

CARBONO NEGRO EN LA ESTRATEGIA CLIMÁTICA DE LARGO PLAZO

Oficina de Cambio Climático
Ministerio del Medio Ambiente

Abril de 2021



Presentación

El presente documento contiene la propuesta de inclusión del carbono negro en la Estrategia Climática de Largo Plazo (ECLP)¹ de Chile. Actualmente la estrategia se encuentra en desarrollo, por lo que este documento estará sujeto a cambios producto del proceso de consulta pública y la revisión de las jefaturas de cada unidad del Ministerio del Medio Ambiente de Chile. La versión final del documento será publicada una vez el proceso de elaboración de la ECLP concluya. Para cualquier efecto este es un documento preliminar de la inclusión de carbono negro en la ECLP de Chile.

¹<https://cambioclimatico.mma.gob.cl/estrategia-climatica-de-largo-plazo-2050/descripcion-del-instrumento/>

1 Introducción (contexto nacional)

La mitigación de contaminantes atmosféricos es esencial para disminuir los efectos del cambio climático, donde las emisiones de gases de efectos invernadero (GEI) son el principal foco de acción en materia de mitigación, sin embargo, otros contaminantes, denominados contaminantes climático de vida corta (CCVC), han demostrado ser importantes contribuidores al cambio climático, por lo que su mitigación también debe ser considerada en las políticas públicas. Particularmente la mitigación de carbono negro es importante para clima y la calidad del aire, por lo que su mitigación es crucial para cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Chile forma parte del Acuerdo de París desde el 2015, acuerdo en el cual cada país suscrito se compromete a reducir contaminantes vinculados al cambio climático. Los compromisos de cada país se declaran a través de la Contribución Nacionalmente Determinada (NDC, por su sigla en inglés). Por su parte, Chile, ha manifestado la importancia de los CCVC tanto en su primera NDC² (2015) como en su reciente actualización³ (2020). En esta última no solo se reconoce la importancia de los CCVC, sino que también se compromete una meta de reducción de carbono negro de al menos un 25% de las emisiones al 2030 respecto de 2016.

1.1 Carbono negro

El carbono negro (CN) es emitido por procesos de combustión incompleta de combustibles fósiles o biocombustibles. El carbono negro, también conocido como hollín o carbono elemental (EC), es un aerosol primario (IPCC, 2018). La permanencia en la atmósfera de este contaminante va desde días a semanas, de ahí su categorización como CCVC.

La importancia climática del carbono negro radica en la capacidad de calentar la atmósfera, a través de su gran potencial absorción de luz. Este calentamiento no solo se produce en la atmósfera, sino que también puede ocurrir sobre superficies de hielo o nieve, acelerando en el derretimiento de estas (Rowe et al., 2019), además, a diferencia de otros aerosoles, este solo produce un forzamiento radiativo positivo en la atmósfera (Boucher et al., 2013). Por otro lado, el carbono negro es parte del MP_{2,5}, por lo que la exposición a este contaminante trae problemas a la salud (WHO, 2018; Kirrane et al., 2019; Huneus et al., 2020). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) la contaminación del aire provocó, en 2016, aproximadamente 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo.

Si bien el carbono negro es una parte importante del MP_{2,5}, este es solo una fracción de los aerosoles emitidos. Esta fracción depende tanto del tipo de combustible, como de los procesos de combustión de la fuente de emisión, en algunos casos, esta fracción puede llegar a superar el 80% del MP_{2,5} primario dependiendo de la fuente. Por otra parte, el carbono negro al ser coemitido con otros contaminantes locales, su reducción traería beneficios para la salud de las personas, tanto por su reducción como la reducción de otros precursores de MP_{2,5}.

