

# Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del transporte automotor de agrograneles al Puerto de Bahía Blanca hacia 2030

Pablo Vazano\*

DOI: <https://doi.org/10.52292/j.rug.2022.31.2.0041>

## Resumen

Dentro del transporte automotor de cargas existen particularidades que obligan a poner el foco en el desempeño ambiental del transporte de cereales y oleaginosas en Argentina; la edad promedio del parque automotor, los grandes volúmenes y crecientes distancias producto del avance de la frontera agrícola, entre otros. El presente trabajo calcula las toneladas kilómetro de los viajes al Puerto de Bahía Blanca, las toneladas exportadas por dicho puerto, así como la probable distribución modal. Además, estima una línea de base para el consumo de combustible y las emisiones del transporte automotor de granos y oleaginosas hasta el año 2030 de acuerdo a la metodología de la Tercera Comunicación Nacional. Adicionalmente, se presentan dos escenarios para la mitigación de emisiones en línea con los objetivos de desarrollo sostenible. De acuerdo a los resultados se emitirán 480.060 tCO<sub>2</sub>e a la atmósfera, producto del consumo de 52 millones de litros de diésel, trasladando entre 11 y 14 millones de toneladas de granos. Sin considerar el cambio modal, es posible lograr en el año 2030 la mitigación del 43,4% las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente con medidas al interior del modo automotor para este caso de estudio.

**Palabras clave:** Transporte automotor de cargas, Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, Puerto de Bahía Blanca, Cambio climático.

## Mitigation of greenhouse gas (GHG) emissions from agri-bulk motor transport to the Port of Bahía Blanca by 2030

### Abstract

Within the motor freight transportation, there are particular characteristics that make us focus on the environmental performance of the grain and oilseed transport in Argentina, the average age of the vehicle fleet, the large volumes and increasing distances as the result of the expansion of the agricultural border, among others.

---

\* Especialista en Política y Planificación del Transporte. Becario doctoral UNSAM-CONICET. Docente ayudante de la cátedra Intermodalidad y Operación, Instituto del Transporte-UNSAM. San Martín, Provincia de Buenos Aires. Email: [pvazano@gmail.com](mailto:pvazano@gmail.com)

In this work the ton- kilometers of the trips to the Port of Bahía Blanca, the tons exported through this port, and the probable modal distribution are calculated. It is also estimated a baseline for fuel consumption and emissions from the motor transport of grains and oilseeds up to 2030 according to the methodology of the Third National Communication. In addition, two scenarios are presented for emissions mitigation in compliance with the sustainable development goals. Based on the results, 480.060 tCO<sub>2</sub>e will be released into the atmosphere in 2030, as a consequence of the consumption of 52 million liters of diesel and transporting between 11 and 14 million tons of grains. Without considering the modal change, it is possible to achieve a 43,4% mitigation of CO<sub>2</sub> equivalent emissions by 2030 adopting measures within the motor sector for this case study of the equivalent CO<sub>2</sub> emissions with measures within the automotive mode for this case study.

**Keywords:** Automotive freight transport, Greenhouse Gases, Port of Bahía Blanca, Climate change

## Introducción

El transporte es un fenómeno social complejo que tiene como función dar satisfacción a las necesidades de movimiento de la sociedad, intentando superar el espacio existente entre orígenes y destinos considerando restricciones físicas y humanas (Barbero y Rodríguez Tornquist, 2012). El transporte se despliega en el territorio en forma de redes como un sistema jerárquico de tipo abierto, lo cual significa que influencia y es influenciado por el espacio geográfico, pudiéndolo estudiarse desde sus dimensiones históricas, territoriales, económicas, sociales, políticas y ambientales.

Es sabido que el transporte posee una estrecha vinculación con el espacio en el cual se desarrolla; su existencia se debe a la desigual distribución de bienes y personas en la superficie terrestre y a la satisfacción de cambiantes necesidades de las sociedades en un momento histórico dado. La dotación de infraestructura y servicios de transporte tiene beneficios en el territorio y las sociedades que lo habitan, permitiendo el acceso a bienes y derechos básicos. El aumento de su presencia se asocia a un bienestar social y a un progreso económico y productivo mientras que su carencia implica exclusión (Stopher y Stanley, 2014). Por otro lado, es causante de externalidades negativas que es necesario mitigar para lograr un desarrollo sostenible; Cruz Moreno y Rodríguez Tornquist (2017) destacan entre ellas la contaminación del aire y los siniestros viales, además de la ya mencionada emisión de gases de efecto invernadero (GEI) cuyo crecimiento se destaca respecto a otros sectores económicos.

Toda actividad humana genera emisiones y tiene otros impactos sobre el medio en el cual se desenvuelve. Minimizar este impacto constituye un desafío no sólo para el transporte, sino también para múltiples sectores económicos, entre los que se destaca la generación de energía, la actividad agropecuaria y forestal, los cambios en los usos del suelo y la industria, entre otros.

La urgencia de adoptar medidas en este sentido radica no sólo en el cumplimiento de los compromisos internacionales de la agenda ambiental adoptados por Argentina (no sobrepasar las 359 megatoneladas de CO<sub>2</sub> equivalente para 2030 de acuerdo a su Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional), sino también en la velocidad del aumento de la demanda de servicios de transporte, la cual se espera se triplique para 2050 (World Energy Council, 2011).

Integrante del denominado conjunto de países en vías de desarrollo, Argentina ratifica la importancia de la agenda climática global al firmar el Acuerdo de París, así como otras instancias en las cuales se compromete a monitorear y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para el año 2030 con miras a reducir el calentamiento global a 2100 por debajo de los 1,5 grados.

Argentina presenta una matriz económica dependiente de la exportación de productos primarios, de bajo nivel de transformación (Barbero y Castro, 2013). Se precisa una gran cantidad de energía para trasladarlos desde sus espacios de producción y extracción hacia los puntos de transformación o acopio para su posterior exportación o consumo interno.

El transporte de cereales y oleaginosas, que en la temporada 2016-17 movió 135.000.000 toneladas hacia los principales puertos y agroindustrias, no es la excepción y presenta ineficiencias ambientales, energéticas y económicas en su cadena logística (DNPTCyL, 2019b). La elección del transporte automotor de cargas (TAC) para el traslado hacia los puertos del 74,5% del volumen de granos producido impacta en la reducción del beneficio económico del sector, en un mayor consumo energético y en la emisión de gases de efecto invernadero (Cruz Moreno y Rodríguez Tornquist, 2017). Existen, además, externalidades asociadas a esta preferencia por el transporte carretero, como la congestión en los espacios portuarios e industriales, siniestros viales en rutas, entre otras. Este escenario convierte a la cadena logística agrícola en un sector que demanda estrategias y acciones concretas para alinearse a los objetivos del desarrollo sostenible (ODS). Si bien el cambio modal es la medida más recomendable, sus plazos de implementación, incluyendo procesos de licitación, obra y operación postergan estos beneficios ambientales. Hasta entonces, el transporte automotor puede alcanzar una reducción complementaria, necesaria para cumplir con los acuerdos internacionales (Vazano, 2019).

Existen muchas estrategias para reducir emisiones al interior del transporte automotor de cargas (TAC) incluso en el corto plazo, siendo los artículos de Aresti, Tanco, Jurg, Moratorio y Villalobos (2016), Barbero, Cruz Moreno, Estévez, Rodríguez Tornquist y Vazano (2016) y las guías del Observatorio de Logística y Sustentabilidad, Instituto Tecnológico de Buenos Aires (CLIO-ITBA, 2015) ejemplos de opciones de eficiencia energética para Argentina, Colombia, Brasil y Uruguay. La gestión eficiente de flotas, las mejoras a los camiones que hoy circulan por las rutas, o su reemplazo por unidades 0 km, son algunas de las estrategias alineadas con un transporte más sostenible. Algunas de estas medidas se encuentran incluidas en el Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático (principal documento de planificación estratégica sectorial nacional) y son definidas por el Estado Nacional hacia otros niveles administrativos de gobierno (*top-down*), pero también puede seguir la estrategia inversa (*bottom-up*) como es el caso del Programa Transporte Inteligente.

El Estado ejerce un rol clave para determinar las etapas y plazos de la transición hacia un transporte sostenible ya que estas acciones necesitan de una agenda de mitigación y adaptación enmarcada en una estrategia nacional más amplia frente a la amenaza del cambio climático. Deben tenerse en cuenta las necesidades de los actores tradicionales, los nuevos desafíos del sector y las metas definidas en

los tratados internacionales. El mencionado Plan de Acción Nacional, publicado en 2017 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y conocido como PANTyCC, no es el único documento oficial al respecto, ya que también se desarrolló la Guía de Gestión Eficiente para el Transporte Automotor de Cargas de la República Argentina (Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética, 2018). Esto se complementa con iniciativas como el Sistema de Turnos para Operaciones Portuarias (STOP) y el Programa Transporte Inteligente, una alianza público-privada destinada a empresas transportistas, dadores de carga, cámaras, federaciones, proveedores de tecnologías y servicios, por mencionar algunas de las políticas activas referidas al transporte de carga automotor.

El nuevo paradigma adoptado frente a la agenda de cambio climático es el de Evitar-Cambiar-Mejorar (Dalkmann y Brannigan, 2007). El presente trabajo aplicará dicho enfoque a la realidad del transporte automotor de agrograneles al puerto de Bahía Blanca al año 2030, poniendo el foco en el segmento Mejorar indicando oportunidades de mitigación al interior del modo TAC con tecnologías hoy disponibles, por lo que no se exploran otros modos ni esquemas intermodales de transporte.

Esta contribución tiene como objetivo general cuantificar el impacto ambiental actual y futuro del transporte automotor de granos y oleaginosas al Puerto de Bahía Blanca hacia 2030 para contribuir a la mejora en el diseño de herramientas de eficiencia energética. Para ello se utilizarán tecnologías de la información geográfica y metodologías alineadas con la Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático (3CN), utilizando datos recopilados de fuentes oficiales y salidas de campo. Tiene por finalidad contribuir hacia el desarrollo sostenible y eficiente de la actividad, que minimice los impactos negativos del transporte sobre el ambiente, generando beneficios en la calidad de vida de la sociedad al tiempo de elevar la competitividad del sector. Se considera necesario mejorar el desempeño logístico del transporte de agrograneles promoviendo la eficiencia energética de la logística dada su gran influencia sobre la competitividad de la economía nacional pero también sobre la cohesión territorial, el medio ambiente y la energía (Barbero y Castro, 2013). Los objetivos intermedios consisten en generar estimaciones actualizadas y escenarios de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para el transporte automotor de granos y oleaginosas al puerto de Bahía Blanca, a partir de adopción de medidas de eficiencia en el sector. Entre los objetivos específicos se incluye estimar tendencias de crecimiento de la actividad, calcular viajes típicos y distancia media recorrida por producto, establecer los equipos de transporte utilizados, definir escenarios alternativos y calcular el consumo de combustible y emisiones para cada uno de ellos aplicando la metodología de la 3CN para fuentes móviles.

Se tratarán datos de fuentes oficiales para construir proyecciones de volúmenes transportados, así como las distancias y equipos de transporte utilizados. Esto per-

mitirá estimar el consumo de combustible y la emisión de GEI en dicho eslabón transporte de la cadena agroexportadora hasta el año 2030. Esto último, conocido como generación de la línea de base, posibilitará el diseño de dos escenarios de mitigación que incluirán distintas tasas de penetración de tres acciones, dos de las cuales han sido ponderadas y priorizadas por el ejecutivo nacional durante 2020 dada su actual disponibilidad tecnológica, mientras que la tercera aplica específicamente a la operatoria de descarga en espacios portuarios:

- Adopción de bitrenes y escalados como parte de la flota del TAC de agrograneles.
- Reemplazo de unidades más antiguas por unidades 0 km EURO 5 y EURO 6.
- Reducción de horas de espera en antepuertos y terminales portuarias (sistema STOP).

