las emisiones que no son de CO₂ están relacionadas con la energía, y las restantes están asociadas a la agricultura (31 %), los gases de refrigeración (12 %) o los procesos de gestión de residuos (12 %). Además, según el informe AR4 del IPCC, el 99,7 % de las emisiones agrícolas corresponden a gases distintos del CO₂.

Si bien las emisiones de otros gases procedentes de la gestión de residuos y la refrigeración no son despreciables, el principal GEI que se emite es el CO₂. Puede aducirse también que las emisiones derivadas de los residuos y la refrigeración están fuertemente relacionadas con la reducción de las emisiones energéticas de CO₂, si se tiene en cuenta que las fugas de refrigerantes están asociadas a sistemas energéticos, como los enfriadores, y que las emisiones de residuos pueden tratarse mediante la adopción de sistemas de aprovechamiento energético de los residuos (que están contemplados en el escenario de la IEA). Por estas razones, se adoptó el supuesto de que las emisiones de otros gases relacionadas con la energía, la refrigeración y los residuos siguen el mismo patrón que las emisiones de CO₂ en cuanto a las proyecciones del modelo de la IEA. Las emisiones derivadas de la actividad agrícola, sin embargo, representan una excepción, y requirieron la elaboración de un enfoque separado.

Emisiones de la agricultura

La fuente utilizada para determinar la trayectoria de las emisiones agrícolas fue un artículo publicado en *Global Environmental Change*, titulado *Land-use futures in the shared socio-economic pathways* [Usos futuros de la tierra en trayectorias socioeconómicas compartidas]²³. Según la trayectoria de interés, el modelo prevé una variación de un 20 % y un -9 % en las intensidades respectivas de las emisiones globales de metano y óxido nítrico (t CO₂ eq/caloría consumida) entre 2011 y 2050. Esta trayectoria representa una reducción en la intensidad de emisión, en contraste con un escenario en el que no se toman acciones frente al cambio climático. Según los autores, la disminución de las intensidades de emisión se debe a mejoras en las prácticas agrícolas y a cambios en los hábitos alimenticios con respecto a la situación actual.

Trayectorias de descarbonización

Las series de datos de la IEA y el modelo relacionados con la agricultura permitieron proyectar las intensidades futuras de emisión de las principales industrias y actividades que impulsan las emisiones mundiales, y establecer una relación con los niveles de 2014. A modo de ejemplo, en la Figura A.18, la Figura A.19, y la Figura A.20 se muestran las proyecciones correspondientes a tres de los 15 sectores clave. Estos gráficos ilustran las predicciones de descarbonización para las regiones de la IEA en las áreas de generación de electricidad, edificios con servicios centrales y productos químicos y petroquímicos.

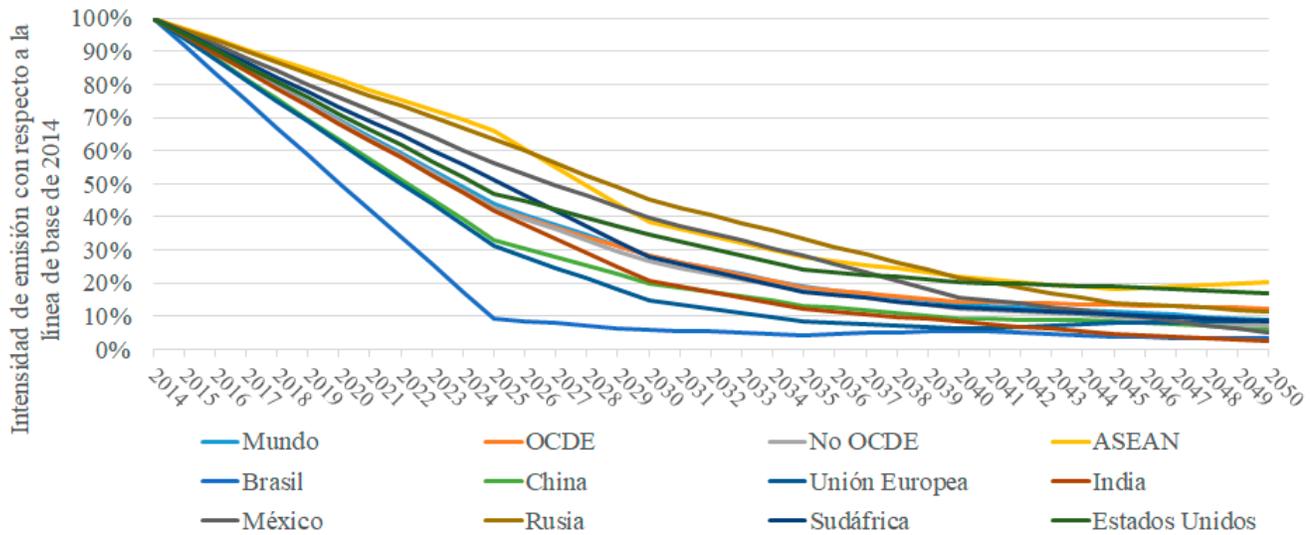


Figura A.18. Proyección de la descarbonización de la generación eléctrica con respecto a los niveles de 2014 para las regiones incluidas en las proyecciones de la IEA.

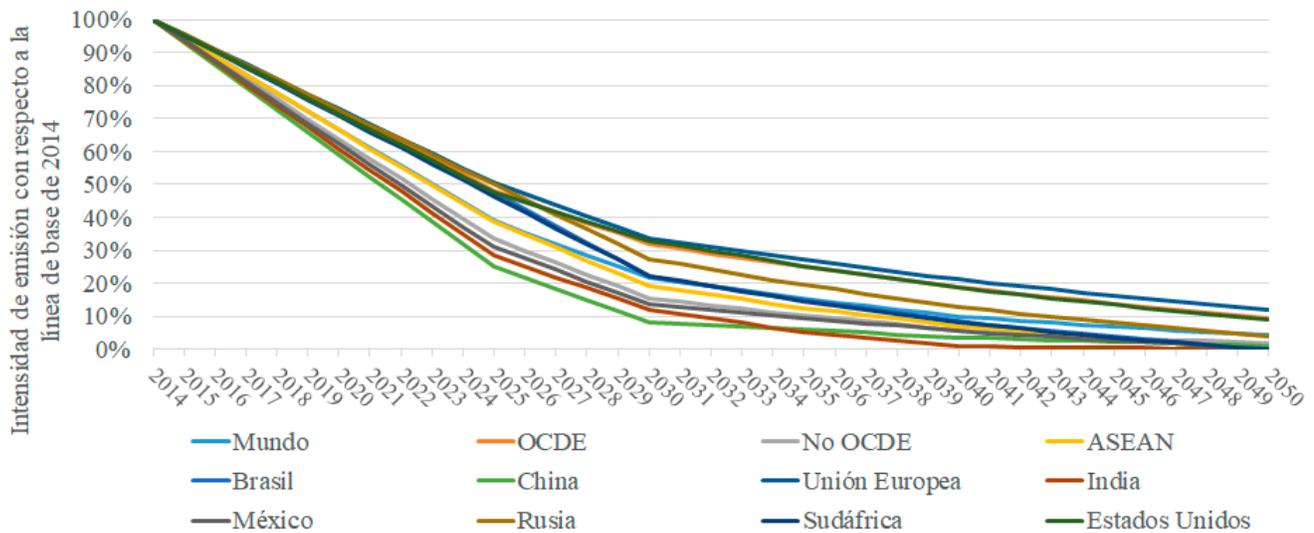


Figura A.19. Proyección de la descarbonización de edificios con servicios centrales con respecto a los niveles de 2014 para las regiones incluidas en las proyecciones de la IEA.