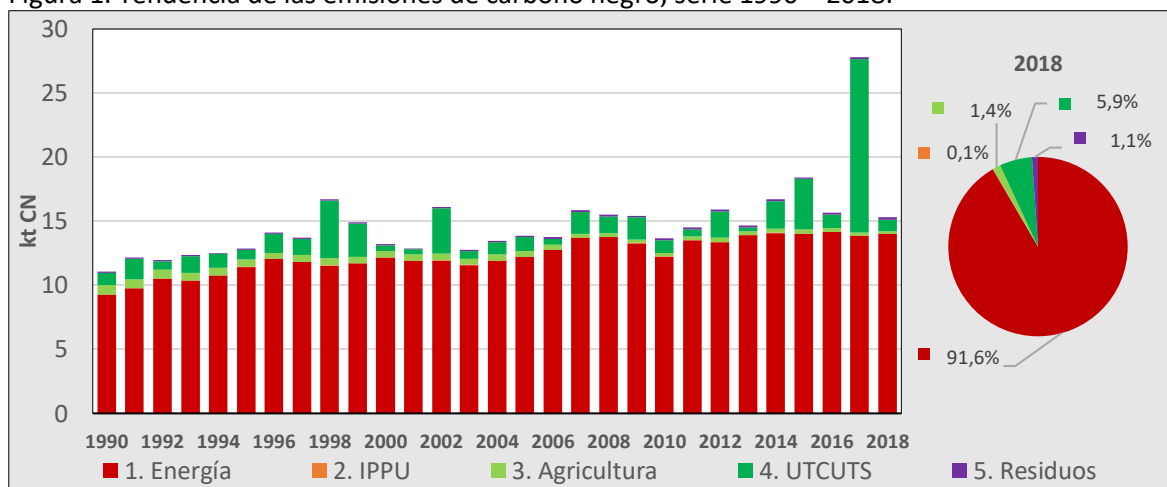
² <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2016/05/2015-INDC-web.pdf>

³ https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf

2 Emisiones de carbono negro en Chile

El Inventario Nacional de Carbono Negro (INCN) es presentado en línea con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), utilizando los mismos niveles de actividad y estructuras⁴. El actual INCN (Figura 1), es el segundo inventario nacional desarrollado por el Ministerio del Medio Ambiente y el primero desarrollado con una metodología adecuada a la estimación de este contaminante. Este inventario ha dejado en evidencia las principales fuentes de carbono negro en Chile, donde más del 90% de las emisiones provienen del sector Energía. Esto se condice con otras estimaciones globales que muestran las principales fuentes de carbono negro (Hoesly et al, 2017).

Figura 1. Tendencia de las emisiones de carbono negro, serie 1990 – 2018.



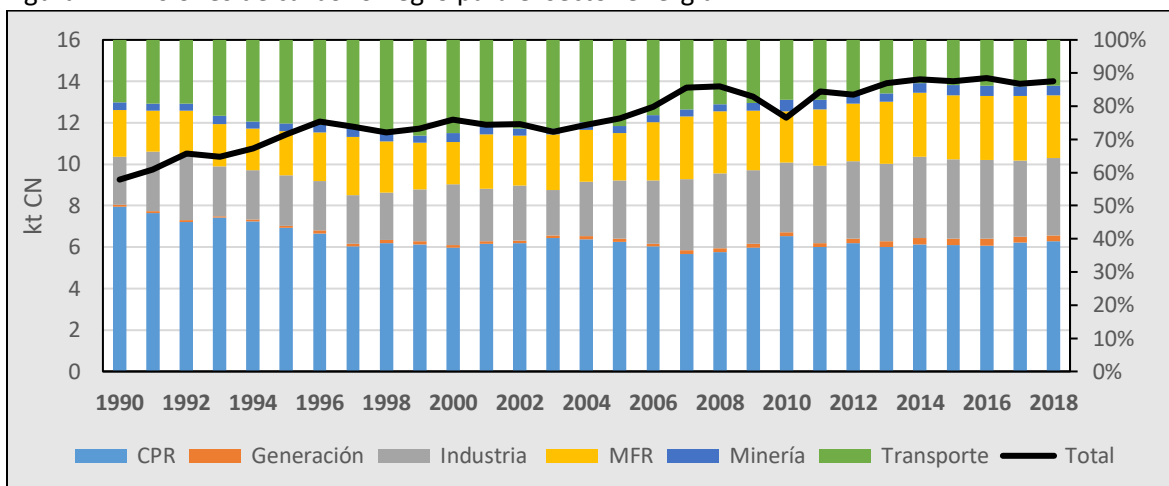
Fuente: MMA, 2020

2.1 Emisiones del sector energía

Respecto de las emisiones del sector energía, se han realizado diversas estimaciones (DICTUC, 2017; MMA, 2018; Gallardo et al, 2020; MMA, 2020) utilizando diferentes metodologías. Las estimaciones mencionadas evidencian una incertidumbre en la magnitud total de las emisiones, pero no en la participación relativa de cada sector. Esto último también se evidencia en la participación relativa de cada sector en los últimos años del INCN (2020).