### **La matriz de transporte en Argentina y su consumo de energía**

Los sistemas de transporte ordenan, canalizan y dan coherencia a los movimientos y se diferencian, según el medio físico, en terrestres, fluviales-marítimos y aéreos. Las características del territorio y de las sociedades que lo habitan determinan, a su vez, qué modo de transporte es elegido para transportar bienes y pasajeros considerando las escalas de los desplazamientos, así como su periodicidad, volumen, entre otros factores. Esta elección supone aceptar velocidades, calidad, frecuencia, seguridad, y consumos de energía específicos para cada modo.

En Argentina, de los tres sistemas terrestres (ductos, ferrocarril y transporte automotor), el transporte por carretera presenta una clara dominancia (Dirección Nacional de Planificación del Transporte de Cargas y Logística, 2019, Lliatis y Sánchez, 2011). Automóviles, camiones y colectivos han desplazado al ferrocarril, a partir del diseño y construcción de nuevas carreteras. Resultado del devenir histórico, desde la década de 1990 el modo terrestre automotor concentra entre el 93% y el 97% del total de las toneladas transportadas (Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, 2013) teniendo en 2018 una participación del 93% de las más de 536 millones de toneladas transportadas, mientras que el ferrocarril transporta solo el 3% (DNPTCyL, 2019). Tanto el ferrocarril como el transporte fluvial han perdido progresivamente participación y se han especializado en productos de baja transformación y grandes volúmenes denominados graneles. Al respecto, Jorge Sánchez (2011) indica que para 2011 se componía de productos primarios, siendo los granos el 40%, productos de la minería (30%), manufacturas de origen agropecuario (20%) y sólo un 10% por otras. En resumen, la evolución del sistema de transporte argentino responde directamente a las lógicas de los modelos económicos nacionales y la adaptación de tecnologías al territorio; barcos a vela y a vapor fueron reemplazados por el ferrocarril y este a su vez por el TAC a partir de la década de 1930.

En el transporte de cargas, el dominio del modo automotor representa un desafío energético y ambiental. Tanto este sector como el sector agrícola, son altamente dependientes de los combustibles fósiles para su funcionamiento y explican, en parte, la composición de la matriz de generación de energía. El transporte argentino se sustenta en un 99,67% de combustibles fósiles consumiendo el 100% de las motonaftas refinadas en el país; el 96% del aerokerosene; el 66% del gasoil; el 19% del fuel oil y el 11,7% del gas natural distribuido de acuerdo a datos disponibles en los Balances Energéticos Nacionales de la Secretaría de Energía y Minería (Ministerio de Economía de la Nación, 2020). La citada fuente indica que la generación total de energía para consumo final creció entre 2002 y 2019 un 44%, pasando de 37.578 a 54.364 millones de Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP), con una tasa interanual del 2,48%. En dicho período el transporte (cargas y pasajeros) fue el sector que más energía consumió, aumentando también su cuota del total. El transporte aumentó su consumo respecto al total de la energía producida del 27,9% en 2002 al 31,7% en 2019. En 2002 su consumo era 10,7% superior al sector industria, segundo en importancia, mientras que en 2019 esa diferencia aumentó a un 38,2%. En términos absolutos, el consumo de energía del sector transporte creció entre 2002 y 2019 un 64%, pasando de 10.493 a 17.218 millones de TEP, con una tasa de crecimiento interanual del 3,56% (Secretaría de Energía y Minería del Ministerio de Economía, 2020).

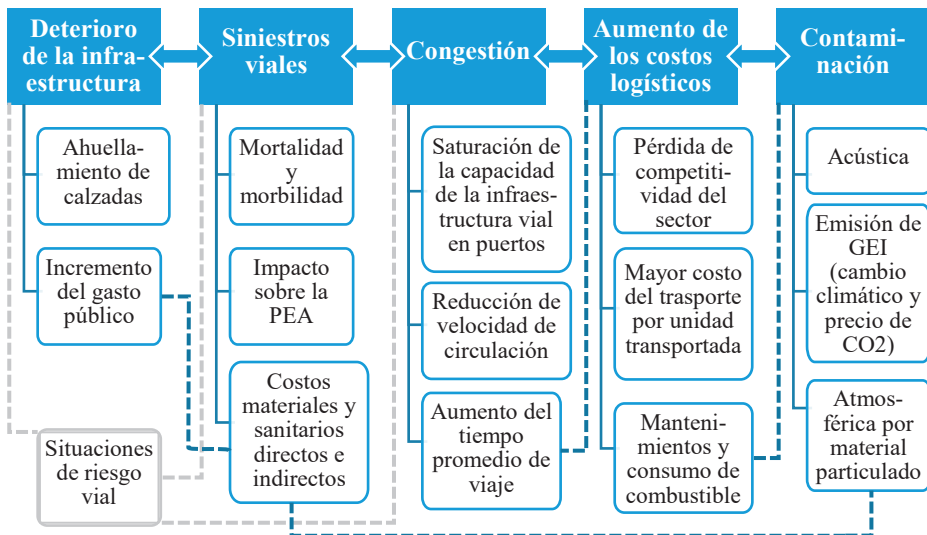
Esto significa un aumento marcadamente superior al promedio mundial, ya que entre 2000 y 2017 el consumo de energía global del sector transporte aumentó un 38% (Sustainable Low Carbon Transport, 2018). Al igual que en Argentina, en la mayoría de los países de la región el sector transporte ha aumentado su consumo de energía desde el año 2000 a una tasa del 11% anual en Paraguay 5% en Panamá y Bolivia y 4% en Costa Rica y Argentina (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2016). La tendencia tanto en Argentina como en el resto del mundo es lineal: con el crecimiento económico, poblacional y urbano la demanda de servicios de transporte aumenta y con ésta los consumos de energía del sector y, por lo tanto, sus emisiones de GEI (Gutman, Perczyk, Caratori y Carlino, 2017; Sustainable Low Carbon Transport, 2018).

### **Transporte, emisiones y la opción sostenible**

El consumo de energía mencionado tiene su correlato en las emisiones. De acuerdo al Segundo Informe Bienal de Actualización (BUR), el sector energía aporta poco más del 39% de las emisiones totales de GEI del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020). Al interior de éste, la categoría transporte aportó en 2014 el 29% de las emisiones nacionales de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) y contribuyó significativamente a las emisiones totales de óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO) y material particulado. Esto representa el 15,5% de las emisiones totales del país cuya principal característica es su impor-

tante crecimiento: un 35% entre 2002 y 2014. En valores absolutos, significó en 2014 una emisión a la atmósfera de 53,35 Mega toneladas de dióxido de carbono equivalente al año (MtCO<sub>2</sub>e), siendo el total del sector energía poco menos de 180.000 MtCO<sub>2</sub>e (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación, 2017). El transporte, que aporta el 9% del PBI, a su vez, es responsable de dos de las cinco principales fuentes de emisiones del sector energía; el transporte carretero privado con su consumo de naftas y el transporte carretero de cargas que consume mayormente diésel. Ambos suponen la principal categoría en emisiones de GEI con 49,97 MtCO<sub>2</sub>e.

El transporte sostenible (que puede definirse como aquel que integra los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), consagrados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) dentro del sector) busca satisfacer las necesidades de movilidad de bienes y personas, y a la vez minimizar las externalidades e impactos negativos sobre el medio (Rodríguez, 2020). Estos impactos no se limitan a las emisiones de GEI, ya que tal como muestra la figura 1, existen múltiples variables que actúan de forma interrelacionada. Por lo mencionado, se considera que toda planificación del transporte debe internalizar estos impactos, teniendo en cuenta los costos ambientales, energéticos y económicos no solo de la operación, sino también de las etapas de construcción de infraestructura, fabricación y desguace de unidades, a fin de evaluar la opción que presente los mayores beneficios a corto, mediano y largo plazo.



**Figura 1.** Relación de las externalidades del TAC en Argentina. Fuente: elaboración propia.



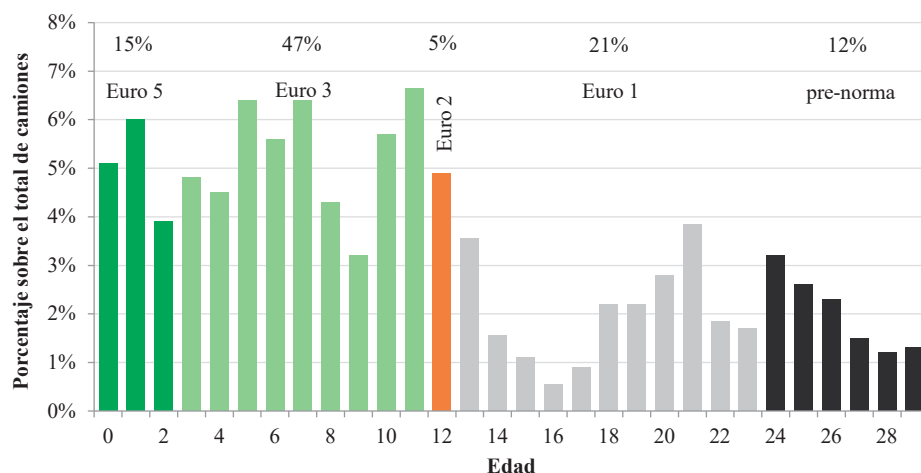
Por estos motivos (ambientales, pero también económicos) resulta prioritario aumentar la eficiencia en los primeros eslabones de las cadenas de suministro para reducir emisiones y acercar el transporte al paradigma de la sostenibilidad. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ya identificaba en el año 2010 al sector transporte automotor de cargas (TAC) como un sector-oportunidad clave de intervención para lograr mejoras en la eficiencia energética. Juan Villalobos (2010), en este informe, destaca que el sector TAC (TCC en el informe) se encuentra en un momento de toma de conciencia energética y ambiental derivado del aumento del costo del combustible, y agrega que “el transporte está llamado a constituirse en un actor central (...) debido a su peso en la matriz de consumo energético, entre un 30% y un 35% de los consumos nacionales de energía” (Villalobos, 2011, p. 2). Indica también que analizar la eficiencia energética en este sector, y el sector TAC en particular, implica tener una mirada integral que incluya matriz modal, estructura industrial, marco regulatorio, competencias de gestión y nivel de penetración de tecnologías. El autor destaca que, en el caso del sector TAC, “si se aborda correcta y profesionalmente el tema de la eficiencia energética, sus resultados se verán reflejados directa y concretamente en mejoras de su rentabilidad económica, las que justifican por sí solas su adopción” (Villalobos, 2011, p. 3).

### **Características del sector TAC en Argentina**

En Argentina no existen fuentes de datos certeras que indiquen la cantidad de vehículos pesados en circulación, el parque oscila entre las 310000 y 760000 unidades según qué fuente se tome. Miller y Braun (2020) indican que esta brecha existente supone un obstáculo importante y refleja las diferencias entre fuentes de datos, supuestos de renovación de flota y clasificaciones de vehículos. Estos autores mencionan que del total de vehículos pesados existen 80000 colectivos, 100.000 camiones medianos y 220.000 camiones pesados. Estos últimos recorren una distancia mucho mayor y acumulan casi el 12% de todo el kilometraje recorrido en el país (Miller y Braun, 2020). Estos investigadores del ICCT, con datos de Promotive SA, pudieron determinar la edad y norma de emisiones de la flota en circulación, llegando a las siguientes conclusiones:

La mediana de la edad de la flota de vehículos pesados en Argentina es de aproximadamente 10 años. Las normas Euro V (...) cubren solo un 15% de la flota de pesados en 2018. Un 47% adicional fue certificado Euro III, y el resto de la flota certificó bajo normas anteriores o bajo ninguna norma. Más de la décima parte de la flota pesada argentina en 2018 se consideraba «pre-Euro», lo que significa vehículos sin control de emisiones (Miller y Braun, 2020, p. 6).

