

Eficiencia energética y flotas de transporte automotor de graneles agrícolas en puertos argentinos

Energy Efficiency and Freight Transport Vehicle Fleets for Agricultural Bulk Commodities in Argentine Ports

PABLO ADRIÁN VAZANO¹  0009-0005-2335-9213

JUAN MANUEL ARRARÁS¹  0009-0009-4612-7705

ALEJANDRA MABEL GERALDI²  0000-0002-8792-1069

FEDERICO GASTÓN BARRAGÁN³  0000-0002-5859-5532

¹Instituto de Transporte, Escuela de Hábitat y Sostenibilidad, Universidad Nacional de San Martín.

²Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Instituto Argentino de Oceanografía – Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

³Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur.

Resumen

El artículo reconstruye y analiza la composición del parque automotor de vehículos pesados que circulan por los puertos y núcleos agroindustriales argentinos ubicados en Gran Rosario, Paraná Inferior, Quequén y Bahía Blanca. Se caracterizó la flota a través de la estimación de su antigüedad, tipos de bodega, tecnologías de eficiencia energética y sistemas de control de emisiones empleados a través de la aplicación de la técnica de observación directa no participante. Los resultados de este estudio evidencian no solo una disparidad en la modernización de las flotas según el área portuaria, sino también las posibles implicaciones en cuanto a su eficiencia operativa y a su impacto ambiental. Los resultados destacan la importancia de una evaluación detallada de las prácticas locales, lo cual ayudará a otros puertos a desarrollar intervenciones dirigidas y efectivas, a optimizar el rendimiento del transporte y a promover la sostenibilidad a nivel global.

Palabras clave: transporte de graneles; modo carretero; puertos argentinos; sostenibilidad; agroindustria.

Fechas • Dates

Recibido: 2024.12.16
Aceptado: 2025.05.12
Publicado: 2025.07.17

Autor/a para correspondencia Corresponding Author

Pablo A. Vazano
pvazano@unsam.edu.ar

Abstract

The article reconstructs and analyzes the composition of the fleet of heavy vehicles circulating through the ports and agro-industrial hubs of Argentina located in Gran Rosario, Paraná Inferior, Quequén, and Bahía Blanca. The fleet was characterized by estimating its age, types of cargo holds, energy efficiency technologies, and emissions control systems using the technique of non-participant direct observation. The results of this study reveal not only a disparity in the modernization of the fleets according to the port area but also the potential implications for their operational efficiency and environmental impact. The findings underscore the importance of a detailed assessment of local practices, which will assist other ports in developing targeted and effective interventions, optimizing transportation performance, and promoting sustainability on a global scale.

Keywords: bulk freight transportation; road mode; Argentine ports; sustainability; agro-industry.

1. Introducción

En Argentina, las actividades relacionadas con el transporte fueron responsables del 13,9% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en 2018 (MAyDS, 2021)¹. En términos absolutos, las 50,9 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO₂e) emitidas por los modos carretero, ferroviario, aéreo y fluvio-marítimo, ya sea de transporte cargas como de pasajeros, ubicó a esas actividades en el segundo lugar dentro del sector energía² –por detrás de la generación eléctrica– y en el tercero si tomamos las emisiones generadas por todos los sectores económicos en Argentina (Moreira Muzio *et al.*, 2019).

La importancia del subsector transporte como uno de los principales emisores de GEI³ no se desliga del rol predominante que asume el transporte automotor en la distribución modal de cargas internas de Argentina (Barbero *et al.*, 2020; Calzada *et al.*, 2022). En esa línea, la prominente dependencia de combustibles fósiles que exhibe el segmento de cargas colabora a que los camiones sean los responsables de generar más del 45% de las emisiones de todo el modo carretero (ITE, 2020).

De acuerdo con información del Registro Único de Transporte Automotor (RUTA) de la Dirección Nacional de Transporte Automotor de Cargas (DNTAC), existen en el país cerca de 330 000 camiones y unidades tractoras habilitadas para realizar servicios de transporte inter-jurisdiccional (CATAMP, 2023). De ese total registrado, el 55% son camiones de mayor porte, de más de 12 toneladas de peso total, categorizados como “N3”. A su vez, son casi 208 000 los acoplados y semirremolques registrados (CATAMP, 2023). Es importante hacer una aclaración respecto a los datos mencionados anteriormente: las cifras oficiales no incluyen el amplio universo de unidades no registradas que existen dentro del segmento. Por lo tanto, al considerar otro tipo de datos, se observa que el número de camiones y unidades tractoras que efectivamente circulan en Argentina podría superar las 330 000 unidades registradas en el RUTA, llegando incluso a alcanzar las 678 000 unidades, según fuentes como la Asociación de Fábricas de Automotores (ADEFA, 2019)⁴.

1. Estas incluyen las emisiones de la quema y la evaporación de combustible para todas las actividades de transporte, independientemente del modo: aviación civil, transporte terrestre, ferrocarriles, navegación marítima y fluvial, entre otros (Moreira Muzio *et al.*, 2019).

2. Las emisiones del sector energético incluyen todas las emisiones de GEI que emanan de la combustión y las fugas de combustibles.

3. Esta situación resulta comparable a otros países de la región y del mundo, en donde el transporte también se ubica como uno de los principales contribuyentes de este tipo de gases (SLOCAT, 2023).

4. Mientras que la International Council on Clean Transportation (ICCT) estima 220 mil unidades existentes en el país (Miller y Braun, 2020), el Observatorio Nacional de Datos de Transporte (ONDaT) la eleva a 310 mil.

Esta disparidad en las cifras resalta la necesidad de un análisis más exhaustivo y de la implementación de métodos más robustos para la recolección de datos, con el fin de obtener una representación más precisa de la flota vehicular activa. La falta de registro de una proporción significativa de unidades tendría importantes implicancias en la planificación de políticas públicas, la asignación de recursos y la evaluación de la infraestructura vial, así como en la gestión de la seguridad y el control de emisiones contaminantes del país.

Más allá de lo anterior, lo cierto es que el modo automotor transporta en la actualidad el 93% de las cargas interurbanas anuales en Argentina, muy por encima de un modo menos contaminante como el ferroviario, el cual transporta un 4% (Barbero et al., 2020). Los principales bienes transportados son a granel sólidos. Dentro de estos, los derivados de las actividades agrícolas, mineras y frutihortícolas representan alrededor de dos tercios de las toneladas movilizadas a nivel interno (Barbero, 2018)⁵. Cereales y oleaginosas como soja, maíz, trigo, girasol y cebada suman el 31% del total de esas cargas, un 14,2% si las medimos en toneladas-kilómetro (Barbero, 2018).

La importancia asumida por las cargas de cereales y oleaginosas deriva del mayor protagonismo relativo que, desde fines de la década del '90, ha tomado una actividad histórica como la agrícola en la economía argentina; sobre todo, de aquella con destino a la exportación (Trigo y Cap, 2006). Asociada a la autorización de cultivos genéticamente modificados y a la aplicación de la siembra directa, el protagonismo de la agricultura no sólo redundó en un incremento de los volúmenes cosechados sino también en una mayor distancia a recorrer para transportarlos a sus principales puntos de destino luego del corrimiento de la frontera agrícola sobre áreas extrapampeanas (Zarrilli, 2020). En el avance de este proceso, se reforzó el predominio del modo automotor en la distribución modal interna de las cargas granarias (Pierri, 2014; DNPTCyL, 2019). Los flujos de tránsito terrestre sobre rutas del país experimentaron así un crecimiento constante de ese modo desde 1990 en adelante, interrumpido solamente entre 1999 y 2002 (Barbero et al., 2016). Para la campaña 2023/24, el 83,4% del total de granos transportados lo hicieron en camiones, muy por encima de otros modos como el ferroviario, con el 16%, o las barcasas, con el 0,6% (De Ángelo et al., 2024).

La concentración de cargas agrícolas en el modo automotor no se desliga del alto nivel de gases de efecto invernadero que cada año emite el subsector de transporte en nuestro país⁶. Si bien el transporte automotor de cargas interurbanas es un sector de por sí complejo para descarbonizar (ITE, 2023, 2022 y 2021; Miller y Braun, 2020), ello se agudiza aún más en un segmento como el de las cargas granarias, dada la heterogeneidad y atomización de formas empresariales, la diversidad y antigüedad de flotas y los altos grados de informalidad o “cuasi-informalidad” que existen en el segmento (Vazano y Arrarás, 2023; Barbero et al., 2016; Iriarte, et al., 2005).

Frente a este escenario, las soluciones aplicables a la movilidad urbana —plausibles de electrificación (Vassallo et al., 2021)— resultan poco viables para el autotransporte de cargas agrícolas. Esto se debe, entre otros factores, al nivel de autonomía que presentan actualmente los vehículos eléctricos pesados (Hayes, 2023), lo cual no se adecuaba a los trayectos interurbanos propios del transporte de carga agrícola en Argentina. Es cierto que existen oportunidades para la “gasificación”

5. Según Barbero (2018), los productos de minería y construcción (canto rodado, arena, piedras, tosca) representaron el 32,8% de las toneladas transportadas, mientras que los granos (soja, maíz, trigo) el 31,1% y los “productos regionales” (productos forestales, frutas, vegetales) el 5,8%. Por tonelada-kilómetro transportado, los índices varían siendo un 35,8% para los productos de minería y construcción, un 14,2% para los granos y 14,4% para los “productos regionales”.