⁴ Información sobre la estructura de los inventarios puede ser encontrada en: <https://snichile.mma.gob.cl/>

Figura 2. Emisiones de carbono negro para el sector energía.



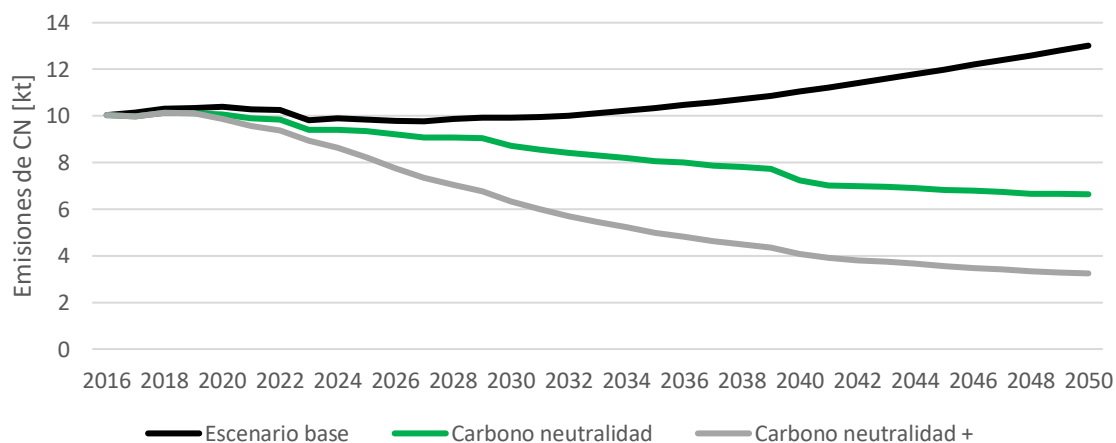
CPR: Comercial, Público, Residencia. MFR: Maquinaria Fuera de Ruta.

Fuente: MMA, 2020

2.2 Proyección de emisiones de carbono negro

Respecto de las emisiones a futuro de carbono negro, el CR2⁵, en el marco de la actualización de la NDC de Chile, realiza una estimación de las emisiones de carbono negro para el escenario de carbono neutralidad y un escenario específico con medidas de enfocadas en carbono negro. En las trayectorias estimadas de carbono negro se puede ver que las medidas de mitigación de gases de efecto invernadero también reducirían las emisiones de carbono negro. Sin embargo, la focalización de esfuerzos en la mitigación de carbono negro aumenta sustantivamente la reducción de las emisiones, demostrando que hay espacio para más medidas focalizadas en la gestión de contaminantes locales.

Figura 3. Trayectorias de las emisiones de CN según los escenarios considerados en la actualización de la NDC de Chile (Gallardo et al., 2020).



⁵ <http://www.cr2.cl/>

2.3 Reducciones sectoriales

Según las trayectorias de las emisiones de carbono negro de Gallardo et al, 2020, se han establecido metas de reducciones sectoriales. Las reducciones son contrastadas con el escenario base de la Figura 3.

Las reducciones de emisiones al 2050 superan el 40% en casi todos los sectores, con un máximo de reducción de 98% en el sector MFR (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Estas reducciones se basan en una serie de medidas detalladas en la actualización de la NDC de Chile y medidas focalizadas en la reducción de carbono negro.

Tabla 1. Reducciones esperadas por sector.