El elevado porcentaje de vehículos pesados con certificación Euro III o anterior indica la necesidad de incentivar su recambio por motores Euro VI (Miller y Braun, 2020). A lo largo de las últimas décadas, los nuevos vehículos pesados que salen al mercado han mejorado sus desempeños ambientales mediante tecnologías de control de emisiones que supusieron, desde 1992, la reducción de un 66% en la emisión de CO, un 95% en NOx, un 88% en HC y más de un 98% en el material particulado. Esto se logra mediante la implementación de normas de control de emisiones, las cuales fijan los límites/máximos de emisión para gases y partículas contaminantes, siendo la norma EURO VI de 2014, la más estricta y reciente en la Unión Europea. Los estados nacionales pueden adherir y aplicar estas reglamentaciones designando las autoridades de homologación y control, mientras que desde el sector empresarial se deben hacer cambios en las terminales de fabricación y ensamblado de vehículos ya que cada avance en la norma supone nuevos componentes mecánicos y electrónicos dentro del motor.



**Figura 2.** Vehículos pesados por edad y norma Euro equivalente en Argentina, 2018. Fuente: elaboración propia sobre la base de Miller y Braun (2020).

En Argentina se encuentra vigente la norma EURO V desde 2016, lo cual supone un avance significativo, ya que si comparamos esta tecnología con un camión pre-EURO éste último emite 3 veces más CO, 2,5 veces más HC, 4 veces más NOx y 30 veces más material particulado que los nuevos motores EURO V<sup>1</sup> (ACEA, 2019).

<sup>1</sup> Para mayor detalle sobre los límites de emisiones de las normas EURO, puede visitar el sitio web de European Automobile Manufacturers' Association (ACEA, 2019): <https://www.acea.be/industry-topics/tag/category/euro-standards>

Pais o región	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Argentina	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Australia	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Brasil	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6	6	6
Canadá	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
China	2	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6
Unión Europea	3	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
India	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	6	6	6	6	6
Indonesia	0	0	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	4
Japón	3	3	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Rep. de Corea	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
México	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	6	6	6	6	6
Rusia	1	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Arabia Saudita	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sudáfrica	0	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Turquía	1	1	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Estados Unidos	4	4	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

**Tabla I.** Año de implementación de normas sobre emisiones para vehículos pesados con motor diésel en economías del G-20 (normas Euro 6 a Euro 0 o equivalente). Fuente: elaboración propia en base a Miller y Braun (2020).

Sin embargo, de acuerdo a los autores, el país posee un retraso importante en la incorporación de la norma Euro VI, por lo que es necesaria su adopción estimando que “en comparación con el escenario de línea base de Euro V, la implementación de las normas Euro VI en 2023 evitarían un estimado de 1950 (836–2870) muertes prematuras y 51.300 (22.000–75.600) años de vida perdidos entre 2023 y 2050” (Miller y Braun, 2020, p. i). En línea con esto agregan que “por cada USD\$1 que se invierte para cumplir con las normas Euro VI equivalentes, se generan USD\$3.60 en beneficios en salud resultado de la exposición reducida a PM2.5 durante los siguientes 30 años” (Miller y Braun, op. cit).

### **El enfoque ECM dentro del sector TAC en Argentina y los esfuerzos de descarbonización**

Una de las estrategias más adecuadas para abordar la relación entre transporte y cambio climático radica en el enfoque ASI (*Avoid-Shift-Improve*) o ECM en español (Evitar-Cambiar-Mejorar). En el segmento TAC, se deberían evitar viajes innecesarios o reducir su distancia; cambiar hacia modos que utilicen menos energía por unidad transportada, como el ferrocarril y el transporte fluvial y; mejorar la eficiencia energética de los vehículos (Barbero y Rodríguez Tornquist, 2012). Dentro de este último segmento se han evaluado (dentro del PANTyCC) planes de chatarrización de vehículos, bitrenes y escalados, el sistema de turnos en puerto, capacitación a conductores y planes de transporte inteligente. Respecto al primero, un plan de chatarrización consiste básicamente en el reemplazo de las unidades más antiguas por 0 km con un mejor control de emisiones, destruyendo los camiones más viejos para que salgan del mercado.

Esta nueva tecnología no puede ser adoptada por todos los transportistas, estimándose que aquellos con camiones de 5 a 10 años de antigüedad podrían renovar su unidad, vendiendo el camión EURO 5 o EURO 3 a un transportista con un camión mucho más antiguo. La situación macroeconómica argentina, sumado al impacto de la pandemia del COVID-19, hace necesario que el financiamiento de estas unidades provenga en parte del sector estatal, dentro de un plan de chatarrización. Los fondos necesarios pueden provenir tanto de fuentes externas como de un mercado doméstico de intercambio de carbono, donde los sectores que más emiten CO<sub>2</sub> paguen una compensación económica que luego se use para proyectos sostenibles. Lo mismo vale para las unidades remolcadas, la adopción de la tecnología de bitrenes y escalados implica un mayor volumen transportado por unidad de energía.

Para aquellas unidades de entre 5 y 15 años de antigüedad se plantean mejoras denominadas *retrofits* que no implican el recambio del vehículo. Vehículos dentro

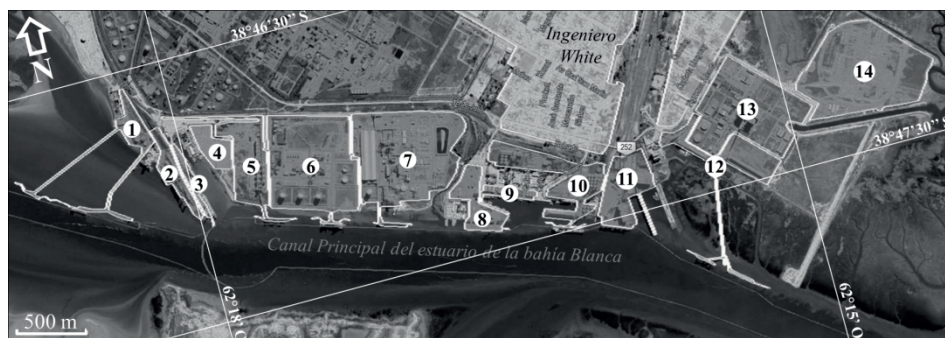
de este rango de edad pueden aumentar su eficiencia energética al tiempo que se capacita al conductor y los empresarios para potenciar y complementar la reducción producto de la adopción de nuevas tecnologías en los vehículos. Las mismas pueden encontrarse desarrolladas en la “Guía de Gestión Sustentable de Flotas de Vehículos de Transporte de Carga por Carretera” (CLIO-ITBA, 2015b), la “Guía de buenas prácticas para la logística y la sustentabilidad” (CLIO-ITBA, 2016), y la “Guía de herramientas, normas y base de datos para una logística sustentable” (CLIO-ITBA, 2015a), documentos editados por el Observatorio de Logística Sustentable del Instituto Tecnológico de Buenos Aires (OLS-ITBA). Con posterioridad a estos estudios, el área de Transporte y Eficiencia Energética (del entonces Ministerio de Energía y Minería) publicó la “Guía de Gestión Eficiente para el transporte automotor de cargas de la República Argentina” (Rodríguez Tornquist y Cruz Moreno, 2017).

Además de estas mejoras sobre los vehículos pueden aplicarse técnicas y procedimientos complementarios de nulo o bajo costo aplicables a toda la flota y al interior de las organizaciones empresariales, independientemente de su tamaño. Estas buscan monitorear y reducir el consumo de combustible y los viajes con bodega vacía. De ellas el monitoreo del consumo de combustible, junto con la capacitación a transportistas y empresarios sobre conducción eficiente (también llamada verde o sustentable), constituyen buenas prácticas para la actividad. El primero consiste en identificar el desvío entre el consumo ideal y planificado (utilizando los datos de consumo determinados por el fabricante del camión) y el consumo real. Debe constituir el primer paso hacia la búsqueda de la eficiencia energética ya que permitiría controlar consumos, corregir irregularidades mecánicas, comportamientos al volante y evaluar las medidas de ahorro implementadas. Esto debe complementarse con la planificación previa de itinerarios, conociendo caminos óptimos y horarios más adecuados para evitar demoras o áreas congestionadas; la elección, dentro de las posibilidades, del vehículo más apto para realizar el viaje ayudaría a optimizar los recursos. Realizar el seguimiento individual permitiría corregir hábitos de conductores con consumos superiores a la media y otorgar premios o incentivos a aquellos que se encuentren por debajo (Rodríguez Tornquist y Cruz Moreno, 2017).

Para evitar conductas no eficientes al volante son necesarias capacitaciones y actualizaciones, reconociendo el rol clave que cumplen los conductores en alcanzar la eficiencia energética. Con base en evaluaciones de algunas iniciativas de conducción eficiente se concluyó que estas pueden resultar en una reducción inmediata en el consumo de combustible cercana al 10% (Glaeser y Ritzinger, 2012; International Energy Agency, 2012). El ahorro dependerá, en gran medida, del comportamiento previo del conductor y de los viajes típicos, sean urbanos, interurbanos e incluso internacionales debiéndose repetir estas instancias de capacitación para evitar el regreso de los transportistas a hábitos de conducción tradicionales.

## Área de estudio y características del TAC del puerto de Bahía Blanca

El puerto de Bahía Blanca (PBB) es una de las principales zonas de concentración de cargas del país y está administrado, desde el año 1993, por el Consorcio de Gestión del Puerto de Bahía Blanca (CGPBB), un ente mixto público-privado. Actualmente es el segundo puerto de mayor calado del país, siendo de 45 pies con independencia del régimen de mareas, detrás del puerto de Quequén con 50 pies. Esta característica es aprovechada por entre 650 y 900 buques al año que cargan y/o descargan sus celdas y tanques íntegramente en las terminales locales o bien completan la carga iniciada en el litoral fluvial del río Paraná. La actividad portuaria se encuentra organizada en doce terminales a lo largo de 7 km con sus sitios de atraque ubicados en la margen Norte e interior del estuario de la bahía Blanca, seis de ellas se construyeron entre 1896 y 1993 y los seis restantes entre 1993 y 2011. Cinco de estas están relacionadas a la agroindustria y comercio de granos las cuales vieron crecer sus embarques con una tasa de crecimiento anual cercana al 8,5 % entre 2002 y 2019; las exportaciones de granos y subproductos subieron de 4,79 millones de toneladas en 2002 a 11,7 en 2019.



### Referencias

- |                               |                               |                                   |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Postas de inflamables      | 6. Compañía Mega              | 11. Terminal Bahía Blanca         |
| 2. Oleaginosa Moreno Hnos.    | 7. Profertil                  | 12. Glencore Toepfer              |
| 3. Muelle 5 Puerto Galván     | 8. Patagonia Norte            | 13. Termoeléctrica L. Piedrabuena |
| 4. Zona Franca                | 9. Muelle de cargas generales | 14. Potasio Río Colorado (Vale)   |
| 5. Louis Dreyfus C. Argentina | 10. Cargill                   |                                   |

**Figura 3.** Muelles y terminales del área administrada por el CGPBB. Fuente: elaboración propia.

De acuerdo a la clasificación portuaria de Jean Paul Rodrigue (2020) constituye un puerto de tercera generación especializado en el comercio y exportación de granos, oleaginosas, derivados agroindustriales y combustibles. Representa el principal punto de embarque del sur y oeste de la provincia de Buenos Aires y oeste de La Pampa, territorio coincidente con su *hinterland* histórico. Hacia los márgenes de este espacio compite con los puertos de Quequén al Este y el litoral del río Paraná al Norte. Hacia sus instalaciones converge una red ferroviaria desplegada en el

territorio a partir de la década de 1880, así como redes viales de posterior construcción, oleoductos, gasoductos y líneas de alta tensión que alimentan el polo petroquímico adyacente, constituyendo un nodo energético, ferroviario y carretero de jerarquía nacional.