6. Y no sólo de ello, sino del incremento de externalidades tales como la congestión de accesos y rutas, la contaminación atmosférica y acústica, el deterioro prematuro de la infraestructura y el aumento de siniestros de tránsito con consecuentes pérdidas humanas (Vassallo et al., 2021; Barbero et al., 2016; Gil y Pietro, 2016).

de las flotas a mediano plazo, hecho que resulta factible a partir de la presencia en el mercado de vehículos pesados propulsados a gas natural y de la extensa red de estaciones de servicio para abastecerlos que exhibe nuestro país. Incluso, a más largo plazo, podría pensarse en la implementación de camiones a hidrógeno. Sin embargo, se registran incertidumbres respecto a la velocidad de implementación de este tipo de soluciones, que dependen de decisiones empresariales y reconversiones industriales en las terminales automotrices, así como de los costos y beneficios que podría implicar inversiones realizadas en ese sentido (entrevista 6)⁷.

Las tecnologías y procedimientos de eficiencia energética poseen una mayor factibilidad para disminuir las emisiones del transporte automotor de cargas (TAC) interurbanas en general y granarias en particular. Estas consisten en un amplio abanico de opciones técnicas o tecnológicas que buscan reducir el consumo de combustible (Barbero et al, 2016). Independientemente de la potencialidad de estrategias de “salto modal” en favor del ferrocarril u otros modos menos contaminantes, existen desde hace décadas posibilidades intra-modo capaces de reducir su impacto ambiental del TAC. Entre ellas, se encuentran la aplicación de tecnologías aerodinámicas en las unidades de transporte existentes o, aunque más dificultosa, la renovación de la flota⁸; la optimización de recorridos en pos de aminorar viajes con bodega vacía; la adopción de prácticas de ecoconducción; o el uso de combustibles más limpios (Vazano y Arrarás, 2023; Fiadone et al., 2018). Algunas de esas opciones fueron probadas en distintos países del mundo a través de esquemas de colaboración tecnológica para el transporte de cargas, tales como los programas *Smartway* en Norteamérica, *Objectif CO* en Francia, *Giro Limpio* en Chile o el Programa Transporte Inteligente (PTI) en Argentina (Fiadone et al., 2018).

Las autoridades argentinas han tomado diferentes medidas con el fin de mitigar el impacto ambiental del transporte de cargas y, más puntualmente, de su modo automotor. En consonancia con pactos internacionales como el Acuerdo de París –a partir del cual Argentina se compromete a reducir significativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero en 2030 para alcanzar la neutralidad de carbono en 2050 (Álvarez, 2023, MAYDS, 2021)– se ha desarrollado no sólo el mencionado PTI sino también el Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático (GNCC, 2017)⁹ y normativas para estimular la utilización de combustibles más limpios como biodiesel y bioetanol (Decreto 543, 2016), entre otras medidas. Pese a ello, estas iniciativas no han demostrado suficiente capilaridad para materializarse y su impacto en la reducción de emisiones del segmento automotor de cargas tanto generales como agrícolas no ha sido significativo.

Ello obliga a repensar las estrategias para los distintos segmentos carreteros, entre ellos, el transporte automotor de cargas agrícolas, en un intento de alinearlos con los acuerdos internacionales asumidos por el país en materia ambiental. Sin dejar de lado tendencias globales capaces de impactar de forma positiva en la mitigación de sus gases de efecto invernadero (ITF, 2021 y 2020; Miller y Braun, 2020), se considera necesario, en primer lugar, captar la especificidad del transporte automotor de cargas granarias de Argentina para, una vez concretado ese paso, proponer medidas que alcancen un mayor grado de efectividad en su futura descarbonización. Más aun teniendo en cuenta que, si bien existen algunos datos sobre la estructura y dinámica de este segmento de cargas, la calidad y disponibilidad de esas estadísticas resultan muchas veces limitada e insuficiente para caracterizarlo en su completitud (Barbero, 2016).

7. Entrevista con consultor internacional especializado en desarrollo económico, logística y transporte (14 de noviembre de 2023).

8. Si bien grandes empresas del subsector lograron renovar sus flotas, la antigüedad media creció y no hubo políticas públicas exitosas de créditos para la renovación de flota que pudiera aprovechar las microempresas (Dobrusky, 2019; Vazano y Arrarás, 2023).

9. En dicho plan, se presentan distintas estrategias de mitigación y adaptación para el sector del transporte urbano e interurbano de pasajeros y de cargas hacia 2030.

Con el propósito de realizar un aporte y colaborar en mejorar la solidez del proceso de toma de decisiones en ese sentido, el objetivo de este artículo es reconstruir y analizar la composición del parque automotor de vehículos pesados que circulan por los principales puertos y núcleos agroindustriales de Argentina. Sobre la base de una muestra compuesta por casi 9500 casos –de un universo de camiones utilizados para el transporte de granos estimado entre 80 000 y 90 000 unidades según informantes clave (entrevista 1)¹⁰ y Basadona y Calzada (2016)–, el presente trabajo se propone caracterizar dicha flota a partir de la estimación de su antigüedad, tipos de bodega empleados, usos de sistemas de control de emisiones (SCE)¹¹ y tecnologías de eficiencia energética de las unidades que transportan granos hacia los puertos del Gran Rosario, del Paraná Inferior, de Quequén y de Bahía Blanca.

Figura 1. Ubicación de los puertos relevados y su vinculación con las redes viales y ferroviarias principales



Fuente: elaboración propia con capas de información del Instituto Geográfico Nacional y la DNPTCyL (abril de 2025)

La elección del área de estudio se fundamenta en la relevancia estratégica de los principales puertos argentinos en la logística del transporte de granos, especialmente por carretera. Estas zonas portuarias funcionan como nodos esenciales en la red de transporte terrestre, integrada por una

10. Entrevista con representantes de entidad dedicada a la capacitación y profesionalización del transporte automotor de cargas (4 de agosto de 2023).

11. Los sistemas de control de emisiones corresponden a implementos en los sistemas de combustión y escape de gases de los vehículos que se apoyan en normas de control de emisiones que reducen la emisión de ciertos gases de efecto invernadero y material particulado.

red vial nacional y ferroviaria de primer orden (Figura 1). Su importancia se ve reforzada por el hecho de que, en un radio de menos de 300 kilómetros del área contemplada, se concentra el 74% de la producción de los seis principales cultivos del país (D'Angelo et al., 2024). Al recibir aproximadamente el 70% de los granos que se producen en Argentina –cerca de 100 millones de toneladas anuales–, dichas zonas soportan un flujo constante de tráfico de camiones y trenes, que se agudiza en épocas de cosecha. Como ejemplo de ello, D'Angelo et al. (2025), estiman que para la campaña 2023/24 fueron necesarios 2,96 millones de viajes en el modo carretero y 0,34 millones de vagones con destino a los puertos de Rosario, Bahía Blanca y Quequén para transportar 82,92 y 15,87 millones de toneladas respectivamente. En ese sentido, evaluar la eficiencia energética del modo carretero en el área de estudio seleccionada permitirá identificar oportunidades de mejora en ese eslabón esencial de la cadena agroexportadora, con el potencial impacto en los costos logísticos, la competitividad del sector y la reducción de gases contaminantes.

La agenda de investigación no le ha ofrecido suficiente interés al segmento de cargas aquí abordado. Si bien algunos estudios se han aproximado a cuestiones tales como la dinámica y composición del TAC en el país y la región (Pierri, 2014; López, 2012; Barbero, 2010; Polo, 1990); han llamado la atención sobre la calidad de datos para caracterizar al TAC y su nivel de emisiones (Barbero y Uechi, 2013); y hasta han propuesto medidas para su desempeño logístico (Barbero et al., 2020; Fiadone, 2018) y ambiental (Barreña et al., 2023; Parysow, 2021), ninguno de ellos ha hecho foco en la caracterización de la flota de transporte automotor de graneles agrícolas y en la medición de su eficiencia energética según puerto. En ese sentido, este trabajo intenta actuar en un doble plano: mientras que, por un lado, procura cubrir cierta vacancia de estudios sobre el autotransporte de cargas granarias, por el otro, intenta comenzar a suplir la falta de información disponible y de calidad acerca de ese segmento.

El presente artículo se organizará de la siguiente manera: en primer lugar, se establecerá una explicación detallada de la estrategia metodológica empleada. Posteriormente, se desarrollarán algunos resultados de las campañas de relevamiento con foco en la antigüedad, tipo de bodega y uso de sistemas de control de emisiones de la flota circulante según puerto. Más adelante, expondremos sobre el uso de tecnologías de eficiencia energética por parte de las unidades de transporte de cada zona estudiada para, por último, desarrollar algunas reflexiones finales.

