

HEINRICH BÖLL STIFTUNG
SERIE DE PUBLICACIONES SOBRE ECOLOGÍA
VOLUMEN 44.8

Modelando Escenarios de Mitigación Compatibles con 1,5 °C Sin Eliminación de Dióxido de Carbono

Por Christian Holz

Editado por la Fundación Heinrich Böll

El autor

Christian Holz es un investigador postdoctoral de Carleton University en Ottawa e investigador principal asociado en el Climate Equity Reference Project. Es un experto en el rol de la equidad como fuerza facilitadora de acciones nacionales e internacionales a favor de la lucha contra el cambio climático, respetando los derechos de los pobres del mundo.



Published under the following Creative Commons License:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0>. Attribution - You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor (but not in any way that they endorse you or your use of the work). Noncommercial - You may not use this work for commercial purposes. No derivatives - If you remix, transform, or build upon the material, you may not distribute the modified material.

Modelando Escenarios de Mitigación Compatibles con 1,5 °C Sin Eliminación de Dióxido de Carbono
Por Christian Holz
Volumen 44.8 de la serie de publicaciones sobre ecología

Distribución Gratuita

Editor de Contenido: Gary González, Asesor de Clima Fundación Heinrich Böll para el Cono Sur/ Traducción al español texto: Vera von Kreutzbruck (VVK Studio)

Responsable Publicación: Ingrid Wehr, Directora Oficina Regional Cono Sur Fundación Heinrich Böll

Impreso en Chile por Gráfica Andes

ISBN 978-3-86928-183-4

Fundación Heinrich Böll Cono Sur

D Avenida Francisco Bilbao 882, Providencia, Santiago de Chile | **T** +56 2 2584 0172
W www.cl.boell.org | **TW** @SurHbs | **F** @FundacionHeinrichBollConoSur

CONTENIDOS

Introducción	7
Eliminación de Dióxido de Carbono y Secuestro Natural	10
Ajustes con Éxito a Corto Plazo	13
Baja Demanda de Energía y una Vida Decente	15
Enfoques Alternativos de Mitigación	17
Equidad y Acciones Justas	19
Conclusión	21

INTRODUCCIÓN

En el Acuerdo de París, los países del mundo acordaron en “dedicar sus esfuerzos para lograr limitar el aumento de la temperatura a 1,5 °C por encima de los niveles preindustriales”.¹ Los científicos climáticos generalmente suelen decir que esta frase significa que la meta es limitar el calentamiento global a 1,5 °C o menos para el 2100. Luego, desarrollan distintos caminos posibles de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) que podrían lograr este resultado.² La mayoría de los caminos propuestos para lograr emisiones compatibles con 1,5 °C en la literatura de modelos climáticos³ se basan en la eliminación de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera. Esta tecnología de eliminación de dióxido de carbono (CDR, por sus siglas en inglés) a gran escala se concentra más que nada en la segunda mitad del siglo y en general utiliza el modelo de bioenergía en combinación con la captura y almacenamiento de carbono (BECCS, por sus siglas en inglés). La tecnología BECCS consiste en un proceso que incluye la eliminación de la atmósfera del CO₂ mediante la fotosíntesis de cultivos bioenergéticos, que luego se trasladan a plantas de bioenergía o se convierten en combustibles líquidos, hidrógeno o metano para el sector del transporte, mientras que una parte de las emisiones generadas se capturan y luego se almacenan bajo tierra. Los escenarios de 1,5 °C analizados en Rogelj et al. (2015) prevén una eliminación acumulada de entre 450 y 1.000 GtCO₂ a lo largo del siglo, con una eliminación anual de hasta 20 GtCO₂.⁴ A modo de comparación y para tener una idea de la escala, en la actualidad el nivel de emisiones globales anuales generados por combustibles fósiles, el sector industrial y la explotación de la tierra asciende a aproximadamente 31 GtCO₂.⁵

Recientemente, académicos, políticos y miembros de la sociedad civil están empezando a cuestionar cada vez más la viabilidad de implementar a gran escala la tecnología CDR, especialmente la tecnología BECCS, porque para ello se necesitarían grandes áreas de tierras para cultivos bioenergéticos. Además, esto implicaría poner en riesgo la biodiversidad, seguridad alimentaria o la disponibilidad de agua.

-
- 1 UNFCCC. (2015). Decision 1/CP.21 - *Adoption of the Paris Agreement*. Paris: UNFCCC. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>
 - 2 IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (Edenhofer, O., et al., Eds.). Cambridge: Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/climate-change-2014-mitigation-of-climate-change/81F2F8D8D234727D153EC10D428A2E6D>; Véase también: Rogelj, J., et al. (2015). Energy System Transformations for Limiting End-Of-Century Warming to Below 1.5°C. *Nature Climate Change*, 5 (6), pág. 519–527. <https://doi.org/10.1038/nclimate2572>
 - 3 Por ejemplo: IPCC, 2014, op. cit.; Rogelj, J., et al., 2015, op. cit.; Rogelj, J., et al. (2018). Scenarios Towards Limiting Global Mean Temperature Increase Below 1.5°C. *Nature Climate Change*, 8 (4), pág. 325–332. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0091-3>
 - 4 Rogelj, J., et al., 2015, op. cit.
 - 5 Le Quéré, C., et al. (2018). Global Carbon Budget 2017. National Emissions v1.2. *The Global Carbon Project*. <https://www.icos-cp.eu/GCP/2017>

También hay dudas sobre la viabilidad tecnológica, la aceptación social y política, así como la permanencia del almacenamiento.⁶ Además de BECCS, se han propuesto otras tecnologías CDR, como el uso del biocarbón, la gestión del carbono del suelo, la captura directa del aire (DAC, por sus siglas en inglés) o la alteración artificial del clima (EW, por sus siglas en inglés). Otros modelos incluyen la forestación con árboles de rápido crecimiento en tierras donde normalmente no hay bosques para promover la absorción de CO₂ a través de estos árboles y el almacenamiento de CO₂ en el suelo.