El sector transporte automotor de granos en el sur bonaerense es heterogéneo y posee un gran número de actores, fruto del desarrollo histórico de la actividad. En líneas generales, la composición empresaria no sufrió cambios importantes en las últimas dos décadas y puede definirse por la sobreoferta y la atomización empresaria; “empresas unipersonales o auto-administradas (...) de tipo familiar con la participación del propietario que es dueño y chofer” (Iriarte, Brieva y Santarelli, 2003, p. 51), no suelen ocupar empleados y poseen una sola unidad que casi siempre es su única fuente de ingreso. Otra de las características es la informalidad, ya que existen aún los contratos de palabra y no suelen respetarse los precios mínimos por lo que los transportistas optan por viajar con los vehículos excedidos en su carga y reducir el mantenimiento para aumentar los márgenes de ganancia. Para complementar esta caracterización realizaron, entre 2017 y 2018, entrevistas dirigidas y no dirigidas a transportistas que se encontraban a la espera del turno de descarga en inmediaciones del cruce entre la RN252 y la RN3, conocido como “el Triángulo”, donde se ubica la playa de camiones que funciona como antepuerto de las 5 terminales cerealeras y aceiteras del PBB. Los transportistas consultados indicaron que el retorno suele ocurrir sin carga y hacia el mismo origen, debido a prácticas propias de la actividad. Esta situación se mantuvo relativamente invariable los últimos 15 años, al igual que la tendencia a maximizar la capacidad de carga de cada equipo hacia el puerto.

### Diseño metodológico

Teniendo como base la ecuación utilizada para el cálculo de emisiones utilizada en la 3CN se la adaptará para ajustar el cálculo al eslabón TAC del transporte de granos al puerto de Bahía Blanca. A continuación, se presenta el cálculo para las emisiones del transporte de cargas y pasajeros, así como todo tipo de fuentes móviles:

$$Emisiones (Gg) = \sum_{abc} FE_{abc} \times Actividad_{abc}$$

Dónde: FE: Factor de Emisión de cada GEI (Gg/Tj)

Actividad: Corresponde a la cantidad de combustible utilizado durante las actividades de transporte (Tj)

a: Tipo de combustible

b: Tipo de vehículo

c: Tipo de control de emisiones

La actividad corresponde a la cantidad de combustible utilizado durante las actividades de transporte. A los fines de este trabajo, se recopiló información de fuentes diversas para construir la variable Actividad. Se definió el período de interés entre 2002 y 2019 para determinar la línea de base y su proyección hasta 2030, así como la distancia media entre los orígenes de dicha carga y el puerto estudiado. Luego se establecieron los tipos de vehículos característicos (b), su consumo de combustible promedio (a) y su tipo de control de emisiones (c); Pre-Euro, E1, E2, E3, E4 y E5. Una vez estimada la carga total se realiza una asignación modal entre el camión y el ferrocarril en base a tendencias de la actividad. Sobre lo asignado al modo automotor se distribuirán los viajes repartidos de acuerdo a la composición del parque TAC a cada tipo y modelo de vehículo, se asumirá su gasto de combustible y su tipo de control de emisiones (c).

Los factores de emisión (FE) se calculan por defecto para cada GEI, según lo recomendado por el IPCC (2006), como la sumatoria de las emisiones correspondientes al consumo de cada tipo de combustible para cada tipo de vehículo. Dichos valores se ajustan con las emisiones por tipo de control de emisiones de las tablas de la “Guía de uso del software COPERT 5.4” de la EMEP/EEA para vehículos pesados (Unión Europea, 2019) para finalmente multiplicar los valores de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O por el correspondiente potencial de calentamiento global y se calculan las emisiones de cada gas en términos de toneladas equivalentes de CO<sub>2</sub>, cuya sumatoria arroja las emisiones totales (Gaioli, Ezcurra y Zaragoza, 2015). La línea de base resultante de estos cálculos se utilizará para la generación de escenarios de mitigación de emisiones, resultado de variar los consumos de combustible con acciones tendientes a la eficiencia energética.

Dicha línea de base constituirá el escenario de “no acción” o BAU (*Business as usual*) que será comparado con un escenario de descarbonización moderada (E2) y otro de descarbonización profunda (E3) para arribar a futuros ahorros. Estos escenarios, que se detallan en el apartado “Escenarios de descarbonización para el segmento granos en el área de estudio” combinarán las siguientes medidas:

- Adopción de bitrenes y escalados como parte de la flota del TAC de agrograneles asumiendo tres porcentajes de penetración de esta tecnología que permite un mayor tonelaje de los vehículos reduciendo el consumo de gasoil por tonelada transportada:
  - 0% en el escenario BAU a 2030
  - 11% en el E2 a 2030
  - 26% en el E3 a 2030
- Reemplazo de unidades más antiguas por unidades 0 km EURO 5 y EURO 6 lo cual reduce el combustible quemado, así como la emisión de GEI y material particulado (Fig. 7)



- Reducción de horas de espera en antepuertos y terminales portuarias gracias a la gestión electrónica de turnos mediante el sistema STOP. Esto reduce en promedio la espera usual por vehículo previo a la descarga de las toneladas transportadas.
  - 5 horas promedio en el escenario BAU para todos los años
  - 2,5 horas en 2025, 0 horas en 2030 para el E2
  - 0 horas en 2025 y 2030 para la E3

## Resultados

En la presente sección se detallarán en cuatro subsecciones los resultados del trabajo en función de las fuentes procesadas y la metodología precedente:

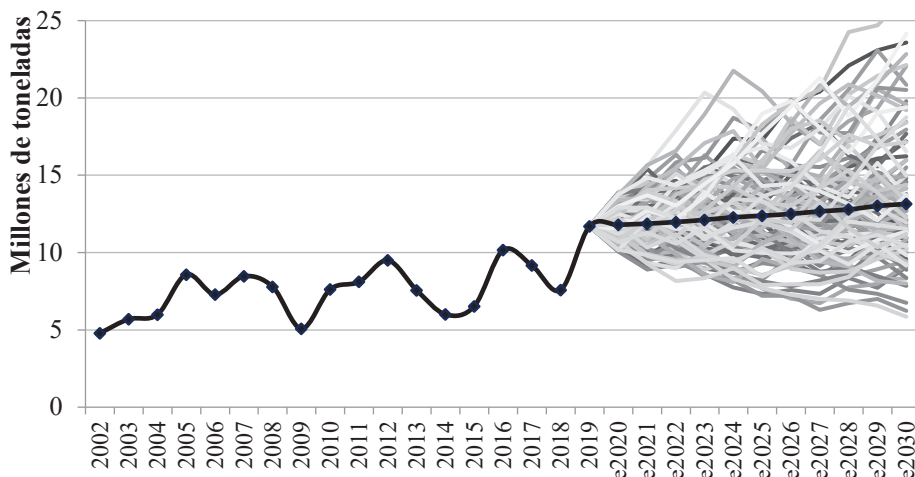
- Las proyecciones de toneladas recibidas en base a los anuarios del CGPBB;
- La estimación de viajes típicos del TAC (granos y oleaginosas) al área de estudio utilizando una fuente correspondiente al CGPBB y producto del procesamiento de las matrices origen destino de la Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Carga y Logística (DNPTCyL);
- El detalle de los escenarios de descarbonización para el segmento granos en el área de estudio, y;
- Estimación del consumo de combustible y emisiones de GEI para el escenario BAU
- Estimación del consumo de combustible y emisiones de GEI para el E2 y E3.

## Proyecciones de carga entre 2020 y 2030

De acuerdo a sus anuarios estadísticos, entre 2002 y 2019 el PBB incrementó las exportaciones de granos y subproductos un 144,3% pasando de 4.787.159 Tn en el año 2002 a 11.694.264 Tn en 2019, con una tasa de crecimiento anual cercana al 8.49%. Las proyecciones de toneladas exportadas a 2030 pueden calcularse teniendo en cuenta esta tendencia de crecimiento, pero también el aumento en la producción agrícola nacional, y la instalación de nuevas terminales portuarias, la mejora en el equipamiento de volteo, acopio, procesamiento y/o embarque del nodo portuario bahiense, lo que repercute en su participación respecto al total nacional.

La figura 4 muestra la variabilidad al interior del período 2002-2019 con una media de 7.643.525 tn y un desvío estándar de 1.808.650. Para estimar las toneladas a 2030 se procedió a generar una simulación de Montecarlo. Con base en 1000 iteraciones y un intervalo de confianza del 99% se pudo establecer un total promedio a 2030 de 13.144.126 t. Esto implica la estabilización de la participación del PBB entre el 10 y el 11% del total nacional de granos y subproductos exportados, estimado por el Instituto para las Negociaciones Agrícolas Internacionales (2018) en

121,3 millones de toneladas para 2027, que proyectado a 2030 asciende a 123,13 millones de toneladas.



**Figura 4.** Toneladas totales de granos y subproductos exportadas por el PBB entre 2002 y 2019 y su estimación a 2030. Promedio y valores para las primeras 100 iteraciones. La línea negra y los puntos a los cuales una corresponden a los valores registrados hasta 2019 y al promedio de las 1000 iteraciones (que se corresponden con las líneas en tonos de grises). Fuente: elaboración propia sobre la base de CGPBB (2020) e INAI (2018).

De estas 13.144.000 toneladas, 3,818 millones de toneladas corresponderían a maíz (29%), 3,43 millones a porotos de soja (26%), 3,07 millones a trigo (23,4%), 1,34 millones a cebada (10%), 500.000t a malta (3,8%). Además, se exportarían 665.500t de subproductos de soja (harinas, pellets y aceite) y 297.500 toneladas de pellets y aceite de girasol (significando el 5 y el 2,25% del total) los cuales podrían variar de radicarse nuevas instalaciones y terminales portuarias.

Respecto a la distribución modal, el ferrocarril se encuentra presente en el área de estudio siendo uno de los pocos puntos en el país donde su utilización sigue teniendo un rol destacado en el segmento granos. Datos del Anuario Portuario Bonaerense de 2016 indican que Ferroexpreso Pampeano S.A. (FEPESA) transportó hacia el puerto de Bahía Blanca entre 2,35 y 3 millones de toneladas anuales durante el período 2010-2016 que suponen entre un 40% y un 29,5% del total de granos recibido por las terminales portuarias (Subsecretaría de Actividades Portuarias, 2017). En el periodo detallado en la fuente se observa una tendencia decreciente del 0,3% anual en la participación, sin que esto suponga una disminución en las toneladas transportadas. A los fines del presente trabajo se continúa dicha tendencia como escenario probable, mientras que de mediar obras de infraestructura sobre la red se plantea un escenario optimista que reduciría la participa-

ción del transporte automotor de granos tal como indica el gráfico y los datos de la tabla II. El resto de la carga no asignada al ferrocarril será objeto de análisis del presente trabajo, restando asignarla a los viajes por TAC y su distancia promedio (actividad), así como el consumo de combustible y el tipo de control de emisiones de los motores de la flota TAC para el PBB ( $FE_{abc}$ ).

Año	Tn totales	% FC*	Tn FC	Tn TAC
2018	7.583.295	32,72	2.481.608	<b>5.101.687</b>
2020	11.794.195	32,12	3.788.846	<b>8.005.350</b>
2022	11.974.873	31,52	3.775.039	<b>8.199.834</b>
2024	12.279.995	30,92	3.797.547	<b>8.482.447</b>
2026	12.500.694	30,32	3.790.793	<b>8.709.901</b>
2028	12.785.685	29,72	3.800.502	<b>8.985.183</b>
2030	13.144.126	29,12	3.828.183	<b>9.315.943</b>

**Tabla II.** Estimación de toneladas transportadas al puerto de Bahía Blanca por modo. Tendencia probable y observada en el período 2010-2016 (-0,3% anual). Fuente: elaboración propia sobre la base de CGPBB (2020) y Subsecretaría de Asuntos Portuarios (2016).

### Estimación de viajes típicos del TAC (granos y oleaginosas) al área de estudio

Para estimar los viajes típicos se usó información oficial presente en el portal de datos abiertos del Ministerio de Transporte, así como una base complementaria que permita el control de los resultados. Las “Matrices de Origen y Destino de Cargas” elaboradas por la Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística (DNPTCyL) para el año 2014 incluyen tipo de carga, toneladas y camiones en las cartas de porte declaradas a la AFIP, resumiendo los intercambios entre 123 zonas del territorio nacional. La zona 6, correspondiente a Bahía Blanca, intercambia productos con el resto de las 122 y consigo misma.

