



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Escuela de Estudios de Posgrado



Universidad de Buenos Aires Facultad de Ciencias Económicas Escuela de Estudios de Posgrado

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA

Costos externos del transporte de cargas en Argentina:
una primera aproximación

AUTOR: MELINA DANESE

DIRECTOR: ALBERTO MÜLLER

DICIEMBRE 2016

ÍNDICE

RESUMEN.....	4
PARTE I: INTRODUCCIÓN. LOS COSTOS INTERNOS Y EXTERNOS	5
I.1 Los costos internos	6
I.2 Los costos externos.....	7
I.3 Planteo de interrogantes e hipótesis sobre el tema	11
I.4 Alcance y estructura de la investigación	11
PARTE II: MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA EXISTENTE SOBRE EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE.....	13
II.1 La economía del bienestar.....	13
II.2 Revisión de la literatura.....	13
PARTE III: EL TRANSPORTE DE CARGAS EN ARGENTINA. DISTRIBUCIÓN MODAL, COSTOS Y PRINCIPALES PRODUCTOS TRANSPORTADOS. EL TRANSPORTE DE GRANOS Y EL CORREDOR AGRARIO.....	19
III.1 El mercado de granos.....	21
III.1.1 Producción de granos en Argentina	22
III.1.2 Sistema de comercialización.....	24
III.1.3 Movilización de la producción.....	25
III.2 El corredor agrario	27
PARTE IV: PRESENTACIÓN DE EXTERNALIDADES A VALORIZAR, ENFOQUE METODOLÓGICO Y DESCRIPCIÓN DE CADA CATEGORÍA DE COSTOS.....	31
IV.1 Accidentalidad	31
IV.2 Contaminación atmosférica	33
IV.3 Cambio climático.....	36
IV.4 Contaminación sonora	38
IV.5 Consumo de combustible.....	40
IV.6 Enfoque metodológico.....	42
IV.6.1 Accidentalidad	42
IV.6.2 Contaminación atmosférica	46
IV.6.3 Cambio climático.....	48
IV.6.4 Contaminación sonora	50
IV.6.5 Consumo de combustible.....	54
PARTE V: RESULTADOS DEL ESTUDIO. CÁLCULO DE LAS CINCO EXTERNALIDADES Y ESTIMACIÓN DEL AHORRO ANUAL POR COSTOS EXTERNOS	55

V.1 Cálculo de la externalidad por accidentalidad.....	55
V.2 Cálculo de la externalidad por contaminación atmosférica.....	67
V.3 Cálculo de la externalidad por cambio climático	79
V.4 Cálculo de la externalidad por contaminación sonora	83
V.5 Cálculo de la externalidad por consumo de combustible	85
V.6 Análisis comparativo del costo por externalidad para Argentina y Europa	87
V.7 Estimación del ahorro anual total por minimización de costos externos	90
PARTE VI: CONCLUSIONES	101
ANEXO	103
REFERENCIAS.....	107

RESUMEN

La configuración de la matriz actual de transporte en Argentina es el claro resultado de décadas de políticas que favorecieron la primacía del transporte automotor en detrimento del ferroviario, tanto en lo que refiere al transporte de pasajeros como al de cargas.

El objetivo de este trabajo es aportar un argumento a favor de una mayor inversión en transporte ferroviario a través de la cuantificación del ahorro que representaría para el país una disminución en los costos externos consecuencia del mayor peso del ferrocarril en la matriz de transporte. El enfoque está puesto en el transporte de granos y se plantean tres escenarios potenciales de derivación de cargas del camión al tren.

Si al momento de tomar decisiones de inversión en transporte se analizan sólo los costos internos, es esperable que en la mayoría de los casos el transporte automotor resulte la mejor opción. Sin embargo, al considerar también los costos externos, el ferrocarril resulta una elección más eficiente desde el punto de vista del bienestar social por cuanto logra minimizar el impacto de externalidades tales como accidentes de tránsito, contaminación atmosférica, cambio climático, contaminación sonora y consumo de combustible.

Para la valorización de las primeras cuatro externalidades se replicó la metodología presentada por la Unión Internacional de Ferrocarriles en su trabajo *External Costs of Transport in Europe*, mientras que para la última se aplicó una fórmula propuesta por la Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles. En todos los casos, los costos del modo ferroviario resultan varias veces inferiores a los del automotor, lo cual redundará en forma directa en importantes mejoras en la calidad de vida de la población. Hay también un beneficio indirecto: la posibilidad de destinar el ahorro generado al financiamiento de programas y políticas de alto impacto social.

Es importante aclarar que, debido a la no disponibilidad de información, un importante número de variables debieron ser estimadas y por consiguiente los resultados finales carecen del grado de exactitud que sería deseable. Pese a ello, los resultados presentados constituyen una buena primera aproximación a un tema que cobra mayor relevancia día a día como lo son los costos que, con las inversiones necesarias y un planeamiento a largo plazo, pueden evitarse, contribuyendo así a la maximización del bienestar de la sociedad.

PARTE I: INTRODUCCIÓN. LOS COSTOS INTERNOS Y EXTERNOS

Con una extensión de cerca de 44.000 kilómetros de vías, la red ferroviaria argentina llegó a ser hacia mediados del siglo XX una de las más extensas del mundo. Sin embargo, una sucesión de decisiones políticas, transversales a diferentes administraciones y con un énfasis en el transporte automotor, condujeron a un gradual levantamiento de vías y cierre de ramales que resultó en una reducción progresiva de la red hasta llegar a los 20.448 kilómetros que se encuentran en operación en la actualidad¹, de los cuales 17.965 corresponden al transporte de cargas mientras que el resto constituye la red de transporte de pasajeros².

Grandes erogaciones destinadas a la pavimentación de rutas y la construcción o prolongación de autopistas, programas de financiamiento o subsidios para la compra de vehículos para transporte individual o de cargas, y otros afines, implican dinero que no puede ser destinado a mejoras y ampliaciones de los servicios del sector ferroviario. Esto constituye un accionar que no se condice con lo que sucede en otras latitudes, independientemente de su extensión territorial, incluyendo desde países con grandes distancias medias de transporte como Estados Unidos, Canadá o Brasil hasta los pequeños territorios de las naciones de Europa Central.

¿A qué obedece esta discrepancia? En el caso de un país como Argentina, con un territorio de gran superficie pero bajas distancias medias de transporte producto de la concentración de la población y la actividad productiva en la Región Pampeana, el transporte automotor resultaría a priori más conveniente que el ferroviario. Asimismo, es importante resaltar que la débil institucionalidad del ferrocarril en nuestro país, de forma análoga a lo que ocurre en el resto

¹ La extensión efectiva de la red puede resultar algo menor puesto que una proporción de las vías son utilizadas al mismo tiempo para el transporte de cargas y de pasajeros. Sin embargo, la falta de información respecto de la misma obliga a presentar la extensión total mencionada aun a costa de una potencial duplicación de kilómetros

² Estimación realizada en base a datos de la CNRT (2016) para la extensión red de carga, del Ministerio de Transporte (2015) para la extensión red Metropolitana de pasajeros y estimaciones de la longitud total de la red Interurbana de pasajeros (Müller 2012). Comprende 817.5 km. de la red de ferrocarriles metropolitanos, 76.3 km. correspondientes a las líneas de Subte, Premetro y el Tren de la Costa y 1589 km. de la red de ferrocarriles interurbanos. Si bien desde un punto de vista técnico los primeros dos deberían tratarse en forma separada por ser sistemas diferentes, ambos se considerarán parte de la red ferroviaria argentina

de los países latinoamericanos, actúa de cierta manera como facilitador del modo automotor como principal medio de transporte. Sin embargo, numerosos estudios a nivel mundial respaldan el rol del ferrocarril como el más eficiente de los medios existentes por ser aquél que logra minimizar los costos totales. Esto ocurre al incorporar a la ecuación los costos externos, los cuales resultan, como veremos más adelante, considerablemente menores en el caso del ferrocarril, puesto que los costos internos, aun cuando en muchos casos resultan favorables al transporte automotor, no son los únicos que deben ser tenidos en cuenta al momento de analizar diferentes alternativas de transporte desde la óptica de la eficiencia.

Ahora bien, ¿qué son los costos internos y los costos externos y cuál es su importancia en el análisis de los sistemas de transporte?

I.1 Los costos internos

Comprenden todas aquellas erogaciones que resultan necesarias para la puesta en marcha de cualquier sistema de transporte y sobre las cuales, por su condición de “internas”, el Sector Público o el Privado -según corresponda en cada caso- tiene un absoluto control.

Los principales costos internos que tienen lugar en todo plan de inversión en transporte incluyen:

- **Costos por compra o acondicionamiento de material rodante**
- **Costos de operación:** energía y otros servicios, salarios al personal, limpieza de vehículos y estaciones, etc.
- **Costos de mantenimiento:** conservación de material rodante e instalaciones

Todos estos costos son siempre internalizados por los tomadores de decisiones a la hora de estimar la inversión necesaria que se deberá afrontar para poner en funcionamiento el sistema de transporte bajo análisis. Sin embargo, suelen ser frecuente y equivocadamente considerados como costos totales producto de la desatención a los costos externos, los cuales se describen a continuación.

I.2 Los costos externos

También llamados “externalidades”, son todos aquellos costos soportados por un agente sin mediar consentimiento ni compensación alguna en forma de pago o contraprestación. En la órbita del transporte, representan costos generados por los usuarios o por los prestadores -en el caso de camiones y buses- de medios de transporte que no son pagados por éstos sino por la sociedad en su conjunto. Comprenden principalmente:

- **Accidentes de tránsito:** heridos y muertos en accidentes ocasionados por medios de transporte
- **Contaminación sonora:** niveles de ruido a los que se encuentran expuestos los ciudadanos
- **Congestión vial:** pérdidas de tiempo para los usuarios de medios de transporte producto del tránsito vehicular
- **Contaminación del aire:** presencia en el aire de agentes que constituyen un riesgo para la salud de la población expuesta a ellos
- **Cambio climático:** modificaciones en el clima resultantes de la acumulación de gases de efecto invernadero que emiten los vehículos a la atmósfera
- **Consumo de combustible³:** contribución al agotamiento de recursos no renovables como los hidrocarburos que podrían reemplazarse por otras formas de energía no agotables y que además resultarían menos nocivas para el medioambiente (ALAF 2003)
- **Uso del suelo²:** superficie del espacio público ocupada por actividades relacionadas con el transporte. La expropiación del suelo para fines públicos tales como proyectos de vialidad urbana se considera un costo externo por cuanto tiene un impacto en el bienestar social (Manterola Blanquer 2002)

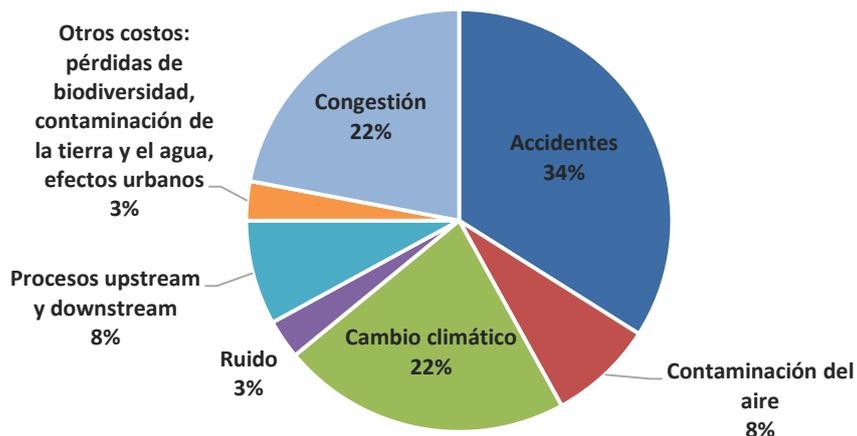
³ Hay autores que no coinciden en considerar el consumo de combustible, los procesos upstream y downstream y el uso del suelo como externalidades per se sino como costos ya internalizados por el operador, en el caso de los primeros, y como un aspecto adicional a tener en cuenta a la hora de realizar una comparación de costos intermodal, en el último. En el presente trabajo sólo el primer aspecto será analizado en calidad de externalidad, incluyéndose una justificación de su consideración como tal en la sección “Consumo de combustible” de la Parte IV

- **Procesos upstream y downstream³**: comprende desde las actividades de exploración, perforación, extracción y refinamiento de petróleo de la industria petrolera hasta la emisión de contaminantes que genera la producción y distribución de energía. Algunos autores mencionan también la producción, el mantenimiento y la disposición de los vehículos debido a que su alto consumo de energía y materiales conduce a costos por contaminación del aire y cambio climático
- **Pérdidas de biodiversidad**: disminución del número de especies de plantas y animales consecuencia de la degradación, fragmentación o eliminación de su hábitat en manos del transporte
- **Infraestructura vial**: costos por construcción, acondicionamiento y mantenimiento de instalaciones tales como caminos, señales, estaciones, puentes, túneles, etc. Si bien conceptualmente se trata de un costo externo, es el único que resulta internalizado por los agentes ya que suele formar parte de la agenda habitual de los tomadores de decisiones en transporte

Aunque todas estas externalidades son negativas por cuanto generan un costo y no un beneficio a la sociedad, algunas resultan más perjudiciales que otras debido a que su participación relativa en el transporte, considerando tanto zonas urbanas como interurbanas y rurales, es mayor tal como muestra el siguiente gráfico:

Gráfico N° 1: Participación de las principales externalidades del transporte en 27 países de Europa⁴ - 2008

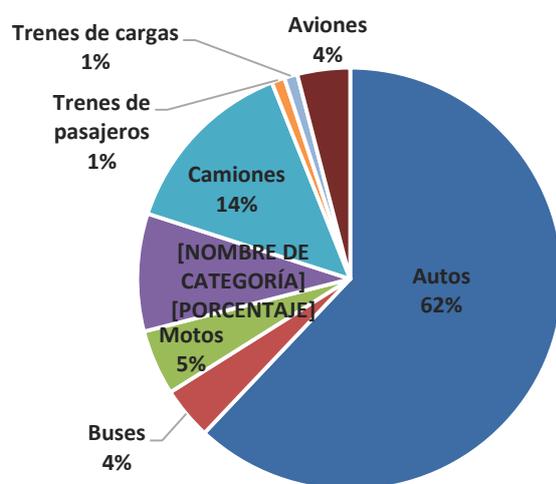
⁴ Incluye Noruega, Suiza y los 28 países miembros de la Unión Europea a excepción de Chipre, Croacia y Malta



Fuente: Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC)

Si bien todos los medios de transporte generan, en mayor o en menor medida, costos externos, la contribución de cada uno de ellos varía considerablemente. Según un análisis de la UIC, en el año 2008 los costos externos totales del transporte en la Unión Europea, Suiza y Noruega ascendieron a € 500 billones, lo que equivale al 4% del PBI total de la región. De ellos, el 94% fue generado por el transporte automotor, el cual comprende motos, autos particulares, vehículos livianos -furgones y pickups-, buses de corta, media y larga distancia y camiones para el transporte de cargas, mientras que sólo un 2% puede ser atribuido al medio ferroviario, tal como ilustra el gráfico a continuación.

Gráfico N° 2: Costos externos por medio de transporte en 27 países de Europa - 2008



Fuente: Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC)

Desde el punto de vista de los usuarios de medios de transporte, la internalización de estos costos constituye una forma de dotar a los mismos de los incentivos correctos para que sus decisiones conduzcan a una situación de equilibrio que resulte óptima para toda la sociedad. Para ello, el sistema de precios debe reflejar todos los costos y beneficios de cada una de las opciones disponibles.

Al analizar la cuestión desde la óptica de quienes son responsables de la configuración del sistema de transporte, la no consideración o internalización de las externalidades atribuibles al sector, por las que la sociedad en la que recaen no recibe compensación alguna, origina una cierta “miopía” en la toma de decisiones de inversión en el sector de transporte público de pasajeros y de carga en Argentina. Esto resulta en una asignación modal ineficiente, consecuencia de una distribución de recursos entre los medios ferroviario y automotor, que puede ser óptima desde el punto de vista del retorno financiero pero que no siempre constituye la mejor alternativa para maximizar el bienestar social.

En este contexto, se produce una situación en la cual los precios de los distintos medios de transporte no reflejan su verdadero costo, o lo que es lo mismo, no logran compensar la totalidad de los costos que generan. Así, no sólo los tomadores de decisiones definen la asignación de recursos a cada alternativa basándose en criterios incorrectos sino que adicionalmente los usuarios eligen el medio que utilizarán siguiendo señales equivocadas, lo cual termina conduciendo a una situación sub-óptima.

La importancia de considerar los costos externos radica entonces en la necesidad de alcanzar el punto óptimo que permita maximizar el bienestar de la sociedad en su conjunto.

La existencia y magnitud de estos costos externos en nuestro país, consecuencia directa de la primacía del transporte automotor, así como sus efectos negativos en la calidad de vida y el medio ambiente, justifican la realización de una cuantificación precisa de los mismos que genere los incentivos necesarios para fomentar una mayor inversión, ya sea por parte del sector público o del privado, en medios de transporte que constituyan una alternativa eficiente al automotor por cuanto logran reducir los costos internos y externos en su totalidad.

I.3 Planteo de interrogantes e hipótesis sobre el tema

En este contexto, podríamos plantear las siguientes preguntas de investigación, siempre concentrándonos en el transporte de granos, como ya se mencionó:

- ¿Cuáles son las externalidades cuya disminución resulta más comúnmente asociada a una mayor proporción de cargas transportadas por ferrocarril?
- ¿Cuáles son los costos externos estimados del transporte automotor por cada tonelada kilómetro transportada? ¿Cuáles los del ferroviario?
- ¿Qué impacto tendría en la sociedad una mayor inversión en transporte ferroviario interurbano de cargas en detrimento del automotor en términos de salud, calidad de vida y medio ambiente?

La respuesta a cada una de estas preguntas permitirá -o no- comprobar la siguiente hipótesis:

“Una migración de cargas desde el transporte automotor hacia el ferroviario reduciría considerablemente los costos externos como consecuencia de una mayor eficiencia del transporte ferroviario en relación al automotor”.

I.4 Alcance y estructura de la investigación

El presente trabajo se concentrará exclusivamente en el transporte interurbano de granos y no considerará las externalidades relativas al transporte urbano de pasajeros. Esto obedece al hecho de que, por las características particulares de la economía argentina y el peso de la industria agropecuaria, resulta más sencillo, y a la vez más confiable desde el punto de vista de la información que deberá ser recolectada -como por ejemplo el volumen anual de cargas transportadas por los distintos medios-, concentrar el análisis en el mercado de granos.

La investigación estará entonces enfocada en comparar la magnitud de las externalidades generadas por el transporte de cargas en camión y por ferrocarril, y en realizar una primera

aproximación al dimensionamiento de potenciales reducciones producto de la migración de cargas de un medio al otro.