2. Metodología

2.1. Breve explicación acerca del diseño metodológico

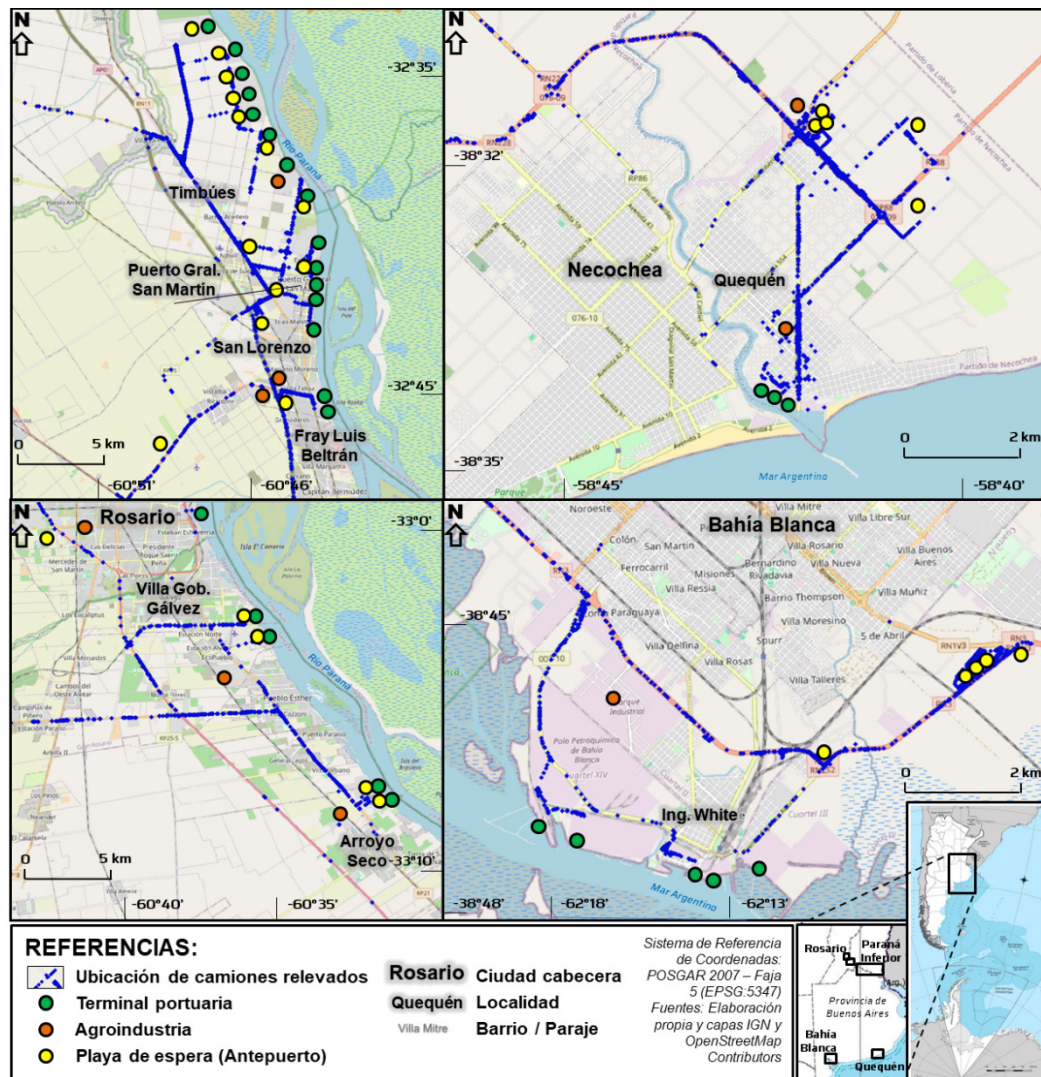
El diseño metodológico de este estudio se basó en la triangulación de técnicas y herramientas cuantitativas y cualitativas de producción, recopilación y análisis de datos. Dada la complejidad del fenómeno estudiado, el uso combinado de estas técnicas apuntó a alcanzar una mirada integral que permita caracterizar, comparar y comprender la composición, desempeño y evolución del parque automotor involucrado, en relación con su impacto energético y ambiental.

2.2. Relevamiento de campo

Se llevaron a cabo nueve campañas de relevamiento entre 2021 y 2024 en los principales puertos graneleros del país. Se realizaron recorridos en las zonas aledañas a los puertos de Gran Rosario (núcleos Rosario Norte y Rosario Sur), del Paraná Inferior, de Quequén y de Bahía Blanca.

Estos coincidieron con los territorios portuarios de Timbúes, Puerto San Martín y San Lorenzo (núcleo Rosario Norte); Rosario, Villa Gobernador Gálvez, Alvear y Arroyo Seco (núcleo Rosario Sur); Bahía Blanca; Quequén; Lima, San Pedro, Ramallo, San Nicolás y Villa Constitución (Núcleo Paraná Inferior) (Figura 2).

Figura 2. Ubicación de camiones relevados y áreas de estudio detalladas



Fuente: elaboración propia con capas de información del Instituto Geográfico Nacional y OpenStreetMap.org (agosto de 2024).

La planificación de las zonas a transitar combinó el análisis de imágenes satelitales (*Google Earth*) con información logística y vial, lo que permitió identificar nodos de alto tránsito, playas de espera, accesos a terminales, estaciones de servicio y rutas clave de cada área.

Los recorridos en cada una de las zonas fueron realizados en automóviles de menor porte, equipados con cámaras filmadoras y grabadoras de voz. Mediante esos instrumentos, se registró el tránsito de camiones de carga 'N3' que transportaba granos en cada zona.

Los registros de campo fueron realizados tanto en temporadas altas de envío de cereales a los puertos (épocas de cosecha) como en temporadas bajas (por fuera de las cosechas)¹². Se determinaron como prioritarios los recorridos durante los meses de junio y julio (temporada alta de soja y maíz) y durante noviembre (temporada baja), las cuales se entrecruzaron con elementos coyunturales tales como la aplicación del “dólar soja”¹³ o la fuerte sequía que sufrieron muchas zonas agrícolas argentinas en la campaña 2022/23 (Tabla 1).

Tabla 1. Campañas de relevamiento por puerto/complejo portuario (2021-2024)

CAMPAÑA	PUERTO/ COMPLEJO	FECHAS DE RELEVAMIENTOS	TEMPORADA	DÍAS	KM DIARIOS PLANIFICADOS	KM REALES TOTALES
Testeo método	Bahía Blanca	24 y 25/11/2021	Baja	2	97	194
1	Quequén	20 al 23/06/2022	Alta	3	62,4	149,23
2	Rosario Norte	11 al 14/07/2022	Alta	3	120,2	249,62*
	Rosario Sur	11 al 14/07/2022	Alta	3	94,6	229,51*
	Paraná Inferior	11 al 14/07/2022	Alta	2	265,27	104,5*
	P. de las Palmas					
3	Bahía Blanca	18 y 19/07/2022	Alta	2	97	200,7
4	Bahía Blanca	25/11/2022	Baja	1	97	100,6
5	Bahía Blanca	13 al 15/03/2023	Baja	3	97	480,4
6	Quequén	15 al 17/05/2023	Alta ("dólar soja")	3	62,4	568,9
7	Paraná Inferior	22 al 24/05/2023	Alta ("dólar soja")	2	265,27	206,5
	P. de las Palmas					
	Rosario Norte	22 al 24/05/2023	Alta ("dólar soja")	3	120,2	423,3
	Rosario Sur	22 al 24/05/2023	Alta ("dólar soja")	3	94,6	307,5
8	Rosario Norte	3/07/2023	Baja (sequía)	1	120,2	120,2
9	Quequén	30 y 31/01/2024	Baja	2	62,4	144
TOTAL ESTIMADO**				33		3478,9

(*) La estimación se realiza con los kilómetros geolocalizados de los videos.

(**) El total no incluye los kilómetros de traslado hacia el área de estudio.

Fuente: Elaboración propia (agosto de 2024)

A través de los 3479 kilómetros recorridos, se obtuvieron 99 horas de video que fueron revisadas en su totalidad. Producto de dicha revisión, se conformó una planilla *Excel* en la que se volcaron los siguientes datos de cada una de las unidades: ubicación (latitud y longitud), patente (dominio), marca, modelo, color, configuración de la unidad, tipo, año estimado de patentamiento y

12. El período de cosecha de soja y maíz se suele extender entre los meses de marzo y julio de cada año.

13. Los Programas de Incremento Exportador (PIEs), conocidos como “dólar soja”, fueron medidas transitorias dedicadas a ofrecer a las ventas de soja un tipo de cambio más alto que el oficial.

puerto en el que circulaba. En el avance de la carga de datos, se excluyeron casos de unidades que aparecían duplicadas en la planilla. Como resultado, conformó una muestra de 9298 registros.

En suma, esta etapa permitió construir una base empírica sólida para la caracterización de la flota circulante en cada área, sentando las condiciones necesarias para el desarrollo de las siguientes fases del diseño metodológico.

2.3. Clasificación de configuración, antigüedad y empleo de sistema de control de emisiones de los vehículos

Los datos relevados permitieron caracterizar la flota circulante en cada zona portuaria según su configuración física y funcional, considerando la cantidad de ejes, tipo de bodega y presencia de tecnologías de eficiencia energética de cada unidad (Figura 3).

Se identificaron los siguientes tipos de vehículos:

- Camiones con caja carrozada (de 2 o 3 ejes) con acoplados adheridos (de 2 a 4 ejes). Estas unidades poseen una capacidad neta habitual de aproximadamente 30 toneladas. Sus bodegas pueden ser de tipo “cerealera”, “todo puerta”¹⁴ o tolva¹⁵.
- Tractores sin bodega (de 2 o 3 ejes) con semirremolques enganchados (también de 2 a 3 ejes), capaces de transportar entre 18 y 30 toneladas. En su mayoría, se trata de unidades auto-descargables, de tipo batea y tolva¹⁶. Los modelos varían entre semirremolque baranda volcable, *full trailer*, y unidades equipadas con “sin fin”¹⁷.
- Camiones escalados¹⁸ (de hasta 6 ejes) y bitrenes¹⁹ (entre 7 y 9 ejes), que presentan una mayor amplitud y capacidad que las configuraciones anteriormente mencionadas. Mientras que los escalados alcanzan una capacidad de carga neta de hasta 38 toneladas, los bitrenes llegan a transportar hasta 53 toneladas.

14. Los camiones “todo puerta” poseen paneles laterales y traseros que pueden abrirse. Los “cerealeros” son bastante similares en aspecto a los “todo puerta” pero, a diferencia de estos, no suelen poseer paneles-puerta laterales. Para los fines de nuestro análisis, se decidió unificar a estas dos tipologías de bodega debido a la dificultad para diferenciarlos visualmente.