Debido a los riesgos y a la incertidumbre en torno al CDR, los académicos recomiendan tener un enfoque más preventivo, en donde “la agenda de mitigación debe continuar con la premisa de que [el CDR] no funcionará a (gran) escala”.⁷ El razonamiento detrás de este enfoque es que embarcarse hoy en un plan en donde la reducción de emisiones dependa de una implementación exitosa a futuro de la tecnología de eliminación de CO₂ a gran escala, de no llegar a materializarse, nos llevaría al incumplimiento del presupuesto de carbono. La dependencia de la tecnología CDR nos habilita la creación de escenarios modelados con soluciones menos estrictas en el corto plazo para la eliminación de emisiones ya que el total de emisiones se calcula a partir de una eliminación posterior de las mismas y, por ende, incrementa esencialmente el presupuesto disponible de emisiones netas de CO₂. En un estudio reciente⁸, demostramos que restringir el CDR a cero requiere que las emisiones de referencia para el 2030 del CO₂ sean al menos un tercio más bajas que en un escenario con un complemento integral de soluciones CDR (22,2 vs 32,2 GtCO₂). Esto indica la importancia de aumentar nuestras ambiciones con respecto a los niveles de mitigación en el corto plazo, siempre y cuando se decida abordar el enfoque preventivo de CDR.

-
- 6 Anderson, K., & Peters, G. (2016). The Trouble with Negative Emissions. *Science*, 354 (6309), pág. 182. <https://doi.org/10.1126/science.aah4567>;
- Fuss, S., et al. (2014). Betting on Negative Emissions. *Nature Climate Change*, 4, 850. <https://doi.org/10.1038/nclimate2392>;
- Fuss, S., et al. (2016). Research Priorities for Negative Emissions. *Environmental Research Letters*, 11 (11), 115007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/115007>;
- Heck, V., et al. (2018). Biomass-Based Negative Emissions Difficult to Reconcile with Planetary Boundaries. *Nature Climate Change*, 8 (2), pág. 151. <https://doi.org/10.1038/s41558-017-0064-y>;
- Kreidenweis, U., et al. (2016). Afforestation to Mitigate Climate Change: Impacts on Food Prices Under Consideration of Albedo Effects. *Environmental Research Letters*, 11 (8), 085001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/8/085001>;
- Mander, S., et al. (2017). The Role of Bio-Energy with Carbon Capture and Storage in Meeting the Climate Mitigation Challenge: A Whole System Perspective. *Energy Procedia*, 114, pág. 6036–6043. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1739>;
- Schulze, E.-D., et al. (2012). Large-Scale Bioenergy from Additional Harvest of Forest Biomass Is Neither Sustainable nor Greenhouse Gas Neutral. *GCB Bioenergy*, 4 (6), pág. 611–616. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2012.01169.x>;
- Smith, L. J., & Torn, M. S. (2013). Ecological Limits to Terrestrial Biological Carbon Dioxide Removal. *Climatic Change*, 118 (1), pág. 89–103. <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0682-3>;
- Smith, P., et al. (2015). Biophysical and Economic Limits to Negative CO₂ Emissions. *Nature Climate Change*, 6 (1), pág. 42–50. <https://doi.org/10.1038/nclimate2870>
- 7 Anderson & Peters, 2016, op. cit., pág. 183
- 8 Holz, C., et al. (2018). Ratcheting Ambition to Limit Warming to 1.5°C – Trade-Offs between Emission Reductions and Carbon Dioxide Removal. *Environmental Research Letters*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aac0c1>

En las siguientes secciones, pasaré a detallar las desventajas de las diferentes propuestas de CDR y luego presentaré una serie de estudios recientes que explican cómo se puede implementar un enfoque de mitigación que cumpla con los 1,5 °C, con los pasos necesarios para lograr la concreción de un enfoque un tanto preventivo hasta la creación de escenarios en donde no existan ni la tecnología BECCS ni otras de CDR (aunque se utilice otro método de secuestro natural basado en la plantación de bosques). Esta discusión describirá las condiciones bajo las cuales todavía es posible, al menos en teoría, lograr el objetivo de limitación de temperatura de 1,5 °C sin depender de una tecnología especulativa y potencialmente perjudicial, sin perder de vista las aspiraciones de las personas en todo el mundo, incluso en el Sur Global, a tener un nivel de vida decente. Vale la pena destacar que también que incluimos en esta presentación otras soluciones posibles de reducción de emisiones que no se han abordado en los estudios.

Eliminación de Dióxido de Carbono y Secuestro Natural

Se ha calculado que la tecnología BECCS necesitaría alrededor de 30-160 millones de hectáreas (Mha) por GtCO₂, según el tipo de materia prima bioenergética utilizada.⁹

Si aspiramos a posicionarnos en el rango superior de captura anual presentada en los modelos de 20 GtCO₂, entonces necesitaríamos cultivar un terreno de 600-3.200 Mha.