Una estimación de la inversión en transporte ferroviario necesaria para minimizar los costos por externalidades, así como la distribución óptima de la misma -por zona geográfica, tecnología utilizada, etc.-, quedan fuera del alcance de esta investigación. Asimismo, el diseño de propuestas y planes de inversión y financiamiento no estará contemplado en este estudio.

La estructuración de los contenidos es la siguiente. En la parte II se introduce el marco teórico y se reseñan algunas de las principales investigaciones internacionales sobre el tema presentado y las conclusiones a las que arriban. A continuación, en la parte III se realiza un análisis del estado actual del transporte de cargas en Argentina y una profundización en el transporte de granos incluyendo los principales tipos de cultivo transportados, el sistema de comercialización y la demanda de transporte del sector agropecuario local. En la parte IV se presentan las externalidades que se analizarán en este trabajo y se introduce el enfoque metodológico a utilizar y su justificación, una descripción exhaustiva de cada una de las externalidades a valorizar y el detalle de las fuentes de información empleadas. En la parte V se presentan los resultados de la valorización de cada externalidad y un análisis e interpretación de los mismos para finalizar con la estimación del ahorro total anual por costos externos bajo diferentes escenarios que contemplan distintas proporciones de carga que migrarían de un medio al otro. La parte VI concluye con una recapitulación del aporte de la investigación y algunas implicancias de política.

PARTE II: MARCO TEÓRICO Y REVISIÓN DE LA LITERATURA EXISTENTE SOBRE EXTERNALIDADES DEL TRANSPORTE

II.1 La economía del bienestar

Esta rama de la teoría económica tiene como fin último la maximización de la utilidad total de la sociedad, la cual representa la suma de las funciones de utilidad de todos los individuos. La economía del bienestar considera que una situación es óptima desde el punto de vista social cuando se alcanza la eficiencia asignativa o el óptimo de Pareto, de forma tal que no es posible incrementar el bienestar de una persona sin disminuir el de otra, evaluando así los efectos de las políticas económicas según su impacto sobre el bienestar colectivo en lugar del individual. En este contexto, las externalidades juegan un papel fundamental por cuanto su minimización o maximización -según se trate de externalidades negativas o positivas respectivamente- contribuye a incrementar el nivel de bienestar de la sociedad.

II.2 Revisión de la literatura

Pueden encontrarse numerosas investigaciones que, en la última década y a nivel mundial, han realizado análisis comparativos de las externalidades negativas asociadas a los distintos medios de transporte. Se presenta a continuación una breve reseña de cinco estudios que analizan la temática de interés en cuatro continentes -América, Oceanía, Europa y África-, lo cual evidencia la gran relevancia de la cuestión, que trasciende las fronteras de nuestro país

para convertirse en una herramienta fundamental de la toma de decisiones en políticas públicas en cualquier lugar del mundo.

Gleason et al. (2005)

Este paper compara los costos externos del transporte de carga por camión y por ferrocarril en el corredor Middlebury-Burlington, en el estado de Vermont, Estados Unidos, y concluye que los beneficios netos de aumentar el uso del ferrocarril en un 100% en esa área ascienden a 13.5 millones de dólares anuales sólo considerando las externalidades por congestión, accidentes, polución, ruido, infraestructura, ejecución y emisiones de CO₂.

La metodología utilizada comprende 3 etapas. En la primera se obtienen estimadores de centavos de dólar por tonelada/milla como costo de las externalidades mencionadas, tanto para el transporte en camión como en ferrocarril; en la segunda se calcula la carga anual transportada en la región, y finalmente se multiplican los valores obtenidos en cada etapa, lo que permite colocarle un valor monetario a las externalidades sociales generadas por cada uno de los medios de transporte bajo análisis. Una comparación de las mismas logra cuantificar los beneficios de migrar un determinado volumen de cargas del medio menos eficiente, el camión, al más eficiente, el ferrocarril, frente a una potencial expansión de la red ferroviaria.

Otro aporte del estudio es la estimación de los costos de contrarrestar las emisiones de dióxido de carbono para cada medio.

Laird (2005)

Concentrándose en las externalidades por ruido, polución, gases de efecto invernadero, congestión, mantenimiento de caminos y accidentes, el autor realiza una comparación de los costos externos del transporte de carga por tierra y ferrocarril en Australia según las mediciones por kilómetro tonelada neto del actual BITRE (Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics) y otros organismos gubernamentales como el ATSB (Australian Transport Safety Bureau). Se observan diferencias en los valores obtenidos por los diferentes organismos según se analicen zonas urbanas o rurales.

El trabajo concluye que el costo total por externalidades del transporte por camión es de 2.75 centavos de dólar por kilómetro de tonelada neto en áreas urbanas y de 1.98 en áreas rurales,

contra 0.43 y 0.17 centavos del transporte por ferrocarril en cada tipo de zona, respectivamente. Al analizar las externalidades de mayor peso para cada medio, se puede ver que en el caso del camión, el 36% de este costo comprende gastos de mantenimiento de caminos, mientras que la contaminación representa el 51% de los costos externos del ferrocarril.

Laird sostiene además que estos costos deben ser tenidos en cuenta al momento de evaluar alternativas de inversión en infraestructura de transporte y propone que se revean las políticas de fijación de precios para que el precio que paguen los usuarios de cada medio incorpore los costos por externalidad de cada uno de ellos. El objetivo final es que los usuarios deban afrontar un “cargo por externalidad” que desincentive el uso de medios de transporte poco eficientes y estimule la utilización de alternativas que supongan menores costos externos para la sociedad.

Swarts et al. (2012)

En este trabajo, los autores cuantifican los costos marginales externos asociados al transporte de cargas en Sudáfrica, y concluyen que si los mismos fueran tenidos en cuenta el costo real de transporte sería un 20% mayor y el camión resultaría menos atractivo que medios alternativos como el ferrocarril. La no consideración de esos costos, que representan el 1.2% del PBI de Sudáfrica, provoca una asignación ineficiente de recursos y no genera incentivos para un desplazamiento de cargas del camión al ferrocarril, un medio mucho más eficiente desde el punto de vista del bienestar social, con costos externos 11 veces inferiores a los del transporte automotor.

Para las estimaciones, utilizan datos y estadísticas de accidentes de tránsito, emisiones de gases contaminantes, uso del suelo, costos del ruido como porcentaje del PBI, costos de política asociados a los servicios de tránsito, que comprenden gastos de rescate y lucha contra incendios, control de tránsito, tribunales y encarcelamiento, entre otros, y congestión, tanto de Sudáfrica como de otros países en aquellos casos en donde no pudieron contar con información específica del país africano.

Van Essen et al. (2011)

Este paper de la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC), que constituye la actualización de un estudio del año 2008, lleva a cabo una exhaustiva descripción de las principales externalidades del transporte en la Unión Europea y una posterior cuantificación de los costos que las mismas generan. Las estimaciones de los costos totales, promedio y marginales de los accidentes de tránsito, la contaminación atmosférica, el cambio climático, el ruido, la congestión, los procesos upstream y downstream, los daños a la naturaleza y al paisaje, las pérdidas de biodiversidad, la contaminación de la tierra y el agua y los efectos urbanos provocados por los distintos medios permiten concluir que los costos externos totales del transporte en los 27 países estudiados ascienden a 500 billones de euros, lo que representa alrededor de un 4% del PBI total de la región. De los modos de transporte analizados, que incluyen el automotor, el ferroviario, el aéreo y el marítimo, el automotor es responsable del 93% de los costos mencionados, siendo los automóviles de pasajeros el medio de mayor peso con un 61% de participación. Una diferenciación entre transporte de pasajeros y de cargas permite concluir que el primero es el causante del 77% de los costos externos atribuibles al transporte.

Una descripción más extensa de las metodologías utilizadas por la UIC en sus estimaciones se presentará más adelante en la sección “Enfoque Metodológico”.

Lalive et al. (2012)

Aunque enfocado en el transporte de pasajeros, este paper analiza incrementos en la frecuencia de los servicios ferroviarios y su efecto sobre las externalidades del tráfico terrestre en la salud de la población y el medio ambiente y concluye que se logra reducir el número de accidentes, la contaminación por monóxido y dióxido de nitrógeno y la mortalidad infantil. Como consecuencia de una reforma en el sector ferroviario en Alemania entre 1994 y 2004, la migración de pasajeros del transporte automotor hacia el ferroviario, consecuencia del aumento en el número anual de trenes de pasajeros por línea, mejoró la calidad ambiental en una cantidad que representa entre un 20 y un 40% de los subsidios otorgados al sector como alternativa al tráfico terrestre. Mediante un riguroso análisis econométrico, con la variable “daño ambiental” como variable dependiente y que incluyó comparaciones entre distintas áreas geográficas y otros controles para eliminar problemas de endogeneidad en las variables utilizadas, los efectos encontrados sobre las externalidades por monóxido de

carbono y partículas atmosféricas resultan negativos pero insignificantes, y regresiones sobre dióxido de sulfuro y niveles de ozono no producen efecto alguno.

Se presenta a continuación una tabla comparativa de los costos por externalidad y por medio de transporte de cada uno de los trabajos presentados⁵:

Tabla N° 1: Comparación de los cálculos de externalidades para cada medio de 4 de los trabajos presentados - En centavos de dólares estadounidenses

	Gleason et al. (2005) (2005 ⁶)		Laird (2005) (2000 ⁶)		Swartz et al. (2012) (2012 ⁶)		Van Essen et al. (2011) (2008 ⁶)	
	Tren	Camión	Tren	Camión	Tren	Camión	Tren	Camión
Congestión	0 cent./ton-mile	0.8 cent./ton-mile (0.48 ton-km)	0 cent./ton-km	0.10 cent./ton-km	0 cent./ton-km	0.18 cent./ton-km	-	-
Accidentalidad	0.08 cent./ton-mile (0.05 ton-km)	0.5 cent./ton-mile (0.3 ton-km)	0.03 cent./ton-km	0.6 cent./ton-km	0.04 cent./ton-km	0.46 cent./ton-km	0.02 cent./ton-km	1.14 cent./tor km
Contaminación atmosférica	0.29 cent./ton-mile (0.18 ton-km)	0.89 cent./ton-mile (0.55 ton-km)	0.04 / 0.22* cent./ton-km	0.13 / 0.65* cent./ton-km	0.07 cent./ton-km	0.44 cent./ton-km	0.12 cent./ton-km	0.75 cent./tor km
Cambio climático	0.07 cent./ton-mile (0.04 ton-km)	0.23 cent./ton-mile (0.14 ton-km)	0.06 cent./ton-km	0.18 cent./ton-km	-	-	0.02 / 0.1** cent./ton-km	0.19 / 1.09** cent./ton-km
Ruido	0.02 cent./ton-mile (0.012 ton-km)	0.04 cent./ton-mile (0.024 ton-km)	0.04 / 0.12* cent./ton-km	0.07 / 0.22* cent./ton-km	0.002 cent./ton-km	0.18 cent./ton-km	0.11 cent./ton-km	0.2 cent./ton km
Infraestructura	0 cent./ton-mile	0.84 cent./ton-mile (0.52 ton-km)	-	-	-	-	-	-
Consumo de combustible	1.1435 cent./ton-mile (0.7 ton-km)	3.8879 cent./ton-mile (2.4 ton-km)	-	-	-	-	-	-
Mortalidad infantil	-	-	-	-	-	-	Reducción del 25% al incrementar frecuencia de trenes	
Ejecución / Mantenimiento	0 cent./ton-mile	0.06 cent./ton-mile (0.037 ton-km)	0 cent./ton-km	1 cent./ton-km	0 cent./ton-km	0.02 cent./ton-km	-	-
COSTO TOTAL	2.31	9.73	0.17/ 0.43*	1.98/ 2.75*	0.11	1.28	0.27/ 0.35**	2.28/ 3.18**

*Zona rural / zona urbana

**Escenario prudente / favorable

⁵ Las estimaciones de Lalive et al. (2012) no se incluyen en la tabla comparativa puesto que el mismo se refiere exclusivamente al transporte de pasajeros

⁶ Año de los datos utilizados como base para los cálculos

Si bien existen diferencias de algunos años entre los cuatro trabajos de la tabla y la información que utilizan para las valuaciones, se observa una gran concordancia en sus resultados. En primer lugar, en todos los casos los costos por externalidad del camión resultan varias veces superiores a los del tren. En segundo lugar, las diferencias en los valores son mínimas en la mayoría de los casos, en especial en el caso de la externalidad por accidentalidad y por cambio climático. No obstante, la presentación de estos cinco estudios como antecedentes del tema se ve justificada por la claridad en la exposición tanto de la metodología que utilizan como de los resultados que obtienen, la confiabilidad de sus fuentes de información y por el hecho de que todos logran arribar a una misma conclusión: más allá de las externalidades puntuales que analiza cada uno, todos coinciden en afirmar que un aumento en la utilización del ferrocarril como medio de transporte, ya sea de cargas o de pasajeros, logra reducir de manera considerable los costos externos derivados de los servicios de transporte, incrementando así el bienestar de la sociedad en su conjunto.

La no inclusión de un mayor número de investigaciones responde meramente a una cuestión de concisión y de ninguna manera se debe a una diferencia en las conclusiones, puesto que no fue posible encontrar autores que sostengan que el transporte ferroviario logra generar el mismo nivel de externalidades que el automotor; menos aún, un nivel mayor.

A modo de referencia, siguen la misma línea Shiftan et al. (2002), Seabright et al. (2003), Guerra (2010) y Janic y Vleugel (2012) entre otros. El último trabajo estudia las externalidades referidas al consumo de energía, las emisiones de gases de efecto invernadero o cambio climático, el ruido, la congestión y los accidentes de tránsito y resulta muy interesante por cuanto desarrolla un método para analizar y estimar potenciales reducciones en las mismas. Sin embargo, la imposibilidad de acceder a la totalidad de la investigación impide realizar un examen profundo de la misma.

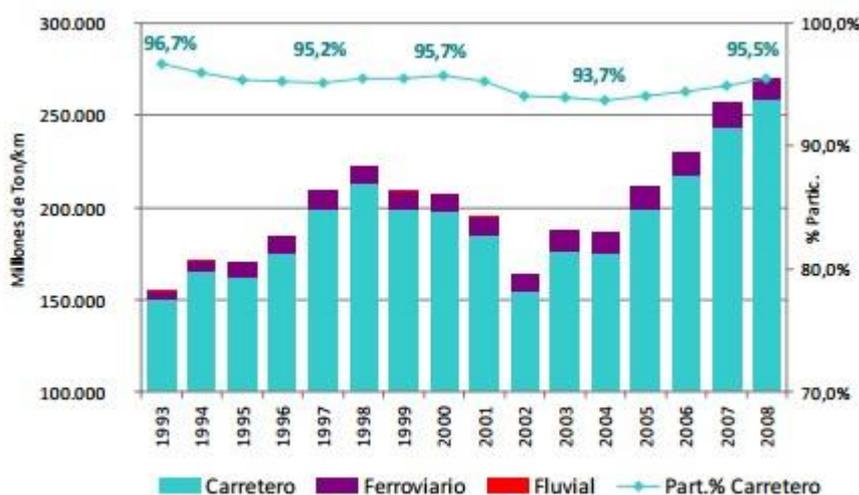
El análisis de los cinco trabajos reseñados permite identificar un grupo de ocho externalidades que comprende accidentalidad, contaminación, cambio climático, ruido, consumo de combustibles no renovables, congestión, infraestructura y ejecución y uso del suelo, cuya disminución resulta más comúnmente asociada a una mayor proporción de cargas transportadas por ferrocarril. Más aun, estas externalidades representan, en mayor o menor medida, casi la totalidad de los costos externos generados por cualquiera de los medios de transporte existentes en la actualidad.

PARTE III: EL TRANSPORTE DE CARGAS EN ARGENTINA. DISTRIBUCIÓN MODAL, COSTOS Y PRINCIPALES PRODUCTOS TRANSPORTADOS. EL TRANSPORTE DE GRANOS Y EL CORREDOR AGRARIO

El transporte interurbano de cargas en Argentina se estima en 500 millones de toneladas anuales (Instituto Argentino del Transporte, 2015). Con una flota de alrededor de 700.000 vehículos, el camión es el principal medio de transporte del sector con una participación del 95%. Le sigue en importancia el ferrocarril, con el 3.4%, mientras que el transporte fluvial a través de barcazas es responsable del 1.6% de la carga nacional total⁷.

El siguiente gráfico muestra la evolución de distribución modal del transporte de cargas en nuestro país:

Gráfico N° 3: Distribución modal del transporte interurbano de cargas en Argentina, en Ton/km - 1993-2008



Fuente: Canitrot y García (2012)

⁷Según fuentes del Ministerio de Transporte a marzo de 2016

En la actualidad, la red ferroviaria argentina de cargas posee una extensión de 28.527 km., de los cuales 17.965 formaron parte de la red en operación en 2015 -requiriéndose fuertes inversiones estructurales para el acondicionamiento de los 10.562 km. restantes (CNRT 2015)-, y es operada por cuatro compañías locales: FerroExpreso Pampeano, Nuevo Central Argentino y Ferrosur Roca, de capitales privados, y la estatal Belgrano Cargas y Logística, quien opera las líneas San Martín, Urquiza y Belgrano. Lo que sigue es el detalle de los bienes transportados por cada una de ellas en 2015:

Tabla N° 2: Cargas transportadas por ferrocarril en millones de toneladas - Año 2015

	FerroExpreso Pampeano	Nuevo Central Argentino	Ferrosur Roca	Belgrano Cargas L. San Martín	Belgrano Cargas L. Urquiza	Belgrano Cargas L. Belgrano	TOTAL	Participación por carga
Accites	46.673	462.338	0	11.119	0	0	520.129	3%
Combustibles	0	0	33.828	153.399	0	16.365	203.592	1%
Granos	3.006.572	3.423.727	180.588	552.946	0	630.076	7.793.909	42%
Manufacturas	6.674	267.986	8.354	334.821	1.598	360	619.793	3%
Minerales y materiales de construcción	156.948	470.409	4.358.475	210.989	95.493	71.230	5.363.543	29%
Subproductos agrarios	244.410	2.432.563	0	171.134	0	0	2.848.107	15%
Otros*	50.724	319.876	491.886	123.842	29.233	123.650	1.139.212	6%
TOTAL	3.552.292	7.376.898	5.082.607	1.558.250	135.804	863.015	18.488.284	100%

*Incluye Abonos y fertilizantes, Contenedores, Material de vía, Otros productos alimenticios y agrícolas, Químicos y petroquímicos y Cargas generales

Fuente: Elaboración propia en base a datos históricos hasta el año 2015 (CNRT)

Según Müller (2012) y CNRT (2016), entre las principales características del sistema ferroviario de cargas actual podemos citar:

- Material rodante: 336 locomotoras y 15.306 vagones en estado operativo en 2015
- Potencia de locomotoras: 1.500-2.500 HP

- Carga máxima por eje en vagones: 20 toneladas -con limitaciones-
- Vagones de 4 ejes con hasta 60 toneladas de capacidad
- Trenes de hasta 70 vagones con hasta 2 locomotoras
- Operación controlada principalmente por radio

La distribución actual del transporte de cargas significa enormes costos logísticos para las empresas productoras que deben transportar sus mercaderías a lo largo y ancho del país, lo cual tiene su origen, entre otros factores, en la gran extensión del territorio argentino y la falta de infraestructura adecuada. Sin embargo, estos costos podrían verse significativamente reducidos con una mayor utilización del ferrocarril como medio de transporte.