15. Los acoplados tipo tolva se descargan por tolvas en la parte inferior, por gravedad.

16. Los semirremolques tipo batea (que son auto-volcables, y realizan la descarga por la parte posterior) trasladan entre 18 y 26 toneladas promedio. Asimismo, sus modelos escalados son capaces de transportar hasta 32 toneladas.

17. Los semirremolques baranda volcable son similares a los “todo puerta”. Sin embargo, a diferencia de los anteriores, sus puertas laterales permiten una apertura horizontal. Aquellas unidades equipadas con sin-fin pueden elevar carga gracias a su brazo con noria helicoidal. Los vehículos *full trailer* está compuesto por un tractor que arrastra más de un semirremolque (sin llegar a ser un bitren). Por último, existen las unidades “mixtas”, las cuales se componen de más de una tipología (por ejemplo, camión tolva y acoplado cerealero).

18. Las unidades escaladas o escalables poseen un eje adicional que permite transportar entre 8 y 10 toneladas adicionales de carga, con un peso bruto de entre 45 y 55 toneladas. Poseen un largo de entre 18 y 20 metros. Por lo general este eje adicional se incluye o viene de fábrica en el acoplado, aunque también es posible poner un segundo eje debajo de la caja del camión. Estos vehículos escalados pueden, a su vez, ser de tipo “cerealero”, “todo puerta” o tolva.

19. El bitren está formado por un camión tractor y dos semirremolques vinculados por un acople de tipo “B”. Estas unidades pueden medir hasta 30 metros y poseen un peso bruto de entre 60 y 75 toneladas.

Figura 3. Unidades tractoras y tipo de bodegas de transporte de granos y oleaginosas en rutas argentinas (2021-2024)



Fuente: Elaboración propia (agosto de 2024)

Luego de identificar los distintos tipos de vehículos circulantes, se estimó la antigüedad de cada unidad observada. En el caso de los vehículos patentados entre los años 1994 y 2024, dicha estimación se realizó en función de su correspondencia dentro del sistema de patentamiento argentino, basada en combinaciones alfanuméricas (letras y números consecutivos)²⁰. Dada la imposibilidad de aplicar esta metodología para los camiones patentados con anterioridad a 1994, en estos casos se decidió identificar visualmente marca y modelo de cada unidad, y cruzar esa información con datos sobre años de fabricación y comercialización obtenidos en sitios especializados. Posteriormente, se realizó una asignación probabilística del año de patentamiento mediante una fórmula en *Excel*, dentro del rango estimado²¹.

Una vez estimado el año de patentamiento, se asignó a cada unidad un sistema de emisiones correspondiente.

20. Entre 1994 y 2017, los dominios en Argentina se han ordenado por fecha de patentamiento y registro a partir de una combinación que va desde "AAA 000" a "PZZ 999". Esto cambió para los vehículos posteriores a 2017, cuando se dio inicio a una nueva combinación de letras y números que, siguiendo una secuencia de forma alfabética y consecutiva, comenzó en "AA 000 AA". En este último caso, es posible estimar rangos de chapas patente a años de patentamiento, solamente considerando los primeros tres caracteres.

21. A modo de ejemplo, un camión SCANIA 111 fabricado en la provincia de Tucumán que se comercializó entre 1976 y 1982, tendrá un año de patentamiento aleatorio que puede estar dentro de dicho rango.

Dado que los estándares de emisiones establecidos por la Unión Europea fueron adoptados progresivamente en la Argentina desde 1995 en adelante²², cada unidad vehicular registrada fue ubicada en distintos rangos en el que fueron funcionando las normas Euro (desde la I a V) en el país.

En síntesis, esta instancia del diseño metodológico permitió integrar distintas características de las unidades –antigüedad, tipo de vehículo, sistema de control de emisiones– y establecer una comparación de flotas entre las distintas zonas portuarias analizadas. De ese modo, se logró una caracterización de la eficiencia energética según flota y área relevada.

2.4. Análisis de velocidad, espera y recorridos

Para el abordaje de los recorridos entre las zonas de espera, calado y descarga de las zonas portuarias, se llevó a cabo un análisis cinemático y espacial de los trayectos de los vehículos relevados. Se utilizó la técnica del análisis de video geolocalizado y la reconstrucción de trayectorias mediante instrumentos como el GPS incorporado en cámaras, *software* de análisis espacial y conocimiento local, datos que se volcaron posteriormente en una planilla *Excel*. Este abordaje permitió obtener información sobre: velocidad media del transporte pesado por tramo; tiempos de espera en playas y antepuertos y tiempos de chequeo de documentación al ingreso y egreso de las terminales; distancias entre orígenes y destinos; y rutas y accesos a puertos.

Si bien el abordaje de dichas variables no constituye el núcleo de los objetivos que persigue el presente artículo, la información obtenida resultó valiosa para complementar los datos primarios generados durante nuestro trabajo de campo. En este marco, fue posible medir la eficiencia operativa real del transporte, identificando cuellos de botella, situaciones de congestión, y puntos críticos del sistema. Asimismo, el análisis permitió poner en evidencia diferencias entre zonas portuarias en cuanto a su infraestructura y tiempos muertos.

2.5. Entrevistas semiestructuradas a informantes clave y empleo de fuentes complementarias

Con el fin de complementar los datos generados a partir de nuestros recorridos en el área de estudio, se realizaron 10 entrevistas en profundidad a informantes clave entre 2022 y 2023²³. Entre ellos se incluyeron especialistas, consultores, miembros de una importante asociación gremial de empresas de transporte de carga, representantes del área de logística de la cooperativa agropecuaria más grande de la Argentina, así como referentes de la Bolsa de Comercio de Rosario y del *International Transport Forum* (ITF).

Los entrevistados fueron seleccionados mediante un muestreo intencional, orientado a captar la perspectiva de expertos y/o actores que ocupan posiciones estratégicas en torno a distintas dimensiones vinculadas a nuestro objeto de estudio. En ese sentido, los criterios específicos para su selección se basaron en la demostración de una sólida trayectoria en temas relacionados con la logística, el transporte de agro-graneles y/o su desarrollo sostenible.

22. Conocidas como “normas Euro”, estas normativas son estándares establecidos por la Unión Europea para regular las emisiones de contaminantes de los vehículos vendidos en sus países miembro. En Argentina, las normas Euro no se aplican directamente como en los países de la Unión Europea. Sin embargo, desde 1995 este país viene adoptando regulaciones y estándares similares para controlar las emisiones de contaminantes de los vehículos (Miller y Braun, 2020; Vasallo, 2018). Estas regulaciones se aplican a modelos nuevos y contemplan prórrogas específicas para aquellos ya comercializados.

23. De aquí en más, las entrevistas se identificarán referenciando cada una de ellas con números (E1, E2, etc.) a fin de asegurar el anonimato de nuestros informantes.

Se desarrollaron guías de entrevistas semiestructuradas divididas en bloques temáticos adaptadas al perfil de cada informante clave. Los principales ejes abordados fueron: dinámica de la exportación de granos en Argentina; diagnóstico de la situación del transporte de agro-graneles; rol de las instituciones en la regulación y el fomento de políticas ligadas al segmento; desafíos de su descarbonización; acceso al financiamiento, innovación tecnológica y cooperación internacional al respecto; posibles líneas de acción para una transformación sostenible del TAC.

La información provista por nuestros informantes fue procesada a través de una codificación temática, identificando categorías emergentes transversales a las distintas entrevistas. Se empleó un enfoque de análisis interpretativo, orientado a identificar cuestiones comunes y contrastar visiones entre los diferentes actores.

Para contextualizar y profundizar en los datos obtenidos en el relevamiento, así como validar y complementar hallazgos preliminares, también se utilizaron fuentes secundarias. Esto nos permitió, por ejemplo, determinar la configuración de camiones permitidos según terminal portuaria. Para ello, se utilizaron datos provenientes de la empresa Agroentregas –dedicada al servicio de control de entregas, recepción y embarque de cereales, oleaginosas y subproductos– y del Sistema de Turnos de Operaciones Portuarias (STOP)²⁴.

3. Resultados y discusión

3.1. Antigüedad, tipo de bodega y SCE de la flota según puerto

La revisión detallada de los videos y audios de respaldo, aplicando la metodología establecida, determina una antigüedad promedio para las 9298 unidades de transporte relevadas de 19 años. Sin embargo, se observan variaciones significativas en la antigüedad de las flotas dependiendo del puerto analizado.

La antigüedad promedio es de 15,7 años en Rosario Sur; 15,8 años en Rosario Norte; 17,5 años en Bahía Blanca; 18,1 años en los puertos del Paraná inferior; y 24,4 años en el puerto de Quequén. Este último puerto se destaca por contar con la flota más antigua, con una antigüedad un 28% superior al promedio general, y también por presentar una mayor dispersión en la distribución de la antigüedad de las unidades en comparación con los demás puertos como se aprecia en el desvío estándar (Tabla 2).