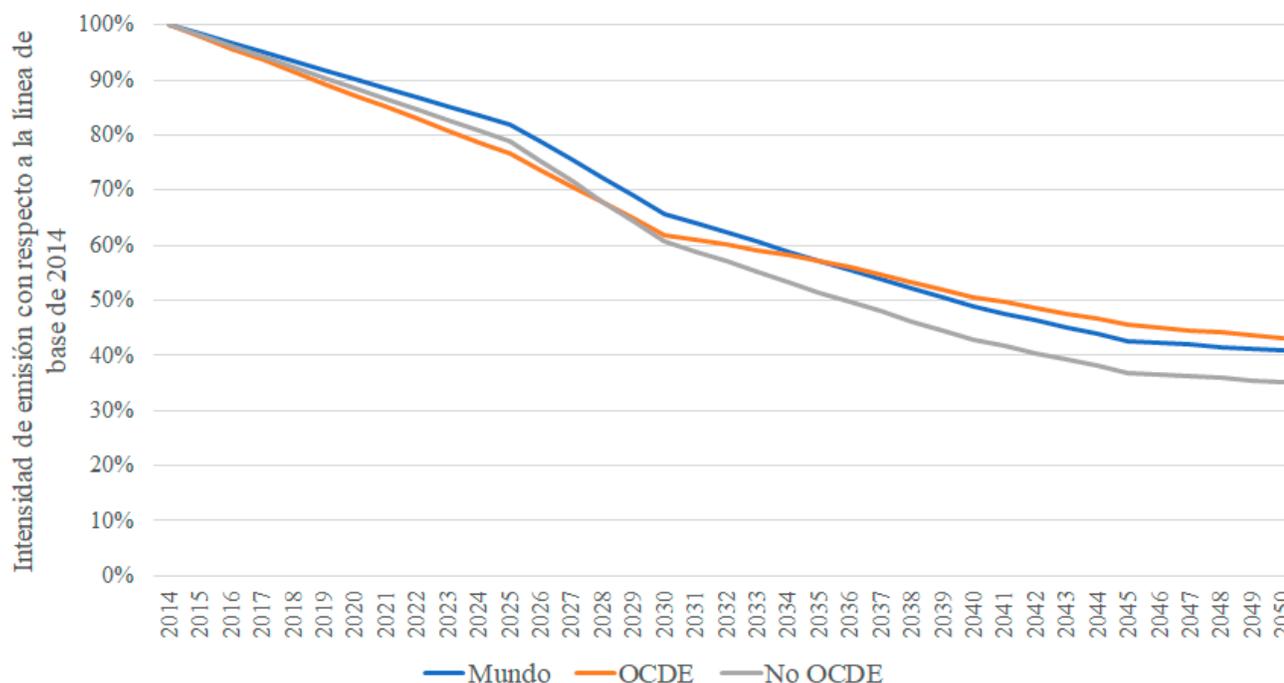


Figura A.20. Proyección de la descarbonización de productos químicos y petroquímicos con respecto a los niveles de 2014 para las regiones incluidas en las proyecciones de la IEA.

Al asignar las tendencias de descarbonización, cada sector de la WIOD recibió la trayectoria que más se ajustaba a su principal mecanismo de emisiones. Por ejemplo, para los sectores en los que predomina el uso de oficinas, como las “actividades jurídicas y de contabilidad, actividades de oficinas principales y actividades de consultoría de gestión”, la principal fuente de emisiones directas proviene de los servicios que abastecen dichas oficinas, por lo que les corresponde la proyección de la IEA para la descarbonización de los edificios con servicios centrales. El mismo criterio se aplicó en el caso de la categoría WIOD que comprende la fabricación de productos farmacéuticos, a la que se le asignó la tendencia de descarbonización de la IEA correspondiente a la producción química y petroquímica.

La precisión geográfica de las proyecciones de descarbonización que sirvieron de base para este modelo varía según los distintos sectores, por lo que no fue posible obtener trayectorias individuales para los 44 países y regiones de la WIOD.

La Tabla A.8 muestra el desglose geográfico de cada una de las tendencias de descarbonización incorporadas a la modelización de la hoja de ruta.

Para cada país se aplicó la tendencia de descarbonización correspondiente a la región más específica posible. Por ejemplo, el modelo del Reino Unido utiliza la trayectoria de la Unión Europea, ya que tanto la WIOD como las tendencias de descarbonización utilizadas se basan en

datos previos al Brexit. La modelización adoptó el supuesto de que la región “resto del mundo” sigue la tendencia del grupo no perteneciente a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Aunque hay países en la región RoW que son miembros de la OCDE, el perfil medio poblacional de esta región concuerda más con el otro grupo.

Tendencia de descarbonización	Fuente de datos	Desglose geográfico en las proyecciones
Agricultura	Popp <i>et al.</i>	Mundo
Aluminio	IEA	OCDE, no OCDE
Cemento	IEA	OCDE, no OCDE
Productos químicos y petroquímicos	IEA	OCDE, no OCDE
Edificios comerciales (con y sin servicios centrales)	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos
Generación de electricidad	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos
Transporte de mercancías: pesado por carretera	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos
Transporte de mercancías: liviano por carretera	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos
Transporte de mercancías: marítimo	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos
Hierro y acero	IEA	OCDE, no OCDE
Transporte de pasajeros: aéreo	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos
Transporte de pasajeros: pesado por carretera	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos
Transporte de pasajeros: liviano por carretera	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos
Pulpa y papel	IEA	OCDE, no OCDE
Resto de la industria	IEA	OCDE, no OCDE
Edificios con servicios centrales	IEA	OCDE, no OCDE, ASEAN, Brasil, China, Unión Europea, India, México, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos

Tabla A.8. Detalle geográfico de las tendencias de descarbonización utilizadas en el modelo.

Los sectores utilizados por la IEA se incorporaron al modelo WIOD a través de la asignación detallada en la Tabla A.9.

Sector de la WIOD	Tendencia de descarbonización
Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas	IPCC, gases distintos del CO ₂ (basado en Popp <i>et al.</i>)
Silvicultura y extracción de madera	IPCC, gases distintos del CO ₂ (basado en Popp <i>et al.</i>)

Sector de la WIOD	Tendencia de descarbonización
Pesca y acuicultura	IPCC, gases distintos del CO ₂ (basado en Popp <i>et al.</i>)
Explotación de minas y canteras	Resto de la industria
Elaboración de productos alimenticios, bebidas y productos de tabaco	Resto de la industria
Fabricación de productos textiles, prendas de vestir y productos de cuero	Resto de la industria
Fabricación de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables	Resto de la industria
Fabricación de papel y de productos de papel	Pulpa y papel
Impresión y reproducción de grabaciones	Pulpa y papel
Fabricación de coque y productos de la refinación del petróleo	Sin cambios
Fabricación de sustancias y productos químicos	Productos químicos y petroquímicos
Fabricación de productos farmacéuticos, sustancias químicas medicinales y productos botánicos de uso farmacéutico	Productos químicos y petroquímicos
Fabricación de productos de caucho y plástico	Productos químicos y petroquímicos
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	Cemento
Fabricación de metales comunes	Combinación de hierro, acero y aluminio
Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	Combinación de hierro, acero y aluminio
Fabricación de productos de informática, de electrónica y de óptica	Resto de la industria
Fabricación de equipo eléctrico	Resto de la industria
Fabricación de maquinaria y equipo n. c. p.	Resto de la industria
Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques	Resto de la industria
Fabricación de otro equipo de transporte	Resto de la industria
Fabricación de muebles y otras industrias manufactureras	Resto de la industria
Reparación e instalación de maquinaria y equipo	Resto de la industria
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	Electricidad
Captación, tratamiento y distribución de agua	Sin cambios
Evacuación de aguas residuales; recolección, tratamiento y eliminación de desechos; recuperación de materiales; actividades de descontaminación y otros servicios de gestión de desechos	Sin cambios
Construcción	Cemento
Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos automotores y motocicletas	Edificios con servicios centrales
Comercio al por mayor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	Edificios con servicios centrales
Comercio al por menor, excepto el de vehículos automotores y motocicletas	Edificios con servicios centrales
Transporte por vía terrestre y transporte por ductos	Transporte de pasajeros: liviano por carretera
Transporte por vía acuática	Transporte de mercancías: marítimo

Sector de la WIOD	Tendencia de descarbonización
Transporte por vía aérea	Transporte de pasajeros: aéreo
Almacenamiento y actividades de apoyo al transporte	Todos los edificios
Actividades postales y de mensajería	Transporte de mercancías: liviano por carretera
Actividades de alojamiento y de servicios alimentarios	Edificios con servicios centrales
Actividades de edición	Edificios con servicios centrales
Actividades de producción de películas cinematográficas, videos y programas de televisión, grabación de sonido y edición de música, y actividades de programación y transmisión	Edificios con servicios centrales
Telecomunicaciones	Edificios con servicios centrales
Programación informática, consultoría de informática y actividades conexas, y actividades de servicios de información	Edificios con servicios centrales
Actividades de servicios financieros, excepto las de seguros y fondos de pensiones	Edificios con servicios centrales
Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto planes de seguridad social de afiliación obligatoria	Edificios con servicios centrales
Actividades auxiliares de las actividades de servicios financieros	Edificios con servicios centrales
Actividades inmobiliarias	Edificios con servicios centrales
Actividades jurídicas y de contabilidad; actividades de oficinas principales; actividades de consultoría de gestión	Edificios con servicios centrales
Actividades de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos	Edificios con servicios centrales
Investigación científica y desarrollo	Edificios con servicios centrales
Publicidad y estudios de mercado	Edificios con servicios centrales
Otras actividades profesionales, científicas y técnicas, y actividades veterinarias	Edificios con servicios centrales
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	Edificios con servicios centrales
Administración pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria	Edificios con servicios centrales
Educación	Edificios con servicios centrales
Actividades de atención de la salud humana y de asistencia social	Edificios con servicios centrales
Otras actividades de servicios	Edificios con servicios centrales
Actividades de los hogares como empleadores; actividades no diferenciadas de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio	Todos los edificios
Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	Edificios con servicios centrales

Tabla A.9. Asignación de tendencias de descarbonización a las categorías de la WIOD utilizadas en las proyecciones.

El futuro de las emisiones del sector de la salud

Combinación de la proyección de crecimiento y las tendencias de descarbonización

Tras haber determinado la proyección nacional de crecimiento de la IHME y las trayectorias de descarbonización de la IEA para todos los países del modelo, se procedió a asignar estas trayectorias al modelo de referencia para las emisiones de 2014 con el fin de explorar tendencias y comportamientos futuros.