Las tarifas promedio de carga a granel son las siguientes:

- Camión: 0.07 US\$/ton-km (Müller 2015)
- Ferrocarril: 0.03 US\$/ton-km (CNRT 2015)⁸
- Barcaza: 0.02 US\$/ton-km (BCR 2011)

Si bien esto significa que el costo por tonelada-kilómetro de transportar una carga en ferrocarril resulta más bajo que hacerlo por camión, el primero no siempre resulta más conveniente que el segundo desde el punto de vista económico. La distancia desde las estaciones ferroviarias hasta los campos, así como el tiempo que demora en destino el armado especial de la carga, representan a menudo una desventaja frente al servicio puerta a puerta del transporte automotor, especialmente cuando se trata de distancias inferiores a los 500 km. Se ven casos como el de la empresa cementera Loma Negra, quien pese a ser el accionista controlante de la concesionaria Ferrosur Roca, privilegia al camión como medio de transporte de su producción, aun cuando el costo por tonelada-kilómetro de este último resulta inferior (Ferrocarriles del Sud 2012).

III.1 El mercado de granos

⁸ Tarifa media por tonelada-kilómetro de los 6 operadores de la red: \$0.4093

III.1.1 Producción de granos en Argentina

Como ya se mencionó, este trabajo se centrará en el análisis del transporte de granos, los cuales comprenden a los cereales y las oleaginosas.

La producción de los complejos cerealero y oleaginoso se compone principalmente de seis cultivos: soja, maíz, trigo, cebada, sorgo y girasol.

Según las últimas ediciones del Panorama Agrícola elaborado semanalmente por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, la cosecha agrícola de la campaña 2015/2016 -aún no finalizada- alcanzará los 104.5 millones de toneladas. Sin embargo, al consultar el Informe de Estimaciones Agrícolas del Ministerio de Agroindustria de la Nación del mes de agosto de 2016, se advierte una estimación para el mismo período de 120.8 millones de toneladas.

A continuación se presentan las estimaciones por cultivo de cada uno de los Organismos y la participación de cada uno de ellos en la producción total:

Tabla N° 3: Estimaciones de producción de los principales cultivos para la campaña agrícola 2015/2016 - En millones de toneladas

	Trigo*	Maíz** ⁹	Sorgo**	Soja**	Girasol*	Cebada*	TOTAL
Bolsa de Cereales	10.300.000	28.000.000	3.500.000	56.000.000	2.450.000	4.250.000	104.500.000
Ministerio de Agroindustria	11.300.000	39.800.000	3.000.000	58.800.000	3.000.000	4.900.000	120.800.000

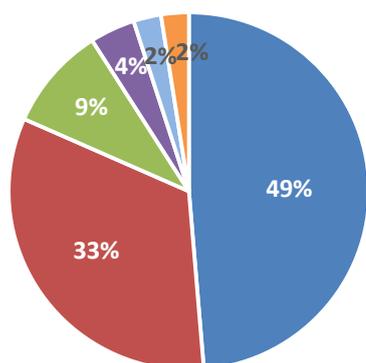
*Cosecha finalizada **Cosecha en curso

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires y del Ministerio de Agroindustria de la Nación

Gráfico N° 4: Participación de los principales cereales y oleaginosas de Argentina

⁹Debido a las malas condiciones climáticas, al 11 de agosto de 2016 aun restaba cosechar un 21% del maíz, por lo que conforme se avance en la cosecha las estimaciones de este cultivo podrían sufrir modificaciones considerables

en el volumen producido - Cosecha 2015/2016



■ Soja ■ Maíz ■ Trigo ■ Cebada ■ Sorgo ■ Girasol

Fuente: Ministerio de Agroindustria de la Nación

Según fuentes del Departamento de Estimaciones y Proyecciones Agrícolas de la Bolsa de Cereales¹⁰, lo que explica esta diferencia de 16.300.000 toneladas en el volumen estimado por cada Organismo es la metodología utilizada por cada uno de ellos. Mientras que la Bolsa sólo estima la producción que efectivamente ingresa al circuito comercial, el Ministerio considera también el volumen consumido en chacras, el cual se utiliza principalmente como forraje. No resulta entonces llamativo que el maíz, de los seis cultivos aquél con la mayor variedad de usos y destinos, presente la diferencia más significativa entre ambas proyecciones -42% o 11.800.000 toneladas-, mientras que las estimaciones de la soja, cultivo casi exclusivamente de exportación, difieren en apenas un 5%.

Cerramos este apartado con un detalle de los períodos de siembra y cosecha de los 6 cultivos mencionados:

Tabla N° 3: Calendario de siembra y cosecha de los 6 cultivos más importantes en las principales regiones productivas del país

Cultivo	Siembra	Cosecha
Trigo	Marzo-Agosto	Septiembre-Enero

¹⁰ Información obtenida en conversaciones telefónicas

Cebada	Junio-Agosto	Noviembre-Diciembre
Sorgo	Septiembre-Noviembre	Febrero-Mayo
Girasol	Septiembre-Diciembre	Marzo-Mayo
Maíz	Septiembre-Diciembre	Marzo-Mayo
Soja	Septiembre-Enero	Marzo-Julio

Fuente: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

III.1.2 Sistema de comercialización

La comercialización de granos comprende 3 etapas, cada una de las cuales involucra distintos agentes (Reale, 2011):



Fuente: Reale (2011)

- **Etapa primaria:** la producción se transporta desde las chacras hacia los centros de acopio en acoplados tolva propiedad de los productores o contratistas o por medio de camiones pertenecientes a los acopiadores. Una vez en el centro de acopio se realiza el pesaje de mercadería y se emite el certificado de depósito o compra venta según corresponda

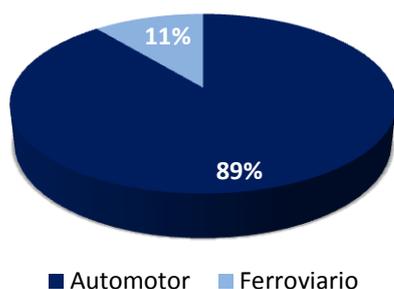
- **Etapa secundaria:** se realiza el transporte de los granos desde el centro de acopio hacia el puerto o la planta de destino. En esta etapa intervienen como intermediarios los Corredores de Cereales, quienes, entre otras funciones, suelen efectuar y recibir pagos por cuenta y orden de una de las partes, generalmente de los vendedores
- **Etapa terciaria:** comprende la fijación y/o negociación de los términos de contratación entre el exportador y el importador, generalmente con un Corredor FOB como intermediario, y la colocación de la mercadería en el buque y puerto de embarque convenido

III.1.3 Movilización de la producción

Teniendo en cuenta el objeto de estudio de este trabajo, nos interesa conocer el volumen de granos que es transportado, ya sea por camión o por ferrocarril, fuera de los campos productivos. Según estimaciones de la Bolsa de Cereales de Rosario (Calzada y Corina 2016), el 8% de la producción de la campaña agrícola 2015/2016 será consumida en chacras, mientras que del 92% restante el 89% será transportado por camión y apenas el 11% se movilizará por ferrocarril.

Puesto que la producción que es consumida dentro de los campos debe ser considerada parte de la cosecha agrícola, se trabajará con las estimaciones del Ministerio de Agroindustria y se asumirá que el 8% de las mismas es movilizado, generalmente por medio de tolvas, en forma exclusivamente interna.

Gráfico N° 5: Distribución modal estimada para el transporte de la producción correspondiente a la cosecha agrícola 2015/2016 - En porcentaje sobre total de toneladas



Fuente: Bolsa de Cereales de Rosario

Haciendo a un lado las diferencias en lo que respecta a extensión territorial, una comparación con algunos de los principales productores mundiales de granos revela la desigual participación del ferrocarril en el transporte interno de la producción, consecuencia del relegamiento del sector en países como Argentina y, en menor medida, Brasil:

Gráfico N° 6: Participación porcentual del ferrocarril en el transporte de granos - Países seleccionados - Datos de los años 2013 y 2015 según país - En toneladas



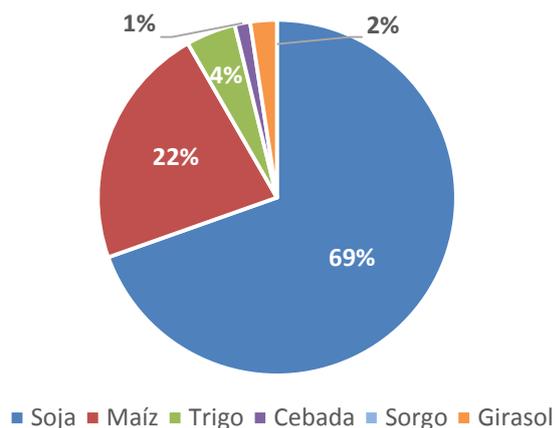
Fuente: elaboración propia

No obstante, es importante tener en cuenta que Canadá, Estados Unidos y Brasil poseen distancias medias de transporte considerablemente mayores que Argentina.

Volviendo a la producción de granos en nuestro país, de acuerdo a lo reportado por la CNRT la distribución por tipo de cultivo de la cosecha transportada por ferrocarril en 2015 es la siguiente:

Gráfico N° 7: Tipos de cultivo transportados en ferrocarril - Total 6 cultivos principales¹¹ - Año 2015

¹¹No incluye arroz, avena, maní, porotos ni otros cereales



Fuente: elaboración propia en base a datos de la CNRT

Debido a que la distribución anterior se refiere al período enero-diciembre 2015 mientras que la campaña agrícola 2015/2016 comenzó en el mes de septiembre de 2015 con la cosecha del trigo y en agosto de 2016 aún continuaba la cosecha de maíz, no sería correcto comparar estos valores con los de la distribución de la cosecha por tipo de cultivo. Esto podría llevarnos a concluir que el modo ferroviario tiene un mayor peso en el transporte de la soja que en el del resto de los cultivos -puesto que la soja representa el 69% de los cultivos transportados mientras que su peso en la cosecha es del 44%- , cuando por los desfases en los períodos de siembra y cosecha de los cultivos los granos transportados en la primera mitad de 2015 corresponden en realidad a la cosecha 2014/2015.

Para finalizar, es importante resaltar que, como consecuencia del circuito de comercialización descrito, la derivabilidad de cargas del camión al tren para el caso de los cereales y oleaginosas debería resultar más sencilla que para otros grupos de productos puesto que la necesidad de fletes entre los diferentes puntos de la cadena es menor.

III.2 El corredor agrario

González, Bortolín y Pastor (2012) proponen un concepto que resulta muy útil para limitar el análisis al mercado de granos: el de *Corredor Agrario*. Este comprende las regiones de las 12

provincias argentinas con producción agrícola que concentran la mayor parte del transporte de granos en el país. También denominadas “agrorutas” o “zonas productivas agrarias”, estas son:

1. Sudeste de Buenos Aires
2. Sudoeste de Buenos Aires y sudeste de La Pampa
3. Oeste de Buenos Aires - Noreste de La Pampa - Sur de Córdoba
4. Centro de Buenos Aires
5. Zona núcleo (Norte de Buenos Aires, Centro Sur de Córdoba, Sur de Santa Fe y Centro Este de San Luis)
6. Mesopotamia
7. Centro de Santa Fe - Centro Este de Córdoba
8. NEA
9. NOA

Con una extensión total de alrededor de 500.000 kilómetros, la red vial argentina está distribuida en 3 Jurisdicciones: la Red Nacional, la Red Provincial y la Red Municipal. El siguiente gráfico ilustra la participación de cada una de ellas en la red total y su respectiva proporción de superficie pavimentada:

Gráfico N° 8: Distribución de la longitud de la red vial entre Jurisdicciones y proporción de superficie pavimentada por Jurisdicción



Fuente: González, Bortolín y Pastor (2012)

La infraestructura vial del Corredor Agrario analizada por los autores corresponde a los caminos que se encuentran en relación directa con la superficie destinada a la producción agrícola y que son utilizados para canalizar dicha producción hacia su respectivo destino.

Teniendo en cuenta la red provincial pavimentada de las 9 zonas productivas agrarias, las tres zonas portuarias de Bahía Blanca, Quequén y ROSAFE, la red vial nacional y la funcionalidad de los caminos secundarios, se identificó una red de análisis que abarca casi 16.700 kilómetros distribuidos entre 11 provincias -las rutas de la provincia de San Luis se excluyeron por la escasa participación de su producción- tal como se detalla a continuación:

Tabla N° 4: Red vial pavimentada por provincia considerando sólo rutas de mayor relevancia para el transporte de granos

Provincia	Kilómetros	Participación
La Pampa	1.114	7%
Buenos Aires	6.159	37%
Santa Fe	2.627	16%
Córdoba	2.917	17%
Corrientes	143	1%
Entre Ríos	1.141	7%
Chaco	533	3%
Formosa	273	2%
Santiago del Estero	1.136	7%
Tucumán	333	2%
Salta	321	2%
TOTAL	16.698	100%

Según la tabla anterior, la longitud de caminos pavimentados de las tres provincias donde se genera casi el 80% de la producción agrícola del país, Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, representa el 70% de la longitud total de la red de análisis, lo cual respalda la exhaustividad y representatividad de la misma.

Se trabajará entonces con esta definición de *Corredor Agrario* al momento de valorizar las externalidades del transporte de granos. Esto nos permitirá limitar el impacto de variables cuyas estadísticas están disponibles a nivel nacional a las regiones dentro de las cuales la producción agrícola es efectivamente movilizada.

PARTE IV: PRESENTACIÓN DE EXTERNALIDADES A VALORIZAR, ENFOQUE METODOLÓGICO Y DESCRIPCIÓN DE CADA CATEGORÍA DE COSTOS

El presente trabajo se concentrará exclusivamente en cinco de las ocho externalidades presentadas en la parte II: accidentalidad, contaminación atmosférica, cambio climático, contaminación sonora y consumo de combustible. La razón por la cual no se trabajará con las tres restantes -congestión, infraestructura y ejecución y uso del suelo- es la menor participación de las mismas, especialmente de la externalidad por congestión producto de una baja densidad poblacional, en el transporte interurbano de cargas en nuestro país.

A continuación se describirá cada una de las externalidades que serán valorizadas en la etapa cuantitativa y se incluirán también datos específicos para Argentina como ser muertes anuales en rutas, niveles de contaminación sonora, entre otros.

IV.1 Accidentalidad

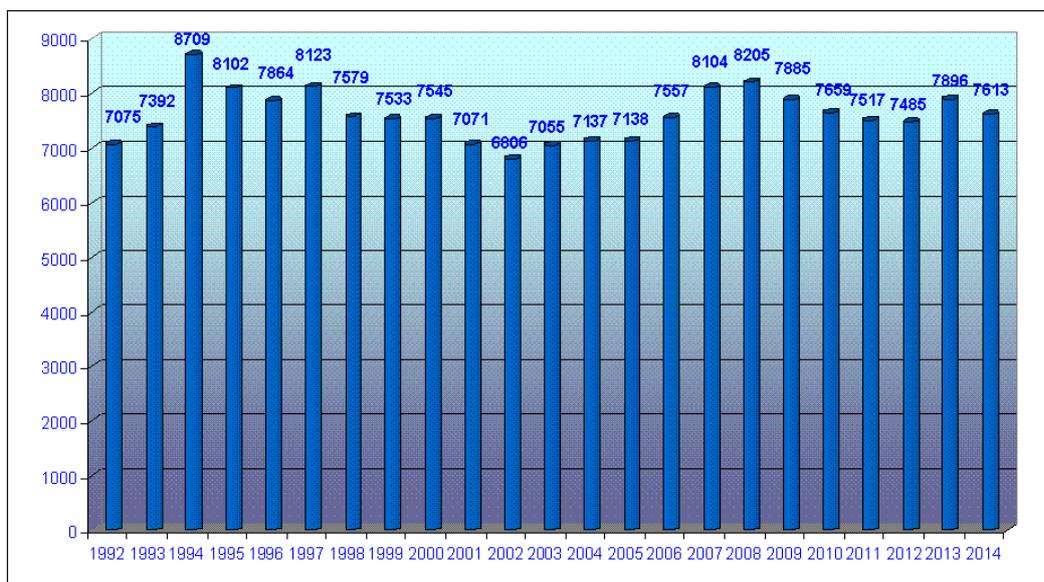
Según un informe de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la situación mundial de la seguridad vial en 2015, los accidentes de tránsito son la primera causa de muerte a nivel mundial entre jóvenes de 15 a 29 años y la octava entre la población general.

Con 18 muertes cada 100.000 habitantes, los siniestros viales constituyen en nuestro país la primera causa de muerte entre menores de 35 años y la tercera a nivel general (Luchemos por la Vida), generando pérdidas que se estiman en más de 9.000 millones de dólares anuales en concepto de servicios de salud, seguros, juicios, indemnizaciones y pensiones por invalidez¹². Se calcula que alrededor del 20% de las habitaciones y salas de hospitales se encuentran ocupados por víctimas de accidentes de tránsito; por su parte, la justicia le debe aproximadamente el 30% de su ocupación a causas sobre tránsito (El Heraldó 2015).

¹² Según la OMS, los accidentes de tránsito cuestan a los países de ingreso medio alrededor del 1.5% de su PNB, por lo que en el caso de Argentina si tomáramos el PNB 2014 este valor ascendería a US\$ 9.128.373.262.

El siguiente gráfico muestra la evolución de las muertes anuales por accidentes de tránsito en nuestro país. Si bien las estadísticas muestran valores absolutos relativamente constantes en los últimos 22 años, si se tiene en cuenta que en ese período la población argentina presentó un crecimiento anual de entre 0.9 y 1.2%, podría hablarse de una leve mejora del indicador, aunque la misma resulta despreciable al pasar de 21 muertes cada 100.000 habitantes en 1992 a 18 en 2014. Sin embargo, si se considera el crecimiento de la motorización y un consecuente aumento del tránsito que se estima del orden del 3% anual, lo cual representa un incremento del 70% en los 22 años del período bajo análisis, la mejora del indicador en términos relativos resulta notable. No obstante, los valores absolutos siguen siendo preocupantes.

Gráfico N° 9: Comparativo del número de muertos anual en accidentes de tránsito en Argentina entre 1992 y 2014



Fuente: Luchemos por la Vida

De acuerdo con estadísticas del Centro de Experimentación y Seguridad Vial (CESVI, 2011), el 28.9% de los accidentes de tránsito ocurridos en el período 2004-2011 es atribuible a camiones, constituyendo así éstos el segundo tipo de vehículos involucrados en siniestros luego de los automóviles, responsables del 43.5% de los mismos.