Tabla 2. Antigüedad de la flota de camiones relevada por puerto (2021-2024)

PUERTO	ANTIGÜEDAD		
	EDAD PROMEDIO	DESVÍO ESTÁNDAR	CANTIDAD
B. Blanca	17,5	12,4	1925
Paraná Inferior	18,1	13,4	290
Quequén	24,4	14,0	2973
Rosario Norte	15,8	11,1	2987
Rosario Sur	15,7	11,2	930
Promedio	19,0	13,0	N/A

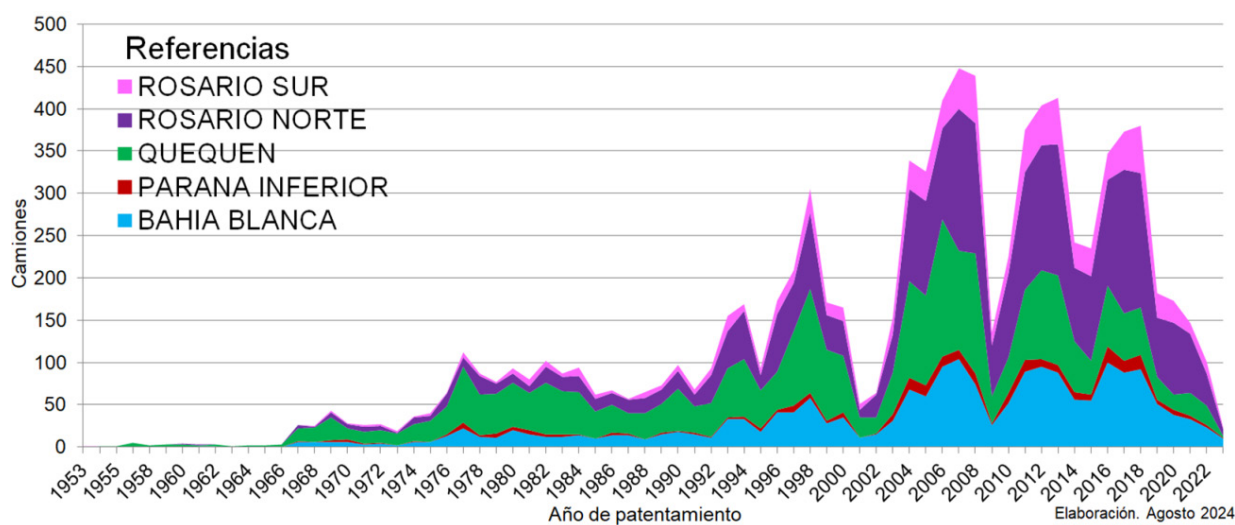
Fuente: Elaboración propia (octubre de 2024)

24. El Sistema de Turnos Obligatorio para Descarga en Puertos (STOP) es un sistema utilizado para la operatoria de descarga de granos con vehículos de transporte automotor de cargas en las terminales portuarias y establecimientos de acopio y/o de reacondicionamiento de agrograneles habilitados.

Estos resultados evidencian no sólo la disparidad en la modernización de las flotas según el área portuaria, sino también las posibles implicaciones en la eficiencia operativa y el impacto ambiental del transporte de carga. Así, por ejemplo, el más alto desvío estándar que exhibe el puerto de Quequén (14,0) demuestra la coexistencia de unidades con amplios rangos de antigüedad, desde modelos recientes hasta vehículos con varios años de uso. La antigüedad elevada de la flota en torno a este puerto, combinada con su alta dispersión, sugiere un riesgo mayor de fallos mecánicos y un consumo energético ineficiente, lo que podría incrementar los costos operativos y las emisiones de gases contaminantes.

La Figura 4 presenta la cantidad de vehículos registrados por puerto según su año de patentamiento. La muestra, que nuclea las unidades patentadas entre 1953 y 2023, exhibe dinámicas relacionadas con el progreso económico, logístico y comercial de la Argentina. Así, se observa un crecimiento moderado de los patentamientos llevados a cabo durante la década del '90, una considerable baja de estos durante la grave crisis de 2001/2002 y un incremento exponencial desde ese entonces hasta el año 2008, período en el que Argentina demostró un significativo crecimiento de su economía. Luego, en los años 2009 y 2015 se observan dos descensos bien marcados de los patentamientos –ligados a la desaceleración del crecimiento que demostró la economía argentina en esos años–, caída que asimismo se agudizó durante el crítico lustro de 2018-2023. En suma, estas cifras sugerirían que en esos períodos de crisis no sólo se afectó la actividad económica en general, sino que ello también tuvo un impacto directo en la capacidad de los operadores de transporte para renovar su flota.

Figura 4. Cantidad de vehículos por año de patentamiento según puerto.

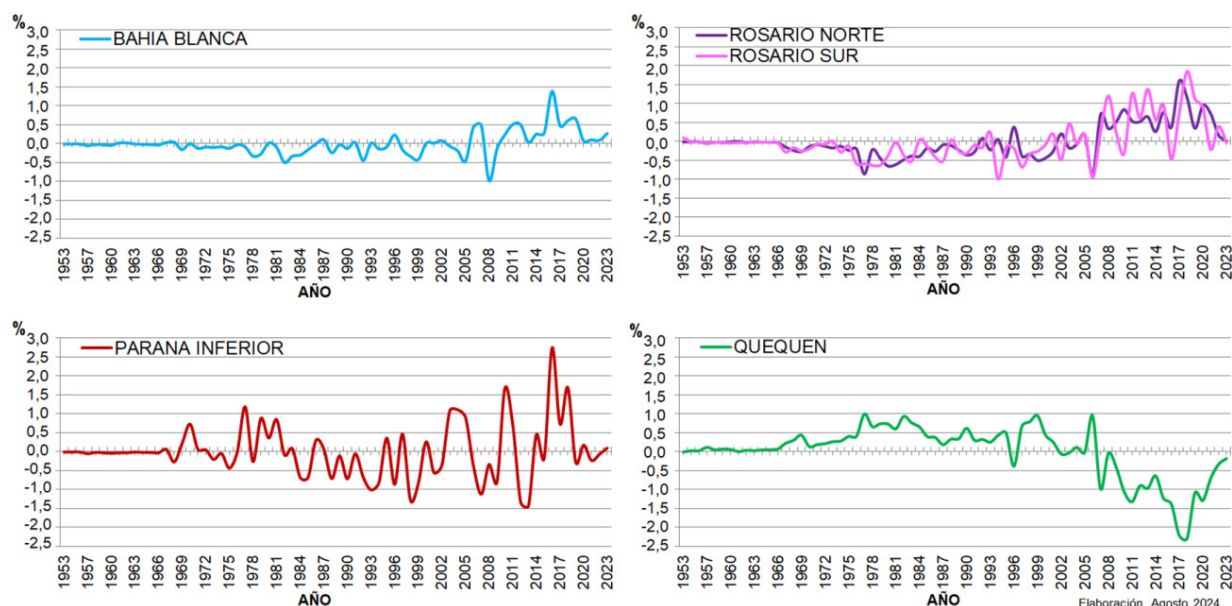


Fuente: Elaboración propia (agosto de 2024)

Al analizar los porcentajes de flota según su antigüedad, es posible comparar la cantidad de unidades por año de patentamiento respecto al promedio en cada puerto. La Figura 5 grafica lo suscitado al respecto por zona relevada. Según la muestra, en Rosario Norte y Rosario Sur se exhibe la flota más moderna debido a la sustancial cantidad de vehículos registrados durante la última década y media. Por su parte, Quequén posee una presencia significativa de unidades patentadas entre 1966 y 2000 y una menor cantidad de vehículos patentados entre 2006 y 2023. En contraste con ello, Bahía Blanca muestra una menor variabilidad con relación al promedio, lo que estaría

relacionado con su especialización en el transporte de productos básicos, que suele ser más resistente ante variaciones económicas.

Figura 5. Cantidad de unidades por año de patentamiento respecto al promedio según puerto



Fuente: Elaboración propia (agosto de 2024)

Las tendencias observadas tienen implicaciones importantes para la eficiencia y sostenibilidad del transporte de carga, dado que las flotas más antiguas suelen ser menos eficientes en términos de consumo de combustible y más propensas a fallas mecánicas, lo que podría aumentar los costos operativos y las emisiones de gases contaminantes (E2)²⁵. Por lo tanto, la relación entre los ciclos económicos y el recambio de la flota debe ser cuidadosamente considerada en el desarrollo de políticas de transporte y planificación logística, especialmente en sectores críticos como el transporte de granos, donde la eficiencia y la fiabilidad son fundamentales para la competitividad internacional y la seguridad alimentaria.

Las flotas relevadas también son capaces de diferenciarse en función de sus SCE. Estas tecnologías de motorización determinan una menor emisión de GEI y material particulado²⁶. Mientras que los motores más antiguos emiten un mayor porcentaje de dichos contaminantes, estos gases se ven reducidos a medida que las motorizaciones son más modernas.

De forma lógica, la muestra de Quequén obtiene peor desempeño al respecto al exhibir una flota más antigua que la de otros puertos. Ello se optimiza en el caso de la muestra adquirida en Rosario Norte y Rosario Sur. A modo de ejemplo: si el promedio general de los vehículos registrados sin SCE es del 23%, esto se ubica en más de un tercio en Quequén (36,5%) mientras que en Rosario Sur y Norte no alcanza el 15%. De hecho, en estos dos puertos santafesinos, más del 60% de los vehículos poseen sistema Euro 3 o superior, mientras que en Quequén el 60% de los vehículos no poseen SCE o EURO 1 (Tabla 3).

25. Entrevista con consultor y conferencista internacional especializado en transporte de cargas y logística (3 de agosto de 2023).

26. La población argentina está expuesta a niveles de contaminación ambiental por material particulado fino (PM2.5) un 30% por encima de la recomendación anual de la OMS. El sector del transporte es un contribuyente sustancial de dicho material (Miller y Braun, 2020).