En el modelo de referencia, la huella total se desglosó en una lista de rutas incluidas en la cadena de suministro, junto con los valores de las emisiones asociadas a ellas. Para calcular las emisiones asociadas a una ruta en un año futuro, en primer lugar se ajustó el valor de las emisiones en función de la proporción del gasto en salud previsto entre el año de referencia (2014) y ese año futuro. A continuación, se aplicaron las tendencias de descarbonización. En los casos en que las emisiones de la ruta de la cadena de suministro procedían de un sector incluido en las previsiones de descarbonización de la IEA, por ejemplo, el de la generación eléctrica, el valor de las emisiones se ajustó según la reducción de la intensidad de carbono proyectada para el año futuro en relación con el año de referencia.

Este enfoque se utilizó para ajustar la escala de las emisiones en todas las rutas del modelo WIOD, con el fin de proyectar los efectos del crecimiento previsto del gasto en salud y la descarbonización de industrias clave sobre la huella de referencia del sector de la salud.

Modelización de intervenciones sobre las emisiones

Tras haber considerado los impactos del crecimiento del sector de la salud y la descarbonización de las principales industrias, y haber obtenido el valor de las emisiones previstas para el período comprendido entre 2014 y 2050, se procedió a utilizar el modelo para investigar el impacto de las acciones de mitigación de emisiones.

En las secciones siguientes se describe la forma en que se utilizó el modelo para analizar las intervenciones en la cadena de suministro del sector de la salud relacionadas con el uso de gases anestésicos, los IDM y la eficacia de los sistemas sanitarios.

Intervenciones

La Figura A.19 detalla las intervenciones en la cadena de suministro que se analizaron como opciones para la mitigación de emisiones. En la columna “Descripción” se exponen las acciones correspondientes, mientras que en la columna “Umbral” se muestra el potencial de reducción de emisiones asociado a aquellas. Salvo donde se indique lo contrario, el valor umbral se obtuvo a partir de la base de pruebas establecida para el informe *The future of urban consumption in a 1.5°C world* [El futuro del consumo urbano en un mundo de 1,5 °C], publicado por medio de una colaboración entre Arup, la organización C40 Cities, y la Universidad de Leeds²⁴.

Área de intervención	Descripción	Umbral
Alimentos	Aumentar la eficiencia material del envasado de alimentos. Para este estudio se adoptó un objetivo de eficiencia del 19 %.	Reducción del 19 % en las emisiones anuales procedentes del envasado de alimentos para 2050.
	Aumentar al 50 % la proporción de materiales reciclados en los envases para 2050. Esto equivale a un 29 % de reducción en las emisiones procedentes del envasado de alimentos.	Reducción del 29 % en las emisiones anuales procedentes del envasado de alimentos para 2050.
	Reducir el desperdicio de alimentos en los establecimientos de salud (sobras de los platos). Se estima que un 30 % de la comida hospitalaria se desperdicia en forma de sobras ²⁵ , y el objetivo asumido es reducir esta proporción en un 50 % para 2050.	Reducción del 15 % en las emisiones relacionadas con los alimentos para 2050.
	Se ha determinado que una reducción del 50 % en el desperdicio de alimentos, implementada en todos los niveles de producción alimentaria de la cadena de suministro, equivale a una reducción en las emisiones del 10,4 %.	Reducción del 10,4 % en las emisiones relacionadas con los alimentos para 2050.
Construcción	Ampliar el uso de la madera estructural en los establecimientos de salud.	Reducción del 20 % en las emisiones derivadas del uso de acero en la construcción para 2050, reducción del 14 % en las emisiones derivadas del uso de concreto en la construcción para 2050.
	Cambiar al cemento bajo en carbono.	Reducción del 35 % en las emisiones derivadas del uso de concreto en la construcción para 2050.
	Mejorar la eficiencia de los materiales mediante la optimización del diseño estructural.	Reducción del 20 % en las emisiones derivadas del uso de acero en la construcción para 2050, reducción del 32 % en las emisiones derivadas del uso de concreto en la construcción para 2050.

Área de intervención	Descripción	Umbral
	Reutilizar componentes de acero estructural en la construcción.	Reducción del 11 % en las emisiones derivadas del uso de acero en la construcción para 2050.
	Reducir la demanda de nuevas construcciones por medio de una utilización optimizada de las instalaciones existentes, a fin de alcanzar una reducción del 10 % en la demanda de nuevas superficies cubiertas para 2050.	Reducción del 10 % en las emisiones derivadas de la construcción para 2050.
Transporte	Aumentar la eficiencia de los materiales en los vehículos de flota sanitarios a fin de reducir el uso de acero y plástico en un 50 % para 2050.	Reducción del 50 % de las emisiones derivadas del uso de acero y plástico en la fabricación de vehículos para 2050.
	Optimizar la vida útil de la flota, aumentar la longevidad a través del mantenimiento activo y priorizar la durabilidad de los vehículos en las decisiones de compra.	Aumento del 10 % en la vida útil de la flota para 2050.
	Reducir los traslados aéreos de las y los profesionales del sector de la salud.	Reducción del 75 % en los traslados aéreos para 2050.
	Fomentar la transición a un combustible de aviación más sostenible.	Aumento del 80 % en la descarbonización de la aviación mediante el incremento de la eficiencia y el uso de biocombustibles para 2050.
Productos textiles	Reducir en un 50 % los residuos en la cadena de suministro para 2050.	Reducción del 12,5 % en las emisiones derivadas de los productos textiles para 2050.
	Aumentar en un 33 % la vida útil de los productos textiles utilizados en el entorno sanitario.	Reducción del 25 % en las emisiones derivadas de los productos textiles para 2050.
Equipos médicos	Extender en un 33 % la vida útil de los equipos médicos.	Reducción del 25 % en las emisiones asociadas a nuevos equipos médicos para 2050.
Equipos de TI	Extender en un 20 % la vida útil de los equipos de TI utilizados en el sector de la salud.	Reducción del 17 % en las emisiones asociadas a nuevos equipos de TI para 2050.

Tabla A.10. Intervenciones de la cadena de suministro y umbrales implementados en el modelo.

El mecanismo para proyectar las tasas de adopción se basó en perfiles de “adopción con curva en S”, sobre el principio de que la adopción de nuevos comportamientos sociales o tecnologías normalmente sigue una curva en forma de S en lugar de una curva lineal o representativa de otra función²⁶. En la Figura A.21 se muestra el perfil que se utilizó para modelizar la adopción de las intervenciones.

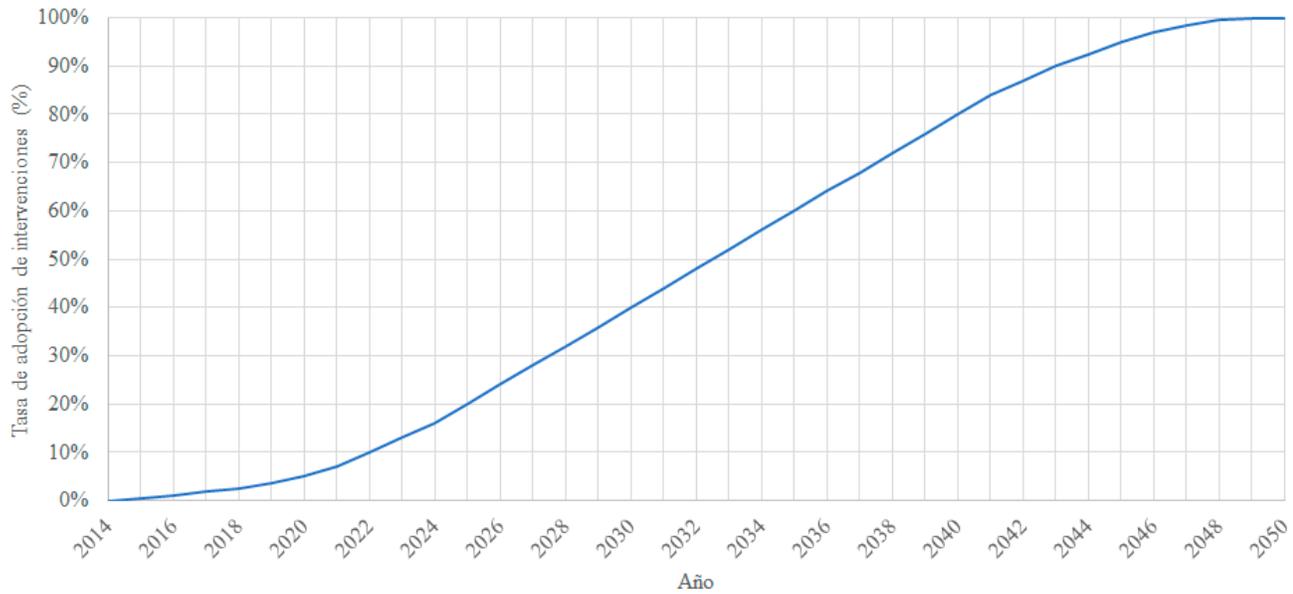


Figura A.21. Curva utilizada para modelizar la adopción de las intervenciones entre 2014 y 2050.