Adicionalmente a los fallecimientos, se estima en 120.000 los heridos anuales como consecuencia de accidentes de tránsito. De ellos, los heridos graves constituyen alrededor del 30%, mientras que el 70% restante presentan heridas leves¹³.

Según ALAF (2003), los principales costos que tienen lugar al producirse un accidente son:

- Daños humanos
- Daños materiales
- Inasistencia temporal o permanente al trabajo
- Prestación de servicios por el accidente
- Interrupción del tránsito y otras molestias sobre transportistas afectados
- Lesiones emocionales y sufrimientos
- Costos de servicios administrativos
- Actividades dirigidas a establecer medidas correctoras

En la siguiente sección del trabajo se presentará una forma de valorar estos costos, se calcularán las tasas de accidentalidad del transporte automotor y del ferroviario, y se estimará el costo que representa para el país cada muerto o herido en un siniestro vial.

Con el objeto de concentrar el análisis en el transporte de granos, se acotará el alcance tanto de los muertos como de los heridos en accidentes de tránsito a los acontecidos en el llamado “corredor agrario” según fue definido anteriormente.

IV.2 Contaminación atmosférica

La contaminación atmosférica, entendida como la presencia de sustancias, organismos o formas de energía en el aire que impliquen riesgo, daño o molestias graves para las personas,

¹³ Estimación realizada a partir de datos del Instituto de Seguridad y Educación Vial (ISEV) según los cuales 35.770 personas sufrieron lesiones graves en el año 2007 y 31.025 en el año 2006 sobre un estimado de 120.000 heridos anuales

representa otra de las externalidades que se verían reducidas ante una migración del transporte de pasajeros o mercancías desde el medio automotor hacia el ferroviario.

Las principales emisiones a la atmósfera atribuibles al transporte son el material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$ -diferenciado según el diámetro de las partículas-, los óxidos de nitrógeno - NO_X -, el dióxido de azufre - SO_2 - y los compuestos orgánicos volátiles distintos del metano – $NMVOG$ -. En lo que refiere al material particulado, este abarca 2 tipos de emisiones: las denominadas “de escape” -en inglés, “exhaust emissions”- que son las que se generan como consecuencia de un proceso de combustión y son liberadas a la atmósfera mediante el tubo de escape de los vehículos automotores, y las “de no escape” -“non-exhaust emissions”- generadas por el desgaste de neumáticos, frenos y embrague, el deterioro de la calzada y la corrosión tanto de componentes del vehículo tales como el chasis y la carrocería como de mobiliario urbano como señales viales, barreras y vallas de seguridad.

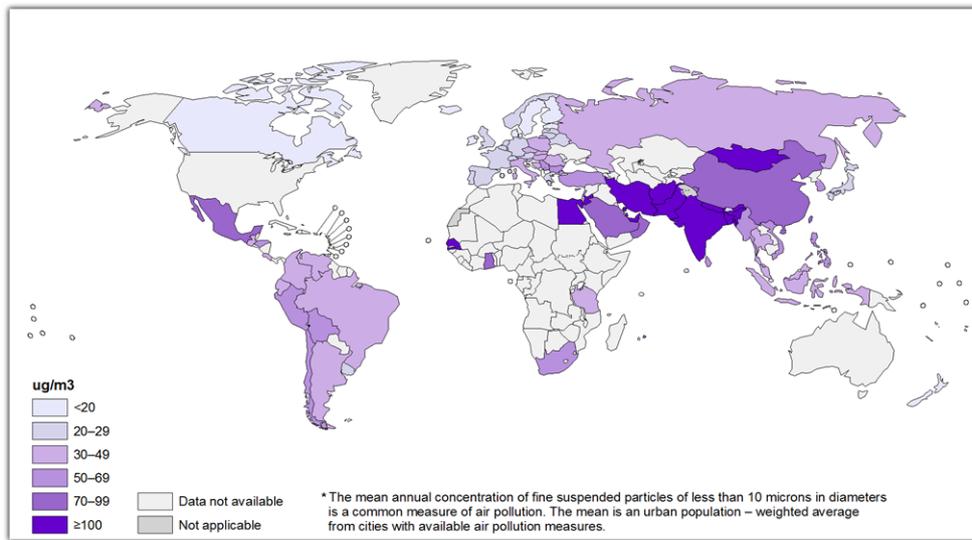
Las emisiones a la atmósfera suelen relacionarse con complicaciones en cuatro campos:

- **Salud:** la inhalación de gases contaminantes y material particulado aumenta el riesgo de sufrir enfermedades respiratorias y cardiovasculares
- **Construcciones:** las emisiones pueden generar daños en edificios tales como la pérdida de fuerza mecánica, pérdidas y la falla de revestimientos protectores debido a la degradación de materiales. También tienen efectos sobre los materiales al ensuciar las superficies de partículas y polvo y degradar las fachadas a través de procesos corrosivos consecuencia de contaminantes acidificantes tales como los óxidos de nitrógeno y el dióxido de azufre
- **Cosecha:** la concentración de óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre y compuestos orgánicos volátiles conlleva serios daños a las cosechas tales como la disminución en la productividad de los cultivos
- **Ecosistema y biodiversidad:** los gases contaminantes ocasionan daños en el ecosistema que conducen a la acidificación -disminución del pH- y a la eutrofización -enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema-, fenómenos que generan un empobrecimiento de la biodiversidad.

El nivel de gases contaminantes en el aire varía significativamente entre países, e incluso entre ciudades dentro de un mismo país. Como puede verse en el mapa a continuación, la

población argentina presenta una exposición moderada a material particulado, muy por debajo de los niveles observados en países como India, México o China, aunque algo por encima de los registrados en Canadá, Europa Central y los Países Nórdicos.

Gráfico N° 8: Exposición a partículas con un diámetro aerodinámico de 10 µm o menos (PM₁₀) en áreas urbanas - 2008-2013

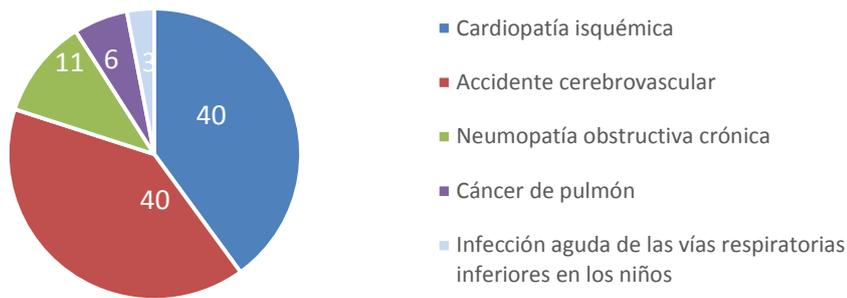


Fuente: Organización Mundial de la Salud

Las últimas mediciones de la Organización Mundial de la Salud -OMS- confirman que el 92% de la población mundial vive en lugares donde los niveles de contaminación del aire exceden los límites recomendados. Además, se estima que en el año 2012 7 millones de personas murieron como consecuencia de la contaminación del aire exterior -fuera del hogar-, lo que la convierte en el factor medioambiental que más afecta a la salud. En Argentina, la cifra de víctimas mortales a causa de este fenómeno ascendería a 10.000 muertes por año.

Los fallecimientos por inhalación de aire contaminado responden a cinco enfermedades cuya incidencia se refleja en el siguiente gráfico:

Gráfico N° 9: Muertes debidas a la contaminación atmosférica a nivel global - Desglose por enfermedad (%)



Fuente: Organización Mundial de la Salud (2014)

A pesar de que la contaminación atmosférica genera un costo social que resulta menos visible que los que generan otras externalidades como la contaminación sonora o la accidentalidad, sus peligrosas consecuencias para la salud y la gran cantidad de muertes que provoca en todo el mundo exigen que la misma ocupe un lugar prioritario entre las preocupaciones de los Gobiernos.

IV.3 Cambio climático

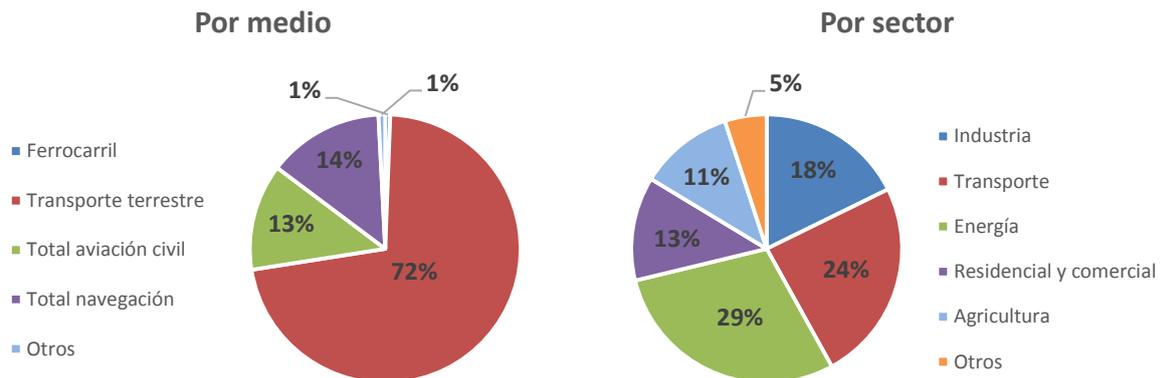
Las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) son altamente dañinas para el medioambiente debido a su contribución al cambio climático mediante efectos tales como (Van Essen et al., 2011):

- La subida del nivel del mar y las consecuentes inundaciones
- Cambios en las temperaturas y las precipitaciones y su impacto en la agricultura
- Consecuencias sobre la salud debido a fenómenos tales como el aumento de la exposición al calor extremo o la expansión de áreas aptas para el desarrollo de enfermedades parasitarias o transmitidas por animales o insectos como ser la malaria
- El impacto en los ecosistemas y la biodiversidad

El dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O) y el gas metano (CH₄) constituyen los principales GEI generados por el sector del transporte, responsable según la Comisión

Europea de cerca del 25% de las emisiones totales de estos gases en la Unión Europea. El transporte automotor constituye la principal fuente de emisiones del sector, concentrando el 70% de las mismas tal como muestra el siguiente gráfico:

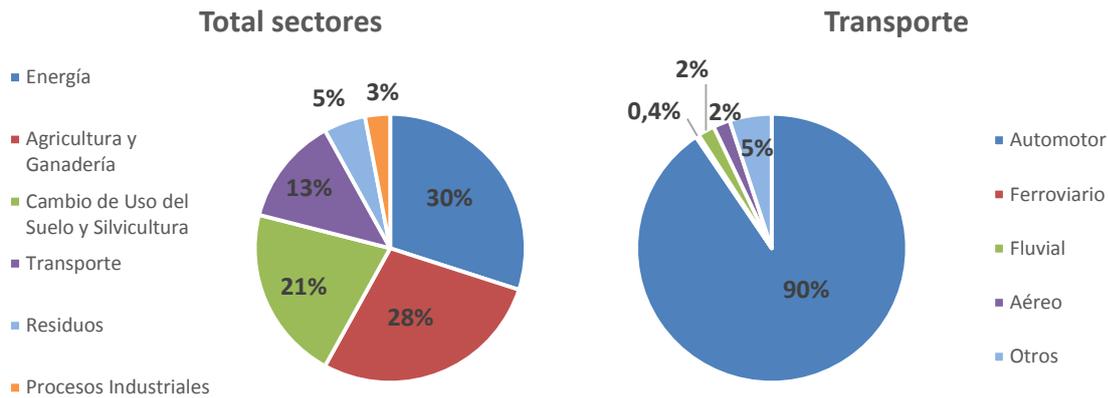
Gráfico N° 10: Emisiones de gases de efecto invernadero de los 28 países miembros de la UE por medio de transporte y sector - Año 2012



Fuente: European Commission (2014)

Se cuenta también con datos específicos para Argentina relativos a las fuentes de emisiones de GEI y el peso relativo de cada modo de transporte en las emisiones correspondientes al sector (Inventario de emisiones de GEI de Argentina 2012). A continuación se presenta un detalle de la información disponible.

Gráfico N° 11: Emisiones de gases de efecto invernadero en Argentina - Total sectores y sector transporte - Año 2012



Fuente: Inventario de emisiones de GEI de Argentina (2012)

En el caso de nuestro país, el transporte es responsable del 13% de las emisiones de gases de efecto invernadero, participación que se incrementaría al considerar también aquellas derivadas del uso de combustibles fósiles para su utilización en vehículos que en el gráfico anterior se incluyen sin discriminación dentro del rubro “energía”.

Las graves consecuencias del fenómeno del cambio climático así como el rol central que juega el transporte como una de las principales causas del mismo justifican su consideración y posterior valuación como externalidad en este trabajo.

IV.4 Contaminación sonora

Según la ley 1540 de Control de la Contaminación Acústica reglamentada en la Ciudad de Buenos Aires en el año 2004 (CEDOM, 2007), se entiende por contaminación sonora o ruido a la introducción de ruidos o vibraciones en el ambiente habitado o en el ambiente externo, generados por la actividad humana, en niveles que produzcan alteraciones, molestias, o que resulten perjudiciales para la salud de las personas y sus bienes, para los seres vivos, o produzcan deterioros de los ecosistemas naturales.

Debido a sus nocivos efectos sobre la salud, el ruido es considerado un problema sanitario de gran importancia en la actualidad. Día a día, los ciudadanos están expuestos a niveles de ruido que en muchos casos superan los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud, que varían dependiendo del tipo de ruido, la distancia de la fuente sonora y el

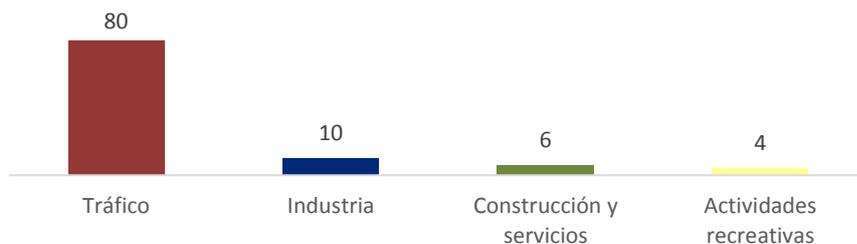
tiempo de exposición, corriendo así el riesgo de sufrir graves consecuencias para la salud tales como (Universidad del País Vasco, 2006):

- Cefalea
- Dificultad para la comunicación oral
- Disminución de la capacidad auditiva
- Perturbación del sueño y descanso
- Estrés
- Fatiga, neurosis, depresión
- Molestias tales como zumbidos o tinnitus, en forma continua o intermitente
- Efectos sobre el rendimiento
- Alteración del sistema circulatorio
- Alteración del sistema digestivo
- Aumento de secreciones hormonales (tiroides y suprarrenales)
- Trastornos en el sistema neurosensorial
- Disfunción sexual

Los medios de transporte son la principal fuente de emisión de ruido, y los niveles de contaminación sonora que generan dependen, en primer lugar, del medio en cuestión y, en segundo lugar, de la tecnología empleada por el mismo.

En igualdad de condiciones en lo que hace a cantidad de pasajeros y/o toneladas de carga movilizadas, un ferrocarril puede producir niveles de ruido similares, mayores o menores que un automóvil o un camión, según posea o no características tales como elementos anti-resonantes en los anclajes y soportes del riel, el uso de sistemas de amortiguación como el SilentTrack, las mejoras producidas en la suspensión de los vehículos ferroviarios, la utilización de ruedas con inserción flexible, el correcto mantenimiento del perfil de rodado, entre otras. La aparición de estas nuevas tecnologías en la última década hizo posible que, contrariamente a lo que sucedía años atrás, la externalidad por ruido pueda ser considerada hoy una ventaja del transporte ferroviario por sobre el automotor.

Gráfico N° 12: Principales fuentes de ruido en ambientes urbanos (%)

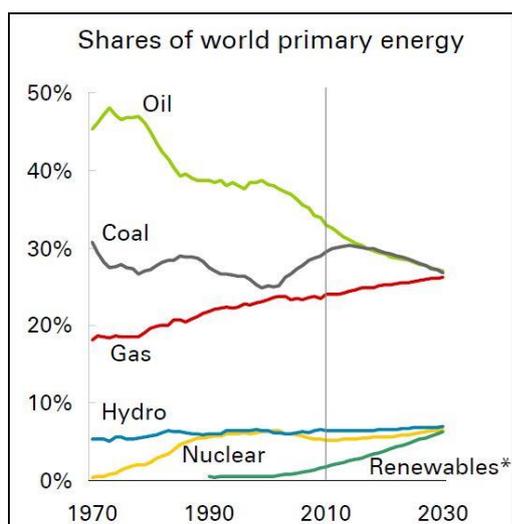


Fuente: Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (2011)

IV.5 Consumo de combustible

A pesar del crecimiento sostenido que experimentaron en los últimos años las energías renovables, entre las que se encuentran la eólica, la geotérmica, la hidroeléctrica, la mareomotriz, la solar, la undimotriz -generada a partir del movimiento de las olas-, la biomasa y los biocombustibles, se estima que en el año 2030 cerca del 90% de la energía provendrá de combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón, fuentes desafortunadamente agotables, mientras que la participación de las energías renovables en la matriz energética mundial alcanzará apenas el 6%.

Gráfico N° 13: Participación de la energía primaria mundial - 1970-2030

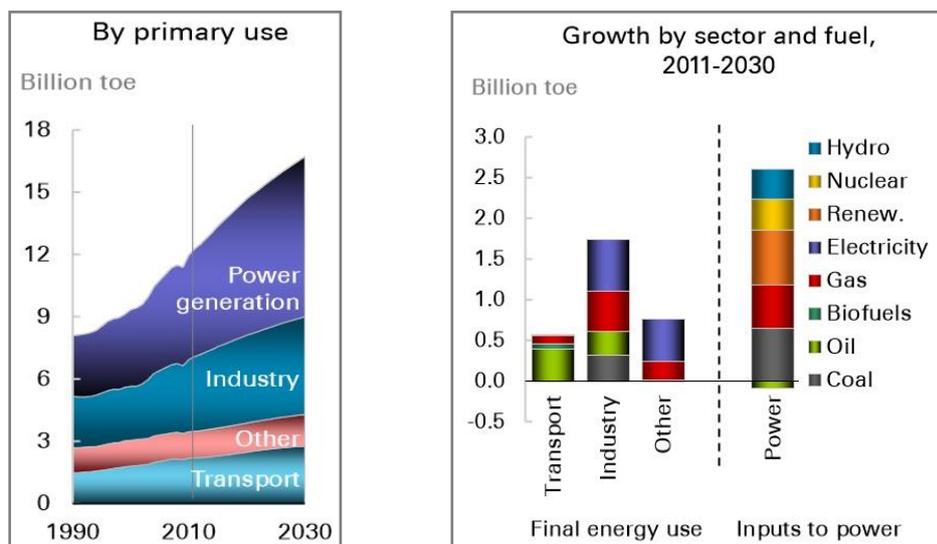


*Incluye biocombustibles

Fuente: BP Energy Outlook 2030

Tal como se puede observar a continuación, el transporte representa alrededor del 15% del uso total de la energía. Si bien se estima que en los próximos 15 años el carbón y las energías renovables serán las fuentes de mayor crecimiento y el petróleo la que menor participación ganará, al examinar el comportamiento de los mismos por sector este último aparece como la fuente energética que más crecerá dentro de la industria del transporte, seguida muy de lejos por el carbón y los biocombustibles. Esto justifica la necesidad de contar con políticas que resulten en una utilización más eficiente de este recurso no renovable como ser cualquiera que incentive el traslado de pasajeros y cargas hacia medios de transporte cuyo consumo del mismo sea menor.