Tratando esos datos es posible obtener las distancias promedio recorridas por producto transportado; sin embargo, posee limitaciones. Debido a que los orígenes y destinos están agrupados en zonas (partidos y departamentos) y no en localidades, es necesario validar los valores con una fuente complementaria de mayor detalle. Las distancias se compararon utilizando cálculos del camino pavimentado más corto entre 131.050 viajes a Terminal Bahía Blanca S.A. 2006 y 2008, arrojando distancias promedio variables según el producto transportado. Los camiones con trigo recorrieron, en promedio, 216 km transportando casi 30 toneladas de este cereal (29,96), cercana a su capacidad máxima permitida. En cambio, aquellos

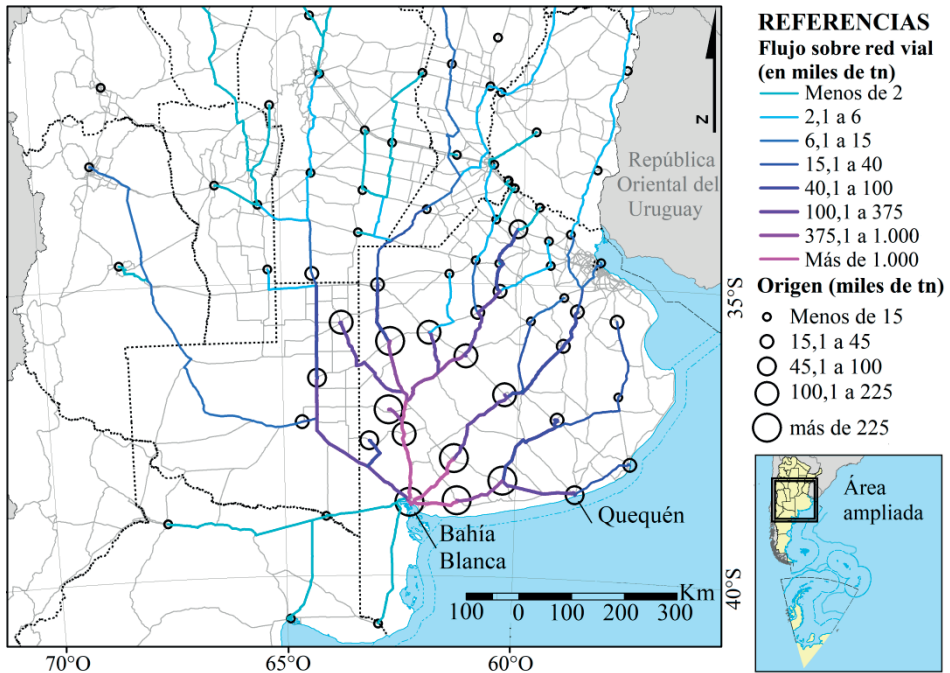
que transportaron maíz lo hicieron desde una distancia mayor; 328 km, indicando la mayor presencia de dicho cultivo por fuera del Sudoeste Bonaerense. La soja, por su parte, tiene su origen en distancias promedio de 286 km desde el puerto de Bahía Blanca. La cantidad de estos dos productos transportadas por viaje son de 29,77 y 29,68 toneladas respectivamente. Para poder dar con el valor en km promedio recorridos es necesario, en paralelo, generar una matriz Origen-Destino para establecer la longitud del viaje mínimo del camión entre zonas. La existencia en el mismo portal de capas de información geográfica permitió su tratamiento con SIGs, específicamente con módulos de análisis de redes para establecer dicha matriz en base a las distancias mínimas recorridas por los camiones hacia el puerto. Filtrando la información disponible por nodo de destino (Bahía Blanca) y ponderándola por tipo de producto (en este caso Granos) se arribó a la conclusión de que la distancia promedio varía en función del producto transportado. Los camiones que transportan maíz tienen sus orígenes a 349 km de Bahía Blanca, la soja a 273,6 km mientras que el trigo arribó, en promedio, desde orígenes ubicados a 195 km, distancia menor asociada a la zona de producción triguera fuera de la zona núcleo. El total de toneladas-kilómetro para los granos enviados a la zona 6 (Bahía Blanca) en 2014 asciende a un aproximado de 914 millones de ton-km, aunque si se trasladan las distancias para el período entre 2010 y 2016 el promedio anual es de 1.388 millones de ton-km. Al complementar estos valores con la fuente auxiliar se observa una variabilidad del 10% en la longitud de estos viajes típicos por lo que se decide asignar un valor promedio entre ambas distancias; los tres viajes típicos resultantes entonces corresponden a:

- Transporte de 29,96 toneladas de trigo con una distancia de 205,6 km
- Transporte de 29,77 toneladas de maíz por 338,5 km
- Transporte de 29,68 toneladas de soja por 280 km

El viaje de retorno implica recorrer la misma distancia sin carga. La fuente de la DNPTCyL permitió, además, la asignación de la carga a los tramos viales indicando la lógica convergencia de los viajes hacia las rutas de ingreso a Bahía Blanca. El tratamiento de esta información con SIG permitió generar cartografía temática así como la posterior identificación de los principales nodos generadores de viaje, coincidentes con el hinterland del PBB (Fig. 5).

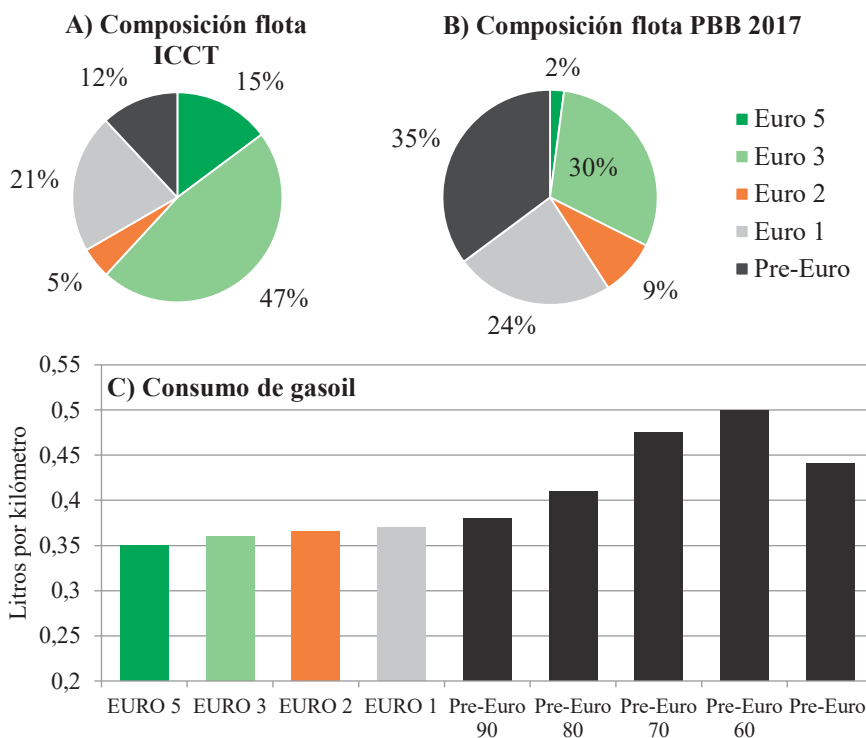
Para determinar los tipos de equipos utilizados y los factores de emisión es posible asignar el dominio o patente al año de fabricación del camión, por lo que se programó un relevamiento con el fin de obtener las chapas patentes de los camiones cercanos a las terminales, a la zona portuaria y al antepuerto de “El Triángulo”. Fuentes consultadas del CGPBB indicaron que una buena muestra se logra mediante la revisita de estos sectores durante tres días consecutivos. Entre el 16 y el 18 de octubre de 2017 se identificaron 188 camiones con caja cerealera y tolva cerealera, detallando su marca, modelo y año de fabricación. Al estimarse la antigüedad de las unidades también se pudo establecer la tecnología de control

de emisiones. El relevamiento arrojó que en 2017 la edad promedio de la flota era de 18,1 años mientras que el fabricante más registrado fue Mercedes Benz.



**Figura 5.** Envío de cargas por camión al PBB y asignación a la red vial primaria, año 2014. Fuente: Elaboración propia sobre la base de capas de información del Instituto Geográfico Nacional y datos de la Subsecretaría de Planificación del Transporte de Carga y Logística.

El 54% de los camiones relevados está por encima de los 15 años de antigüedad y más de un cuarto de ellos posee más de 25 años de antigüedad. En 2017 el 6% de los mismos correspondían a unidades 0km y sólo un 2% contaba, entonces, con tecnología Euro V. De hecho, más de un tercio (35%) no cuenta con ningún sistema de control de emisiones, mientras que el 16% posee EURO I, el 8% EURO II y un 39% EURO III, siendo el conjunto más numeroso (Fig. 6 – B). Se asume, en base al combustible recomendado por los fabricantes, que el 16% de la flota consume diésel grado 3, mientras que el resto del parque TAC utiliza diésel grado 2. En comparación con el estudio del ICCT (Fig. 6 – A), que indicaba que dos tercios del parque eran unidades Euro V y Euro III, en el relevamiento estas dos tecnologías representaron solo un tercio del total. Respecto a los vehículos pre-euro se estima que en el PBB circulan 3 veces más camiones sin control de emisiones que los calculados por la citada fuente.

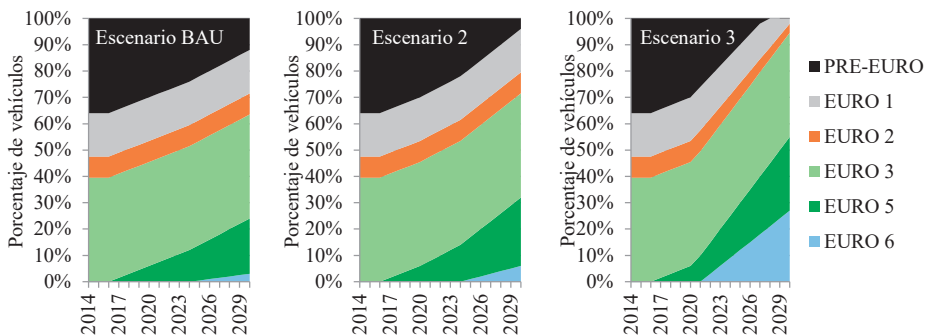


**Figura 6.** Comparación de la composición de flota ICCT (2019) vs. relevamiento en el puerto de Bahía Blanca (2017) y consumo de combustible por vehículo. Fuente: Laboratorio de Control de Emisiones Gaseosas Vehiculares de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible (LCEGV-SAyDS, 2018).

De acuerdo a los especialistas del LCEGV-SAyDS el consumo de combustible de la flota puede calcularse usando como parámetro la antigüedad del camión en circulación. Este consumo variará de acuerdo al nivel de mantenimiento del vehículo, la cantidad de carga transportada, el relieve a atravesar en el viaje, así como de los hábitos de conducción de los transportistas. Esta alta variabilidad es una de las razones por las cuales dicho laboratorio no certifica los valores de fábrica de vehículos pesados. Para calcular las emisiones se toman valores constantes de 74,1tCO<sub>2</sub>/TJ, ajustado al poder calorífico del combustible diesel argentino con 10% de biodiesel. Por la combustión de un litro de diesel se generan 9,762 kWh de energía siendo liberados además del CO<sub>2</sub>, una cierta cantidad de CO, NOx, CH<sub>4</sub>, otros hidrocarburos no metanos y material particulado de acuerdo al control de emisiones del camión.

### Escenarios de descarbonización para el segmento granos en el área de estudio

A partir de estos consumos se generan tres escenarios de composición de flota para ubicar las toneladas estimadas por año en viajes del modo automotor al PBB de acuerdo a los porcentajes indicados en los gráficos de la figura 7, indicando los “saltos” en las tasas de recambio automotor. Estos tres escenarios, el BAU, el medio (E2) y el escenario de descarbonización profunda (E3) deben ser acompañados con medidas destinadas a mejorar la operación y la eficiencia energética de la flota ya en circulación. La importancia de esta estrategia radica en el necesario complemento al esfuerzo económico estatal de implementarse un plan de renovación de flota (plan canje) por parte de los transportistas. Estos pueden mejorar sus hábitos al volante e incorporar mejoras (*retrofits*) a los camiones actuales con el objetivo de reducir el consumo de combustible. Dichos ahorros por fuera de la renovación de flota planteada, no serán incorporados a las estimaciones para los escenarios de consumo de combustible.