Reducción de las emisiones derivadas de gases anestésicos e IDM

La aplicación de los objetivos de reducción a las emisiones globales procedentes de anestésicos y de IDM tiene por objeto reducir dichas emisiones en un 50 % para 2030 y en un 80 % para 2050, respectivamente, con respecto a los niveles de 2014.

Para modelizar esta reducción, se utilizaron los datos disponibles para los países del Anexo 1 de la CMNUCC y las emisiones globales de gases fluorados. Esto significa que la mayoría de las emisiones consideradas en este estudio provienen de sistemas de salud de países desarrollados y comparativamente prósperos, por lo que las medidas de mitigación, entre ellas la captura de gases de escape y la transición a inhaladores de polvo seco, deberían permitir la reducción de las emisiones sin afectar el acceso a medicamentos esenciales.

En cuanto a los países en desarrollo no incluidas en la clasificación del Anexo 1 de la CMNUCC, se prevé un aumento de las emisiones atmosféricas durante este período si no se toman acciones tendientes a reducirlas.

Eficiencia de los sistemas de salud

Existe una variación apreciable en la eficiencia de los distintos sistemas de salud para garantizar resultados de calidad en salud y lograr la cobertura sanitaria universal (CSU).

Como ya se ha mencionado, las emisiones del sector de la salud están relacionadas con el gasto en salud. El exceso de gasto puede producir un exceso de emisiones. Determinar el exceso de gasto requiere una medición de la eficiencia del sistema de salud. Por ejemplo, requiere determinar cuánto contribuye cada dólar gastado a mejorar los resultados relacionados con la salud o a extender la cobertura sanitaria. Esto se puede estimar examinando la relación entre el gasto y la cobertura sanitaria universal efectiva. El Instituto de Métricas y Evaluación de la Salud ha publicado un documento que describe esta relación²⁷.

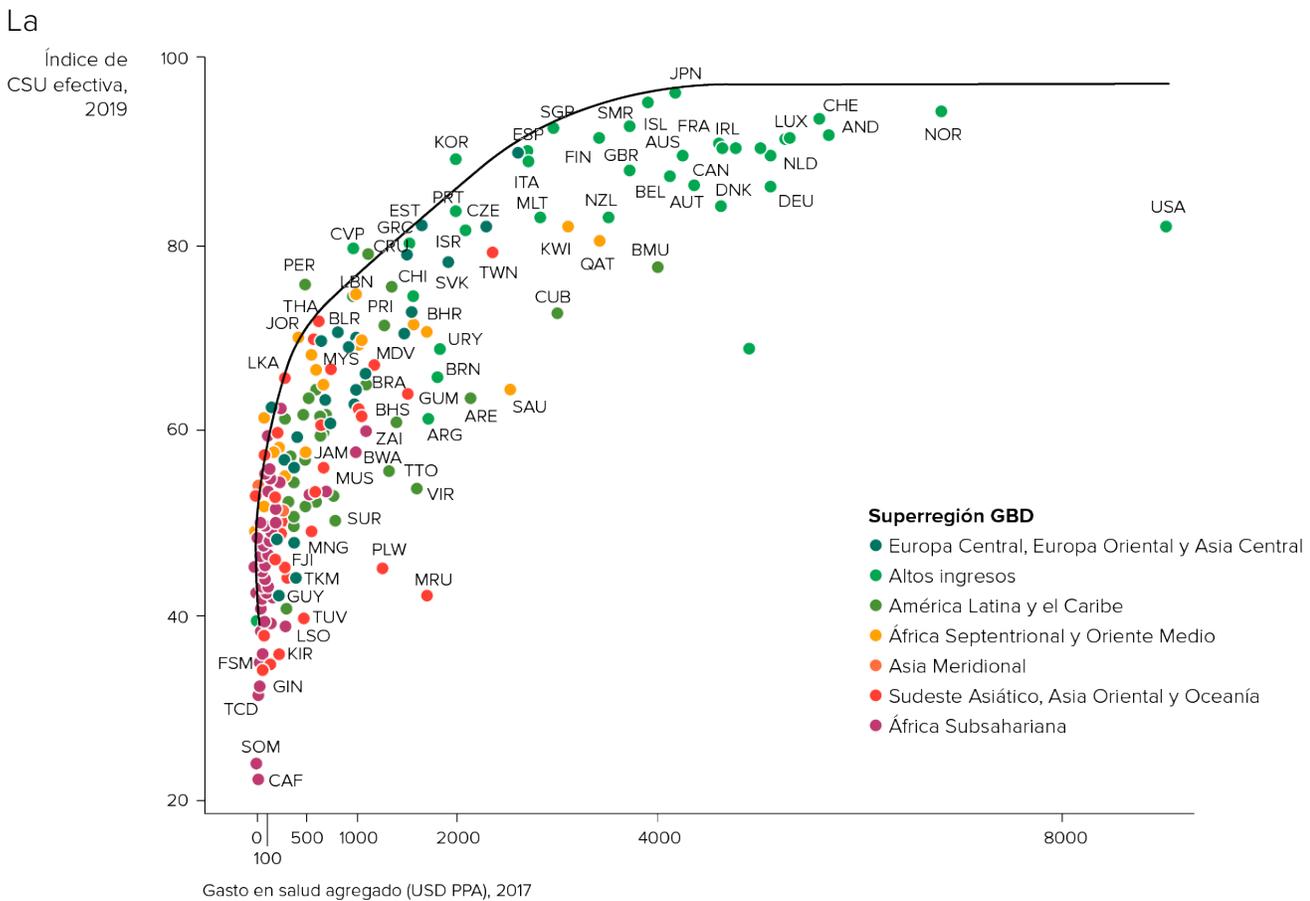


Figura A.22 ilustra este punto al comparar el gasto en salud homologado per cápita con 17 indicadores de CSU. Los resultados indican que la eficiencia del gasto adicional varía mucho entre los distintos países, y el rendimiento decrece a medida que aumenta el gasto en salud per cápita.

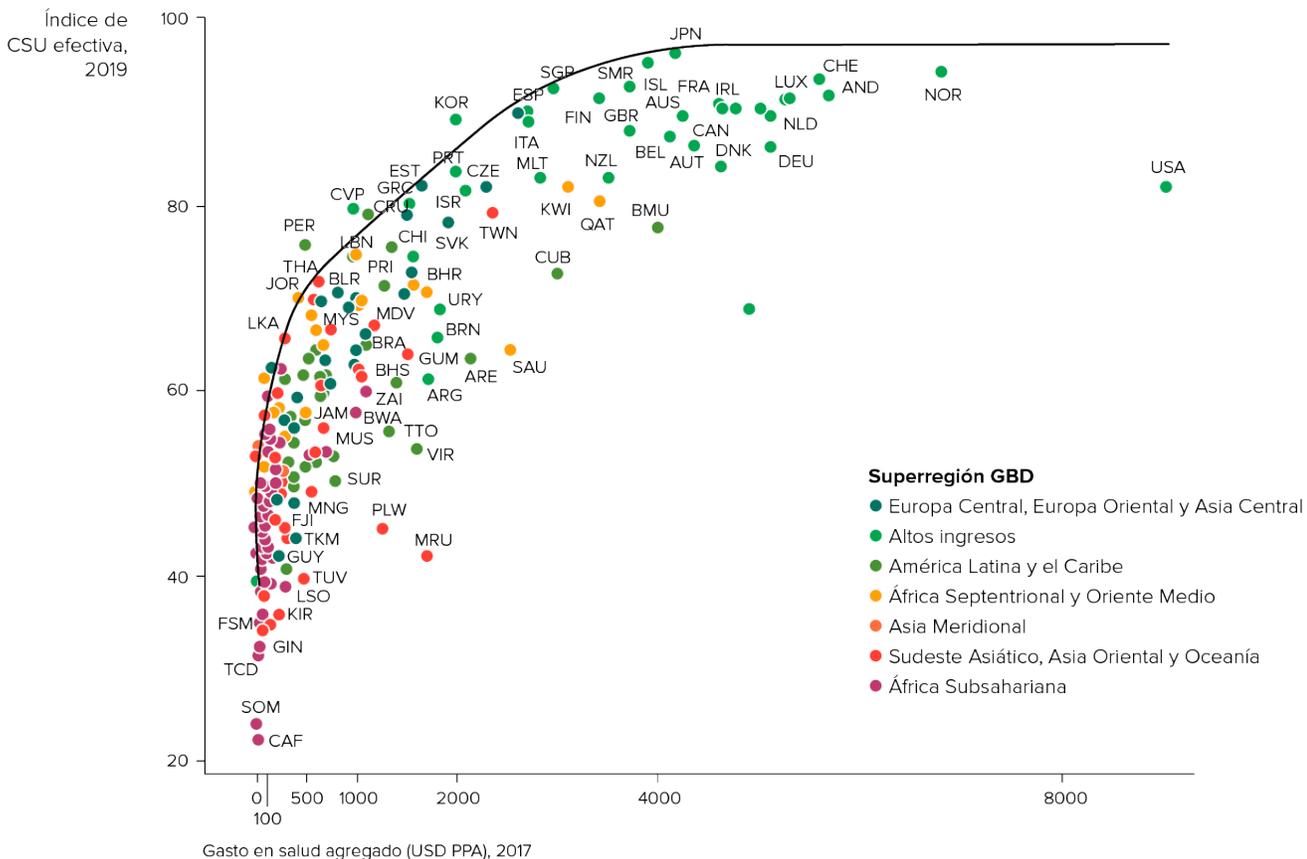


Figura A.22. Frontera del índice de CSU efectiva en relación con el gasto en salud agrupado per cápita. Clasificación por carga mundial de la enfermedad (GBD por sus siglas en inglés). Fuente: IHME.