Gráfico N° 14/ Gráfico N° 15: Demanda de energía mundial por uso primario - 1990-2030/
Crecimiento por sector y combustible - 2011-2030



Fuente: BP Energy Outlook 2030

En países con sistemas de transporte altamente desarrollados y modernos, la participación de vehículos automotores eléctricos en la matriz de transporte crece año a año, al igual que el peso de los ferrocarriles de tracción eléctrica.

¿Cuál es la situación en nuestro país? En lo que respecta al transporte automotor, en la actualidad casi el 100% de los vehículos requieren diferentes tipos de combustible fósil para su funcionamiento, tanto los de uso particular como los pertenecientes a la red de transporte

público de pasajeros y carga. La excepción son las líneas de Trolebuses que funcionan en las ciudades de Córdoba, Rosario y Mendoza, aunque su participación a nivel global es casi nula. En cuanto al transporte ferroviario, la situación es algo más positiva, aunque dista del ideal en términos de eficiencia: apenas el 2% del total de la red, incluyendo transporte de pasajeros y de cargas, está electrificada¹⁴.

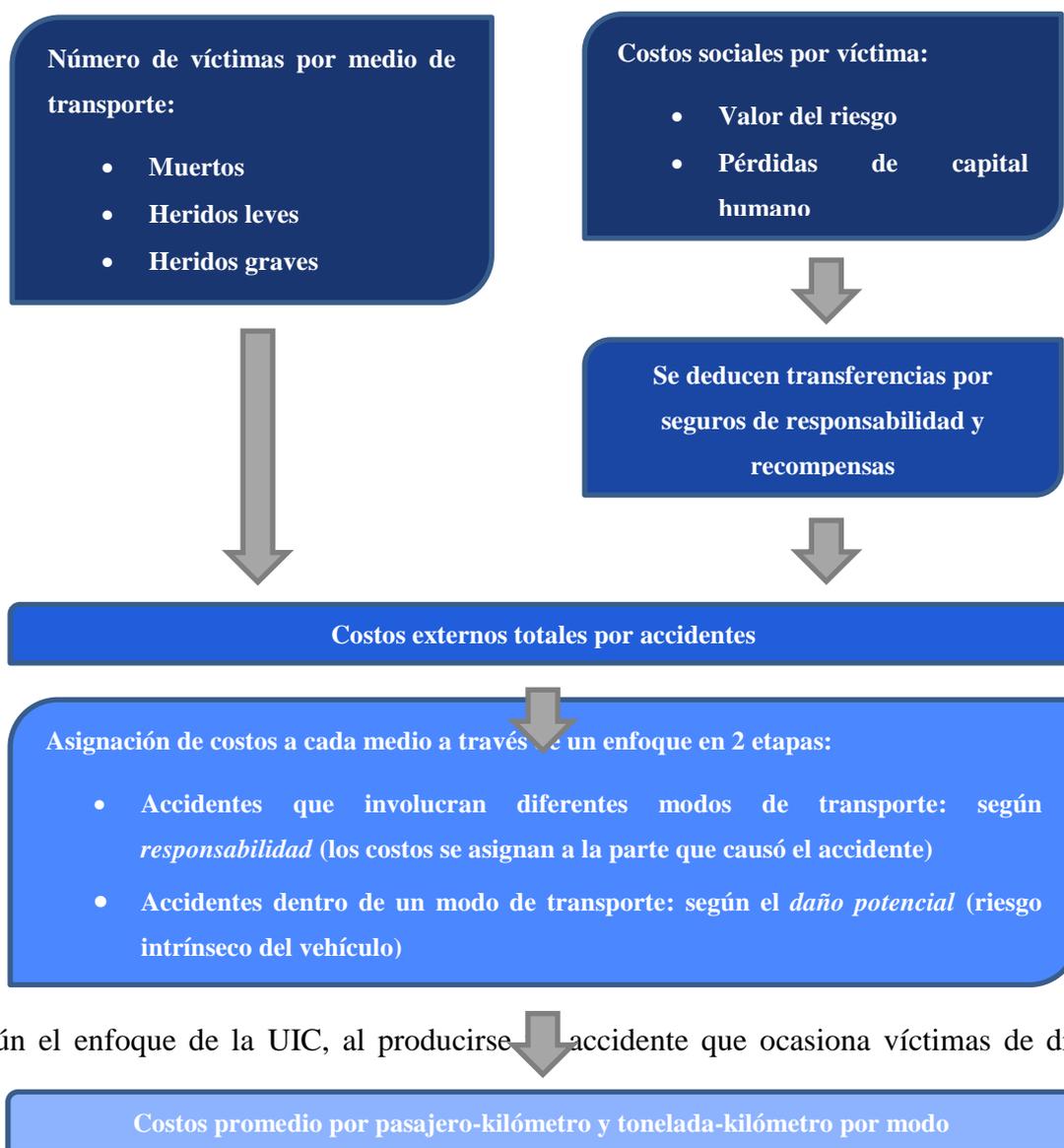
IV.6 Enfoque metodológico

El primer paso para estimar la reducción de los costos externos del transporte de granos en Argentina es definir las metodologías de valuación que se utilizarán para analizar el impacto social de cada una de las externalidades bajo estudio. A continuación un análisis detallado de cada una de ellas.

IV.6.1 Accidentalidad

La valuación de los costos externos por accidentes de tránsito, tanto para el caso del modo automotor como del ferroviario, se realizará reconstruyendo la metodología presentada por la Unión Internacional de Ferrocarriles en su trabajo *External Costs of Transport in Europe* (2011) e ilustrada en el siguiente esquema:

¹⁴ Incluye 220 kilómetros de trenes metropolitanos, 76.3 kilómetros del Subte, Premetro y Tren de la Costa y 12.5 kilómetros del Metrotranvía de Mendoza



Según el enfoque de la UIC, al producirse un accidente que ocasiona víctimas de diversa índole, las familias y allegados a éstas no son los únicos agentes que resultan damnificados. Por el contrario, el conjunto de la sociedad debe afrontar costos tanto a corto como a largo plazo y en forma directa e indirecta. Las erogaciones relacionadas a la atención médica en el sistema público a los heridos en accidentes de tránsito son cubiertas con dinero proveniente de impuestos y por lo tanto constituyen un costo directo y en el corto plazo. Además, en un país que cuenta con un sistema de salud pública y gratuita como Argentina, profesionales y equipamiento médico dedicados a la atención de víctimas implican recursos que no pueden ser destinados a otros ciudadanos. Al mismo tiempo, individuos que deben cesar sus actividades laborales por un cierto período de tiempo como consecuencia de las heridas sufridas, o fuerza laboral de la cual la sociedad carece desde el momento en el cual se produce una víctima mortal, representan pérdidas de productividad para la economía, lo cual constituye un costo indirecto y a largo plazo.

A continuación se detalla cada una de las categorías de costo utilizadas por la UIC en el cálculo de la accidentalidad y el criterio de adjudicación de costos a cada modo.

Número de víctimas por medio de transporte

En lo que respecta a heridos, no hay información disponible acerca de la proporción de lesiones graves y leves para el modo ferroviario, por lo que se asume que todos los heridos por accidentes que involucren ferrocarriles son heridos de gravedad.

Tampoco se cuenta con estadísticas que diferencien los accidentes de trenes de pasajeros de los de cargas, por lo que la asignación por medio se realiza en base a los kilómetros recorridos por cada uno. Es sencillo advertir que este criterio resulta en una sobreestimación de las víctimas de accidentes que involucran ferrocarriles de carga puesto que no tiene en cuenta que el número de personas transportadas por un tren de carga es varias veces inferior al transportado por un tren de pasajeros. Sin embargo, la justificación de esta asignación radica en la escasa participación de los accidentes en la totalidad de externalidades del modo ferroviario.

Costos sociales por víctima

- Valor del riesgo: para valorizar la pérdida de una vida humana, la UIC utiliza el concepto de “Valor de una vida estadística”-en inglés, Value of a Statistical Life o VSL-, que representa lo que estaría dispuesto a pagar un individuo por reducir el riesgo de perder su vida al sufrir un accidente de tránsito.

Según este modelo, introducido por Drèze (1962) y Jones-Lee (1974), la función de utilidad esperada de un individuo, asumiendo un único período de tiempo, está dada por (Andersson y Treich, 2011):

$$V \equiv pu(w) + (1 - p)v(w)$$

donde p es la probabilidad de sobrevivir el período, $u(w)$ es la utilidad de la riqueza w si sobrevive el período y $v(w)$ es la utilidad de la riqueza w si muere -lo que equivaldría a la utilidad de su legado o herencia-.

Partiendo de esa función de utilidad, la disposición a pagar por una reducción $\Delta p \equiv \varepsilon$ en el riesgo de mortalidad está representada por $C(\varepsilon)$ y surge de:

$$(p + \varepsilon) u(w - C(\varepsilon)) + (1 - p - \varepsilon) v(w - C(\varepsilon)) = V$$

Así, la disposición a pagar, ajustada por el Producto Interno Bruto per cápita para reflejar las diferencias en los costos de oportunidad entre países, constituye el valor monetario de una vida estadística.

Es importante mencionar que el VSL no expresa lo que un individuo está dispuesto a pagar para evitar la muerte con total certeza sino para obtener un cambio infinitesimal en el riesgo, por lo que la disposición a pagar es en realidad la tasa marginal de sustitución entre riqueza y probabilidad de supervivencia.

El VSL promedio para Europa utilizado como input en la valuación de los costos externos por víctimas de accidentes de tránsito es de 1.67 millones de euros por individuo. Para valorizar el riesgo de sufrir heridas no fatales, se computa un 13% del VSL para heridas graves y un 1% para heridas leves.

- Pérdidas de capital humano: este costo contempla las pérdidas de producción que tienen lugar cuando las víctimas no pueden trabajar por un determinado período luego del accidente, o directamente no pueden volver a trabajar en caso de discapacidad total o muerte. Se calcula como la pérdida de producción neta, entendida como la diferencia entre la pérdida de producción bruta y el consumo futuro.

Una de las críticas más frecuentes a este enfoque consiste en señalar que el valor de la vida de un individuo no está dado sólo por su productividad laboral y que otros factores, tales como el dolor y el sufrimiento que implica sufrir un accidente, el valor del tiempo libre y el placer de disfrutar de la vida, no son tenidos en cuenta. Así, una valorización de la vida que sólo considere las pérdidas de capital humano supondría, por ejemplo, que el valor de la vida de un individuo desempleado o jubilado es nulo.

A través de la disposición a pagar, el enfoque del VSL sí internaliza estos factores, a la vez que no estima las pérdidas de productividad como el capital humano, por lo que ambos modelos resultan complementarios para la valorización de los costos sociales por víctima.

- Atención médica y costos administrativos: incluye costos médicos y administrativos no cubiertos por seguros.

Asignación de costos a cada medio

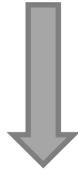
- Responsabilidad: considera que en casi el 100% de los accidentes en pasos a nivel el transporte automotor es el responsable
- Daño potencial: asume que el peligro al que un vehículo expone a otros usuarios de la vía pública, es decir su daño potencial, crece a mayor tamaño y velocidad del mismo

Si bien la UIC no describe la forma en que arriba al costo por pasajero y tonelada-kilómetro para cada medio, puede inferirse la fórmula utilizada, o al menos una buena aproximación a la misma, a partir de los indicadores que son tomados como base para los cálculos. Por esta razón, sumado a los años de experiencia e investigación en el tema de esta Organización y a la disponibilidad de casi la totalidad de los indicadores descriptos para nuestro país, es que se procederá a replicar esta metodología para la valoración de la externalidad por accidentes de tránsito en Argentina.

IV.6.2 Contaminación atmosférica

La valorización de la contaminación atmosférica se realizará también siguiendo la metodología presentada por la UIC y detallada a continuación:





Asignación de costos externos totales a cada categoría de vehículo según las emisiones por tipo de vehículo

En Costos promedio por pasajero-kilómetro y tonelada-kilómetro por modo

una primera etapa, la UIC multiplica las emisiones de gases contaminantes abiertas por tipo de vehículo y región -metropolitana, urbana y no urbana- por el volumen de transporte por tipo de vehículo -vkm- para obtener así las emisiones totales.

En una segunda etapa, se calculan los costos de cada contaminante en forma individual - puesto que los mismos varían considerablemente dependiendo del campo de impacto de cada tipo de emisión-. El material particulado, por ser el que impacta principalmente en la salud - por mucho el campo más relevante-, resulta el de mayor costo social.

La asignación de un valor monetario a los efectos sobre la salud se realiza según la disposición a pagar por evitar el incremento en la mortalidad y en el riesgo de contraer enfermedades consecuencia de la contaminación atmosférica y contempla las pérdidas económicas ocasionadas por:

- Años de vida perdidos -por la disminución de la esperanza de vida-
- Bronquitis crónica
- Atención hospitalaria por afecciones respiratorias o cardíacas
- Días de actividad restringidos
- Uso de medicación respiratoria
- Mayor riesgo de mortalidad en niños

Para valorizar los daños en edificios y materiales, Preiss y Klotz (2007) calculan primero una función dosis-respuesta, que relaciona la dosis de contaminación concentrada en el ambiente

con el índice de corrosión material y luego relaciona este último con el tiempo de reemplazo o mantenimiento del material y su costo en euros por m². Entre los materiales habitualmente corroídos considerados en la valuación se encuentran el acero galvanizado, la caliza, la argamasa, la piedra natural, la pintura, la arenisca y el cinc.

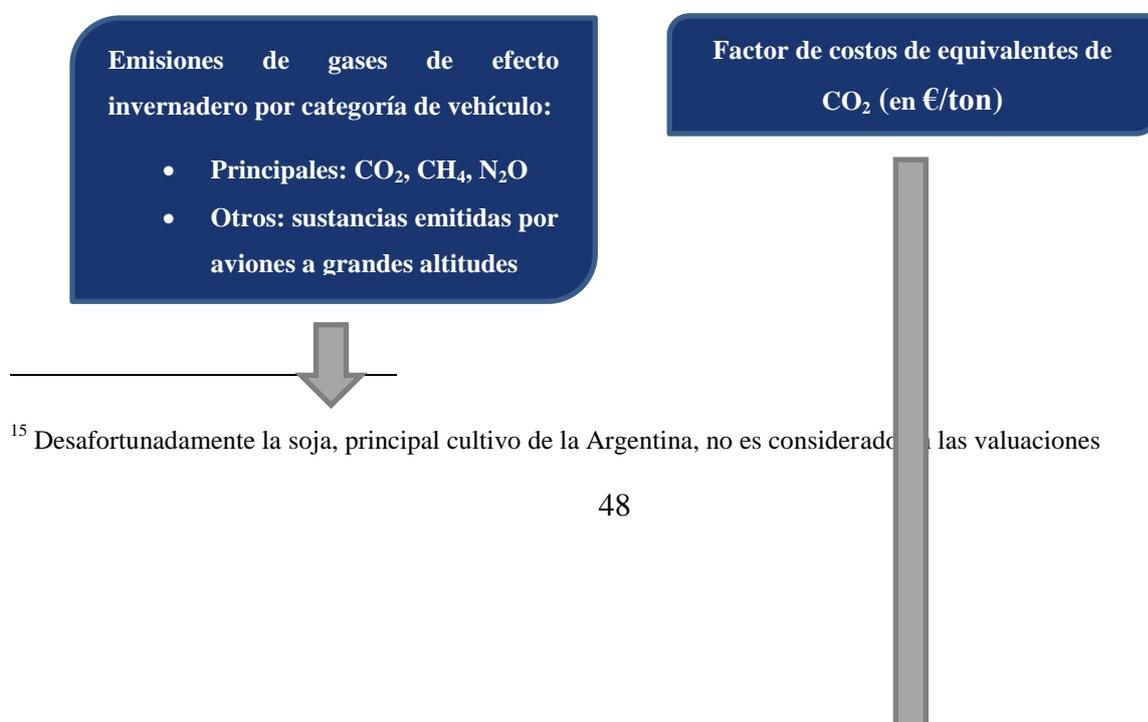
Las pérdidas en la cosecha se obtienen al multiplicar el estimado de toneladas que se pierden como consecuencia de la presencia de gases contaminantes en el aire por el precio de venta de cada cultivo. Para el caso de algunos contaminantes indirectos como el ozono -formado debido a la emisión de óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles-, las disminuciones estimadas en la cosecha difieren por cultivo según el factor de sensibilidad de cada especie cultivada a la presencia del contaminante en la atmósfera. Algunos de los cultivos valuados en NEEDS incluyen trigo, girasol, papa, arroz, centeno, avena, cebada y tabaco¹⁵.

Por último, el impacto negativo de los gases contaminantes en la biodiversidad es cuantificado a través de la valuación del costo de reconversión de tierra acidificada y eutrofizada a un estado natural con gran diversidad.

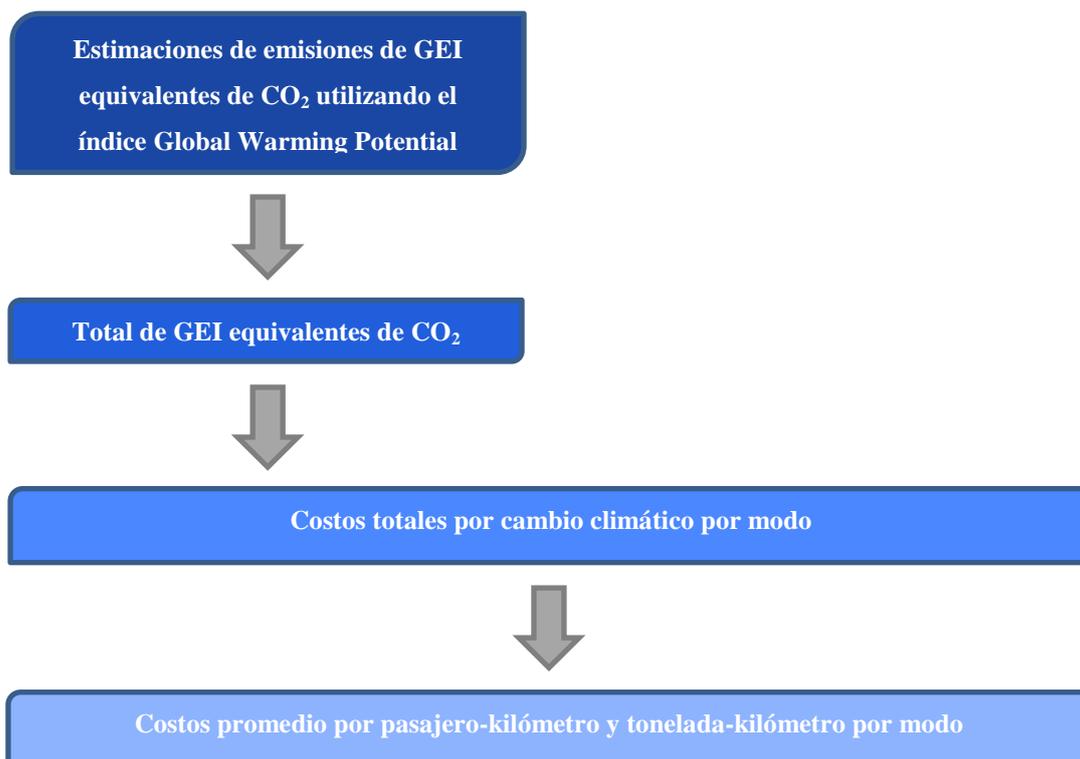
Para finalizar, la asignación de los costos externos totales por contaminación atmosférica a cada tipo de vehículo se realiza de acuerdo a las emisiones de cada uno de ellos.