**Figura 7.** Escenarios de composición de la flota TAC PBB 2014-2030. Porcentaje de vehículos según tipo de control de emisiones.

Fuente: elaboración propia.

ESC.	Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
2	Bitrenes y escalados (%)	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
	Hs. de ralentí por demora	5,0	4,8	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0
3	Bitrenes y escalados (%)	0,5	1,0	3,5	6,0	8,5	11,0	13,0	16,0	18,0	21,0	23,0	26,0
	Hs. de ralentí por demora	5,0	4,8	3,5	2,2	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Tabla III.** Parámetros adicionales de interés para los escenarios 2 y 3.

Fuente: elaboración propia.

En los escenarios 2 y 3 si se incorporaron otras dos acciones tendientes a reducir emisiones para el transporte automotor de cargas; la implementación del sistema de turnos para operaciones portuarias (STOP) tendiente a reducir la espera para la descarga en puertos y posiblemente las horas en ralentí del motor, y; Bitrenes y Escalados, dado a conocer mediante la resolución 32/2018 del Ministerio de Transporte habilitando la circulación de unidades con mayores capacidades y potenciales ahorros logísticos por unidad transportada. La tabla III indica las tasas de adopción de estas últimas unidades, así como las horas promedio de espera a lo largo del período 2014-2030.

### **Estimación del consumo de combustible y emisiones de GEI**

De acuerdo a las variables detalladas y la información de las matrices origen-destino de la DNPTCyL fue posible arribar al consumo de combustible estimado y su emisión de GEI para el transporte de granos al PBB en el año 2014. Para ello se multiplicó el consumo por km por el total de viajes y su distancia promedio, para luego asignar dichos viajes de forma proporcional a la flota relevada (para 2014 no existían camiones Euro 5 en Argentina). Es importante mencionar que, además del consumo en viaje, se sumó el consumo de combustible en ralentí, estimado en 2 litros/hora asociado al tiempo de espera de acuerdo al nivel de congestión de las terminales y el recibo de camiones en el antepuerto, paso previo a ingresar al PBB.

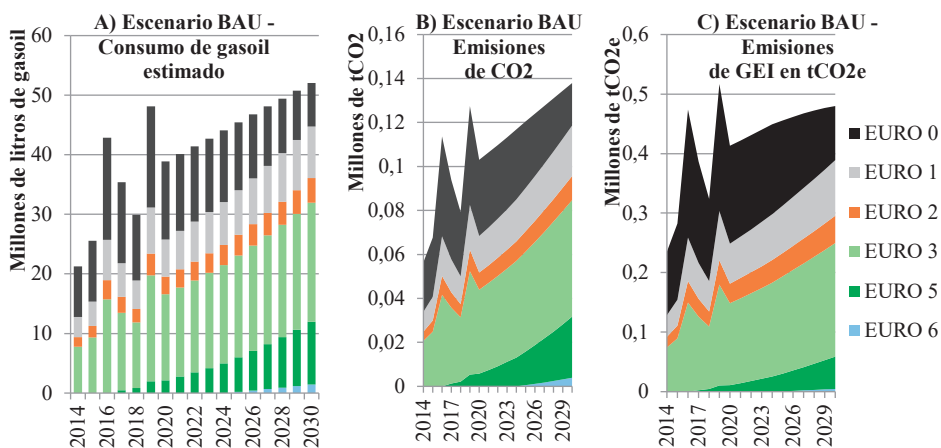
Resultado de esos cálculos, en 2014 se consumieron 21,28 millones de litros de gasoil liberando 56.420 tCO<sub>2</sub> para transportar alrededor de 3,6 millones de toneladas de granos y oleaginosas. Al establecer la participación del ferrocarril y el arribo total de estas cargas al puerto pudo continuarse la serie de datos hasta 2019. En dicho período el promedio anual de consumo fue de 33,85 millones de litros de gasoil con un máximo en 2019 con 48,1 millones siendo mínimos los valores de 2014. En lo que respecta a emisiones el promedio anual entre 2014 y 2019 fue de 89.747 tCO<sub>2</sub> siendo 2019 el año de mayor emisión con 127.534,5 tCO<sub>2</sub>. Para la construcción de la línea de base hasta el año 2030 se tomó en cuenta la actividad proyectada del puerto de Bahía Blanca, con sus viajes típicos y productos junto a estas consideraciones:

- El *hinterland* del puerto de Bahía Blanca no sufrirá variaciones importantes. Un aumento en el volumen exportado se deberá a tendencias de rendimiento por hectárea de la zona ya servida. Las distancias a recorrer y por ende los viajes típicos no sufrirán grandes variaciones. La mayor producción debido expansión de la actividad agrícola en zonas extra-pampeanas será absorbida por las terminales portuarias del área núcleo, con Rosario como principal nodo exportador, seguido de las terminales del Norte de la Provincia de Buenos Aires. Cabe destacar que puede esperarse un corri-



- miento hacia el Norte del hinterland bahiense en años en los que el caudal del río Paraná se encuentre por debajo de la media.
- Dado el actual dinamismo se recambiará el 1,5% del parque automotor por año hasta 2024, inclusive sustituyendo pre-euro por Euro V. De 2025 a 2030 la tasa de recambio será de 2% de la flota. Dicho reemplazo incorporará unidades Euro V y Euro VI reemplazando vehículos Pre-Euro (ver Fig. 7, gráfico izquierdo).
  - La organización del sector en cámaras empresarias y cámaras regionales que agrupen cuentapropistas se mantendría invariable. Las instancias de capacitación en conducción eficiente tendrán una adopción marginal entre estos actores.
  - No se difundirá la tecnología de bitrenes para granos y oleaginosas, pero sí la de escalados.
  - La espera promedio en Bahía Blanca con el motor en marcha (ralentí) se mantendrá invariable en 5 horas.

Esta línea de base, coincidente con el escenario de no acción, indica que durante el período proyectado (2014 a 2030) el consumo de combustible crecerá un 144% pasando de 21,28 a 52,02 millones de litros de diésel (ver gráfico A, Fig. 8), mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> lo harán en idéntica proporción, escalando de 56.420 a 137.943 tCO<sub>2</sub> (gráfico B, Fig. 8). Durante los años estimados se consumirá un promedio anual de 41,33 millones de litros de combustible y siendo el total acumulado de 702,7 millones. Respecto a las emisiones, el promedio anual será de 109,605 tCO<sub>2</sub> con un total acumulado a 2030 de 1.863.279 tCO<sub>2</sub>. La presencia de nuevo material rodante, en reemplazo del de mayor antigüedad aún en el escenario BAU indica que estos crecimientos estén por debajo del crecimiento esperado para las ton-km. Estas aumentarán un 151% pasando de 107,7 millones a 270 millones.



**Figura 8.** Consumo de combustible y emisiones (CO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>e) de la línea de base a 2030. Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, que incluyen las emisiones de gases como el Monóxido de Carbono (CO), Metano y otros gases hidrocarburos (CH<sub>4</sub>) y Óxidos Nítricos (NO<sub>x</sub>), estas suponen en 2014 la emisión de 235.060 tCO<sub>2</sub>e llegando a 480.090 en 2030. Como puede verse en el gráfico C de la figura 8, el CO<sub>2</sub> equivalente alcanzaría un máximo en 2019 y luego en promedio tendería a la estabilización en torno al promedio de 422.819 tn dado el reemplazo lento pero constante de las unidades más antiguas sin control de emisiones. Son los motores anteriores a la norma EURO y EURO 1 los que hasta el año 2024 emitirían más cantidad de CO<sub>2</sub>e que el resto de la flota.

Al dividir las emisiones totales por la cantidad de toneladas recibidas en el PBB puede establecerse que por cada tonelada se emitió en 2020, en promedio, 15,8 kg de CO<sub>2</sub>. Si consideramos el resto de los GEI emitidos, la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente asciende a 63,32 kg. Dado el recambio esperado de camiones dentro de la línea de base, para el año 2030 se estima que esta relación disminuya a 15,28 y 53,2 kg respectivamente.

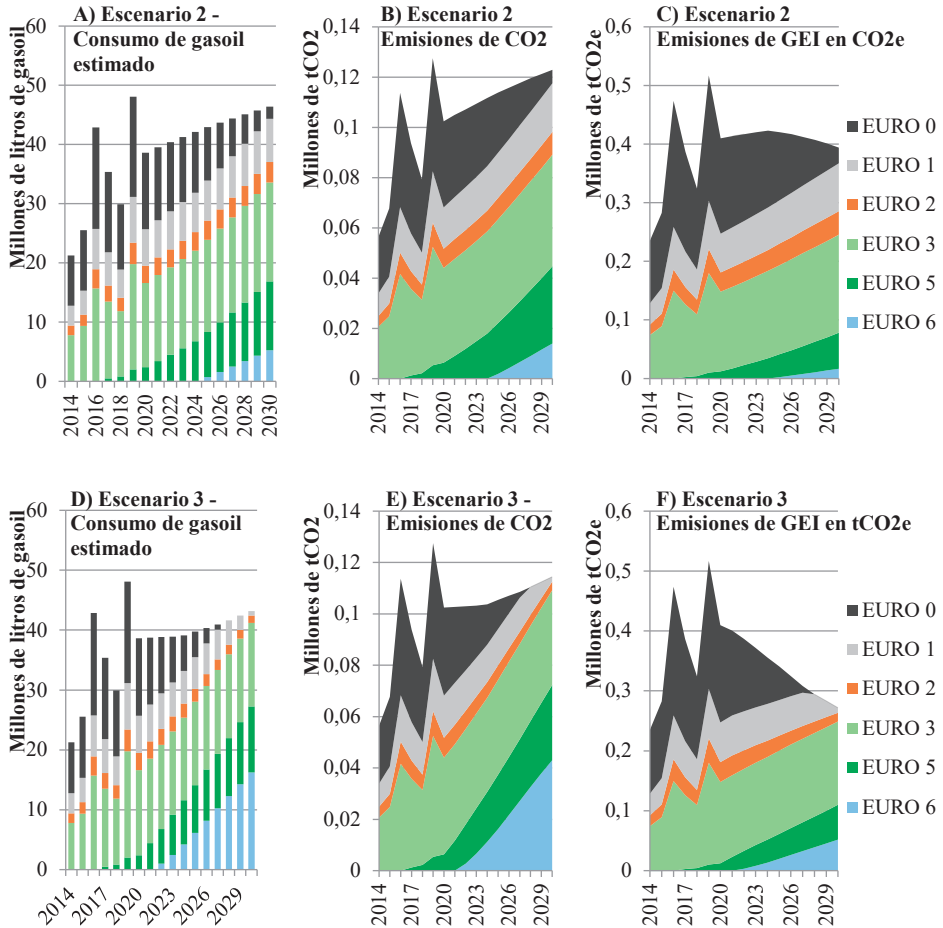
### Resultados de los escenarios 2 y 3

Entre 2014 a 2030 el consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> estimado para el escenario 2 aumentaría un 118% pasando de 21,28 a 46,37 millones de litros de diésel (ver gráfico A, Fig. 9), mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> lo harán en idéntica proporción, escalando de 56.420 a 122.960 tCO<sub>2</sub> (gráfico B, Fig. 9). Durante los años estimados se consumirá un promedio anual de 39,6 millones de litros de combustible y siendo el total acumulado de 673,3 millones. Respecto a las emisiones de GEI, el promedio anual será de 105.015 tCO<sub>2</sub> con un total acumulado a 2030 de 1.863.279 tCO<sub>2</sub>. En lo que respecta a las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, las 235.060 tCO<sub>2</sub>e de 2014 aumentarían un 67,6% (a diferencia del 104,2% de la línea de base) siendo 394.031 tCO<sub>2</sub>e en 2030 (gráfico C, Fig. 9).