Para comprender las dimensiones, actualmente tenemos aproximadamente 1.500 Mha de tierras de cultivo globales.¹⁰ Esto sugiere que si se concretara el despliegue masivo de BECCS se generaría una fuerte competencia entre los espacios que se utilizan para cultivos BECCS y los que se usan para la producción de alimentos. Esto afectaría de manera negativa los esfuerzos para aumentar la seguridad alimentaria y acabar con el hambre, o entraría en conflicto con las tierras que actualmente tienen bosques u otras tierras naturales, en perjuicio de la biodiversidad y los esfuerzos por detener la deforestación, que a su vez es una causa importante del cambio climático. Otras preocupaciones están relacionadas con la cantidad de agua, fertilizantes y energía que se requerirían para implementar la tecnología BECCS a gran escala. Los investigadores del Potsdam Institute for Climate Impact Research, se han preguntado recientemente si es viable una implementación a gran escala de BECCS teniendo al mismo tiempo un enfoque preventivo que marque importantes “límites planetarios” (uso de agua dulce, pérdida de bosques, biodiversidad y flujos biogeoquímicos como, por ejemplo, los fertilizantes) y llegaron a la conclusión de que solo se podrían eliminar aproximadamente 0.2 GtCO₂ por año. Esta cifra está muy por debajo de las cifras de eliminación de CO₂ que generalmente se incluyen en los modelos.¹¹ Si quisiéramos aumentar esta cantidad, se cruzarían al menos uno de los límites planetarios establecidos y nos llevaría a un escenario de mayor incertidumbre o de alto riesgo.

Otras opciones de tecnologías de CDR también generan preocupaciones similares. Por ejemplo, la captura directa del aire (DAC) requiere de grandes cantidades de energía para que se generen las reacciones químicas que eliminan el CO₂ de la atmósfera y para licuar, transportar y almacenar el CO₂ una vez capturado. El EW (o alteración artificial del clima) es un método que utiliza fragmentos de roca como, por ejemplo, el olivino, que primero se extrae, se muele y luego se distribuye sobre grandes áreas para facilitar su degradación, causando la absorción del CO₂. Todos estos pasos requieren una gran cantidad de energía, similar en

⁹ Smith et al., 2015, op. cit.

¹⁰ Dooley, K., Christoff, P., & Nicholas, K. A. (2018). Co-Producing Climate Policy and Negative Emissions: Trade-Offs for Sustainable Land-Use. *Global Sustainability*, 1 (e3), pág. 1–10. <https://doi.org/10.1017/sus.2018.6>

¹¹ Heck et al., 2018, op. cit.

escala a la utilizada para el método DAC. Se calcula que la energía necesaria para estas tecnologías asciende a 12,5 GJ por tonelada de CO₂¹². Si se tiene en cuenta que para generar 12,5 GJ de electricidad con carbón se emiten aproximadamente 3,5 toneladas de CO₂ (o 2,9 o 1,6 toneladas de CO₂ con petróleo y gas natural, respectivamente)¹³, se podría concluir que estos enfoques no son una alternativa plausible para la eliminación de combustibles fósiles. Además, estas tecnologías de CDR son muy costosas, ya que se calcula que para utilizar las técnicas DAC y EW se necesitan más de US\$500 por tonelada de CO₂ negativo neto.¹⁴

Los modelos también suelen incluir la captura de CO₂ de los bosques. Es importante distinguir este tipo de secuestro de la de la tecnología CDR descritos anteriormente, ya que los modelos o la literatura académica disponible que analizan los resultados de estos modelos con frecuencia no hacen esta distinción. En términos generales, la absorción de CO₂ de los bosques puede ocurrir a través de la forestación o mediante el secuestro natural de los bosques. Debido a que la forestación implica la utilización de tierras que de otra manera no tendrían bosques, la misma comparte muchas de las desventajas de los enfoques de absorción de CO₂ discutidos anteriormente. En otras palabras, para secuestrar grandes cantidades de CO₂, se requieren grandes cantidades de tierra (que compiten con las tierras necesarias para cultivar semillas que darán alimentos y con otros usos que se le dan a la tierra), nutrientes y agua.

En contraposición a las propuestas mencionadas anteriormente, cuando se detiene la deforestación y la degradación de los bosques, los mismos se pueden restaurar o reconstituir. Si esto ocurriese, se produciría el secuestro natural de CO₂ en estos bosques, que potencialmente podría alcanzar una magnitud de varios cientos de GtCO₂ a lo largo del siglo XXI.¹⁵ Sin embargo, dado que el carbono almacenado en la biosfera corre el riesgo de ser reemitido a la atmósfera, por ejemplo, si las plagas, los incendios forestales o la actividad humana destruyeran estos bosques, esta alternativa violaría el principio precautorio que hay que tener en cuenta en esta búsqueda de soluciones de mitigación a corto plazo. Esto es especialmente cierto cuando los escenarios se basan en una eliminación gradual del uso de combustibles fósiles. Esto se debe a que los depósitos de combustibles fósiles existentes en realidad son una forma de almacenamiento estable de carbono, a diferencia de otras, que son potencialmente volátiles en la biosfera.

La dependencia de tecnologías CDR a gran escala hace posible la creación de escenarios modelados con alternativas de reducción de emisiones menos estrictas en el corto plazo, ya que la absorción posterior de CO₂ incrementa esencialmente el presupuesto de emisiones de CO₂ neto disponible. En otras palabras, estas opciones con menor ambición de reducción a corto plazo apuestan a la eliminación del CO₂ de la atmósfera ocurra en el futuro.

¹² Smith et al., 2015, op. cit.

¹³ Se utilizan valores promedio del ciclo de vida de las emisiones de diferentes tipos de combustible, elaborados por el IPCC: 1001 gCO₂/kWh para el carbón, 840 gCO₂/kWh para el petróleo, y 469 gCO₂/kWh para el gas natural (IPCC, 2011).

¹⁴ Smith et al., 2015, op. cit.