Los países con más recursos, en particular, pueden lograr una cobertura sanitaria más eficiente al reducir el gasto y aumentar la eficiencia en salud. Esta reducción del gasto puede derivar también en una reducción de las emisiones de carbono.

En la Figura A.23, el cuadrante C identifica los países en los cuales una mejora en la eficiencia de sus sistemas de salud permitiría reducir el gasto sin afectar el nivel de la CSU. El modelo elaborado aproxima los puntos de estos países a la curva de mejor desempeño, desplazándolos en un 20 % de la diferencia entre el gasto del país en 2017 y la posición correspondiente en la curva de mejor desempeño para el mismo nivel de prestación de CSU.

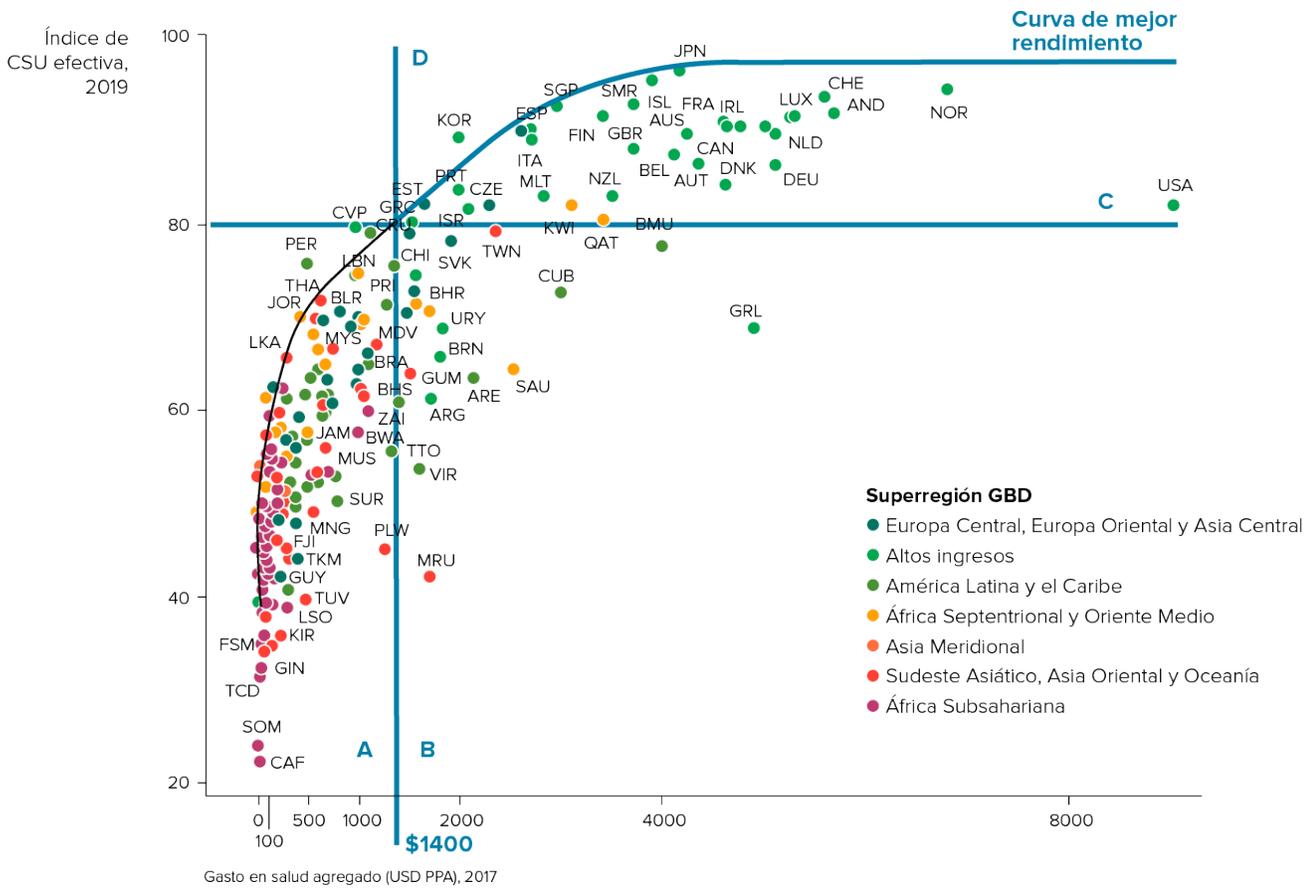


Figura A.23. Asignación de los países a uno de cuatro grupos delimitados por un valor umbral de CSU definido en 80, con un gasto en salud de USD 1400 por persona por año. Clasificación por carga mundial de la enfermedad (GBD por sus siglas en inglés).

Asignación de la reducción de emisiones a vías de acción y acciones de alto impacto

Al categorizar, agrupar y analizar el potencial de mitigación asociado a las distintas intervenciones propuestas para las emisiones del sector de la salud, se identificaron las áreas de mayor impacto potencial desde dos perspectivas: vías de acción y acciones de alto impacto. Tras modelizar las acciones de mitigación, se calcularon las emisiones previstas del sector de la salud en términos de las categorías del SPA definidas en la Figura A.7.

Cálculo del potencial de reducción de emisiones de las vías de acción

Se identificaron tres vías de descarbonización concomitantes e interrelacionadas:

- Vía de acción 1: establecimientos y operaciones

Acción directa sobre las emisiones procedentes de los establecimientos de salud y las operaciones sanitarias.

- Vía de acción 2: cadena de suministro

Potencial de descarbonización de las medidas adoptadas por los proveedores directos del sector de la salud para reducir sus emisiones, impulsadas por acciones concretas y por incentivos del sector de la salud asociados con su poder de compra.

- Vía de acción 3: economía y sociedad en general

Además de tomar medidas para frenar las emisiones que se encuentran bajo su influencia más directa (vías de acción 1 y 2), el sector de la salud debe convocar a la sociedad en su conjunto para que lo acompañe en la búsqueda activa de oportunidades de descarbonización.

En la Tabla A.11 se muestra de qué forma se asignaron las intervenciones modelizadas a cada una de las tres vías de acción. Los segmentos se calcularon sumando el potencial de reducción de la intervención atribuida a cada vía.

Vía de acción	Tendencia de descarbonización incluida en la vía de acción
Vía de acción 1	<ul style="list-style-type: none"> • Edificios e infraestructuras • Transporte y viajes • Anestésicos e IDM • Eficacia de los sistemas • Reducción del desperdicio de alimentos (platos)
Vía de acción 2	<ul style="list-style-type: none"> • Electricidad adquirida (alcance 2) • Incremento de la eficiencia modelizado para la producción de alimentos y productos textiles consumidos por el sistema de salud
Vía de acción 3	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor descarbonización de la economía en general según los lineamientos de la trayectoria B2DS, incluida la descarbonización de los siguientes sectores contemplados por la IEA: <ul style="list-style-type: none"> ○ Funcionamiento de edificios ○ Uso de electricidad en la cadena de suministro ○ Transporte y carga ○ Producción de cemento ○ Producción de metales ○ Productos químicos y petroquímicos ○ Pulpa y papel ○ Resto de la industria

Tabla A.11. Asignación de tendencias de descarbonización a las tres vías de acción.

Los valores ajustados que se describen en la sección 0 se agruparon en los segmentos de reducción para cada categoría del SPA, y se obtuvieron las emisiones restantes. Seguidamente, estos valores se combinaron para organizar los resultados según las distintas vías de acción y acciones de alto impacto.

Cálculo del potencial de reducción de emisiones de las acciones de alto impacto

Existen siete acciones de alto impacto que, al interconectarse con las vías de acción mencionadas, favorecen la transformación de la atención sanitaria hacia un sector descarbonizado y resiliente al clima. Estas medidas se centran en acciones específicas que se pueden llevar a cabo para abordar las emisiones completas de la cadena de suministro, a la que contribuyen áreas clave del abastecimiento del sector de la salud. Estas acciones de alto impacto se detallan más a fondo en el documento de trabajo. La Tabla A.12 muestra la correspondencia existente entre las acciones de alto impacto y los aspectos operativos y de abastecimiento del sector de la salud. Para cuantificar los segmentos de reducción de emisiones, se identificó la reducción correspondiente a cada categoría del SPA y se sumaron las contribuciones aplicables a cada acción, como se muestra en la tabla. En la Figura A.7 se muestran definiciones y ejemplos de las actividades comprendidas en cada una de estas categorías.