Tabla 3. Sistema de control de emisiones de la flota de camiones relevada por puerto en porcentajes (2021-2024)

PUERTO	SISTEMA DE CONTROL DE EMISIONES (EN %)				
	SIN SCE	NORMA EURO 1	NORMA EURO 2	NORMA EURO 3	NORMA EURO 5
B. Blanca	19,1	20,2	4,9	33,2	22,6
Paraná Inferior	21,0	21,4	4,1	29,7	23,8
Quequén	36,5	24,2	5,4	24,5	9,5
Rosario Norte	14,9	20,1	3,6	37,2	24,3
Rosario Sur	14,8	20,2	3,5	38,2	23,2
Promedio	23,0	21,5	4,5	32,0	19,0

Fuente: Elaboración propia (agosto de 2024)

Respecto a la configuración y tipo de bodega de las unidades, el total de la muestra exhibió que más de la mitad de los camiones (6 de cada 10) posee caja y acoplado cerealero o caja y acoplado “todo puerta” de hasta 30 toneladas (en adelante “cerealero o todo puerta”); un 17,2% batea; un 8,8% tolva o semi-tolva; y un 1,5%, otras configuraciones (como *full trailer* o mixto). A estos se suman un 12,2% de nuevos vehículos de mayor porte, a saber: un 12% de vehículos escalados (10,2% de escalados tipo cerealero o “todo puerta” y un 1,8% de escalado tipo tolva) y un 0,2% de bitrenes.

Tabla 4. Tipo de bodegas de camiones relevadas por puerto en porcentajes (2021-2024)

PUERTO	CEREALERA o TODO PUERTA	BATEA	TOLVA	SEMI TOLVA	ESCALADO	BITREN	OTROS
B. Blanca	49,25	25,82	5,51	6,70	11,22	0,42	1,09
Paraná Inferior	60,00	27,93	3,10	2,76	4,83	0,00	1,38
Quequén	69,93	17,22	2,56	1,72	7,03	0,00	1,55
Rosario Norte	57,72	11,99	3,11	8,24	16,61	0,40	1,94
Rosario Sur	57,85	13,23	4,95	4,73	17,63	0,32	1,29
Promedio	60,00	17,25	3,62	5,25	12,07	0,25	1,55%

Fuente: Elaboración propia (agosto de 2024).

Ahora bien, estos promedios muestran variaciones considerables al analizar las muestras obtenidas en cada puerto (Tabla 4). Las unidades cerealeras o “todo puerta” de hasta 30 toneladas se ubicaron por encima del promedio de la muestra total (59,9%) en Quequén y en el Paraná Inferior. Mientras que por debajo del promedio se ubicaron Rosario Sur, Rosario Norte y Bahía Blanca. Vale aclarar que este tipo de unidades requiere el uso de plataformas volcadoras en los puertos para su descarga. Así, los mencionados resultados subrayan la importancia de la infraestructura portuaria adaptada para la operación eficiente de estas unidades en las distintas áreas.

Respecto a los tractocamiones con batea, Bahía Blanca y Paraná Inferior tienen los porcentajes más significativos, con más del 25%, lo cual podría estar relacionado a su rol en la logística de minerales y otros graneles que requieren este tipo de vehículos y pueden usarse indistintamente para una u otra carga. Por su parte, un guarismo similar al promedio total de la muestra se observó en Quequén, mientras que porcentajes inferiores al promedio general se observaron en Rosario Sur y en Rosario Norte.

En cuanto a las unidades tipo tolva y semi-tolva, en Bahía Blanca representaron un 5,5% y 6,7%; en Rosario Norte 3,1% y 8,2%; y en Rosario Sur, 5% y 4,7% respectivamente. Es decir, al sumar ambos valores por puerto, en todos esos casos se ubicaron por encima del promedio del 8,8% de unidades que exhibieron esta tipología en la muestra total. Por su parte, por debajo del promedio general se ubicó la muestra del Paraná Inferior y la de Quequén.

Tanto en Rosario Sur como en Rosario Norte, los escalados –tanto cerealeros o “todo puerta” como tipo tolva– representan 1 de cada 6 vehículos, por encima del promedio general del 12%. Este tipo de configuraciones, capaces de transportar más carga, se ubicó cercana al promedio general en Bahía Blanca, siendo su proporción mucho menor en Quequén y Paraná Inferior (7 y 4,8% respectivamente). Por último, los bitrenes son más numerosos en Bahía Blanca, Rosario Norte y Rosario Sur –todos por encima del promedio total de la muestra–, mientras que no se observaron camiones con esta última configuración en Paraná Inferior y Quequén.

Las variaciones en los tipos de unidades según área relevada no son azarosas, sino que se relacionan con las configuraciones que cada puerto autoriza a recibir en función a la infraestructura de descarga allí presente (Agroentregas, 2024). Así, las terminales aplican limitaciones tanto en el largo como en el peso de las unidades a las que se les permite descargar granos. Estas limitantes están dadas por el largo de las balanzas y plataformas de volteo, la posición de los topes para las ruedas (para las unidades “cerealeras o todo puerta”) y la presencia de rejillas para las unidades auto-descargables (tolvas, semi-tolvas y bateas). Por ejemplo, en Quequén todas las terminales prohíben la descarga de unidades mixtas y bitrenes, mientras que el acceso de semirremolques no auto-descargables (cerealeros y “todo puerta”) está permitido. En el caso de Rosario Norte y Sur, la mitad de las terminales permiten la descarga de vehículos mixtos, mientras que un tercio admite la descarga de los semirremolques “todo puerta”. Todas las terminales rosarinas reciben vehículos escalados (ya sean cerealeros, “todo puerta” y tolva) y la mitad de ellas también admiten bitrenes (en particular, todas las terminales más modernas de la zona de Timbúes). Por su parte, en Bahía Blanca no es posible descargar tipologías mixtas, ni semirremolques que no sean tolva y batea, mientras que la descarga de bitrenes y escalados se realiza en todas ellas, a excepción de las terminales más antiguas, que pertenecían a la ex Junta Nacional de Granos²⁷. En Paraná Inferior se da una situación similar a la de Bahía Blanca, siendo Villa Constitución la más restrictiva, dado que solo recibe camiones cerealeros, “todo puerta” y bateas cortas.

Además de las restricciones de ingreso por parte de los puertos, otros factores inciden en la distribución porcentual de los tipos de unidades que circulan por cada área. Entre dichos factores se destacan la compra “óptima” por parte de los transportistas, cuentapropistas, productores, empresas de diferentes tamaños, así como la capacidad de las unidades para transportar una variedad de cargas más allá de cereales y oleaginosas (Iriarte et al, 2005).

Los datos indican que la adquisición de camión y acoplado cerealeros o en su versión tolva es la opción preferida por cuentapropistas y empresas familiares y constituye la opción conservadora y funcional. Estas unidades incluyen también a las cajas y acoplado “todo puerta”, que permiten la apertura completa de sus paneles, tanto posteriores como laterales, lo que facilita el transporte de cargas generales. Si bien todas las unidades de transporte tienen ventajas y desventajas, el camión con acoplado cerealero, “todo puerta” y tolva se adaptan adecuadamente a todas las terminales y agroindustrias, ofreciendo versatilidad y eficiencia en diversos contextos operativos.

27. La Junta Nacional de Granos fue un ente estatal de regulación del mercado de granos en Argentina disuelto en 1991.

Cabe destacar que las unidades tolva semirremolque, escaladas y bitrenes suelen ser parte de las flotas de empresas más grandes. Esto pudo visualizarse en los relevamientos gracias a la modalidad llevada a cabo por este tipo de firmas de plotear con números la cantidad de unidades que poseen. Así, la visualización de números superiores a quince²⁸ nos ofrece un dato acerca de la capacidad financiera para adquirir unidades de mayor tonelaje o más modernas, óptima velocidad de descarga y menor necesidad de mantenimiento periódico, hecho que genera ahorros logísticos para esas empresas.

Asimismo, influyen en la elección de uno u otro tipo de bodega la posibilidad de captar cargas que no sean granarias, con el objetivo de evitar viajes en vacío. En ese sentido, los camiones “todo puerta” suelen ser usados para cargas generales, mientras que los ‘tipo tolva’ y, fundamentalmente, los ‘tipo batea’ son adecuados para el transporte de fertilizante y otros áridos inertes. Estas cargas suelen tomarse en los puertos una vez descargado el cereal, para así amortizar el retorno a la localidad de origen o, en su defecto, a una cercana.

Por otro lado, un punto positivo de adquirir un tractor (para empujar un semirremolque o batea) por sobre el camión carrozado (con una caja cerealera, “todo puerta” o tolva) es que el primero permite una mayor flexibilidad a la hora de acoplarle cualquier tipo de semirremolque o batea, ya sea propio o de un tercero²⁹. Otra ventaja de los tractores es que, en los tramos en los que circula con el semirremolque desenganchado (cuando no se mueven granos), se gana en eficiencia³⁰.

3.2. *Uso de tecnologías de eficiencia energética por puerto*

A través de la metodología de recolección de datos aplicada fue posible captar el uso de tecnologías de eficiencia energética de las unidades que circulan por cada área portuaria. Vale destacar un punto antes de avanzar con el análisis acerca de ello: no toda la energía de los combustibles que se carga a un vehículo llega a las ruedas, puesto que un porcentaje importante de ésta se pierde en fricción con el pavimento, en la resistencia aerodinámica y en forma de calor (Vassallo et al., 2021). Entre esas pérdidas, se encuentran aquellas relacionadas con las llamadas “pérdidas en la ruta” expuestas por todos los vehículos, cualquiera sea su tipo y tamaño. Así, fricciones como las del aire y la resistencia de las rodaduras llegan a reducirse a través de una optimización de la aerodinámica de las unidades –para la fricción del aire–, o el uso de neumáticos de baja resistencia de rodadura y/o el mantenimiento de una presión adecuada en ellos –para la de las rodaduras– (Vassallo et al., 2021).