¹⁵ Dooley, K., & Kartha, S. (2018). Land-Based Negative Emissions: Risks for Climate Mitigation, and Impacts on Sustainable Development. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 18 (Special Issue: Achieving 1.5°C and Climate Justice), pág. 79–98. <https://doi.org/10.1007/s10784-017-9382-9>

En un estudio reciente¹⁶, demostramos que restringir el CDR a cero requiere que las emisiones de referencia de 2030 del CO₂ sean al menos un tercio más bajas que en un escenario con una aplicación integral de CDR (22,2 vs 32,2 GtCO₂). Esto demuestra la importancia de aumentar nuestras ambiciones de mitigación en el corto plazo de modo tal que nos permita adoptar el enfoque preventivo de manera prudente en cuanto al despliegue de CDR. En las siguientes secciones, analizaré estudios recientes que analizan cómo se podría estructurar un enfoque de mitigación que cumpla con el límite de 1,5 °C que permita actuar de manera preventiva (logrando los niveles necesarios de secuestro de CO₂), pero con una solución basada en la silvicultura por si sola.

16 Holz, Siegel, et al., 2018, op. cit.

Ajustes con Éxito a Corto Plazo

En el estudio mencionado anteriormente¹⁷, analizamos diferentes escenarios de acuerdo a la disponibilidad de CDR y definimos cuánto tendría que aumentar la ambición de mitigación a corto plazo para poder cumplir el objetivo de 1,5 °C. Cabe destacar que, incluso suponiendo que haya una gran cantidad de CDR disponible, gracias a una variedad de opciones que se implementarían próximamente (el CDR neto en nuestro escenario “todoCDR” totaliza 883 GtCO₂ entre 2016 y 2100), el nivel de ambición de los países que buscan soluciones alternativas climáticas, o de los países que se comprometieron a realizar Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC), no es suficiente para alcanzar el objetivo de 1,5 °C. Como mínimo, los países desarrollados deben aumentar sus esfuerzos contra el calentamiento global cambiando la fecha objetivo de sus NDC actuales de 2030 a 2025, incluso si se implementan ampliamente las tecnologías CDR.

No alcanza con rechazar los enfoques de BECCS y CDR tecnológicos y solo permitir el secuestro de CO₂ mediante la forestación limitada por parte de todos los países (no solo los desarrollados), también es necesario que la trayectoria compatible con sus NDC sea aún más ambiciosa para el 2025 y que las reducciones posteriores sean mucho más importantes: 5,5% de reducción anual para los países desarrollados y 4,5% para los países en desarrollo. En otro escenario, donde las tecnologías CDR no están permitidas, la reducción debería ser entre un 9% y un 8,5%, respectivamente. Hay que tener en cuenta que, si bien las tasas de reducción anteriores ya tienen precedentes históricos, típicamente asociados a crisis económicas y disturbios, las tasas de reducción anual de 8,5-9% no tienen antecedentes históricos. Esto indicaría que es necesario realizar un esfuerzo focalizado y coordinado a nivel global para que podamos hacer realidad esta trayectoria. También será necesario otorgarles más atención a otras opciones de mitigación que hasta ahora se han descuidado.

La mayoría de los escenarios de 1,5 °C en la literatura académica son los llamados escenarios de exceso. Es decir, son escenarios en los que el resultado es un calentamiento de más de 1,5 °C durante algunos años del siglo XXI, para luego volver al nivel de 1,5 °C en el 2100 a más tardar. El aumento de la temperatura genera potencialmente una serie de riesgos e incertidumbres como, por ejemplo, los efectos de cruzar de manera irreversible ciertos puntos de inflexión o la permanencia de los impactos del calentamiento: “Los impactos que podrían ser total o parcialmente irreversibles incluyen la extinción de especies, la muerte de los arrecifes de coral, [la fusión del permafrost] y la pérdida de hielo marino o terrestre, algunos de los cuales conducen a retroalimentaciones positivas o puntos de inflexión que los modelos actuales del ciclo del carbono no tienen generalmente en cuenta”.¹⁸ Debido

¹⁷ Holz, Siegel, et al., 2018, op. cit.

¹⁸ Dooley & Kartha, 2018, op. cit., pág. 82

a su supuesta capacidad para eliminar el CO₂ de la atmósfera y, por lo tanto, de reducir las temperaturas, los escenarios que utilizan grandes cantidades de CDR a menudo muestran periodos de exceso más prolongados con mayor calentamiento máximo que los escenarios con menos (o ningún) CDR. En nuestro estudio, incluso el escenario “sinCDR” condujo a un exceso, debido a la rápida reducción de la contaminación del aire y la reducción asociada del enfriamiento.¹⁹ Generar un escenario “sinCDR” sin exceso requirió aumentar el porcentaje de las reducciones anuales al 12% y 11%, respectivamente, y adelantar esta ambiciosa trayectoria a no menos que el 2023. En comparación, si se implementa la captura de CO₂ basada en la silvicultura, las tasas de reducción de 8,5-9% antes mencionadas serían suficientes (solo si se empiezan a utilizar en 2023) para evitar excedernos del límite de temperatura establecido.

19 Los contaminantes atmosféricos como los aerosoles de dióxido sulfúrico o los óxidos de nitrógeno se asocian a menudo con el uso de los combustibles fósiles (por ej.: emitidos junto al CO₂ de las centrales termoeléctricas de carbón, los gases emitidos por los tubos de escape de los vehículos, etc.). Los aerosoles tienen un efecto de enfriamiento y, por ende, compensan una parte del calentamiento causado por los gases de efecto invernadero. Cuando los gases de efecto invernadero se reducen de manera drástica, las emisiones de los aerosoles también bajan de manera considerable. Esto significa que hay menor efecto de enfriamiento y, como consecuencia, hay mayor calentamiento.