Área de acción	Categorías del SPA
1. Electricidad directa a salud	<ul style="list-style-type: none"> Alcance 2: electricidad adquirida Generación eléctrica en la cadena de suministro
2. Edificios e infraestructuras	<ul style="list-style-type: none"> Alcance 1: funcionamiento de edificios (incluida la combustión in situ) Construcción
3. Viajes	<ul style="list-style-type: none"> Alcance 1: transporte Alcance 3: transporte
4. Alimentos	<ul style="list-style-type: none"> Alimentos, servicios alimentarios y alojamiento
5. Productos farmacéuticos	<ul style="list-style-type: none"> Productos farmacéuticos
6. Salud circular	<ul style="list-style-type: none"> Fabricación y distribución de combustibles fósiles Combustibles, productos químicos y gases manufacturados Instrumentos/equipos médicos Otros productos manufacturados

	<ul style="list-style-type: none"> • Productos de papel • Residuos, agua y saneamiento • Otros suministros
7. Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios empresariales • Tecnologías de la información y la comunicación • Eficiencia de los sistemas

Tabla A.12. Atribución de categorías de compra a las acciones de alto impacto identificadas

Caracterización de la brecha de emisiones

Tras considerar el efecto de las acciones de alto impacto para la mitigación de emisiones que se destacan en este estudio, la huella climática del sector de la salud a nivel global sigue siendo considerable. La hoja de ruta se refiere a estas emisiones residuales como un “territorio inexplorado”. Esta huella prevista se distribuyó entre las categorías de la Figura A.7. La escala de cada ruta del SPA se ajustó en función del crecimiento previsto del gasto en salud (sección 0), y seguidamente se aplicó otra modificación en función de la descarbonización del sector (sección 0), para lo cual se seleccionó el factor de descarbonización adecuado según la asignación de categorías a los sectores de la WIOD que se detalla en la Tabla A.9. Esto permitió obtener una serie temporal de las emisiones del sector de la salud previstas hasta 2050 en términos de las categorías mencionadas, que se utilizó a su vez para producir la Figura A.21 en la hoja de ruta.

Estimación de las emisiones procedentes de combustibles fósiles

Para estimar el componente de emisiones resultantes de la quema de combustibles fósiles, se recurrió al conjunto de datos PRIMAP-hist y se utilizó el componente de emisiones energéticas por gas de efecto invernadero para 2014²⁸. Esta proporción se aplicó a la huella climática del sector de la salud para cada gas (dióxido de carbono, óxido nitroso, metano), a fin de aproximar la parte de la huella correspondiente a la quema de combustibles fósiles.

Intervenciones en salud

Además de las intervenciones en la cadena de suministro antes detalladas, se realizó un análisis de alto nivel de cuatro intervenciones en salud utilizando el modelo. El propósito de este análisis

es abrir el debate en torno a los beneficios climáticos que se obtendrían de reducirse la carga de morbilidad asociada con los siguientes cuatro factores de riesgo sociales:

- Consumo de tabaco
- Contaminación del aire
- Consumo de carne
- Obesidad

Cada intervención examina la reducción del gasto en salud y la reducción de emisiones de GEI que podría lograrse como resultado de una disminución considerable de la carga de morbilidad asociada con el consumo de tabaco, la contaminación del aire, el consumo de carne y la obesidad. La base de información que sustenta estas intervenciones de salud pública se detalla en los cuatro documentos de intervenciones sanitarias. En función de los hallazgos de estos trabajos, se modelizó la potencial reducción de emisiones asociada con la disminución en la demanda de atención médica para tratar enfermedades vinculadas a estos factores de riesgo, utilizando las intervenciones descritas en la Tabla 2.

Estas intervenciones son estimaciones generales que ponen de relieve la escala de oportunidad que existe para reducir las emisiones de los sistemas de salud mediante la reducción de la demanda. Las reducciones de emisiones se modelizaron en función de la reducción del gasto en el sistema de salud y, por lo tanto, no contemplan efectos de rebote.

Intervención en salud	Método de evaluación y umbrales clave	Fundamentos	Principales fuentes de datos
Reducir el consumo de tabaco	Reducción del gasto en salud destinado a afecciones relacionadas con el consumo de tabaco del orden del 60 % para 2050, respecto de los niveles de 2010.	El Marco mundial de vigilancia integral para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles (ENT) de la OMS, ha fijado un objetivo global de reducción del consumo de tabaco del orden del 30 % para 2025, respecto de los niveles de 2010 ²⁹ . En el modelo, se adoptó una reducción adicional del 30 % en dicha prevalencia para el período 2025-2050.	<p>Carga de morbilidad (prevalencia) Organización Mundial de la Salud. (2019). WHO global report on trends in prevalence of tobacco use 2000-2025, third edition [Informe mundial de la OMS sobre las tendencias de la prevalencia del consumo de tabaco en 2000-2025, tercera edición]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.</p> <p>Gasto Goodchild, M., Nargis, N., y Tursan d'Espaignet, E. (2018). Global economic cost of smoking-attributable diseases. Tobacco control [Costo económico mundial relacionado con las enfermedades atribuibles al tabaquismo. Control del tabaco], 27(1), 58–64.</p>
Combatir la contaminación del aire ambiente	Reducción del gasto en salud destinado a afecciones relacionadas con la contaminación del aire del orden de dos tercios para 2030, con una reducción adicional de dos tercios entre 2030 y 2050.	La Agenda de Ginebra para combatir la contaminación del aire, de la OMS, propone el objetivo de reducir la cantidad de muertes asociadas con la contaminación del aire en dos tercios para 2030 ³⁰ . Esta intervención tomó ese objetivo como punto de partida y lo amplió con una reducción adicional a lograr a más tardar en 2050.	<p>Gasto OCDE. (2016). The economic consequences of outdoor air pollution [Las consecuencias económicas de la contaminación del aire exterior]. París: OECD Publishing.</p>
Reducir el consumo de carne roja	Gasto en salud relacionado con el consumo de carne proyectado en función de una transición de los niveles actuales de consumo a un consumo de	Esta intervención se modelizó como una transición de los niveles actuales de consumo de carne en cada país a una dieta compatible con la recomendación de la Comisión EAT-Lancet	<p>Consumo de carne Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). Fichas sobre equilibrio alimentario: Carne – cantidad de alimentos (kg / cápita / año) [Software, en inglés]. En: Our World in Data.</p> <p>Gasto Springmann, M., Mason-D'Croz, D.,</p>

	43 g/día, a completarse a más tardar en 2050.	de consumir 43 g/día ³¹ . Se consideró que esto corresponderá a un cambio proporcional en los niveles actuales de gasto en salud asociado al consumo de carne.	Robinson, S., Wiebe, K., Godfray, H., Rayner, M., y Scarborough, P. (2018). Health-motivated taxes on red and processed meat: A modelling study on optimal tax levels and associated health impacts [Impuestos sobre la carne roja y la carne procesada fundamentados en la salud: Estudio de modelización sobre los niveles óptimos de impuestos y los impactos asociados sobre la salud]. PLOS ONE, 13(11), e0204139.
Reducir la obesidad	Se redujo para cada país el gasto en salud destinado a afecciones relacionadas con la obesidad a fin de reflejar el menor nivel de consumo de servicios sanitarios por parte de ciudadanos/as con sobrepeso, en comparación con ciudadanos/as con obesidad.	El Marco mundial de vigilancia integral para la prevención y el control de las enfermedades no transmisibles (ENT) de la OMS, ha fijado un objetivo global para frenar el crecimiento de la obesidad a más tardar en 2025, respecto de los niveles de 2010 ³² . El supuesto adoptado en este modelo prevé que los/as ciudadanos/as con obesidad, mediante la ayuda de diversas medidas de salud pública, pueden bajar de peso y pasar de la categoría de Obesidad a la de Sobrepeso.	Carga de morbilidad (prevalencia) Organización Mundial de la Salud. (Sin fecha). Global Health Observatory [Observatorio mundial de la salud]. Gasto OCDE. (2019). The heavy burden of obesity: The economics of prevention [La pesada carga de la obesidad: La economía de la prevención]. París: Estudios de la OCDE sobre los sistemas de salud, OECD Publishing.

Tabla 2. Intervenciones en salud, umbrales sometidos a prueba y fuentes de datos utilizados en el modelo de emisiones globales del sector de la salud.

Supuestos y limitaciones principales

En las páginas siguientes se presenta un resumen de los supuestos y limitaciones principales de este estudio.

Estructura de la huella

La modelización se basa en la estructura de la cadena de suministro proporcionada por la WIOD para 2014, que es el año más reciente con datos publicados en el modelo WIOD. Sobre esta estructura de huella se proyectaron los pronósticos relativos al crecimiento del gasto en los sistemas de salud y las tendencias de descarbonización en las industrias clave, con el objeto de predecir características de emisiones y comportamientos futuros. Este procedimiento, por lo tanto, no refleja ningún cambio previsto en la estructura de la economía mundial y en la cadena de suministro del sector de la salud, ni su potencial impacto sobre las emisiones. Reconocida esta limitación, cabe señalar que el enfoque general adoptado para la proyección de escenarios a partir de modelos insumo-producto estáticos ha sido utilizado tanto en la literatura de Weibe *et al.*³³ como en estudios previos de C40 Cities, Arup y la Universidad de Leeds²⁴, y ha demostrado ser una herramienta robusta para la exploración de futuros escenarios de emisiones.