Sector	Medidas ⁶	Reducción		Comentarios
		2030	2050	
CPR	<ul style="list-style-type: none"> Edificación sostenible Intensificación de calefacción distrital 	39%	88%	Las reducciones de carbono negro del sector CPR provienen, en su mayoría, del cambio en el uso de energéticos, intensificando el uso de electricidad en las viviendas. Además, se contempla una reducción de demanda producto de la mejora de las viviendas.
Generación	<ul style="list-style-type: none"> Retiro de centrales 	5%	43%	La descarbonización de la matriz energética y la intensificación del uso de energías renovables reduce las emisiones de carbono negro.
MFR	<ul style="list-style-type: none"> Hidrógeno en usos motrices Nueva normativa 	57%	98%	Las reducciones provienen de la consideración de cero emisiones en el uso de hidrógeno.
Minería	<ul style="list-style-type: none"> Hidrógeno en usos motrices 	34%	75%	El uso de hidrógeno y la intensificación en el uso de electricidad disminuyen las emisiones de carbono negro.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> Electromovilidad Hidrógeno en transporte de carga 	16%	80%	Se considera que el uso de vehículos eléctricos no genera emisiones. El aumento en el consumo eléctrico es considerado dentro del sector Generación.
Industria	<ul style="list-style-type: none"> Industria sostenible Hidrógeno en usos motrices 	4%	22%	El sector industrial considera las reducciones de carbono negro provenientes de la intensificación de la electricidad y el uso de hidrógeno.
Nacional		36%	75%	

⁶ Medidas consideradas en la actualización de la NDC de Chile. https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf

3 Estrategia climática a largo plazo

La inclusión del carbono negro dentro de los contaminantes a mitigar es fundamental para conseguir los Objetivos de Desarrollo Sostenible, además, su mitigación es fundamental para mantener el aumento de temperatura del planeta bajo los 1,5 °C. Por lo tanto, su consideración es indispensable en la ECLP de Chile. Aquí se presentan diferentes instrumentos existentes y propuestas para el control de las emisiones de carbono negro en Chile.

3.1 Instrumentos existentes

Para mantener en el tiempo las políticas de reducción de emisiones de carbono negro y otros contaminantes locales es necesario contar con instrumentos que garanticen el cumplimiento de las metas de reducción impuestas. Por una parte, es necesario considerar y potenciar los instrumentos ya existentes en materia de mitigación de carbono negro, por otro lado, es necesario contar con nuevas estrategias que complementen a los actuales instrumentos. A continuación, se muestran algunos instrumentos a largo plazo para el control y verificación de las emisiones de carbono negro que pertenecen al Ministerio del Medio Ambiente de Chile.

Tabla 2. Instrumentos de control de las emisiones de carbono negro.

Instrumento	Descripción
Estrategia de planes de descontaminación atmosférica ⁷	Los Planes de Descontaminación Atmosférica buscan mejorar la calidad de vida de las personas mejorando la calidad del aire de las ciudades saturadas por MP _{2,5} . Las medidas incluidas en los planes tienen directo impacto en las emisiones de carbono negro, siendo uno de los instrumentos que ayuda tanto a mejorar la calidad del aire en distintas ciudades, como a mitigar el cambio climático. La mayoría de las medidas incluidas en los planes contempla la disminución de las emisiones producto de la quema de leña, pero también se incluyen medidas con el recambio de buses y filtros para maquinarias fuera de ruta.
Nuevas normativas ⁸	Chile es uno de los primeros países de Latinoamérica en adoptar la normativa Euro 6 para vehículos livianos, medianos y pesados. Este avance normativo significa una mejora sustancial en las emisiones producto del transporte. Sumado a esto, la exigencia de normativas más estrictas para maquinarias fuera de ruta y grupos electrógenos también significará un avance en la reducción de carbono negro y otros contaminantes locales.

⁷ <https://mma.gob.cl/planes-de-descontaminacion-atmosferica-estrategia-2014-2018/>

⁸ <https://planesynormas.mma.gob.cl/>

Tabla 3. Instrumentos para el seguimiento de las emisiones de carbono negro.