Baja Demanda de Energía y una Vida Decente

En el 2018, el equipo de creación de modelos posibles compuesto por Grübler et al.²⁰ desarrolló un escenario global de baja demanda de energía (LED, por sus siglas en inglés) cuyo criterio de modelación fundamental es el aseguramiento de un nivel de vida digno para todos. Utilizaron, por ejemplo, métricas como el espacio de la vivienda con confort térmico, la demanda de alimentos, la movilidad y el acceso a bienes de consumo que convergen entre el Norte Global y el Sur Global, y mejoran la definición de nivel de vida digno (DLS, por sus siglas en inglés) presentada recientemente y que solo considera al bienestar humano desde una perspectiva de si se encuentra en una situación de extrema pobreza o no.²¹ Por ejemplo, en el escenario de LED, el “confort térmico” converge a 30 m² per cápita de espacio adecuadamente calefaccionado o enfriado, mientras que el DLS sugiere 10 m² per cápita. Grübler et al. también evalúa el escenario de LED en comparación con otros escenarios de 1,5 °C²² con respecto a sus beneficios en términos de progreso con los ODS y concluye que comparten algunos beneficios significativos.

El enfoque de modelación tiene en cuenta las principales tendencias en la demanda de energía que ya se pueden observar en la actualidad (por ejemplo, los efectos de la urbanización, la convergencia de dispositivos, la economía colaborativa, etc.). Como resultado de estas tendencias y la optimización de la eficiencia energética en todos los sectores, el escenario proyecta una demanda de energía muy baja en el futuro, sustancialmente más baja que los niveles actuales y de referencia (la demanda mundial de energía de 2050 es un 41% más baja que en el caso de referencia de 2020), a pesar del crecimiento de la población y del aumento de los servicios de uso final como, por ejemplo, cantidad de espacio de la vivienda térmicamente cómoda, la cantidad de alimentos consumidos por persona, o la cantidad de kilómetros- personas recorridos. Las mejoras de eficiencia energética se logran si se tienen en cuenta otros aspectos relacionados al progreso y que van más allá de los avances tecnológicos. Se trata de transformaciones más amplias que mejoran la eficiencia de todo el sistema de prestación de servicios de energía. Esto incluye cambios en la provisión de servicios a través de sistemas de energía granulares y descentralizados, adopción de nuevos modelos de negocios (por ejemplo, modelos de negocios basados en el uso y no en la propiedad, o la economía colaborativa), así como cambios en pos de la digitalización (por ejemplo, electrodomésticos, hogares y redes inteligentes) y las economías de alcance

20 Grübler, A., et al. (2018). A Low Energy Demand Scenario for Meeting the 1.5 °C Target and Sustainable Development Goals Without Negative Emission Technologies. *Nature Energy*, 3, pág. 515–527. <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>

21 Rao, N. D., & Min, J. (2017). Decent Living Standards: Material Prerequisites for Human Wellbeing. *Social Indicators Research*, pág. 1–20. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1650-0>

22 Rogelj et al., 2018, op. cit.

(por ejemplo, a través de la convergencia de dispositivos, donde los dispositivos individuales como los teléfonos inteligentes cumplen las funciones de numerosos dispositivos de la generación anterior).²³

Para la creación de este escenario de demanda de energía muy baja, los autores generan modelos que cuyos cambios estructurales ocurren de manera ascendente ya que argumentan que “los cambios en el uso final de la energía [...] impulsan la transformación del lado de la oferta, como ha sido el caso históricamente”²⁴. En otras palabras, como el sistema energético global se redujo debido a la menor demanda, esto proporciona una “sala de respiración” necesaria para que ocurra la descarbonización del lado de la oferta. Los combustibles fósiles y la biomasa tradicional, en particular, disminuyen rápidamente como fuente de energía primaria y, gracias a ello, no se implementa la tecnología BECCS ni la de captura y almacenamiento de CO₂ (CCS, por sus siglas en inglés), ya que la baja demanda de energía se puede satisfacer cómodamente sin estas fuentes. Cabe destacar que la baja demanda de energía también reduce la demanda de tierra para cultivos bioenergéticos en comparación con escenarios similares. Esta disminución de cultivos bioenergéticos junto a la reducción del total de tierras de pasturas tendría como efecto el aumento de la cobertura forestal mundial, que a su vez tendría como resultado el secuestro natural acumulado de 168 Gt. CO₂ de la atmósfera.

No obstante, ciertos cambios en el estilo de vida no se han modelado como, por ejemplo, la reducción en el futuro del consumo total de carne, que convergería globalmente a los niveles actuales del Norte Global. Tampoco se consideró la reducción del volumen de transporte aéreo, donde se supone que la actividad se duplicará aproximadamente entre 2020 y 2050. Estos ejemplos demuestran la existencia de otras variables para este escenario que podrían potencialmente ayudar al proceso de mitigación si se ajustaran sus cantidades. En líneas generales, este escenario presenta un nivel alto de ambiciones en cuanto a la reducción de las emisiones globales y que lograría cumplir el objetivo de 1,5 °C, sin la necesidad de acudir a tecnologías de emisiones negativas polémicas, ni tampoco a un exceso temporal de la temperatura global.

²³ Grübler et al., 2018, op. cit.