Crecimiento sostenido en todo el sector

La proyección de cambios en la escala del sistema de salud de un país se basó en los datos proporcionados por el informe del IHME acerca del futuro del sector de la salud, que permitieron calcular la proporción futura del gasto en salud con respecto al nivel de 2014 y así reflejar las modificaciones de escala. Este factor de crecimiento se aplicó sobre toda la huella del sistema de salud de cada país, sin tener en cuenta el ritmo variable de los cambios entre los distintos componentes de dicho sistema.

Producto homogéneo

Las intensidades de emisión a nivel sector que se derivan del análisis insumo-producto suponen que cada unidad económica de producción dentro de un sector causa el mismo impacto ambiental en todo el sector, algo que se conoce como homogeneidad. Por ejemplo, para el sector de las “actividades de atención de la salud humana y de asistencia social” se supone un impacto ambiental uniforme por cada dólar gastado, cuando en realidad las diferentes actividades dentro del sector tienen impactos ambientales variables. Por lo tanto, la intensidad de emisión representa el impacto ambiental promedio de las actividades dentro del sector, y no refleja con precisión la variedad existente entre las distintas prestaciones sanitarias.

Técnica de filtrado y cambios de escala

El análisis SPA se llevó a cabo sobre los ocho niveles principales de la cadena de suministro para todos los países, lo que representa un total de $1,4 \times 10^{27}$ rutas individuales en términos de la WIOD. Necesariamente, hay rutas que no podrán ser cuantificadas, y la mayoría de ellas representarán flujos de capital y emisiones prácticamente nulos en el contexto del modelo. Como sugiere Lenzen³⁴, es posible sortear el problema mediante el uso de un algoritmo de filtrado que elimine en forma dinámica las rutas cuyas contribuciones no superen un umbral determinado.

La técnica de filtrado que se implementó durante la ejecución del SPA tomó como parámetros los valores de las emisiones y el flujo de capital. El algoritmo recorre las rutas en orden descendente de flujo de capital, y omite el análisis de aquellas que están por debajo de un determinado umbral. La selección del umbral de filtrado se basó en la magnitud del gasto en salud de cada país. Estados Unidos tuvo el punto de corte más alto, establecido en USD 250 000 dólares: el 0,00001 % del gasto en salud de todo el país durante 2014. Las rutas cuantificadas cuyas emisiones superaron las 0,5 t CO₂ eq se agregaron a un diccionario (un objeto de Python que almacena variables en formato de pares clave-valor).

El proceso de filtrado permite que el costo computacional de un SPA sea asequible, y los modelos se ejecutaron en el *cluster* de alto rendimiento de Arup durante un período de 24 horas por cada país. Sin embargo, otra consecuencia de la técnica de filtrado es que una gran cantidad de rutas de emisiones pequeñas quedan excluidas del análisis del SPA. El trabajo previo que realizamos para el Libro verde número uno, donde analizamos las emisiones de todos los países por medio de una técnica de modelización IO sin pérdidas, nos permitió calcular el grado de pérdida individual de cada país. La magnitud de la pérdida varió según el país. menos afectado, habiéndose cuantificado el 94 % de sus emisiones, y Suiza fue la que registró la mayor pérdida, con una cuantificación del 79 % de sus emisiones. El valor para Estados Unidos fue del 90 %. Para garantizar que todas las emisiones estuvieran representadas en la modelización publicada, las pérdidas se redistribuyeron en todas las categorías de la cadena de suministro (con excepción del alcance 1 y el alcance 2, que se calculan sin pérdidas) según la proporción relativa de sus magnitudes. Este ajuste de escala permite presentar la estructura y el desglose de las emisiones para todos los países del modelo, al mismo tiempo que se preserva la magnitud general de la huella climática de sus sistemas de salud.

Categorizaciones

Este trabajo utiliza dos perspectivas para reportar las emisiones asociadas a las cadenas de suministro del sector de la salud. En primer lugar, se emplea una categorización específica cuyo objeto es encuadrar las emisiones dentro de segmentos que le sean familiares a las personas responsables de la formulación de políticas del sector de la salud, tomando como base las prácticas de presentación de informes desarrolladas por la SDU del NHS. En segundo lugar, las emisiones se presentan conforme al Estándar de la Cadena de Valor Corporativa (alcance 3) del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHGP), un esquema reconocido internacionalmente³⁵ y utilizado en todos los sectores de la economía para cuantificar las huellas climáticas organizacionales.

Estas categorizaciones requirieron el agrupamiento y la alineación de distintos sectores de la WIOD.

El estándar corporativo del GHGP está diseñado para la presentación de una huella organizacional, mientras que nuestro estudio identificó las emisiones asociadas con un sector

económico. A fin de comunicar nuestros resultados según las categorías y el lenguaje establecidos en la norma, fue necesario establecer una serie de supuestos que permitieran adaptar nuestro enfoque sectorial al marco elegido. En la Tabla A.3. Asignación de las categorías de la WIOD a los sectores de compras del sector de la salud presentados en este estudio.

se muestra la asignación de los distintos sectores de la WIOD a estas categorías.

Estimación de las emisiones globales procedentes de anestésicos inhalables e IDM

Los datos disponibles sobre las emisiones procedentes de gases anestésicos e inhaladores de dosis medida no tienen alcance global. Los datos de la CMNUCC para el NO₂ y los IDM abarcan únicamente a los países del Anexo 1. En 2014, estos países representaban en conjunto el 15 % de la población mundial, el 57 % del PIB mundial y el 73 % del gasto global en salud. Para este informe se utilizaron las emisiones totales de estos países, y si bien esto significa que el valor estimado es necesariamente inferior al total global, el hecho de que los países con mayores recursos consumen una proporción mayor de estos productos indica que la cifra es una buena aproximación.

Para estimar las emisiones anuales de los anestésicos fluorados, Vollmer *et al.*³ se basaron en mediciones de concentraciones atmosféricas de estos gases. El presente estudio no diferencia entre las emisiones procedentes de la atención médica humana y las aplicaciones veterinarias, y no fue posible reunir pruebas suficientes para establecer la proporción de las emisiones asociadas a cada una de estas actividades. Por lo tanto, se decidió informar la huella completa de las emisiones de estos gases.

Para las tendencias futuras de las emisiones de estos gases, se trabajó sobre el supuesto de que la magnitud de la huella está directamente relacionada con el gasto en salud. Las fluctuaciones de precios y la implementación de buenas prácticas clínicas pueden modificar la forma en que se usan estos gases, y esta variedad en los potenciales de calentamiento global involucrados puede a su vez afectar el ritmo de cambio de las emisiones, un efecto que no fue contemplado en este estudio. El potencial de calentamiento global de estos gases oscila entre los 130 kg CO₂ eq/kg (sevoflurano) y los 2540 kg CO₂ eq/kg (desflurano).

Rebote

Para las mitigaciones que se basan en cambios de comportamiento y reducciones del gasto, existe la posibilidad de que ocurran efectos de rebote: el gasto no se reduce, sino que se redirige a otras actividades de mayor o menor intensidad de emisión. Dado que los efectos de rebote normalmente reducen el beneficio estimado de la acción asociada al gasto redirigido, no fueron contemplados en este modelo. Como se menciona en la sección “Estructura de la huella”, el modelo que sustenta este trabajo no permite investigar el impacto de cambios estructurales en la prestación de servicios sanitarios y la economía en general.

Asignación de presupuestos

El enfoque utilizado para la asignación de un presupuesto global de emisiones al sector de la salud se basa en el PIB. Esto supone que los gastos de un sector son representativos de las emisiones que este genera, así como de su capacidad y su responsabilidad para descarbonizarse. Se podrían haber probado y considerado otras formas de asignar el presupuesto, pero todas se basan en supuestos subyacentes.

Trayectorias de emisiones

Las trayectorias de emisiones presentadas en este estudio representan posibles vías para la reducción de emisiones. Cabe destacar que no deben interpretarse como pronósticos. Ilustran el esfuerzo que deberían hacer los países para reducir sus emisiones conforme al presupuesto asignado al sector de la salud a nivel global.

Tendencias de descarbonización

Los datos empleados para proyectar la descarbonización son reconocidos y citados con frecuencia en la literatura. Estas proyecciones son predicciones y, como tales, entrañan un cierto grado de incertidumbre. Sin embargo, están respaldadas por los mejores y más completos estudios disponibles. Por lo tanto, consideramos que su inclusión contribuye a la robustez de la metodología.