IV.6.3 Cambio climático

El esquema utilizado por la UIC para estimar los costos por emisiones de gases de efecto invernadero es el siguiente:



¹⁵ Desafortunadamente la soja, principal cultivo de la Argentina, no es considerado en las valuaciones



Este enfoque consta de 4 etapas. En la primera, se estiman las emisiones por tipo de vehículo y país. Luego, se calculan las emisiones equivalentes de CO₂. Estas representan la cantidad de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que causarían el mismo cambio en la radiación entrante o saliente de un sistema climático -forzamiento radiativo-, en un determinado horizonte temporal. El cálculo consiste en medir el impacto del gas metano (CH₄) y del óxido nitroso (N₂O) en términos relativos al impacto del CO₂ por medio del índice Global Warming Potential (GWP), una medida relativa de cuánto calor puede ser atrapado por un determinado gas de efecto invernadero en comparación con un gas de referencia, generalmente dióxido de carbono. Los índices del CH₄ y el N₂O equivalen a 28 y 265 respectivamente (Pachauri et al., 2015), lo cual indica que su impacto es 28 y 265 veces mayor que el de la misma cantidad de emisiones de CO₂¹⁶.

En una tercera etapa, se multiplica el total de toneladas equivalentes de CO₂ por un factor de costos -expresado en euros por tonelada- para estimar los costos externos totales asociados al

¹⁶ El CO₂ es el gas de referencia contra el cual se mide el resto de los gases de efecto invernadero y por lo tanto su Global Warming Potential es igual a 1. Los índices para CH₄ y N₂O utilizados por la UIC corresponden al año 2007 -25 y 298 respectivamente-. Debido a que existe una actualización de los mismos al 2014, se trabajará con estos nuevos valores

cambio climático. Debido a que el daño que produce el calentamiento global trasciende las fronteras de un país, no es posible identificar el lugar exacto en donde se producen las emisiones dentro de una determinada región, por lo que la UIC trabaja con un único factor de costos para todos los países europeos. Sin embargo, es necesario estimar el impacto de las emisiones en diferentes años puesto que su impacto en el futuro será mayor que hoy.

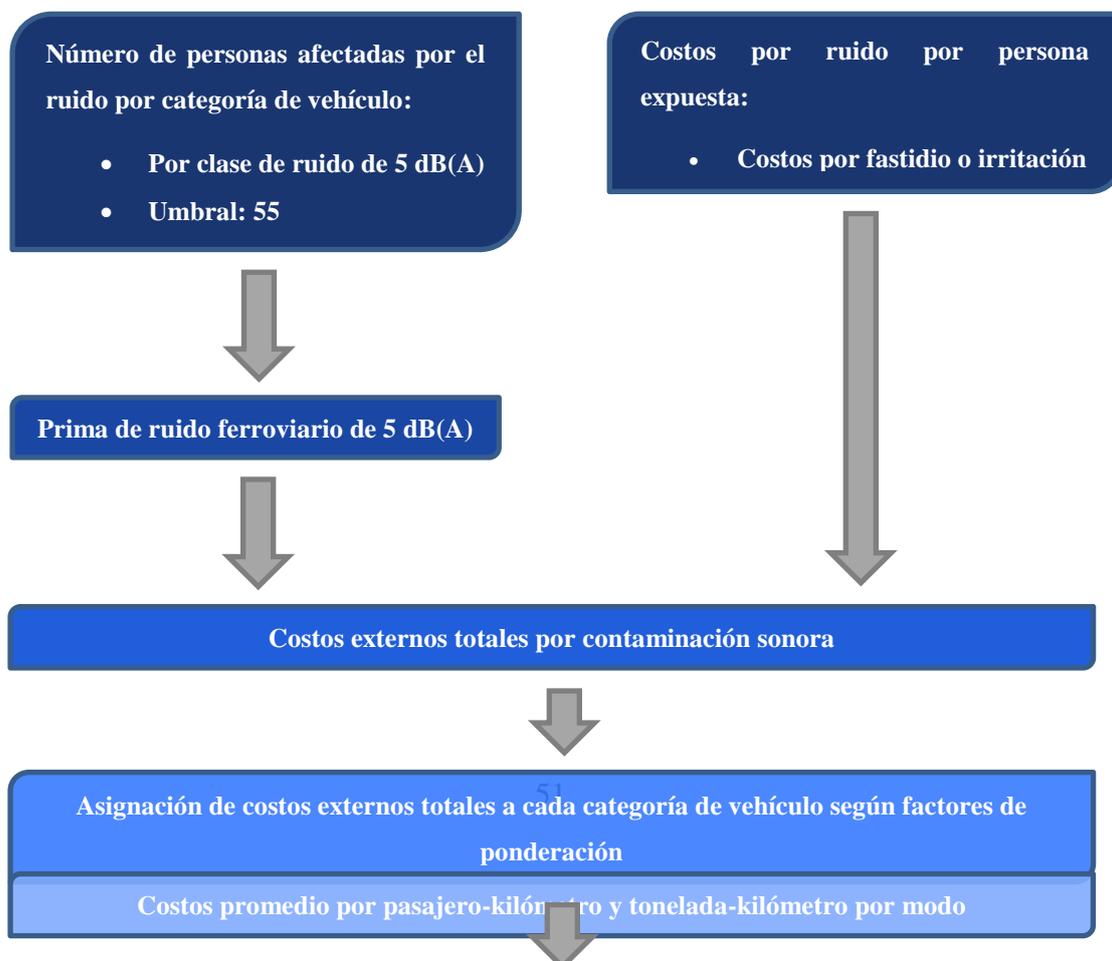
La Unión Internacional de Ferrocarriles presenta dos enfoques metodológicos para estimar los costos externos por cambio climático. El primero se concentra en los daños que provoca este fenómeno y el consecuente impacto económico de los mismos, mientras que el segundo considera los costos de lograr una determinada reducción de las emisiones que disminuya esos daños.

En lo que respecta al CO₂, la valuación se realiza a través del segundo enfoque por dos razones. En primer lugar, porque al momento de elaboración del trabajo de la UIC (2011) los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero ya habían sido fijados por el Protocolo de Kioto -el cual perdió vigencia en el año 2012-, por lo que resulta más conveniente trabajar de esta forma que enfocándose en los daños que provocan las emisiones actuales. En segundo lugar, debido al “principio de precaución”: ante la incertidumbre respecto de la ocurrencia de catástrofes climáticas que podrían resultar devastadoras para la vida humana y el medio ambiente, se deben tomar medidas que reduzcan la probabilidad de que tales eventos ocurran aun cuando la misma sea baja o desconocida. Sin embargo, esto conlleva altos niveles de incertidumbre debido a que estos “costos de elusión” son muy sensibles al precio del petróleo y a las tasas de descuento, por lo que la UIC establece un valor mínimo -“low scenario” o escenario prudente o moderado- y un valor máximo -“high scenario” o escenario favorable- por tonelada de dióxido de carbono para Europa. Adicionalmente, en caso de que el costo de los daños que genera el cambio climático resulte mayor que evitar los mismos, se tomarán los primeros como valor máximo ya que esto indicaría que los objetivos de reducción establecidos no son socialmente óptimos.

Finalmente, se calculan los costos promedio por cambio climático por tkm/pkm dividiendo los costos totales por tipo de vehículo y país por el número de tkm/pkm por país.

IV.6.4 Contaminación sonora

El siguiente esquema ilustra la metodología empleada por la UIC para llevar a cabo la valorización por contaminación sonora:



En primer lugar, se estima la cantidad de personas que están expuestas a ruidos de 55 o más decibeles por categoría de vehículo. Un decibel es una unidad logarítmica que expresa el nivel de potencia acústica y de intensidad de un sonido. Niveles de ruido menores a 55 decibeles no son considerados negativos en términos de o salud o fastidio.

Si bien los costos que ocasionan para la salud el transporte ferroviario y el automotor son los mismos a iguales niveles de ruido, hay evidencia que indica que el ruido del ferrocarril resulta algo menos molesto a la misma intensidad de sonido que el causado por el tráfico vehicular. Este fenómeno se denomina “prima de ruido ferroviario” y se explica a continuación.

Prima de ruido ferroviario

Numerosos estudios acerca del ruido y el impacto en forma de fastidio e irritación que genera en las personas sostienen que existe un efecto llamado “railway noise bonus” que implica que el ruido que genera el ferrocarril es menos molesto que el proveniente del transporte automotor. Diversos autores coinciden en que se debe considerar un Factor de Corrección de Molestia del Ruido -Noise Annoyance Correction Factor o NACF según UIC (2010)- de 5 dB(A) para representar que un determinado nivel de ruido proveniente del transporte automotor resulta igualmente irritante que uno 5 dB(A) inferior generado por el ferrocarril. Algunos de los argumentos que justifican la existencia de este factor de corrección son:

- Carácter intermitente: el ruido del ferrocarril tiene un carácter intermitente, con períodos de silencio, generalmente de unos 20 minutos, entre un tren y el siguiente, mientras que el ruido del tráfico automotor es continuado y sin pausa
- Contenido informativo: el ruido generado por el transporte ferroviario es predecible porque se repite con cada tren y cada tren suena más o menos igual. Por el contrario, en el tráfico automotor hay factores que contribuyen a generar mayores molestias,

como por ejemplo autos con silenciadores de escape en mal estado o motos muy ruidosas

- Previsibilidad: el ferrocarril ocasiona ruido en determinados horarios que generalmente son conocidos por los residentes de la zona donde circula, lo cual hace que sea mucho más predecible que el ruido que genera el tráfico automotor. La previsibilidad proporciona una sensación de control que puede reducir las molestias. Adicionalmente, resulta más fácil acostumbrarse a este tipo de ruido

En una segunda etapa, se estiman los costos por persona expuesta al ruido. El ruido es considerado un sonido no deseado que causa daños físicos o psicológicos a las personas. El impacto negativo del ruido ocasionado por el transporte se manifiesta de 2 formas:

- Costos por fastidio: el ruido que genera el transporte provoca perturbaciones en la sociedad que resultan en costos sociales y económicos como restricciones al disfrute de actividades recreativas, incomodidad o malestar, entre otros
- Daños a la salud: niveles de ruido por encima de los 85 dB(A) pueden causar daño auditivo, mientras que ruidos por encima de los 60 dB(A) podrían incrementar el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares o resultar en reacciones de estrés nervioso tales como el aumento de la presión arterial y cambios hormonales. Además, el ruido del transporte puede disminuir la calidad del sueño. Todos estos factores generan no sólo gastos médicos sino también costos por pérdida de productividad e incremento de la mortalidad

Un impacto adicional del ruido ocasionado por el transporte son las restricciones en el uso del suelo en zonas cercanas a aeropuertos o de alto tráfico. En algunos países, los Gobiernos establecen “cordones sanitarios” en este tipo de zonas donde se prohíbe, por ejemplo, la construcción de nuevas viviendas, lo cual conduce en última instancia a una pérdida de bienestar. No obstante, debido a la falta de datos que permitan estimar este impacto, el mismo no será considerado en la valuación de la externalidad por contaminación sonora.

Los valores que resultan de la multiplicación del número de personas afectadas a distintos niveles de ruido por el costo por persona expuesta son luego asignados a cada medio de transporte utilizando factores de ponderación que consideran las diferencias en las características del ruido de cada tipo de vehículo. Por ejemplo, los factores de ponderación del ferrocarril equivalen a 1 y 4 para los trenes de carga y de pasajeros respectivamente, mientras que en lo que respecta al transporte automotor los camiones con tráiler poseen un factor de ponderación de 16.6 en áreas urbanas con velocidades promedio de hasta 50 km/h. mientras que el factor de camiones con una capacidad de carga máxima total de 12 toneladas es igual a 9.8.

IV.6.5 Consumo de combustible

Si bien no representa una externalidad per se puesto que es un costo que es internalizado por el sector privado, por el Estado o por ambos según el caso, y a su vez la UIC no la incluye dentro de su trabajo, es plausible considerarlo como tal en el sentido de que el combustible constituye un recurso no renovable cuya utilización, por un lado, contribuye al agotamiento del mismo, y por el otro, en el caso de un país con escasas o nulas reservas genera un costo de oportunidad por recursos que no pueden ser utilizados con otros fines. Entre enero y agosto de este año, el Gobierno argentino gastó US\$ 2.200 millones en importaciones de naftas y gasoil (Ministerio de Energía y Minería, 2016).

En su Manual de Valorización de las Externalidades en el Transporte Terrestre, la Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (ALAF) presenta el consumo real promedio en litros de combustible por tonelada-kilómetro transportada por ferrocarril y por camión.

El consumo de combustible de un vehículo depende de varios factores, entre los cuales se encuentran la velocidad y forma de conducción, el volumen de carga transportado, la congestión vehicular, las condiciones del camino y la tecnología del vehículo y la eficiencia energética del motor.

Pese a ello, la valuación de esta externalidad con base en el precio actual del combustible no sería correcta si lo que se intenta es internalizar la agotabilidad del recurso. Esto es así puesto que ese precio de mercado refleja los costos de extracción, producción y comercialización del petróleo pero no el hecho de que su consumo hoy disminuye las reservas del futuro,

generando así una externalidad negativa. Esto nos lleva a la regla de Hotelling, según la cual los precios de un recurso agotable deberían crecer al ritmo de la tasa de interés y aproximarse al precio de la tecnología de reemplazo a medida que las reservas remanentes se vayan aproximando a cero (Gómez, s. f).

Desafortunadamente, no se han podido encontrar trabajos que estimen un precio para el petróleo que refleje su carácter agotable, pero es claro que el mismo debería ser superior a su precio actual de mercado para lograr desincentivar, o al menos reducir, su demanda. Adicionalmente, es necesario valorar la incertidumbre respecto de la existencia futura de una energía alternativa a un precio accesible, o más aun, de la disponibilidad de un sustituto perfecto.

Ante la dificultad de definir un precio que internalice la agotabilidad del petróleo, se tomará el precio actual de mercado para realizar la valorización por consumo de combustible por considerarse la mejor estimación del límite inferior de un precio sombra que sí permitiría reflejar su limitada disponibilidad. No obstante, cabe aclarar que esta forma de valuación no implica la consideración como externo un costo que, sufragado por el sector privado, es indiscutiblemente interno.

PARTE V: RESULTADOS DEL ESTUDIO. CÁLCULO DE LAS CINCO EXTERNALIDADES Y ESTIMACIÓN DEL AHORRO ANUAL POR COSTOS EXTERNOS

A continuación, introducimos los resultados de las estimaciones realizadas para cada una de las externalidades estudiadas, profundizando primero en la descripción de los datos utilizados en las mismas y referenciando en cada caso las fuentes de donde fueron obtenidos.

Cabe aclarar que la utilización de datos reportados por organismos gubernamentales obedece meramente al hecho de que la forma y profundidad con la que se los requiere sólo está disponible en fuentes oficiales, y no supone la validación o respaldo de información que en algunos casos y por diferentes motivos pudiera carecer de precisión o exactitud.

V.1 Cálculo de la externalidad por accidentalidad

Esta externalidad, que como ya se mencionó contempla tanto muertos como heridos en accidentes de tránsito, es probablemente aquella que resulta más controversial debido a la existencia de opiniones encontradas acerca de la legitimidad de asignarle una valoración económica a la vida humana.

A pesar de ello, la accidentalidad juega un rol central en nuestro análisis puesto que es la externalidad cuyos costos sufren la mayor reducción al reemplazarse al camión por el tren como medio de transporte.

A diferencia de lo que sucede con otras externalidades tales como la contaminación, los accidentes de tránsito varían considerablemente entre países tanto en número como en gravedad. Estas diferencias pueden ser explicadas por diversos factores:

- **Infraestructura vial:** incluye desde cuestiones estructurales tales como la existencia de autovías o autopistas que son escenario de un menor número de siniestros que vías de dos manos sin división como rutas o caminos rurales hasta vías en mal estado, falta de luces o mala señalización, entre otros
- **Factores tecnológicos:** se refieren a cuestiones técnicas tales como los sistemas de frenado y otras medidas de seguridad, la antigüedad de la flota vehicular y el mantenimiento general de los vehículos que contribuyen en mayor o en menor medida a ocasionar fallas mecánicas que desembocan en accidentes
- **Factores culturales:** la forma de conducir varía considerablemente de cultura en cultura. Comportamientos tales como la imprudencia y el desacato de las normas de tránsito, muy habituales en Latinoamérica, desembocan en accidentes que son ante todo fallas humanas y por lo tanto previsibles y evitables

En este contexto, es de esperar que los costos externos por accidentes para Argentina resulten más altos que los de la mayoría de los países europeos analizados

A continuación se detallará entonces cada uno de los indicadores y valores utilizados en la replicación de la metodología de la UIC para Argentina.

- **Valor estadístico de la vida**

Mediante un modelo de regresión ajustado por el PBI per cápita, Miller (2000) ubica el Valor Estadístico de la Vida para Argentina entre US\$ 1.000.000 y US\$ 1.500.000, siendo US\$ 1.200.000 la mejor estimación. Puesto que no fue posible encontrar otros trabajos que realizaran este cálculo para nuestro país, se le asignará un valor de US\$ 1.200.000 a cada vida perdida en Argentina, mientras que siguiendo el mismo criterio que la UIC las valoraciones de cada herido grave y leve se asumirán en un 13% y un 1% de esta cifra, respectivamente.

○ **Víctimas fatales en Corredor Agrario**

Para realizar esta estimación, se tomó en primer lugar el número de siniestros con víctimas de cada una de las provincias que componen el Corredor Agrario, definido en la Parte II, según datos del año 2014¹⁷ de la Agencia Nacional de Seguridad Vial y se lo ponderó por la participación del Corredor Agrario en kilómetros sobre el total de la provincia, obteniéndose así el número de siniestros con víctimas en el Corredor. Luego, se multiplicó este último por el promedio de víctimas fatales por siniestro por provincia -obtenido al dividir el total de víctimas fatales por provincia por el número de siniestros con víctimas-, arribando así a un total de 2243 víctimas fatales en Corredor Agrario en 2014. Estos cálculos se incluyen en la tabla a continuación.