Para el escenario 3 el aumento del consumo del combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> alcanza un 103% entre 2014 y 2030 pasando de 21,28 a 43,16 millones de litros de diésel (ver gráfico D, Fig. 9), mientras que las emisiones de CO<sub>2</sub> lo harán en idéntica proporción, escalando de 56.420 a 114.449 tCO<sub>2</sub> (gráfico E, Fig. 9). Durante los años estimados se consumirá un promedio anual de 38 millones de litros de combustible siendo el total acumulado de 645,6 millones. Respecto a las emisiones, el promedio anual será de 100.694 tCO<sub>2</sub> con un total acumulado a 2030 de 1.711.795 tCO<sub>2</sub>. En lo que respecta a la totalidad de los GEI, las 235.060 tCO<sub>2</sub>e de 2014 tendrían un incremento del 15,6% siendo 271.746 en 2030 (gráfico F, Fig. 9).

A partir de los gráficos de dicha figura podemos advertir la composición del consumo y emisiones por tipo de camión utilizado, con una predominancia, hasta 2020 y para ambos escenarios, de las emisiones de los equipos sin norma y EURO

1 que luego son superados por los vehículos con norma Euro 3. Resulta interesante destacar que tanto el consumo de combustible como las emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzan su máximo en el año 2019, en ambos escenarios. La variación de la composición de la flota dentro de los escenarios 2 y 3 (Fig. 7), junto al uso de la tecnología de bitrenes y escalados, explica los ahorros<sup>2</sup> indicados para el consumo y emisiones en los respectivos escenarios mostrados en la figura 9.



**Figura 9.** Consumo de combustible y emisiones (CO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>e). Escenarios 2 y 3 a 2030. Fuente: elaboración propia

El desempeño energético y ambiental de la flota del escenario 3 resulta relativamente estable para el consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> entre 2020 y

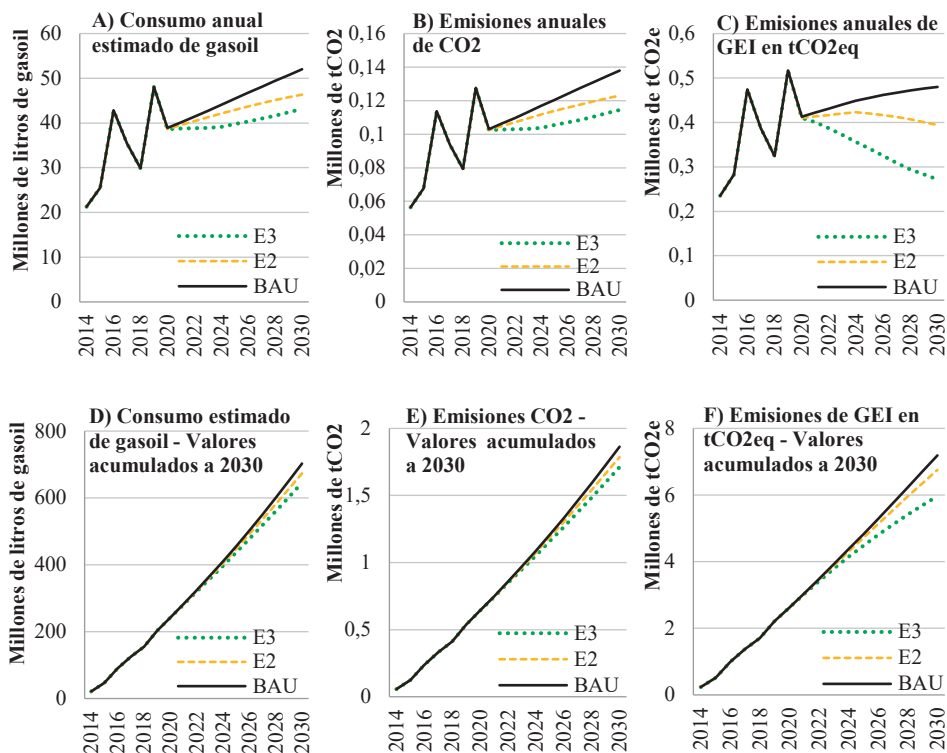
<sup>2</sup> Es importante considerar que dicho ahorro en emisiones puede, además, indicar un ahorro en el costo logístico, dado el menor consumo de combustible en unidades nuevas, así como menores gastos de mantenimiento. Sin embargo, es preciso validar esto mediante datos empíricos propios de los transportistas.

2030 aumentando solo un 11,7%. En dicha década la carga estimada a transportar aumenta un 38,3% por lo que se puede concluir que se logra una eficiencia energética importante respecto al escenario BAU. Para facilitar la comparación entre los escenarios y la línea de base se construyó la figura 10 que indica los valores anuales en sus tres gráficos superiores y valores acumulados en los inferiores.

La tabla IV complementa dicha información, indicando que respecto a la línea de base el escenario 2 lograría una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 10,86% a 2030 mientras que en el total acumulado de 2014 a 2030 supone la mitigación de 4,19% de las emisiones. Respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>e el valor es un 30,8% menor a la línea de base para el año 2030 mientras que en el acumulado para el período analizado la reducción se ubica en el 9,32%.

Indicador	Escenario	VALORES ANUALES			VALORES ACUMULADOS		
		2014	2030	% sobre BAU	2014	2030	% sobre BAU
COMBUSTIBLE (en litros)	BAU	21.278.193	52.023.275		21.278.193	702.710.402	
	E2	21.278.193	46.372.809	<b>-10,86</b>	21.278.193	673.283.982	<b>-4,19</b>
	E3	21.278.193	43.163.054	<b>-17,03</b>	21.278.193	645.580.654	<b>-8,13</b>
EMISIONES CO <sub>2</sub> (en tn)	BAU	56.420	137.943		56.420	1.863.279	
	E2	56.420	122.960	<b>-10,86</b>	56.420	1.785.253	<b>-4,19</b>
	E3	56.420	114.449	<b>-17,03</b>	56.420	1.711.796	<b>-8,13</b>
EMISIONES CO <sub>2</sub> e (en tn)	BAU	235.060	480.090		235.060	7.187.925	
	E2	235.060	394.031	<b>-17,92</b>	235.060	6.753.514	<b>-6,04</b>
	E3	235.060	271.746	<b>-43,39</b>	235.060	5.966.833	<b>-16,98</b>
EMISIONES MAT. PARTICULADO (en tn)	BAU	19,134	31,439		19,134	537,53	
	E2	19,134	22,713	<b>-27,75</b>	19,134	432,94	<b>-8,29</b>
	E3	19,134	9,655	<b>-69,28</b>	19,134	407,49	<b>-24,2</b>

**Tabla IV.** Valores anuales y acumulados de los indicadores para los tres escenarios. Fuente: elaboración propia.



**Figura 10.** Comparación del consumo de combustible, emisiones de CO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>e para los escenarios 2 y 3 entre 2014 y 2030. Fuente: elaboración propia.

El escenario 3 presenta reducciones cercanas al doble del escenario 2. Para la reducción de CO<sub>2</sub> se estima un 17% a 2030 mientras que en el total acumulado se llega a un 8,13% de mitigación. Las emisiones de CO<sub>2</sub>e pueden ser reducidas en un 61,46% de darse las medidas propuestas a 2030, mientras que en el total acumulado la reducción al final del período es de 23,78%.

Dado el recambio esperado de camiones del escenario 2, para el año 2030 se estima que por cada tonelada que ingrese al puerto se emitirán 13,63kg de CO<sub>2</sub> y 74,66 kg de CO<sub>2</sub>e si contamos el resto de los gases de efecto invernadero producto de la combustión de los motores diésel. Para el escenario 3 y para el mismo año, se estima que por cada tonelada que arribe al Puerto de Bahía Blanca se emitan 12,68 kg de CO<sub>2</sub> y 30,11 kg de CO<sub>2</sub>e.

## Discusión de los resultados, limitaciones encontradas y reflexiones finales

El trabajo constituyó un ejercicio necesario y alineado con objetivos nacionales de descarbonización del sector, pero resulta limitado en su participación respecto al total además de contener aspectos que limitan la validez de los resultados obtenidos. Fue dificultoso arribar a estimaciones sin contar con información oficial desagregada, lo cual a nivel estatal y nacional implica una desventaja importante para una agenda que precisa de información y datos validados para ser financiada. En definitiva, tanto los requerimientos de información como el desarrollo tecnológico son más rápidos que las dinámicas estatales por lo que se recomienda contar con equipamiento y recursos humanos y tecnológicos para hacer el monitoreo de indicadores ambientales. Desde el punto de vista estadístico puede existir un sesgo dada la población de unidades de transporte relevadas y el universo a estimar. Pese a respetarse criterios de validez indicados por informantes clave del puerto de Bahía Blanca, las estimaciones de la flota se realizaron sobre solo tres días de relevamiento siendo recomendable reiterar las salidas a campo para tener una muestra actualizada, así como una mayor periodicidad. Una opción interesante supone la utilización de la base de datos del STOP, el Sistema de Turnos Obligatorio para descarga en Puertos, lo que también podría resolver la limitación territorial del estudio.

Se suma a esta situación que los consumos estimados para cada modelo de camión son orientativos y construidos en base a información provista por los fabricantes. En la práctica cada vehículo en circulación se encuentra en diferente estado de mantenimiento y su consumo varía en relación a la carga transportada, los hábitos de manejo de los conductores, el combustible utilizado, camino elegido y congestión en ruta, solo por nombrar algunos de los factores que inciden en dicho indicador de consumo.

En suma, no existen datos de tipo *bottom-up* certeros sobre el consumo de combustible y consecuente emisión de GEI para el transporte automotor de cargas argentino y, sólo recientemente se han realizado experiencias para testear tecnologías y emisiones para vehículos pesados. En este sentido el Programa Transporte Inteligente y su continuación, permitirían contar con información de los transportistas sobre sus consumos reales, así como el testeado de otras tecnologías y buenas prácticas de eficiencia energética en línea con el transporte sostenible.

Tanto el escenario 2 como el escenario 3 revelan un ahorro en combustible y mitigación de gases de efecto invernadero, de acuerdo al ya esperado menor consumo de combustible y mejoras en las tecnologías de control de emisiones de los nuevos vehículos. De acuerdo a los resultados, es posible concluir que el escenario 3 posee una mitigación de CO<sub>2</sub> un 70% superior al escenario 2 en 2030 mientras que la mitigación de CO<sub>2</sub>e es 2,4 veces mayor, tal como se indica en la tabla IV. Estos escenarios revisten estados intermedios y máximos de descarbonización para el

sub-sector de graneles agrícolas teniéndose en cuenta plazos y tasas de recambio de camiones plausibles de ser financiadas o co-financiadas por el Estado Nacional.

El escenario 2 implica una reducción en el total de CO<sub>2</sub> de un 10,86% al final del período mientras que el escenario 3 supone la mitigación del 17% del CO<sub>2</sub>. Resulta interesante la mitigación de material particulado emitido, el cual se asocia a enfermedades respiratorias. Estas son un 27,75% menor para el escenario 2 y un 69,28% menor para el escenario 3, lo cual supone un avance importante respecto al escenario de “no acción”.

Estos resultados son aún más alentadores si se considera que dicha disminución se dará en un contexto de volúmenes transportados y tn-km creciente. Entre 2020 y 2030 de acuerdo a las estimaciones realizadas la carga aumentaría un 38,3% siendo similar el incremento de las tn-km. Para tener una real dimensión de los beneficios ambientales es necesario recurrir al indicador de emisiones por tonelada recibida en el puerto. Como se menciona en la sección precedente, el desempeño ambiental del transporte automotor al puerto de Bahía Blanca aumentaría notablemente entre 2020 y 2030. Al inicio de la década se emitirían en promedio 0,0157 tCO<sub>2</sub> y 0,0628 tCO<sub>2</sub>e por tonelada recibida, mientras que el escenario 2 reduciría dicho número a 0,0136 (-13,2%) y 0,0436 tCO<sub>2</sub>e (-30,5%) respectivamente y el escenario 3 a 0,0127 tCO<sub>2</sub> (-19,2%) y 0,0301 tCO<sub>2</sub>e (-52%).