El escenario B2DS lleva a su máximo límite práctico la proyección del desarrollo y la distribución de tecnologías en todo el sistema energético, con el objetivo de llegar a 2060 con cero emisiones netas sin necesidad de confiar en futuros avances tecnológicos ni de limitar el crecimiento económico. Según este enfoque, centrado en el concepto de “impulso tecnológico”, las emisiones acumuladas del sector energético rondarán las 750 Gt CO₂ eq entre 2015 y 2100, un valor que refleja un 50 % de probabilidad de limitar el valor promedio de los futuros aumentos de temperatura a 1,75 °C. El objetivo de cero emisiones netas para el sector energético se alcanzaría aproximadamente en 2060, con el apoyo de las emisiones negativas resultantes del despliegue de bioenergía con captura y almacenamiento de carbono. El B2DS está encuadrado en las ambiciones del Acuerdo de París, pero no pretende definir un objetivo de temperatura específico para la expresión “muy por debajo de 2 °C”.

Adopción de intervenciones con curva en S

En los casos para los cuales no se pudo determinar un perfil de adopción de descarbonización mediante la literatura disponible, se supuso una tasa de adopción congruente con la curva en forma de S que se muestra en la Figura A.21.

Referencias

- ¹ *Huella climática del sector de la salud.* (2019). Salud sin Daño, Arup. <https://saludsindanio.org/HuellaClimaticaSalud>
- ² *GHG data from UNFCCC.* Naciones Unidas. <https://unfccc.int/process-and-meetings/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/ghg-data-unfccc/ghg-data-from-unfccc>
- ³ Vollmer, M. K., Rhee, T. S., Rigby, M., Hofstetter, D., Hill, M., Schoenenberger, F. y Reimann, S. (2015). Modern inhalation anesthetics: Potent greenhouse gases in the global atmosphere. *Geophysical Research Letters*, 1606 - 1611.
- ⁴ Sakai, M., Owen, A. y Barrett, J. (2017). The UK's emissions and employment footprints: Exploring the trade-offs. *Sustainability*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/su9071242>
- ⁵ Tennison, I., Roschnik, S., Ashby, B., Boyd, R., Hamilton, I., Oreszczyn, T., Owen, A., Romanello, M., Ruyssevelt, P., Sherman, J. D., Smith, A. Z. P., Steele, K., Watts, N. y Eckelman, M. J. (2021). Health care's response to climate change: a carbon footprint assessment of the NHS in England. *The Lancet Planetary Health*, 5(2), e84–e92. doi: 10.1016/s2542-5196(20)30271-0
- ⁶ Eckelman, M. J. y Sherman, J. (2016). Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health. *PLOS ONE*, 11(6), e0157014. doi: 10.1371/journal.pone.0157014
- ⁷ Eckelman, M.J., Huang, K., Lagasse, R., Senay, E., Dubrow, R. y Sherman, J.D. (2020). Health Care Pollution And Public Health Damage In The United States: An Update. *Health Aff (Millwood)*, 39(12), 2071-2079. PMID: 33284703.
- ⁸ Timmer, M. P., Los, B., Stehrer, R. y de Vries, G. J. (2016). *An Anatomy of the Global Trade Slowdown based on the WIOD 2016 Release.* Universidad de Groningen.
- ⁹ Nansai, K., Fry, J., Malik, A., Takayanagi, W. y Kondo, N. (2020). Carbon footprint of Japanese health care services from 2011 to 2015. *Resources, Conservation and Recycling*, 152, 104525. doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104525
- ¹⁰ Wu, Rui. (2019). The carbon footprint of the Chinese health-care system: an environmentally extended input–output and structural path analysis study. *The Lancet Planetary Health*, 3, e413–e419. 10.1016/S2542-5196(19)30192-5
- ¹¹ Malik, A., Lenzen, M., McAlister, S. y McGain, F. (2018). The carbon footprint of Australian health care. *The Lancet Planetary Health*, 2(1), e27–e35. [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(17\)30180-8](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(17)30180-8)
- ¹² Weisz, U., Pichler, P.-P., Jaccard, I. S., Haas, W., Matej, S., Bachner, F., Nowak, P. y Weisz, H. (2020). Carbon emission trends and sustainability options in Austrian health care. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104862. doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104862
- ¹³ Lenzen, M., Malik, A., Li, M., Fry, J., Weisz, H., Pichler, P.-P., Chaves, L. S. M., Capon, A. y Pencheon, D. (2020). The environmental footprint of health care: a global assessment. *The Lancet Planetary Health*, 4(7), e271–e279. doi: 10.1016/s2542-5196(20)30121-2
- ¹⁴ Brander, M., Davis, G. (2012). *Greenhouse Gases, CO2, CO2e, and Carbon: What Do All These Terms Mean?* Ecometrica. <https://ecometrica.com/assets/GHGs-CO2-CO2e-and-Carbon-What-Do-These-Mean-v2.1.pdf>
- ¹⁵ *IAMC 1.5°C Scenario Explorer hosted by IIASA.* (2019). International Institute for Applied Systems Analysis. <https://data.ene.iiasa.ac.at/iamc-1.5c-explorerer/#/login>

- ¹⁶ Meyer, A. (2004). Briefing: Contraction and convergence. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability*, 157(4), 189–192. doi: 10.1680/ensu.2004.157.4.189
- ¹⁷ Xu, K., Soucat, A., Kutzin, J. et al. (2019). *Global Spending on Health: A World in Transition*. World Health Organization. https://www.who.int/health_financing/documents/health-expenditure-report-2019.pdf?ua=1
- ¹⁸ C40 Cities. *Deadline 2020 – How Will Cities Meet the Paris Agreement*. https://www.c40.org/other/deadline_2020
- ¹⁹ Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). (2020). *Financing Global Health*. <http://www.healthdata.org/data-visualization/financing-global-health>
- ²⁰ Dieleman, J., Campbell, M., Chapin, A. et al. (2017). Evolution and patterns of global health financing 1995–2014: development assistance for health, and government, prepaid private, and out-of-pocket health spending in 184 countries. *The Lancet*, 389(10083), 1981–2004. doi: 10.1016/s0140-6736(17)30874-7
- ²¹ James, S.L., Gubbins, P., Murray, C.J. et al. Developing a comprehensive time series of GDP per capita for 210 countries from 1950 to 2015. *Popul Health Metrics* 10, 12 (2012). doi: 10.1186/1478-7954-10-12
- ²² IEA. (2017). *Energy Technology Perspectives 2017*. <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2017>
- ²³ Popp, A., Calvin, K., Fujimori, S. et al. (2017). Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change*, 42, 331–345. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2016.10.002
- ²⁴ ARUP, C40 Cities, Universidad de Leeds. *The future of urban consumption in a 1.5°C world*. <https://www.c40.org/consumption>
- ²⁵ Williams, P. y Walton, K. (2011). Plate waste in hospitals and strategies for change. *E-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism*, 6(6), e235–e241. doi: 10.1016/j.eclnm.2011.09.006
- ²⁶ Carrillo, M. y González, J. M. (2002). A new approach to modelling sigmoidal curves. *Technological Forecasting and Social Change*, 69(3), 233–241. doi: 10.1016/s0040-1625(01)00150-0
- ²⁷ Lozano, R., Fullman, N., Mumford, J. E. et al. (2020). Measuring universal health coverage based on an index of effective coverage of health services in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10258), 1250–1284. doi: 10.1016/s0140-6736(20)30750-9
- ²⁸ Gütschow, J., Jeffery, L., Gieseke, R. y Günther, A. (2019). *The PRIMAP-hist national historical emissions time series (1850-2017)*. v2.1. GFZ Data Services. doi: 10.5880/pik.2019.018
- ²⁹ Organización Mundial de la Salud. (Sin fecha). *About 9 voluntary global targets* [Conjunto de 9 metas mundiales de aplicación voluntaria]. <https://www.who.int/nmh/ncd-tools/definition-targets/en/>
- ³⁰ Organización Mundial de la Salud. (2018). *Clean air for health: Geneva action agenda* [Aire limpio para la salud. Agenda de Ginebra para la acción]. https://www.who.int/docs/default-source/air-pollution-documents/caph1/caph1-geneva-action-agenda-02nov18.pdf?sfvrsn=66bfd182_2
- ³¹ Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L. J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J. A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., ...Murray, C. (2019). *Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems* [La alimentación en el antropoceno: consideraciones de la Comisión EAT-Lancet sobre dietas saludables a partir de sistemas alimentarios sostenibles]. *The Lancet*, 393(10170):447-492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)
- ³² Organización Mundial de la Salud. (Sin fecha). *About 9 voluntary global targets* [Conjunto de 9 metas mundiales de aplicación voluntaria]. <https://www.who.int/nmh/ncd-tools/definition-targets/en/>

³³ Wiebe, K. S., Bjelle, E. L., Többen, J. y Wood, R. (2018). Implementing exogenous scenarios in a global MRIO model for the estimation of future environmental footprints. *Journal of Economic Structures*, 7(1). doi: 10.1186/s40008-018-0118-y

³⁴ Lenzen, M. (2007). Structural path analysis of ecosystem networks. *Ecological Modelling*, 200(3–4), 334–342. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2006.07.041

³⁵ Ranganathan, Corbier, L., Schmitz, S. et al. (2004). *WBCSD/WRI, 2004. Greenhouse Gas Protocol: a Corporate Accounting and Reporting Standard*. doi: 10.13140/RG.2.2.34895.33443.