Tabla N° 5: Cálculos para la estimación de las víctimas fatales en el Corredor Agrario

Provincia	Corredor Agrario - Red vial provincial pavimentada	Red vial provincial pavimentada	Participación Corredor Agrario sobre total provincia	Siniestros con víctimas - Total provincia	Siniestros con víctimas en Corredor Agrario	Víctimas fatales - Por provincia	Víctimas fatales en Corredor Agrario - Por provincia
Buenos Aires	6117	10491	58%	15679	9142	1098	640
Santa Fe	2917	3502	83%	12273	10223	663	552

¹⁷ Información año 2015 no disponible

Córdoba	2627	4627	57%	6529	3707	458	640
La Pampa	1157	2384	49%	1263	613	63	552
Entre Ríos	1141	1676	68%	3301	2247	208	260
Santiago	1136	1990	57%	2342	1337	277	31
Chaco	533	578	92%	6889	6353	173	142
Tucumán	333	1104	30%	2824	852	284	158
Salta	321	709	45%	1013	459	180	160
Formosa	273	326	84%	676	566	123	86
Corrientes	143	776	18%	740	136	166	81
TOTAL	16698	28163		53529	35634	3693	2243

Fuente: elaboración propia

Debido a la no disponibilidad de ciertos datos con el nivel de detalle que se requiere, los cálculos presentados suponen que tanto los siniestros con víctimas como las víctimas fatales se distribuyen de igual manera a total provincia que en la región provincial que forma parte del Corredor Agrario.

○ Heridos graves y leves en Corredor Agrario

Debido a la falta de datos de heridos por provincia, se obtuvo el promedio de heridos graves y heridos leves por cada siniestro con víctima a total país y se multiplicó por el número de siniestros con víctimas en Corredor Agrario obtenido en la tabla anterior, obteniéndose 7423 heridos graves y 24277 heridos leves. Las tablas que siguen ilustran los cálculos realizados.

Tabla N° 6: Estimación del promedio de heridos graves y leves para siniestros con víctimas - Total país

Víctimas 2014 - Total país	
Víctimas fatales totales	5279
Víctimas fatales en el lugar del hecho	4060 4.79%
Heridos graves	17605 27.28%

Heridos leves	57577	67.93%
TOTAL VÍCTIMAS	84760	100%
TOTAL SINIESTROS CON VÍCTIMAS	84513	
Heridos graves por siniestro	0.208	
Heridos leves por siniestro	0.681	

Fuente: elaboración propia con datos de la Agencia Nacional de Seguridad Vial

Tabla Nº 7: Estimación de heridos graves y leves en el Corredor Agrario

Provincia	Heridos graves en corredor agrario Por provincia	Heridos leves en corredor agrario Por provincia
Buenos Aires	1904	6228
Santa Fe	2130	6965
Córdoba	772	2525
La Pampa	128	418
Entre Ríos	468	1531
Santiago	278	911
Chaco	1323	4328
Tucumán	177	580
Salta	96	312
Formosa	118	386
Corrientes	28	93
TOTAL	7423	24277

Fuente: elaboración propia

En este punto se trabajó con el supuesto de que el promedio de heridos graves y leves por siniestro con víctima a total país no varía al concentrarse sólo en el Corredor Agrario.

○ **Atención médica y justicia**

Este componente del costo por accidentalidad resulta el más difícil de estimar debido a la falta de información confiable y precisa. Sin embargo, la Organización Mundial de la Salud estima que los accidentes de tránsito generan, para los países de ingreso medio como Argentina, un costo cercano al 1.5% de su PNB. Si tomamos entonces el último dato de PNB disponible, del año 2014, los gastos de atención médica y justicia por víctimas de accidentes de ascenderían a US\$ 9.128.373.262. Sin considerar aproximadamente US\$ 900 millones correspondientes a seguros¹⁸ -por tratarse de un costo ya internalizado que de incluirse estaría siendo duplicado- y restando US\$ 817.8 millones correspondientes a costos por fallecimientos -US\$ 112.029 por cada vida perdida por un total de 7300 muertes- se obtiene un costo total por heridos de US\$ 1.820 millones, lo cual considerando un total de 100.000 heridos arroja un costo de US\$ 18.202 por cada herido en accidentes de tránsito¹⁹. El detalle de todos los cálculos realizados se incluye en el Anexo.

○ **Capital humano**

Comprende las pérdidas de productividad producto de los días laborables perdidos tanto por muertes como por lesiones graves y leves.

El cálculo del Valor Actual Neto de la producción de un individuo con un ingreso anual de US\$ 14.560 (Banco Mundial, 2015) y un ahorro del 20% de su ingreso, utilizando una tasa de descuento del 7% y considerando 35 años de servicio -que resultan de restarle a los 65 años de edad jubilatoria la edad promedio de las víctimas de accidentes de tránsito en Argentina, la cual es de 30 años- arroja una pérdida de US\$ 150.814 por cada deceso.

En lo que respecta a los heridos, Voluntarios en Red (2013) estima los días de internación promedio en 20 para heridos graves y 7 para heridos leves. El producto de los días de

¹⁸ La ONG Luchemos por la Vida estima en US\$ 2.000 millones los costos por seguros para el total de accidentes de tránsito del país. Considerando que estimamos que un 45% de ellos ocurren dentro del Corredor Agrario, los costos atribuibles a los mismos ascienden a alrededor de US\$ 900 millones

¹⁹ Ante la imposibilidad de distinguir entre las erogaciones atribuibles a cada tipo de heridos, se considera un único valor para heridos de cualquier nivel de gravedad

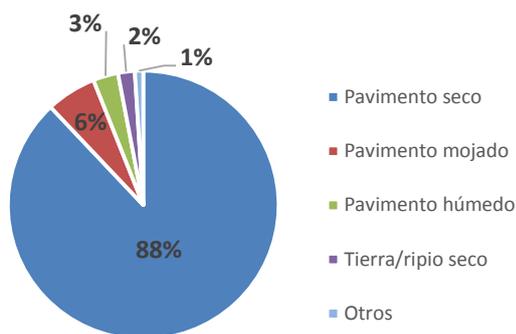
internación por el ingreso per cápita diario, que asciende a US\$ 39,9, representa las pérdidas de productividad por heridos en accidentes de tránsito.

Es preciso aclarar que todas las estimaciones recién mencionadas suponen que el ingreso se distribuye de igual forma entre la población general y entre los muertos y heridos en accidentes.

○ **Asignación de costos a cada medio**

- **Tren:** de acuerdo a CESVI (2012), la distribución por tipo de calzada involucra al ferrocarril en alrededor del 1% de los accidentes²⁰:

Gráfico N° 16: Accidentes relevados por tipo de calzada en el período 2004-2011



Fuente: CESVI (2011)

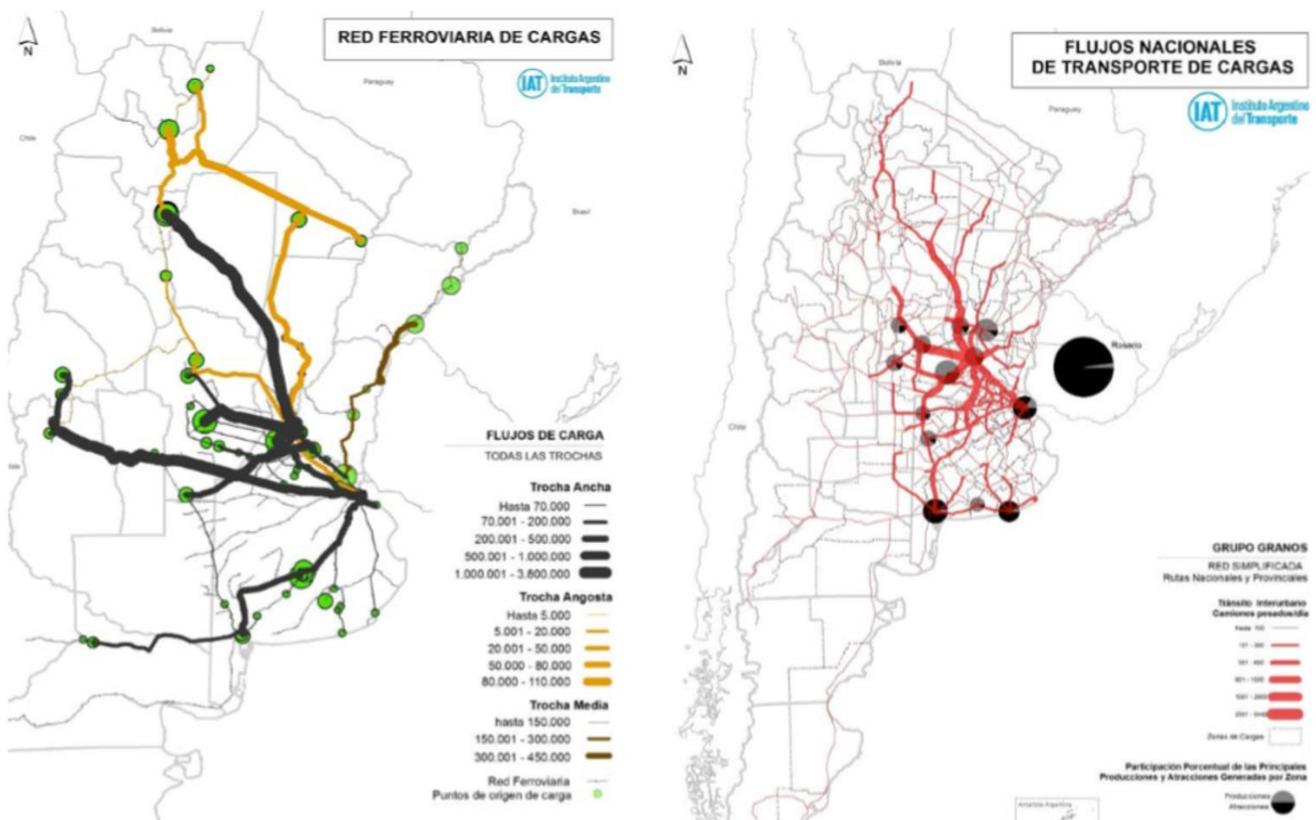
- **Camión:** como ya se mencionó, según estadísticas del CESVI el 28.9% de los accidentes de tránsito ocurridos en el período 2004-2011 involucra camiones

Los siguientes mapas de las redes ferroviaria y vial de cargas -en el segundo considerando sólo la movilización de granos- muestran que las mismas coinciden casi en su totalidad con el Corredor Agrario, por lo que de contar con estadísticas de siniestros y víctimas que involucren sólo camiones y trenes de carga podría asumirse que la totalidad de los mismos

²⁰ Se asume que “vía” como tipo de calzada se incluye dentro de la categoría "otros"

ocurren dentro del Corredor. Ante la inexistencia de estos datos, se asumirá que en ambos casos la participación de cada medio en los accidentes ocurridos dentro del Corredor Agrario es la misma que en los accidentes a total país, aun a costa de que la alta concentración de camiones y trenes de carga en esta zona conlleve con seguridad a una subestimación de la participación de ambos modos de transporte.

Figura N° 1: Red ferroviaria de cargas y Flujos nacionales de transporte de cargas de granos en Argentina



Fuente: Plan Federal Estratégico de Transporte, Movilidad y Logística

Se trabajará entonces con una participación del ferrocarril del 1% en los accidentes de la región. Puesto que la distribución de trenes-kilómetro anuales entre transporte de carga y de pasajeros no es un dato disponible, se estimará la misma a fines de determinar el número de accidentes atribuible a cada tipo de transporte:

- Trenes de carga: según CNRT (2016), 18.488.284 toneladas de carga fueron transportadas por ferrocarril en 2015 a una distancia media de 447.5 km. Considerando un número de 40 vagones por tren, cada uno de los cuales cuenta con una capacidad media de 55 toneladas y realiza su recorrido total cargado al 50% en promedio, se obtiene un total de 7.521.370 trenes-kilómetro
- Trenes de pasajeros: con datos de la CNRT en algunos casos y estimaciones propias en otros, se obtuvo un total de 19.036.252 trenes-kilómetro para el año 2015²¹

Según las estimaciones anteriores, en el año 2015 el transporte ferroviario de cargas y pasajeros significó un total de 26.557.622 trenes-kilómetro, de los cuales el 28% corresponde al primer tipo de transporte y el 72% al segundo.

Así, descomponiendo el 1% de la participación del ferrocarril en los accidentes de tránsito y asumiendo una igual distribución de los mismos entre trenes de carga y de pasajeros, se le asignaría una participación del 0.28% y del 0.72% respectivamente.

Resulta evidente que esto resultaría en una sobreestimación del número de víctimas del transporte ferroviario de cargas por cuanto el número de personas transportado por éstos es mínimo y el número promedio de víctimas de un siniestro es menor. No obstante, debido a la no disponibilidad de información más precisa y al bajo impacto de esta sobreestimación en la asignación del costo por víctimas al medio producto de una participación total en siniestros de apenas 1%, se trabajará igualmente con esta distribución.

Adicionalmente, el impacto de estos dos factores en los resultados finales es exiguo puesto que la participación de los costos por accidentes en los costos externos totales del transporte ferroviario es extremadamente pequeño, por lo que se trabajará con los datos disponibles asumiendo que el desfasaje entre los costos que se estimarán y los reales será mínimo.

Se procederá ahora a detallar la fórmula utilizada para la estimación de los costos externalidad por Accidentalidad de cada medio de transporte.

○ **Costos promedio por tonelada-kilómetro por modo**

²¹ En la sección A1 del Anexo se detallan los cálculos realizados

Con el objetivo de arribar al costo externo por tonelada-kilómetro para cada modo, se calculará el volumen anual de carga transportada por cada uno de ellos considerando:

- Cosecha de granos 2015/16: 111.136.000 millones de toneladas transportadas²²
- Participación en el transporte por medio: ferroviario 11%, automotor 89%
- Distancia media recorrida: 447.5 km. modo ferroviario, 330 km. modo automotor²³

La carga total de granos efectivamente transportada resulta entonces de 5.470.669.600 toneladas-kilómetro por tren y de 32.640.643.200 toneladas-kilómetro por camión.

Costo total por accidentalidad en Corredor Agrario por cada 1000 tkm - En dólares

Tabla N° 8: Listado de variables y valores utilizados para obtener el costo total en dólares por Accidentalidad

	Variable	Valor
(1)	Víctimas fatales anuales en corredor agrario	2243
(2)	Participación % de trenes de cargas en accidentes	0.0028
(3)	VSL para Argentina	US\$ 1.200.000
(4)	Heridos graves anuales en corredor agrario	7423
(5)	% de VSL para heridos graves	0.13
(6)	Heridos leves anuales en corredor agrario	24277
(7)	% de VSL para heridos leves	0.01
(8)	Costo unitario por muerto por atención médica y justicia	US\$ 112.029
(9)	Costo unitario por herido por atención médica y justicia	US\$ 18.203

²² No incluye 8% de consumo en chacras

²³ Estimaciones de la Bolsa de Comercio de Rosario

(10)	Valor Actual Neto de las pérdidas por capital humano	US\$ 150.814
(11)	Días de internación promedio para heridos graves	20
(12)	Días de internación promedio para heridos leves	7
(13)	Ingreso Nacional Bruto per cápita diario	US\$ 39.9
(14)	Participación % de camiones en accidentes	0.0289

○ **TREN:**

$CT_t = (\text{costos por muertos y heridos según el valor de una vida estadística} + \text{costos por atención médica y justicia} + \text{costos por pérdidas de capital humano}) / (\text{toneladas-kilómetro anuales transportadas en tren} * 1000^{24})$

Donde

○ **Costos por muertos y heridos según el valor de una vida estadística =**

$$[(1) * (2) * (3)] + [(4) * (2) * (3) * (5)] + [(6) * (2) * (3) * (7)]$$

○ **Costos por atención médica y justicia =**

$$[(1) * (2) * (8)] + [(4) + (6)] * (2) * (9)$$

○ **Costos por pérdidas de capital humano =**

$$[(1) * (2) * (10)] + [(4) * (2) * (11) * (13)] + [(6) * (2) * (12) * (13)]$$

○ **Toneladas-kilómetro anuales de granos transportadas en tren = 5.470.669.600**

²⁴ En esta etapa se multiplica por 1000 con el objetivo de replicar con exactitud el procedimiento de la UIC, que expresa los costos por cada 1000 tkm. Hacia el final de los cálculos se divide por 1000 para obtener los valores por tkm

$$CT_t = \text{US\$ } 3$$

○ **CAMIÓN:**

$CT_c = (\text{costos por muertos y heridos según el valor de una vida estadística} + \text{costos por atención médica y justicia} + \text{costos por pérdidas de capital humano}) / (\text{toneladas-kilómetro anuales transportadas en camión} * 1000)$

Donde

○ **Costos por muertos y heridos según el valor de una vida estadística =**

$$[(1) * (14) * (3)] + [(4) * (14) * (3) * (5)] + [(6) * (14) * (3) * (7)]$$

○ **Costos por atención médica y justicia =**

$$[(1) * (14) * (8)] + [(4) + (6)] * (14) * (9)$$

○ **Costos por pérdidas de capital humano =**

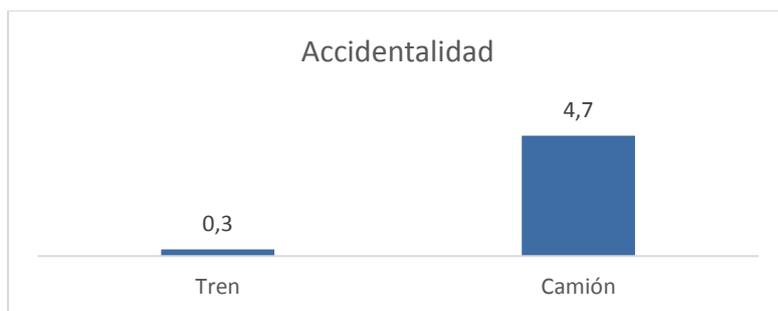
$$[(1) * (14) * (10)] + [(4) * (14) * (11) * (13)] + [(6) * (14) * (12) * (13)]$$

○ **Toneladas-kilómetro anuales de granos transportadas en camión =**

32.640.643.200

$$CT_t = \text{US\$ } 47$$

Gráfico N° 17: Comparación intermodal del costo por accidentalidad para Argentina - En centavos US\$/ton-km



V.2 Cálculo de la externalidad por contaminación atmosférica

Luego de la accidentalidad, es la externalidad que muestra una mayor reducción al producirse una migración hacia el ferrocarril.