Si bien estas reducciones son relevantes, es importante establecer que el ahorro en consumo de combustible y emisiones dependerá, en gran medida, de que tan ambicioso sea el recambio de unidades y que tan rápido se instrumente el plan de renovación. Pero, además, deben combinarse factores políticos, económicos y sectoriales en un contexto de relativa estabilidad nacional e internacional que alienten a los transportistas a optar por renovar su flota. Los resultados detallados en el último apartado indican que es posible generar condiciones que aumenten la eficiencia de este eslabón de la cadena agroalimentaria, pero es resulta imperioso acelerar el ritmo de la discusión. También es necesario que los distintos actores sectoriales, con sus múltiples y a veces opuestos objetivos, se alineen bajo una política de transporte sustentable; la claridad de las señales que dé el Estado en esta dirección se vuelve fundamental.

Parte de la definición de la política para el sector consiste en resolver su financiamiento. Sin dudas, el recambio de las unidades tractoras y/o las remolcadas es una medida costosa si se la compara con herramientas de gestión como el control del consumo, la conducción eficiente o la incorporación de deflectores aerodinámicos que reduzcan la resistencia al viento. Pero supone co-beneficios económicos en la menor emisión de material particulado (con una posible reducción en afecciones respiratorias) o el aumento en la seguridad vial con unidades más nuevas y con óptimo mantenimiento (ambas con su consecuente reducción de gasto en atención hospitalaria, tratamientos terapéuticos y de rehabilitación). Las curvas de

abatimiento constituyen una herramienta adecuada para comparar y dimensionar opciones de mitigación, costos y beneficios.

Existen en la actualidad programas internacionales voluntarios para financiar estrategias de reducción de emisiones. Mejorar los datos disponibles del sector supone una ventaja no solo a la hora de tratar la información y arribar a conclusiones con un mayor grado de certidumbre, sino también a la hora de poder aplicar para dichos programas que requieren de mecanismos de monitoreo, reporte y verificación bien contruidos y debidamente documentados. Ante esta realidad es obligación del Estado en general y de la educación pública y del sector educativo universitario en particular aportar información, conocimiento y formación de recursos humanos siendo necesario exceder los límites de la discusión política sectorial para ser apropiada por la sociedad en su conjunto.

## Referencias

Aresti, M., Tanco, M., Jurburg, D., Moratorio, D., y Villalobos, J. (2016). Evaluación de tecnologías para la eficiencia energética en vehículos de carga por carretera". *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, (14), pp. 35-47.

Barbero, J., Fiadone, R., y Millán Placci, M. F. (2020). El transporte automotor de cargas en América Latina. *Nota técnica n° idb1877*. Ciudad de Buenos Aires: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://publications.iadb.org/es/el-transporte-automotor-de-cargas-en-america-latina>

Barbero, J., Cruz Moreno, L., Estevez, I., Rodríguez Tornquist, R. y Vazano, P. (2016). *Lineamientos para la eficiencia energética y el desarrollo de bajo carbono en el Transporte Automotor de Cargas (TAC)*. Recuperado de [http://www.unsam.edu.ar/institutos/transporte/publicaciones/Lineamientos%20para%20EE%20en%20TAC%20\\_%20IT%20UNSAM.pdf](http://www.unsam.edu.ar/institutos/transporte/publicaciones/Lineamientos%20para%20EE%20en%20TAC%20_%20IT%20UNSAM.pdf)

Barbero, J. y Castro, L. (2013). Infraestructura logística. Hacia una matriz de cargas para la competitividad y el desarrollo sustentable. *CIPPEC, Documento de Política Pública*, (123). Recuperado de: [https://issuu.com/cippec/docs/123\\_dpp\\_igydp\\_infraestructura\\_log\\_\\_/1](https://issuu.com/cippec/docs/123_dpp_igydp_infraestructura_log__/1)

Barbero, J. y Uechi, L., (2013). *Evaluación de la disponibilidad y la calidad de datos sobre el transporte en América Latina*. Ciudad de Buenos Aires: Banco Interamericano de Desarrollo, Buenos Aires.

Barbero, J. y Rodríguez Tornquist, R. (2012). Transporte y cambio climático: hacia un desarrollo sostenible y de bajo carbono. *Revista Transporte y Territorio*, (6), pp 8-26. <https://doi.org/10.34096/rtt.i6.273>



Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial (C3T) (2013). *Distribución modal de las cargas de cabotaje de larga distancia en Argentina y un conjunto de países seleccionados*. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado de <http://c3t.fra.utn.edu.ar/?p=251>

Centro de Logística Integrada (CLIO – ITBA) (2016). *Guía de buenas prácticas para la logística y la sustentabilidad*. Buenos Aires: Observatorio de Logística y Sustentabilidad del Instituto Tecnológico.

Centro de Logística Integrada (CLIO – ITBA) (2015a). *Guía de herramientas, normas y base de datos para una logística sustentable*. Buenos Aires: Observatorio de Logística y Sustentabilidad del Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Centro de Logística Integrada (CLIO – ITBA) (2015b). *Guía de gestión sustentable de flotas de vehículos de transporte de carga por carretera*. Buenos Aires: Observatorio de Logística y Sustentabilidad del Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Dalkmann, H., y Brannigan, C. (2007). *Sustainable Transport. A sourcebook for policy makers in development cities*. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/273259318\\_GIZ\\_Sourcebook\\_5e\\_Transport\\_and\\_Climate\\_Change](https://www.researchgate.net/publication/273259318_GIZ_Sourcebook_5e_Transport_and_Climate_Change)

Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística (DNPTCyL) (2019a). *Análisis de derivabilidad de carga del modo vial al modo ferroviario – Año base 2014*. Ministerio de Transporte de la Nación, Buenos Aires. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/modelo-de-transporte/analisis-de-derivabilidad-de-carga-del-modo-vial-al-modo-ferroviario>

Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística (DNPTCyL) (2019b). *Matrices Origen Destino de Cargas*. Ministerio de Transporte de la Nación, Buenos Aires. Recuperado de: <https://www.argentina.gob.ar/transporte/cargas-y-logistica/modelo-de-transporte/matrices-origen-destino-de-cargas>

European Automobile Manufacturers Association (ACEA) (2019). *Euro Standards*. Recuperado de <https://www.acea.be/industry-topics/tag/category/euro-standards>

Glaeser, K. P. y Ritzinger, M. A. (2012). Comparison of the performance of heavy vehicles results of the OECD study: ‘moving freight with better trucks’. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48, pp. 106-120. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042812027280/pdf?isDT-MRedir=true&download=true>

Gutman, V., Perczyk, D., Caratori, L., Carlino, H. (2017). *Descarbonización profunda en Argentina: pasado, presente y futuro de las emisiones energéticas*. Instituto Torcuato Di Tella - Instituto Argentino de la Energía General Mosconi. DOI 10.13140/RG.2.2.16468.30080.

International Energy Agency (2012). *Technology Roadmap: Fuel Economy of Road Vehicles*. Recuperado de: [http://www.iea.org/publications/fueleconomy\\_2012\\_final\\_web.pdf](http://www.iea.org/publications/fueleconomy_2012_final_web.pdf)

Intergubernamental Panel for Climate Change (IPCC) (2016). *Appendix I, Glossary*. Nueva York: Organización de las Naciones Unidas. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/518.htm>

Instituto para las Negociaciones Agrícolas Internacionales (INAI) (2018). *Escenario de referencia agroindustrial mundial y argentino a 2027/2028*. Recuperado de: [http://inai.org.ar/archivos/notas/ERAMA\\_2027-2028\\_web.pdf](http://inai.org.ar/archivos/notas/ERAMA_2027-2028_web.pdf)

Iriarte, L., Brieva, S. y Santarelli, S. (2005). *Cuentapropismo: acuerdos y selectividad espacial. Un análisis del sistema de transporte automotor de cargas granarias en el centro-Sur de la provincia de Buenos Aires*. Bahía Blanca: EdiUNS.

Laboratorio de Control de Emisiones Gaseosas Vehiculares (LCEGV) (2018). Sin título. En: *II Jornadas Iberoamericanas de Motores Térmicos y Lubricantes*. Santa Fe: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Lliatis, R. y Sanchez, J. (2011). Transporte Carretero de Cargas. *Voces en el Fénix*, 2, (9), pp. 50-55.

Miller J. y Braun, C. (2020). *Análisis costo-beneficio de las normas euro vi sobre emisiones en vehículos pesados en Argentina*. <https://theicct.org/sites/default/files/publications/ArgentinaCBA-vehiculos-pesados-ES.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2016). *República Argentina. Primera Revisión de su Contribución Determinada a Nivel Nacional*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ndc-revisada-2016.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2017). *República Argentina. Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable*. Recuperado de <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (2017b). *Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático*. Recuperado de <https://inventariogei.ambiente.gob.ar/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2020). *Segunda Contribución Determinada a Nivel Nacional de la República Argentina*. Recuperado de: <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/202205/Actualizacio%CC%81n%20meta%20de%20emisiones%202030.pdf>

ONU (2018). *Los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas, Nueva York. Recuperado de <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?i-dpagina=3300>

Rodrigue, J. P. (2020). *The geography of transport systems*. Nueva York: Routledge. Recuperado de. <https://transportgeography.org/>

Rodríguez Tornquist, R. y Cruz Moreno, L. (2017). *Transporte y Desarrollo Sostenible: Aportes para el análisis*. Buenos Aires: Instituto Tecnológico de la Universidad Nacional de San Martín.

Sánchez, J. (2011). Distribución modal de las cargas de cabotaje de larga distancia en Argentina y un conjunto de países seleccionados. *Apostillas técnicas*. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional.

Secretaría de Energía y Minería, Ministerio de Economía (2020). *Balance Energético Nacional de la República Argentina*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/energia/hidrocarburos/balances-energeticos-0>

Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética (2018). *Guía de gestión eficiente para el transporte automotor de cargas de la República Argentina*. Ministerio de Hacienda de la Nación. Recuperado de: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/4.guia\\_gestion\\_eficiente\\_de\\_flotas\\_2019.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/4.guia_gestion_eficiente_de_flotas_2019.pdf)

Stopher, P. y Stanley, J. (2014). *Introduction to transport policy: a public policy view*. Edward Elgar publishing.

Sustainable Low Carbon Transport (SLoCaT) (2018). *Transport and Climate Change Global Status Report*. Recuperado de: [http://www.slocat.net/wp-content/uploads/legacy/slocat\\_transport-and-climate-change-2018-web.pdf](http://www.slocat.net/wp-content/uploads/legacy/slocat_transport-and-climate-change-2018-web.pdf)

Unión Europea. Programa de Monitoreo y Evaluación Europeo, Agencia Europea de Medio Ambiente (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook*. Recuperado de: <https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook/emep>

Vazano, P. (2019). *Estrategias de mitigación de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el transporte automotor de cereales y oleaginosas*. (Tesina

de Especialización inédita). San Martín: Instituto del Transporte de la Universidad Nacional de San Martín.

Villalobos, J. (2010). “Eficiencia energética en el transporte de carga por carretera”. En: CEPAL, (2010) Boletín de facilitación del transporte y el comercio en América Latina y el Caribe. Naciones Unidas CEPAL, Santiago.

World Energy Council (2011). *Global Transport Scenarios 2050*. Londres. Recuperado de: [https://www.worldenergy.org/assets/downloads/wec\\_transport\\_scenarios\\_2050.pdf](https://www.worldenergy.org/assets/downloads/wec_transport_scenarios_2050.pdf)

World Bank (2019). *Designing Accreditations and Verifications Systems: A guide to ensuring credibility for carbon pricing instruments*. Washington DC: World Bank.

Fecha de recepción: 2 de diciembre de 2021

Fecha de aceptación: 14 de abril de 2022

© 2022 por los autores; licencia otorgada a la Revista Universitaria de Geografía. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-NoComercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/deed.es\\_AR](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/deed.es_AR)