Si bien existen numerosas posibilidades para mejorar la eficiencia energética de las unidades de transporte, algunas no son visibles mientras que otras son parte de la carrocería del vehículo o de sus ejes. Entre estas últimas se destacan los deflectores y faldones aerodinámicos y los sistemas de calibración de presión de los neumáticos. Los primeros constituyen prolongaciones de la carrocería original (o parte de su configuración de fábrica). De fibra de vidrio, plástico o material compuesto, estos implementos tienen como objetivo reducir las áreas de impacto del aire de forma frontal cuando el camión se encuentra en movimiento. Este flujo se canaliza de forma más fluida y con menor resistencia hacia los laterales y la parte superior del vehículo, lo que reduce

28. El 95% de las unidades que circulan por las áreas relevadas pertenecen a empresas con menos de 5 camiones (E1).

29. El camión carrozado debe mantener su tipología (tolva, “todo puerta” o cerealero) tanto en el camión como en el acoplado para no ser considerado mixto. Esto último, de llevarse a cabo, limitaría la posibilidad de ingreso a determinados puertos.

30. Ello no ocurriría con los camiones carrozados. En estos casos, un eventual desenganche de su acoplado implicaría dejar estacionadas unas 22 toneladas de las 30 toneladas que constituye su carga neta, moviendo 8 toneladas con la unidad tractora (donde se encuentra el motor), lo que aumenta su consumo.

la resistencia aerodinámica y colabora en el ahorro de combustible. El uso de estas tecnologías implica ahorros de combustible en torno al 8%, de acuerdo con la evaluación realizada en el marco de un proyecto en el que se vinculan EUROCLIMA+ e instituciones gubernamentales de Argentina y Chile (Aristo, 2024).

Por su parte, los sistemas de calibración de presión de neumáticos utilizan un compresor de aire (que en ocasiones también es usado para el frenado) con el fin de mantener una presión constante en todas las cubiertas. Esa información es enviada en tiempo real al conductor del vehículo, lo que le permite ajustar la presión de acuerdo con la temperatura diaria y las condiciones del camino. Estos sistemas tienen un impacto positivo en el combustible consumido de entre un 1% a un 6% en el combustible total (Aristo, 2024; Dirección de Eficiencia Energética en Sectores Productivos y Transporte, 2019; Fiadone et al., 2018). Además, optimiza eventuales recapados de los neumáticos y se adaptan a distintas superficies de terreno y temperaturas de operación.

La Tabla 5 muestra los resultados de los relevamientos respecto del uso de este tipo de tecnologías por puerto. El uso de deflectores está, en promedio, menos difundido que el uso de calibradores de presión de los neumáticos. Mientras que 1 de cada 5 vehículos cuenta con deflectores, 1 de cada 2 posee calibradores. Las variaciones por puerto son también notorias en este sentido. Ello se exhibe para ambas tecnologías.

En cuanto a la utilización de deflectores, si en Quequén se observa una menor frecuencia –con solo 1 de cada 8 camiones con deflectores–, estos valores son similares al promedio en el Paraná Inferior. En Rosario sur se ven el doble de deflectores que en Quequén, con uno de cada 4 camiones equipados; mientras que en Bahía Blanca y Rosario Norte la frecuencia relevada es mayor.

Tabla 5. Edad promedio y uso de tecnologías de eficiencia energética por puerto (2021-2024)

PUERTO	EDAD PROMEDIO	CAMIONES CON DEFLECTOR/ES (%)	CAMIONES CON CALIBRACIÓN DE PRESIÓN (%)
BAHIA BLANCA	17,5	28,3	52,2
PARANA INFERIOR	18,1	21,7	50,3
QUEQUEN	24,4	12,8	37,3
ROSARIO NORTE	15,8	28,3	59,2
ROSARIO SUR	15,7	24,7	55,6
Promedio general	19,0	22,2	49,8

Fuente: elaboración propia (agosto de 2024).

Si observamos el uso de calibradores de presión de neumáticos, se destaca que casi la mitad de la muestra total exhibió este tipo de tecnologías. Un porcentaje elevado si se tiene en cuenta de que se trata de un implemento que no suele venir de fábrica y que, por ello, requiere de su adquisición e instalación. Un valor de esta magnitud implicaría, a su vez, que los beneficios son conocidos y que la tecnología resulta útil a los transportistas, tanto para el cuidado de sus neumáticos como para el ahorro de combustible, dos de los insumos que más incidencia suelen tener en el costo logístico.

En Quequén se observa una difusión de los calibradores inferior al promedio (37,3%) mientras que, por encima de este, se ubican Paraná Inferior, Rosario Sur y Rosario Norte (donde se encuentran los valores máximos). Bahía Blanca exhibe un porcentaje similar al promedio de la muestra. En suma, la considerable penetración de estos implementos en cada una de las zonas relevadas se debe a su rápido repago en función al nivel de actividad, puesto que la combinación

de deflectores y calibradores implica ahorros de hasta un 10% en el consumo de combustible (Fiadone et al., 2018).

Como paliativo al envejecimiento de la flota que opera en el segmento de cargas granarias, consideramos que la difusión de potenciales beneficios económicos a través de la utilización de deflectores y calibradores, son una buena forma de mejorar los desempeños ambientales de la logística de granos y oleaginosas (E1 y E2). Sobre todo, teniendo en cuenta una coyuntura como la que ha exhibido Argentina en los últimos años, caracterizada por altos índices de inflación y una reducción de los márgenes de ganancia de muchas de las firmas transportistas que operan en el segmento.

4. Conclusiones

El análisis de las flotas que circulan por los principales puertos cerealeros de Argentina revela diferencias considerables en cuanto a su antigüedad, configuración y empleo de tecnologías de eficiencia energética. Mientras que Rosario Norte y Rosario Sur exhiben las flotas más modernas –con una cantidad considerable de vehículos registrados en los últimos quince años–, Quequén presenta una flota significativamente antigua, heterogénea y con menor uso de tecnologías de eficiencia energética, cualidades que la ubican como la flota más contaminante de las evaluadas.

Respecto al tipo de bodega también es posible identificar vehículos de menor capacidad en Quequén y en los puertos del Paraná Inferior respecto de Rosario. Esta última zona presenta una mayor proporción de unidades escaladas, siendo la más eficientes en términos logísticos (con mayor tonelaje transportado por viaje) y ambientales (con menor consumo de combustible al contar con motores más modernos y mayores porcentajes de uso de tecnologías de eficiencia energética).

Resulta llamativa la amplia adopción de calibradores de presión en términos generales, lo cual indica una tecnología madura y con buena difusión. Para el caso de los deflectores aerodinámicos, existe una oportunidad de mejora para su difusión, con costos moderados y tiempos de repago similares a los de los calibradores, sobre todo en aquellos puertos en donde su presencia es menor (como Quequén).

Para finalizar, consideramos que la metodología aplicada y los resultados obtenidos en este estudio constituyen un modelo útil para la evaluación y optimización de flotas de transporte en puertos internacionales. La adopción de un enfoque similar permitiría a otros puertos identificar variaciones en la antigüedad y el tipo de flota circulante, y, a partir de ello, desarrollar estrategias específicas orientadas a mejorar la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental. Asimismo, la metodología propuesta ofrece una estructura sólida para analizar el envejecimiento de las flotas, la proporción de tecnologías más eficientes y las particularidades regionales de los vehículos. Esto facilita la formulación de políticas ajustadas a la realidad local que promuevan la renovación de la flota y la adopción de tecnologías avanzadas según puerto. Además, los resultados destacan la importancia de una evaluación detallada de las prácticas a nivel local, lo cual ayudará a otros puertos a desarrollar intervenciones dirigidas y efectivas, con validación local de técnicas y tecnologías, optimizando así el rendimiento del transporte y promoviendo la sostenibilidad a nivel global.