²⁴ Grübler et al., 2018, op. cit., pág. 516

Enfoques Alternativos de Mitigación

En un trabajo reciente sobre futuros escenarios posibles, van Vuuren²⁵ et al. tomaron como punto de partida el escenario de 1,5 °C basado en los principios de “Caminos Socioeconómicos Compartidos 2” (SSP2, por sus siglas en inglés)²⁶, tal como fue implementado por el modelo IMAGE de la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos. Esta implementación, la estrategia “predeterminada” de 1,5 °C²⁷, comparte ciertas características con otros caminos posibles basados en SSP y compatibles con 1,5 °C como, por ejemplo, que se elimina una gran cantidad de dióxido de carbono a través de BECCS y otras tecnologías CDR durante el siglo XXI.²⁸ Van Vuuren et al. luego modelan caminos “alternativos” aplicando estrategias de mitigación que no suelen ser utilizadas en los modelos de evaluación integrados (IAM, por sus siglas en inglés) como IMAGE porque las estimaciones sobre el costo y el rendimiento a futuro son más especulativas que las de los enfoques de mitigación “predeterminados”. Por consiguiente, esta alternativa no se puede aplicar en modelos que buscan medidas para optimizar costos.

Las medidas alternativas modeladas por van Vuuren et al. reducen individualmente el grado de utilización de BECCS y otras tecnologías CDR no forestales, e incluso cuando se implementan todos los enfoques en conjunto, se los elimina por completo. No obstante, vale la pena destacar que el secuestro de CO₂ no disminuye porque se produce gracias a la restauración de los bosques y la reforestación de las tierras liberadas que ya no se utilizan para la explotación agrícola. Esto se debe a la intensificación agrícola y a una disminución de las dietas basadas en la carne artificial, en oposición a la carne de granja. A continuación, les presentamos la Tabla 1 con una serie de escenarios alternativos junto a sus respectivas descripciones e hipótesis. “La velocidad y el nivel con el que se introducen las medidas [en el modelo] están destinadas a reflejar una implementación ambiciosa, pero realista.”²⁹

25 van Vuuren, D. P., et al. (2018). Alternative Pathways to the 1.5 °C Target Reduce the Need for Negative Emission Technologies. *Nature Climate Change*, 8 (5), pág. 391–397. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0119-8>

26 Los Caminos Socioeconómicos Compartidos (O’Neill et al., 2015) son un instrumento relativamente nuevo en la comunidad de modelación del clima que describen cinco historias diferentes (SSP1 – SSP5) del futuro desarrollo de la población mundial, la macro-economía, el marco geopolítico y otros aspectos. Cada equipo de modelación desarrolla escenarios específicos con políticas climáticas menos o más estrictas. La historia SSP2 (Fricko et al., 2017), también conocida como a “Mitad del camino”, es un escenario en el cual las tendencias políticas, sociales y económicas a nivel global se mantienen similares a la situación actual, con un desarrollo desbalanceado en el planeta, con instituciones relativamente débiles, con un crecimiento promedio de la población y con una desigualdad constante.

27 Cf. Rogelj et al., 2018, op. cit.

28 La cantidad acumulada de BECCS en recientes caminos de 1,5 °C, basados en rangos de SSP de entre 150 y 1.200 Gt CO₂, con una variación sustancial a través de los modelos y SSPs. El rango de BECCS en escenarios SSP2 (el SSP utilizado en van Vuuren et al el 2018) es de 400-975 Gt CO₂ (Rogelj et al., 2018, op. cit.).

29 van Vuuren et al., 2018, op. cit., pág. 1

Tabla 1. Enfoques alternativos de mitigación modelados

Escenario	Nombre abreviado	Descripción e hipótesis principales
Eficiencia	Eff	Aplicación rápida de las mejores tecnologías disponibles relacionadas a la eficiencia de energía y materiales en todos los sectores relevantes y en todas las regiones.
Electricidad renovable	ElecRen	Mayores tasas de electrificación en todos los sectores de uso final, en combinación con suposiciones optimistas relacionadas a la integración de las energías renovables variables y a los costos de transmisión, distribución y almacenamiento.
Intensificación de la agricultura	IntAg	Alto rendimiento de la agricultura y aplicación a nivel global de la ganadería intensiva.
Bajo nivel de no-CO2	BaNCO2	Implementación de las mejores tecnologías disponibles para reducir las emisiones de no-CO2 y la adopción completa de carne cultivada en 2050.
Cambios en el estilo de vida	CaEdVd	Los consumidores cambian sus hábitos y adoptan un estilo de vida con bajas emisiones de GEI. Esto incluye dietas menos intensivas de carne (siguiendo recomendaciones de salud), modos de transporte menos intensivos en CO2 (siguiendo la división modal actual de Japón), uso menos intensivo de calefacción y refrigeración (cambio de 1°C en los niveles de referencia de calefacción y refrigeración) y una reducción en el uso de diversos artefactos domésticos.
Población baja	PobBaj	Escenario basado en SSP1, proyectando una caída en el crecimiento de la población.
Todos	TOT	La combinación de todas las opciones presentadas arriba.

Fuente: Van Vuuren et al (2018)

Equidad y Acciones Justas

En la antesala de la cumbre sobre el clima de París en 2015, una coalición mundial — grande y diversa — de organizaciones de la sociedad civil y movimientos sociales publicó un informe (con actualizaciones posteriores) en el cual comparaba los compromisos de las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC), con lo que los grupos realmente consideraban era la proporción justa de medidas acordadas al compromiso de mitigación consistente con 1,5 °C.³⁰ El análisis calculó estos porcentajes equitativos teniendo en cuenta la responsabilidad de los países en la crisis climática (es decir, sus emisiones históricas) y su capacidad para actuar (es decir, sus recursos financieros). Sin embargo, se elaboró explícitamente para proteger a los países pobres de todo el mundo, de forma tal que no se les agregue una carga indebida que pondría en peligro su lucha por una vida libre de pobreza.