<p>Inventario Nacional de Carbono Negro</p>	<p>El Ministerio del Medio Ambiente presenta, en conjunto con el INGEI, el Inventario Nacional de Carbono Negro, a través de su informe de actualización y el Sistema Nacional de Inventarios. Este inventario busca dar representatividad a las emisiones de carbono negro de tal manera de asegurar los compromisos de reducción de carbono negro entre otros.</p>
<p>Mediciones de carbono negro</p>	<p>Chile cuenta con un sistema robusto de medición de calidad del aire⁹, el cual monitorea las concentraciones de MP_{2,5} y otros contaminantes a lo largo de todo Chile. El Ministerio del Medio Ambiente también cuenta con equipos de medición de concentraciones de carbono negro. Estas mediciones pueden ser usadas para mejorar el entendimiento local del carbono negro y contrastarlas con otras observaciones similares de otros países. Por otra parte, el carbono negro es un aerosol que presentan poca reactividad en la atmósfera, por lo que las mediciones de este sirven para constatar una tendencia al alza o baja en las emisiones de carbono negro.</p>

3.2 Estrategia a largo plazo

En Chile existen tanto mecanismos de control como de verificación para las emisiones de carbono negro, esto es crucial para monitorear el avance en los compromisos de reducción declarados por Chile. Por una parte, el control, a cargo de las políticas de mitigación de contaminantes atmosféricos, se encuentra en los más altos estándares en el continente, con la implementación de las normativas más estrictas en uso de vehículos para el transporte de pasajeros, además, desde el 2014 se encuentra en implementación la estrategia de Planes de Descontaminación Atmosférica, estrategia que busca mejorar la calidad del aire en las ciudades más contaminadas. Por otra parte, en temas de verificación, recientemente se ha publicado el segundo Inventario Nacional de Carbono Negro. Este segundo inventario presenta un avance en términos de verificación de las emisiones de carbono negro, además, se realiza en línea con el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero, haciendo comparable las emisiones con otros países que también presenten inventarios de carbono negro.

Considerando lo expuesto anteriormente, en términos de impacto del carbono negro, estimaciones de las emisiones y los instrumentos existentes, se plantea la siguiente propuesta para tener una visión más robusta en cuanto al control y verificación de las emisiones de carbono negro al 2050.

⁹ <https://sinca.mma.gob.cl/>

1. Inventario y proyecciones de carbono negro.
 - a. Actualización bianual de acuerdo con los reportes a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El INCN se presentará en línea con el INGEI de Chile.
 - b. Desde el 2022 se presentarán las emisiones de carbono negro con una estimación nacional y regional en los reportes a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.
 - c. Sistema de proyección de emisiones de carbono negro, nacional y regional.
2. Generación de conocimiento a nivel nacional.
 - a. Es importante robustecer las estimaciones de carbono negro. Para esto se buscará Incentivar el desarrollo de conocimiento local sobre el carbono negro a través de proyectos de investigación. La realización de proyectos estará sujeta a la disponibilidad de recursos.
 - b. Levantamiento y actualización de factores de emisión locales de carbono negro y otros contaminantes, así como también factores de deterioro que influyan en la estimación de emisiones de carbono negro y otros contaminantes.
 - c. Con la ayuda de la distribución de las emisiones se buscará entender mejor el impacto de las emisiones de carbono negro. El impacto en la salud de las personas, el clima y los ecosistemas, deben ser evaluados de una manera local.
3. Mediciones de carbono negro
 - a. Potenciar las mediciones ya existentes de carbono negro, publicándolas en línea con otras mediciones de la calidad del aire.
 - b. Actualmente se cuenta con mediciones de carbono negro en la Región Metropolitana, por lo que se buscará extender las mediciones a otras ciudades.
4. Gestión de emisiones
 - a. Las fuentes puntuales contabilizan la mayoría de las emisiones de carbono negro (quema de leña residencial y biomasa en la industria). Para la contabilidad y control de estas emisiones se buscará caracterizar mejor las fuentes emisoras y potenciar los planes actuales que regulen estas emisiones.
 - b. Se seguirá actualizando las normativas a los más altos estándares de las fuentes móviles, como el transporte en ruta y fuera de ruta.