Bibliografía

- Agroentregas. (2024). Tipo de camiones que reciben plantas. Recuperado de <https://goo.su/2rpkGQ>
- Álvarez, D. (2023). Necesidades de adaptación del transporte frente a la vulnerabilidad producida por eventos climáticos. *Revista Geográfica Digital* (20) 40, 6-14. <https://doi.org/10.30972/geo.20407204>
- Aristo Consultores SpA (2024). *Estudio para el desarrollo de una hoja de ruta para la armonización de los programas Giro Limpio de Chile y Transporte Inteligente de Argentina*. Secretaría de Energía del Ministerio de Economía de Argentina, Ministerio de Energía de Chile y Agencia de Sostenibilidad Energética de Chile. Recuperado de <https://n9.cl/7enom>
- Asociación de Fábricas de Automotores [ADEFA]. (2019). Parque Automotor. Vehicle Fleet. Recuperado de <https://goo.su/Wgct>
- Barbero, J. (2010). *La logística de cargas en América Latina y el Caribe: una agenda para mejorar su desempeño*. Nota técnica IDB-TN-103, Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de https://lc.cx/QY_kUB
- Barbero, J. (junio de 2018). “El transporte, soporte para el desarrollo del agro”. En *Semana de la Ingeniería 2018*. Conferencia organizada por el Centro Argentino de Ingenieros, Buenos Aires, Argentina.
- Barbero, J., Álvarez, D., Abad, J., Regueiro, D., Ochoa, R. y Gartner, A. (2011). *Lineamientos de Políticas Públicas para la Logística de Cargas*. Buenos Aires: Secretaría de Política Económica.
- Barbero, J., Cruz Moreno, L., Estévez, 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)*. Buenos Aires: Instituto del Transporte de la Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <https://lc.cx/vT3wna>
- Barbero, J. A., Fiadone R., Millán Placci M. R. (2020). *El Transporte Automotor de Cargas en América Latina*. Buenos Aires: Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://lc.cx/H4aiTd>
- Barbero, J. y Uechi, L. (2013). *Evaluación de la disponibilidad y la calidad de datos sobre el transporte en América Latina*. Nota técnica IDB-TN-315, Banco Interamericano de Desarrollo. Recuperado de <https://lc.cx/a8B74w>
- Barreña, M; Catalano, R; Paoloni, G y Sierra, J. (2023). Uso de Biogás Licuado en el transporte de larga distancia de la producción de la PyME agropecuaria argentina. Potencial de producción y un análisis de rentabilidad. *Revista Científica de la Universidad de Belgrano*, 6 (1). 72-93. Recuperado de <https://lc.cx/3a66RU>
- Basadona J. y Calzada, J. (2016). Cerca de 90.000 camiones transportan granos a fábricas y puertos. *Informativo Semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario* no. 1744. Recuperado de: <https://lc.cx/TFS1BA>
- Calzada, J., D’Ángelo, G., Di Yenno, F. Sesé, A., Treboux, J. Ferrari, B. y Ybañez, P. (2022). Transporte en Argentina y la Región Centro: camino a 2031. *Informativo semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario* no. 2049. Recuperado de <https://goo.su/FgkCx3>
- Cámara Argentina del Transporte Automotor de Mercancías y Residuos Peligrosos [CATAMP] (2023). *Boletín Técnico* no. 109. Recuperado de <https://lc.cx/TbaeZn>
- D’Ángelo, G., Ferrari, B., y Terré, E. (2025). Cimientos del éxito: Las fortalezas que sostienen al agro argentino. *Informativo semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario* no. 2178. Recuperado de <https://goo.su/aFG4qu>
- D’Ángelo, G.; Ybañez, P. y Sesé, A. (2024). El transporte de cargas 2023/24 dejaría atrás la sequía. *Informativo semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario* no. 2129. Recuperado de <https://lc.cx/U3w2c5>
- Decreto Ley 543. (2016). Biocombustibles. Poder Ejecutivo Nacional. Recuperado de <https://lc.cx/U3w2c5>
- Dirección de Eficiencia Energética en Sectores Productivos y Transporte (2019). *Guía de para la gestión eficiente del transporte automotor de cargas de la República Argentina*. Buenos Aires: Secretaría de Energía.
- Dirección Nacional de Planificación del Transporte de Cargas y Logística [DNPTCYL] (septiembre de 2019). “Descarbonizando el transporte en economías emergentes DTEE: resumen del sector del transporte de carga en Argentina”. En *Decarbonising Transport in Emerging Economies*. Reunión de lanzamiento del proyecto llevado a cabo en Buenos Aires, Argentina.
- European Automobile Manufacturers’ Association [ACEA]. (2019). Euro Standards. Recuperado de <https://goo.su/tm9IUd>
- Fiadone, R. (2018). *El desempeño del transporte automotor de cargas. Propuestas para su mejora*. Informe final. Buenos Aires.
- Fiadone, R., Filadoro, A. y Sánchez, J. (2018). *Estudio de estrategias para la implementación del Programa Transporte Inteligente (PTI)*. Informe final. Buenos Aires.

- Gabinete Nacional de Cambio Climático [GNCC]. (2017). *Plan de Acción Nacional de Transporte y Cambio Climático*. Versión 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable, y Ministerio de Transporte. Recuperado de <https://lc.cx/6Zzk0i>
- Gil, S. y Pietro, R. (2016). “Eficiencia Energética en la Argentina Una posible hoja de ruta”. En *1° Encuentro sobre Ciudad, Arquitectura y Construcción Sustentable ENCACS*. La Plata, Argentina.
- Hayes, R. (2023). Why hydrogen trucks may be the answer. The Truck Expert. Recuperado de <https://goo.su/1JAqg>
- International Transport Forum [ITF]. (2020). *Descarbonizando el Sistema de Transportes en Argentina. Trazando un Rumbo a Seguir*. Recuperado de <https://lc.cx/6MMVdD>
- International Transport Forum [ITF]. (2021). *Escenarios de políticas públicas para descarbonizar el sistema de transporte en Argentina*. Recuperado de <https://lc.cx/pFpMtO>
- International Transport Forum [ITF] (2022) *Decarbonising Europe's Trucks. How to Minimise Cost Uncertainty. Case-Specific Policy Analysis*. Recuperado de <https://lc.cx/97x3I5>
- International Transport Forum [ITF]. (2023). *ITF Transport Outlook 2023*. Recuperado de <https://lc.cx/8vN3H7>
- Iriarte, L., Brieva, S., 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, Argentina: EdiUNS.
- López, G. (2012). El transporte de granos en Argentina. Principal limitante del crecimiento del sector. En *Fundación Producir Conservando*. Recuperado de <https://lc.cx/HxSOBC>
- Miller J. y Braun, C. (2020). *Análisis costo-beneficio de las normas euro vi sobre emisiones en vehículos pesados en Argentina*. ICCT. Recuperado de <https://lc.cx/1IMgHD>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible De La República Argentina [MAyDS] (2021). *Cuarto Informe Bienal de Actualización de la República Argentina a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Recuperado de <https://lc.cx/CTMWfs>
- Moreira Muzio, M., Gaioli, F.; Galbusera, S. (2019). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de Argentina*. Recuperado de <https://lc.cx/XF4dXW>
- Parysow, J. (2021). Repensando la agenda de transporte en Argentina: sustentabilidad, desarrollo territorial e innovación. *Revista Argentina De Ciencia Y Tecnología*, 1(8). Recuperado de <https://goo.su/BQhXE4O>
- Pierri, J. (2014). El transporte de granos, 1989-2000. En Pierri (ed.) *Producción y comercio de granos. Políticas públicas, grandes empresas y dependencia (1980-2012)* (pp. 99-144). Buenos Aires: Editorial Biblos.
- Polo, C. (1990). El transporte automotor. En Obschatko, E. (ed.) *La comercialización de granos en la Argentina* (pp. 385-444) Buenos Aires: Legasa.
- Rodríguez Tornquist, R. y Cruz, L. (2018). Transporte Sostenible. En: Zunino Singh, D., Giucci, G. y Jirón, P. (Eds.) *Términos clave para los estudios de movilidad en América Latina*. (pp. 67-73) Buenos Aires: Biblos.
- Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante [SSPVNyMM] (2025). Estadísticas de carga. Carga no contenedorizada. Buenos Aires: Ministerio de Economía de la Nación. Recuperado de <https://goo.su/0sngMcm>
- Trigo, E.J. y Cap, E. (2006). *Ten Years of Genetically Modified Crops in Argentine Agriculture*. Recuperado de <https://lc.cx/0JauWk>
- Vasallo, J. (2018). Normas de Emisiones Vehiculares en Argentina. Infraestructura y Capacidad Tecnológica disponible para el Control del Cumplimiento con los Estándares de Emisión”. En *South American Summit on Vehicle Emissions Control, Buenos Aires, Argentina*. Recuperado en <https://lc.cx/Qc0R80>
- Vasallo, J. (2018). “Regulación ambiental del transporte automotor pesado”. En *II Jornadas Iberoamericanas de Motores Térmicos y Lubricantes* realizadas en Santa Fe.
- Vassallo, J., Gil, S. y Pietro, R. (2021) *Transporte sostenible en Argentina. Costos e impactos ambientales de los distintos combustibles*. Cámara Argentina de la Construcción. Recuperado de <https://lc.cx/yKNiLG>
- Vazano, P. (2022). Mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del transporte automotor de agrograneles al Puerto de Bahía Blanca hacia 2030. *Revista Universitaria De Geografía*, 31(2), 11-46. Recuperado de <https://goo.su/0nkacd>
- Vazano, P. y Arrarás, J. (2023). “El autotransporte en las cadenas agrícolas de exportación: opacidad y dificultades para un transporte más sostenible”. En las *I Jornadas Científicas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de San Martín*. Buenos Aires, Argentina.

- Zarrilli, A. (2020). La Naturaleza puesta en Jaque: La Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Socio-Ambiental (1980-2017). *Historia Ambiental Latinoamericana Y Caribeña (HALAC) Revista De La Solcha*, 10(1), 125–149. Recuperado de <https://lc.cx/vpHQhH>

Agradecimientos

Se agradece al Proyecto de Grupos de Investigación (PGI Cod: 24/ZG14) de la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur y al Instituto del Transporte de la Escuela de Hábitat y Sostenibilidad de la Universidad Nacional de San Martín (IT-EHyS-UNSAM) por el apoyo brindado durante el desarrollo de esta investigación.

Contribución de autorías

El diseño general de la investigación, la recopilación y análisis de datos fueron realizados por Pablo A. Vazano; Juan Manuel Arrarás participó en el análisis espacial, la construcción teórico-metodológica y la redacción. Alejandra M. Geraldi contribuyó con el enfoque metodológico general, supervisión científica, redacción y corrección del manuscrito; Federico G. Barragan intervino la revisión técnica del enfoque y sugerencias en la articulación de resultados y discusión colaboró en el relevamiento de campo. Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final del artículo.

Financiación

Esta investigación fue financiada por el Proyecto de Grupos de Investigación “Aplicación de Tecnologías de la Información Geográfica al estudio integral y comparativo de problemáticas ambientales” Segunda Parte. Cod: 24/ZG14, dependiente de la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur (UNS), Argentina. Además, parte de la duración de la investigación Pablo Vazano obtuvo una beca con co-financiamiento del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Universidad Nacional de San Martín (UNSAM).

Conflicto de intereses

Los/as autores/as de este trabajo declaran que no existe ningún tipo de conflicto de intereses.