El informe encontró que el conjunto de países más pobres ya estaba prometiendo acciones más justas de lo que les correspondía, mientras que los países más ricos se estaban quedando muy por detrás con sus compromisos. No obstante, vale la pena destacar que el informe concluyó que, para cumplir con el esfuerzo global de 1,5 °C, todos los países tendrían que aumentar su ambición — incluso los países más pobres que ya habían prometido más de lo que debían, tendrían que implementar aún más medidas de mitigación. Por consiguiente, dado que esta mitigación adicional superaría con creces su participación en acciones justas, no se les puede exigir a estos países que realicen estos esfuerzos por su cuenta, sino que los países más ricos deberían cooperar (por ejemplo, proporcionando financiamiento, apoyo económico para ampliar infraestructura o incentivos para la transferencia de tecnologías) para cubrir esta necesidad de mitigación adicional. Un ejemplo concreto de ayuda sería brindar apoyo financiero para construir instalaciones de energía limpia más rápido y a una escala mayor de lo que el país hubiera podido hacer solo con sus recursos propios.

En resumen, en un contexto de acciones justas como mitigación bastante estricta se deben compartir los esfuerzos, es decir todos los países tienen “obligaciones duales”. En otras palabras, además de cumplir sin apoyo las reducciones estrictas a nivel nacional, los países tienen que participar activamente en una cooperación internacional profunda de mitigación, en la cual los países más pobres implementan

30 CSO Equity Review. (2015). *Fair Shares: A Civil Society Equity Review of INDCs*. Manila, London, Cape Town, Washington, et al.: CSO Equity Review Coalition. <http://civilsocietyreview.org/report>; CSO Equity Review. (2017). *Equity and the Ambition Ratchet: Towards a Meaningful 2018 Facilitative Dialogue*. Manila, London, Cape Town, Washington, et al.: CSO Equity Review Coalition. <http://civilsocietyreview.org/report2017>; Holz, C., Kartha, S., & Athanasiou, T. (2018). Fairly Sharing 1.5 – National Fair Shares of a 1.5°C-compliant Global Mitigation Effort. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 18 (Special Issue: Achieving 1.5°C and Climate Justice), pág. 117–134. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10784-017-9371-z>

acciones de mitigación más allá de su propia participación justa mientras que los países más ricos proporcionan el apoyo necesario para emprender esos esfuerzos. Sin esta cooperación internacional de mitigación a gran escala, “la mitigación que cumple con (el límite de) los 1,5 °C (de calentamiento global) permanecerá fuera de alcance o impondrá un sufrimiento indebido a los más pobres del mundo, o ambas cosas”.³¹

Además, los caminos posibles que dependen de una implementación a gran escala de CDR a fines del siglo XXI para alcanzar el objetivo de 1,5 °C, introducen un elemento de injusticia intergeneracional. Si las sociedades actuales deciden embarcarse en caminos que presenten reducciones de emisiones a corto plazo menos estrictas, respaldándose en una supuesta implementación a gran escala de tecnologías que aún no se ha demostrado que funcionen y que además conllevan profundos riesgos ambientales, sociales y económicos, esencialmente estamos obligando a las generaciones futuras a implementar estas tecnologías a pesar de esos riesgos, o a aceptar un calentamiento mucho mayor.

31 Holz, Kartha, et al., 2018, op. cit., pág. 117

CONCLUSIÓN

Hace relativamente poco tiempo que existe literatura académica que proponga caminos posibles que nos ayuden a cumplir el límite de 1,5 °C de aumento de temperatura global, que no dependen de la implementación a gran escala de tecnologías no probadas y potencialmente perjudiciales, como BECCS u otros enfoques de CDR. Estas alternativas nuevas comparten características importantes. Una de ellas es que debemos implementar medidas más estrictas de reducción de emisiones a corto plazo, que las previstas en las estrategias actuales de 1,5 °C, que se basan en una eliminación de grandes cantidades de CO₂ en el futuro. La Figura 1 muestra los escenarios analizados en este capítulo, en el contexto de los escenarios de 1,5 °C y 2 °C de la base de datos del SSP y el nivel de emisiones acordado en las NDC actuales. En comparación con la mayoría de los otros escenarios de 1,5 °C, los escenarios de Grübler et al. (2018) y van Vuuren et al. (2018) muestran emisiones a corto plazo mucho más bajas que los escenarios “predeterminados”, es decir implementan medidas de mitigación antes y de forma más estricta. Debido al objetivo de la investigación en sí misma, los escenarios propuestos por Holz et al. (2018) fueron diseñados específicamente en concordancia con las NDC, siempre y cuando fuera posible y teniendo en cuenta la inercia del sistema político. Debido a esto, las medidas no son tan rigurosas hasta 2025 pero luego las emisiones se reducen drásticamente.

Además, es sorprendente que cada uno de los escenarios de mitigación muy ambiciosos que se discuten aquí, todavía omite opciones de mitigación adicionales como, por ejemplo, mantener un alto nivel de consumo de carne, la aviación y el crecimiento de la población (mencionados en Grübler et al)³². Ninguno de los estudios explora el impacto que podría tener una restricción del crecimiento del PIB en la probabilidad de cumplir el objetivo de limitar el aumento de temperatura global a 1,5 °C, a pesar de que el crecimiento del PIB se haya identificado como una de las causas principales del crecimiento de emisiones.³³

Asimismo, es importante distinguir entre los escenarios con diferentes tipos de CDR y los de secuestro natural en los bosques y otros ecosistemas naturales. Las soluciones como BECCS, DAC o forestación solo son atractivas para las sociedades debido a su potencial (en las circunstancias adecuadas) para eliminar el dióxido de carbono de la atmósfera, pero su implementación conlleva riesgos y/o costos considerables. Cuando las sociedades toman decisiones sobre los niveles de ambición a corto plazo, deben ser conscientes de que implementar las tecnologías CDR tiene su precio. Debido a que los diferentes tipos de CDR conllevan diferentes tipos y niveles de riesgos, es importante tenerlos en cuenta.