4 Referencias

- Boucher, O., Randall, D., Artaxo, P., Bretherton, C., Feingold, G., Forster, P., Kerminen, V.-M., Kondo, Y., Liao, H., Lohmann, U., Rasch, P., Satheesh, S. K., Sherwood, S., Stevens, B., & Zhang, X. Y. (2013). Clouds and aerosols. In Intergovernmental Panel on Climate Change (Ed.), *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Vol. 9781107057, pp. 571–658). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.016>
- DICTUC, 2017. Apoyo a la iniciativa para el plan de mitigación de los contaminantes climático de vida corta en Chile [http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=8d935644-c283-4256-803e-38a8ad1948f4&fname=Apoyo%20a%20la%20Iniciativa%20para%20el%20Plan%20de%20Mitigaci%C3%B3n%20de%20los%20Contaminantes%20Clim%C3%A1ticos%20de%20Vida%20Corta%20\(CVC\)%20en%20Chile.pdf&access=public](http://catalogador.mma.gob.cl:8080/geonetwork/srv/spa/resources.get?uuid=8d935644-c283-4256-803e-38a8ad1948f4&fname=Apoyo%20a%20la%20Iniciativa%20para%20el%20Plan%20de%20Mitigaci%C3%B3n%20de%20los%20Contaminantes%20Clim%C3%A1ticos%20de%20Vida%20Corta%20(CVC)%20en%20Chile.pdf&access=public)
- Gallardo, L., Basoa, K., Tolvett, S., Osses, M., Huneus, N., Bustos, S., Barraza, J., & Ogaz, G. (2020). Mitigación de carbono negro en la actualización de la Contribución Nacionalmente Determinada de Chile: Resumen para tomadores de decisión. http://www.cr2.cl/wp-content/uploads/2020/04/Mitigacion_carbono_negro_NDC_Chile2020.pdf
- Hoesly RM, Smith SJ, Feng L, Klimont Z, Janssens-Maenhout G, Pitkanen T, Seibert JJ, Vu L, Andres RJ, Bolt RM, et al. 2017. Historical (1750–2014) anthropogenic emissions of reactive gases and aerosols from the Community Emission Data System (CEDS). *Geosci Model Dev Discuss*: 1–41. doi: 10.5194/gmd-2017-43
- Huneus, N., Urquiza, A., Gayó, E., Osses, M., Arriagada, R., Valdés, M., Álamos, N., Amigo, C., Arrieta, D., Basoa, K., Billi, M., Blanco, G., Boisier, J. P., Calvo, R., Casielles, I., Castro, M., Chauán, J., Christie, D., Cordero, L., ... Tolvett, S. (2020). El aire que respiramos: pasado, presente y futuro – Contaminación atmosférica por MP2,5 en el centro y sur de Chile.
- IPCC, 2018. Summary for Policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to. One Earth*, 1(3), 374–381. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.025>
- Kirrane, E. F., Luben, T. J., Benson, A., Owens, E. O., Sacks, J. D., Dutton, S. J., Madden, M., & Nichols, J. L. (2019). A systematic review of cardiovascular responses associated with ambient black carbon and fine particulate matter. *Environment International*, 127(February), 305–316. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.02.027>
- MMA, 2018. 3er Informe Bienal de actualización de Chile sobre Cambio Climático. <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/12/3rd-BUR-Chile-SPANISH.pdf>
- MMA, 2020. 4to Informe Bienal de actualización de Chile sobre Cambio Climático. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Chile_4th%20BUR_2020.pdf
- Rowe, P. M., Cordero, R. R., Warren, S. G., Stewart, E., Doherty, S. J., Pankow, A., Schrempf, M., Casassa, G., Carrasco, J., Pizarro, J., MacDonell, S., Damiani, A., Lambert, F., Rondanelli, R., Huneus, N., Fernandoy, F., & Neshyba, S. (2019). Black carbon and other light-absorbing

impurities in snow in the Chilean Andes. *Scientific Reports*, 9(1), 4008.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-39312-0>

WHO, 2018. World Health Statistics 2018: Monitoring Health for the SDGs, Sustainable Development Goals. <https://www.who.int/docs/default-source/gho-documents/world-health-statistic-reports/6-june-18108-world-health-statistics-2018.pdf>