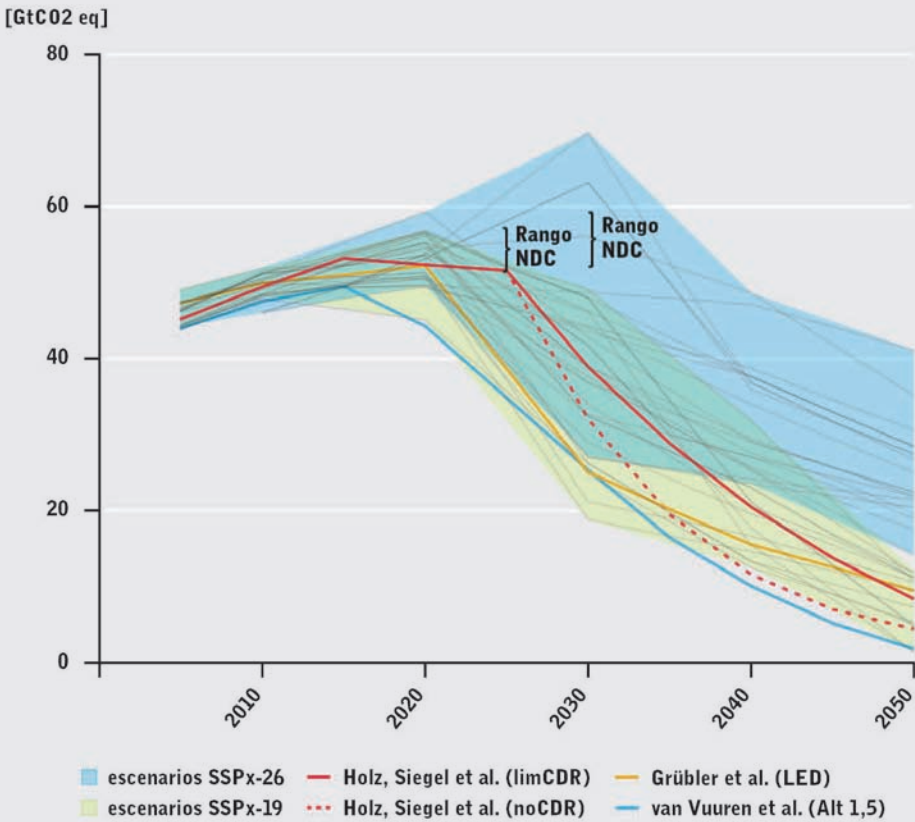
32 Grübler et al., 2018, op. cit.

33 Kuhnhehn, K. (2017a). Climate Mitigation Scenario – Contains Growth and Other Normative Substances. <https://www.degrowth.info/en/2017/07/climate-mitigation-scenario-contains-growth-and-other-normative-substances/>;

Kuhnhehn, K. (2017b). *Wachstumsrücknahme in Klimaschutzszenarien* (p. 18). Leipzig: Konzeptwerk Neue Ökonomie. <https://www.degrowth.info/wp-content/uploads/2017/06/ModWac3.pdf>

Por su parte, la reforestación y la restauración de los ecosistemas forestales, también pueden secuestrar dióxido de carbono, pero esta característica es solo un atributo secundario de estas actividades. En primera instancia, se llevan adelante para mejorar la biodiversidad y la resiliencia o capacidad de recuperación de los bosques, y para revertir la pérdida de cobertura forestal y vegetación de los últimos 200 años. Este tema se discute con mucho más detalle en el capítulo *Reverdeciendo la tierra, de esta publicación*.

Figura 1. Escenarios sin tecnologías BECCS en contexto (emisiones GEI globales [GtCO₂ eq]).



Las áreas de color verde claro y azul y las áreas de superposición de estos colores muestran el rango de las emisiones según las implementaciones del escenario "predeterminado" de 2 °C y 1,5°C de la base de datos SSP. Los escenarios individuales se representan con líneas grises.³⁴ Las líneas de diferentes colores muestran los escenarios posibles sin tecnología BECCS que se presentaron en este capítulo; las llaves indican el rango de emisiones resultante si se implementaran las promesas de mitigación acordadas por los países en las NDC.³⁵

Fuente: Grübler et al 2018, van Vuuren et al 2018 y Holz, Siegel et al 2018; base de datos SSP, IIASA, 2016, UNFCCC, 2016; gráfico de producción propia.

34 IIASA. (2016). SSP Database. International Institute for Applied Systems Analysis. <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>

35 UNFCCC. (2016). *Aggregate Effect of the Intended Nationally Determined Contributions: An Update. Synthesis Report by the Secretariat*. Bonn: UNFCCC. <https://unfccc.int/resource/docs/2016/cop22/eng/02.pdf>

Una conclusión importante de los escenarios discutidos aquí, es que las reducciones prometidas en las NDC por diferentes países no son consistentes con los caminos posibles presentados aquí. Por lo tanto, los países tienen que aumentar sus compromisos actuales de manera significativa. Esto se puede hacer (o ya se está haciendo), por ejemplo en el contexto del Diálogo de Talanoa que tuvo lugar en 2018, o en el requerimiento para “comunicar o actualizar” las NDC para el 2020.³⁶

Es primordial fortalecer la ambición de mitigación a corto plazo, incluyendo las promesas de mitigación actuales para 2025 y 2030, para evitar que futuras generaciones intenten utilizar tecnologías de alto riesgo que probablemente nunca se materialicen, y que nos lleven a índices elevados e inaceptables de calentamiento global.

36 UNFCCC. (2015). Decision 1/CP.21 - *Adoption of the Paris Agreement*. Paris: UNFCCC. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/10a01.pdf>. Párrafos 23 & 24