A diferencia de lo que ocurre con la información requerida para calcular los costos externos por accidentes de tránsito, los datos que permiten obtener una valuación de la externalidad por contaminación atmosférica no están disponibles para Argentina -a excepción de las emisiones $PM_{2.5}$ y PM_{10} , las cuales sólo están disponibles a nivel nacional y en microgramos por cada m^3 , sin distinguir por zona geográfica ni fuente de la emisión-. En este contexto, la búsqueda de un país europeo entre los participantes del estudio de la UIC que se asemeje a Argentina en indicadores relevantes para el cálculo y nos permita extrapolar sus indicadores emerge como la mejor solución para una aproximación al mismo.

A los efectos de medir la contaminación atmosférica generada por el transporte de cargas, son factores tales como la edad promedio de la flota, la participación de vías electrificadas y los precios relativos del país -como variable que impacta en la valuación del costo por emisiones y adicionalmente como indicador del nivel de desarrollo del país- las que inciden en las emisiones de gases a la atmósfera. Un análisis de ambos factores para los distintos países europeos sitúa a Lituania como la mejor alternativa, tal como ilustra la siguiente tabla:

Tabla N° 9: comparación de principales variables de interés para Argentina y Lituania

Argentina	Lituania
-----------	----------

Vías electrificadas - Cargas	0%	0%
Antigüedad promedio de la flota - Trenes	50 años	SIN DATOS
Antigüedad promedio de la flota - Camiones ²⁵	13.4	9
PBI a precios corrientes (US\$)*	488.213.000.000	47.560.000.000
PBI PPA (US\$)*	971.608.000.000	82.355.000.000
Factor de conversión*	2.0	1.7
Trenes-km**	7.521.370	10.000.000**
Vehículos-km**	13.076.591.440	4.791.000.000
Granos/ carga total	29%	7% ²⁶

*Fuente: Fondo Monetario Internacional, estimaciones para 2016

**Carga total anual transportada

Las estimaciones de vehículos-kilómetro y del peso de los granos sobre la carga total para el caso de Argentina se realizaron en base a datos del Ministerio del Interior y Transporte partiendo de un volumen anual de 500.539.385 toneladas transportadas por todos los medios que corresponde al 100% de la carga considerando que el camión transporta 475.512.416 millones de toneladas y que ello representa el 95% del volumen total:

- Vehículos-kilómetro: el volumen anterior es transportado en vehículos con una capacidad de carga promedio de 24 toneladas que recorren una distancia media de 330 km. cargados al 50% de su capacidad
- Peso de los granos en la carga total transportada:

²⁵ Fuente: Plan Federal Estratégico de Transporte, Movilidad y Logística 2015 - Ministerio del Interior y Transporte

²⁶ Según el Informe Anual 2015 de Lithuanian Railways, compañía ferroviaria responsable de casi la totalidad de las cargas transportadas en Lituania, apenas el 7% de las mismas corresponden a granos. Los principales bienes transportados por ferrocarril son los aceites y derivados (29%), seguidos por los fertilizantes minerales y químicos (24%) y los productos minerales (14%).

- Camión: se tomaron los 137 millones de toneladas transportadas que corresponden a granos según el detalle de tipo de productos transportados del Ministerio del Interior y Transporte
- Tren: para obtener la carga de granos transportada por ferrocarril se tomó el volumen estimado por el Ministerio y se consideró que un 42% de la misma corresponde a granos según el peso de los mismos en la carga total transportada por tren que surge de las estadísticas de la CNRT presentadas en la en la Parte III.
- Buque: según la Bolsa de Comercio de Rosario, la movilización de granos por vía fluvial es nula, por lo que se asume que la totalidad de las cargas del medio corresponden a productos de otra naturaleza

Considerando entonces 137.256.437 toneladas de granos transportadas por camión y 7.147.702 por ferrocarril se obtiene un total de 144.404.139 toneladas de granos movilizadas, lo cual representa un 29% de la carga total anual.

Con respecto a la antigüedad promedio de los vehículos automotores de carga en Argentina, también se tomaron datos del Ministerio del Interior y Transporte, quien estima en 11.9 años la edad promedio de los camiones, en 11.6 la de los tractores y en 16.1 y 11.9 la de los acoplados y semirremolques respectivamente, resultando en 13.4 años de antigüedad promedio para el total de la flota²⁷.

No pudieron obtenerse estimaciones de la edad promedio de la flota de ferrocarriles de carga en Lituania. En el caso de Argentina, según fuentes del Departamento de Relaciones Institucionales y Comunicación de la Operadora Ferroviaria Sociedad del Estado²⁸, la

²⁷ Según fuentes del Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial (C3T) de la Universidad Tecnológica Nacional, las antigüedades promedio presentadas por el Ministerio corresponden a estimaciones del año 2005 publicadas por el C3T en su libro El Transporte automotor de cargas en la Argentina (2007). Al consultar esta publicación se comprobó que efectivamente los valores son idénticos, por lo que ya sea que los datos son los mismos o que la información actualizada al año 2015 resulta equivalente a la de 2007, se trabajará con estas antigüedades de la flota entendiendo que no existen estimaciones más recientes

²⁸ Información obtenida a través de consultas vía mail

antigüedad promedio de las locomotoras de las líneas Urquiza, San Martín y Belgrano es de 50 años. No contaban con información respecto de la edad promedio de las 3 líneas restantes.

Los trenes y vehículos-kilómetro y el tipo de cargas transportadas y su peso relativo no influyen de forma alguna en la tasa de emisiones de gases a la atmósfera ni en los costos por contaminante, por lo que las diferencias que se observan en las mismas no resultan relevantes para el análisis. Por el contrario, la antigüedad de la flota sí es un factor que incide en las emisiones, y como es de suponer los vehículos que circulan en la mayoría de los países europeos tienen una antigüedad menor que la de aquellos que lo hacen en nuestro país. Según la, En 2014 la antigüedad promedio de los vehículos pesados en Europa²⁹ era de 8.13 años (European Environment Agency, 2015). Pese a que no pudo obtenerse este mismo dato abierto por país, en el gráfico que sigue se puede observar que Lituania posee una flota levemente más antigua que el promedio de los -al año 2010, fecha de construcción del gráfico- estados miembro de la Unión Europea al contar con un número similar de camiones de menos de 2 años de antigüedad pero valores algo superiores para los vehículos de 2 años o más, especialmente para aquellos de más de 10 años. Se podría estimar entonces una antigüedad promedio de vehículos pesados en Lituania de al menos 10 años, valor que no resulta tan alejado de los 13.4 años promedio de la flota argentina.

Adicionalmente, la Organización Mundial de la Salud estima similares niveles de concentración de PM_{2.5} en ambos países, tal como muestra la tabla a continuación (World Health Organization 2016):

Tabla N° 10: concentración media anual de PM_{2.5} con límites inferior y superior, modelado y ponderado según población, por área y país - Año 2015

			Argentina	Lituania
PM _{2.5}	(µg/m ³)	Media	13	18

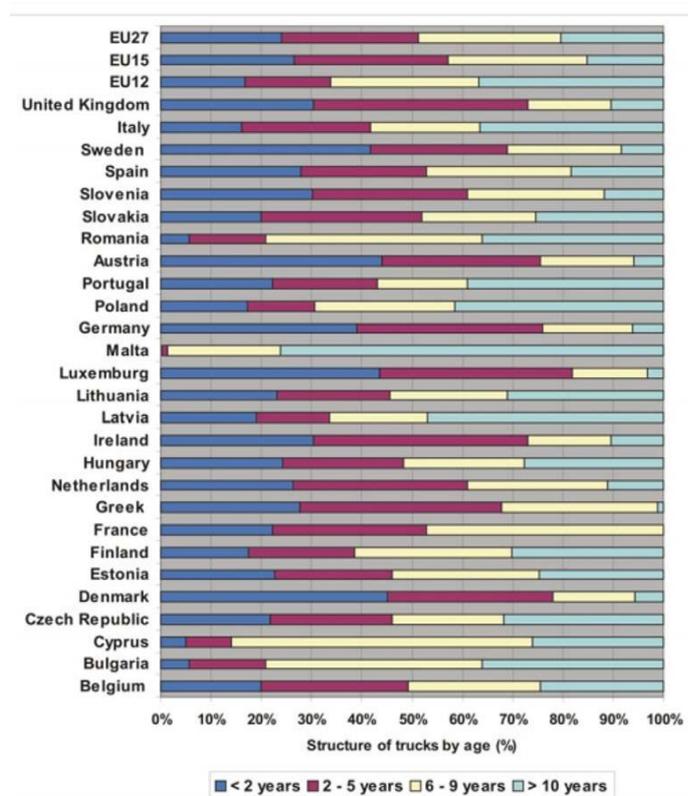
²⁹ Esta media comprende los siguientes países: Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, Rumania, Eslovaquia, Eslovenia, España, Suecia y Reino Unido

Áreas urbanas y rurales	Inferior	8	12
	Superior	22	28
PM _{2.5} (µg/m ³)	Media	14	19
	Inferior	9	13
	Superior	24	28

Fuente: Organización Mundial de la Salud

Por los dos puntos anteriores, Lituania resulta una vez más aquel cuyas emisiones y costos constituyen una buena aproximación a ambos indicadores para Argentina ante la imposibilidad de acceder a los mismos para nuestro país.

Tabla N° 11: estructura de edad de camiones en los países de la Unión Europea - Año 2012



Fuente: Konečný y Šimková (2012)

○ **Volumen de transporte:**

Debido a la existencia de estos datos para Argentina, se trabajará con los siguientes vehículos-kilómetro para el transporte de granos de cada medio:

- Tren de carga: según los valores de distancia media recorrida, cantidad de vagones por tren, capacidad y porcentaje de carga promedio de los mismos que se definió anteriormente, las 5.470.669.600 de toneladas-kilómetro de granos transportadas equivalen a 4.973.336 trenes-km
- Camión: 32.640.643.200 toneladas-kilómetro de granos transportadas en camiones con una capacidad de carga promedio de 24 toneladas, asumiendo un 50% de carga media efectiva a lo largo de todo el recorrido, arroja un total de 2.720.053.600 vehículos-km para el medio automotor

○ **Emisiones de gases contaminantes**

Las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera dependen, en mayor o en menor medida, de las siguientes variables:

- Características del parque automotor:
 - Tipo de vehículo -autos particulares, buses, camiones livianos, camiones pesados, tráilers, trenes-
 - Tamaño del vehículo o capacidad de carga
 - Tipo de combustible utilizado -nafta, diésel, gas, biocombustibles o electricidad-
 - Características del motor tales como tipo, tamaño y tecnología empleada -para vehículos no eléctricos-
 - Año de fabricación del vehículo
- Kilómetros realizados por cada categoría de vehículo
- Condiciones de manejo tales como el tipo de pavimento, el estado de los caminos y los límites de velocidad permitidos.

Sobre el último punto, cabe señalar que si bien una disminución en la velocidad de circulación de un vehículo puede reducir sus emisiones de gases a la atmósfera cuando el mismo circula a más de 100 km/h, a velocidades menores a 40 km/h las emisiones pueden

volver a aumentar puesto que a velocidades muy bajas el consumo de combustible tiende a subir como consecuencia de un menor rendimiento del motor (Clemente Álvarez, 2011).

Se presentan a continuación los factores de emisión para Lituania, en gramos por vehículos-kilómetro/trenes-kilómetro:

- $PM_{2.5}$ -de escape-:
 - Tren de carga 22,807 g/tren-km
 - Camión 0,195 g/vkm
- PM_{10} -de no escape-:
 - Tren de carga 13,85 g/tren-km
 - Camión 0,102 g/vkm
- NO_x :
 - Tren de carga 13,742 g/tren-km
 - Camión 7,062 g/vkm
- NMVOC y SO_2 : si bien la UIC ubica estos gases entre los principales contaminantes atribuibles al transporte y presenta una valorización de cada uno, no presenta los datos de emisiones por vehículo-kilómetro de los mismos. Se contactó entonces vía mail a Snejana Markovic-Chenais, Asesora Superior en Economía de la UIC, quien nos compartió los siguientes factores de emisión para Lituania:
 - NMVOC:
 - Tren de carga 0 g/tren-km
 - Camión 0,2 g/vkm
 - SO_2 :
 - Tren de carga 3,5 g/tren-km
 - Camión 0,004 g/vkm

En lo que respecta a las emisiones de $PM_{2.5}$, se realizarán algunos ajustes puesto que los mismos se redujeron en aproximadamente un 50% entre los años 2000 -año del anterior paper de la UIC- y 2008 debido principalmente a dos razones. Por un lado, el desarrollo de tecnologías tales como filtros de partículas, tanto en trenes como en camiones, permitió

disminuir las emisiones de material particulado por vehículo. Por otro lado, la aparición de nuevas regulaciones tales como las Normas de Emisión Europeas -European Emission Standards-, que definen los límites aceptables para las emisiones de PM_{2.5} y NO_x, entre otros, de nuevos vehículos vendidos en la Unión Europea y en el Espacio Económico Europeo -EEA-, condujo a una significativa reducción de las emisiones.

Según diversas investigaciones, la reducción en las emisiones no resultó de igual proporción que la reducción de los límites aceptables de las mismas; sin embargo, se asumirá que las emisiones de PM_{2.5} y NO_x de los vehículos argentinos de carga -tanto trenes como camiones- se aproximan más a los valores de Europa previos a las normas Euro 4 y Euro 5, entradas en vigencia en los años 2005 y 2008 respectivamente (European Emission Standards, s.f). A continuación los valores resultantes al considerar una reducción del 50% entre el 2000 y el 2008 para ambos gases³⁰:

- PM_{2.5} -de escape-:
 - Tren de carga 45,614 g/tren-km
 - Camión 0,39 g/vkm
- NO_x:
 - Tren de carga 13,742 g/tren-km
 - Camión 20,771 g/vkm

○ **Costo por contaminante**

Según las estimaciones de la UIC, el costo por tonelada de cada uno de los siguientes gases contaminantes para Lituania es el siguiente³¹:

- PM_{2.5} -de escape-:
 - Área metropolitana € 283.500/ton,
 - Área urbana € 92.100/ton,

³⁰ Para NO_x se considera una reducción del 66% para el modo automotor por tratarse de la variación entre las emisiones en el período 2000-2010 según la base de TREMOVE. No se observaron diferencias en el caso del modo ferroviario, por lo que para dicho caso se trabajará con las emisiones del año 2010

³¹ Datos del año 2008

- Área no urbana € 56.700/ton
- PM₁₀ -de no escape-:
 - Área metropolitana € 113.400/ton,
 - Área urbana € 36.800/ton,
 - Área no urbana € 22.700/ton
- NO_x: € 6.200/ton
- NMVOC: € 900/ton
- SO₂: € 6.400/ton

Según la OMS, las partículas PM_{2.5} son más peligrosas que las PM₁₀ porque al ser más pequeñas pueden entrar al sistema respiratorio y de allí pasar al sanguíneo; de allí que su costo sea más del doble que el del material particulado de mayor dimensión.

Con el fin de obtener una mayor precisión en la valuación, los costos por tonelada de contaminante en Lituania se ajustarán por paridad de poder adquisitivo -PPA- para contemplar posibles variaciones de precios relativos entre este país y Argentina. Para ello se utilizarán los factores de conversión presentados en la tabla 9.

Volviendo a los costos por tonelada de contaminante, si aplicamos la inversa del factor de conversión de Lituania a los costos por tonelada de contaminante determinados para el país y al valor resultante lo multiplicamos por el factor de conversión de Argentina, se obtienen los costos por tonelada de contaminante correspondientes a nuestro país ajustados por PPA, tal como muestra el siguiente cuadro:

Tabla N° 12: Comparación de los costos por tonelada de contaminante en Argentina y Lituania ajustados por PPA

		Argentina	Lituania
PM _{2.5}	Metropolitana	€ 293,254	€ 253,900
	Urbana	€ 95,287	€ 82,500
	No urbana	€ 58,674	€ 50,800
PM ₁₀	Metropolitana	€ 117,348	€ 101,600
	Urbana	€ 38,115	€ 33,000
	No urbana	€ 23,446	€ 20,300

NO _x	-	€ 6,468	€ 5,600
NMVOC	-	€ 924	€ 800
SO ₂	-	€ 6,583	€ 5,700

Al realizar el ajuste por PPA, los costos para Argentina resultan algo superiores a los de Lituania, lo cual es consecuencia de un mayor factor de conversión para Argentina que indica que su nivel de precios internos es menor. Se trabajará entonces con estos valores ajustados para Argentina.

Si bien los valores presentados para el caso de Lituania corresponden a la carga anual total transportada en el país, el objeto de este trabajo es, como ya se mencionó, el transporte de granos en Argentina. Por este motivo, se acotarán tanto los volúmenes de carga como los costos por emisiones a lo que fue definido como “Corredor Agrario” en la Parte III.

Ante la falta de información precisa respecto de la distribución poblacional en el mencionado corredor, se realizaron las siguientes estimaciones. En primer lugar, se obtuvo la población de cada uno de los departamentos de las provincias de Buenos Aires, La Pampa, Córdoba, San Luis, Chaco, Corrientes, Formosa, Santiago del Estero, Salta y Tucumán que componen el Corredor Agrario así como la población total de las provincias de Santa Fe y Entre Ríos, ambas en su totalidad parte del Corredor. Luego, se desagregó cada una de ellas en población urbana -habitantes de localidades de más de 2000 habitantes- y rural o no urbana -menos de 2000 habitantes-. Los conglomerados urbanos de Rosario y Mar del Plata se excluyeron de dicha desagregación por superar los 500.000 habitantes y considerarse así Áreas Metropolitanas.

A continuación la distribución resultante:

Tabla N° 13: Organización urbana de las 9 regiones que componen el Corredor Agrario

	Área metropolitana	Área urbana	Área no urbana
Población	1.809.135	7.975.361	1.866.443
Peso	16%	68%	16%

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, podemos afirmar que el 68% de las áreas por las cuales son transportadas las cargas de granos en Argentina son urbanas, mientras que el 32% restante se distribuye en igual proporción entre áreas metropolitanas y áreas no urbanas. Cabe aclarar que los conglomerados urbanos de Buenos Aires y Córdoba, los principales del país en términos de densidad poblacional, no forman parte del corredor agrario.

- **Costo por tonelada-kilómetro por modo**

Con los datos anteriores, podemos entonces estimar el costo por contaminación atmosférica para cada modo de transporte.

Costo total por contaminación ambiental por cada 1000 tkm - En euros

- **TREN:**

$CT_t = \Sigma (\text{emisiones totales por contaminante} * \text{costo por tonelada de contaminante}) / \text{vehículos-kilómetro anuales} * \text{toneladas transportadas por vehículo} / 1000$

Donde

- **Emisiones totales por contaminante =**

Emisiones en gramos por vehículo-kilómetro * vehículos-kilómetro totales

- **Costos por tonelada de contaminante =**

- $PM_{2.5}$ y PM_{10} : (costo por tonelada en áreas metropolitanas * participación áreas metropolitanas en corredor agrario) + (costo por tonelada en áreas urbanas * participación áreas urbanas en corredor agrario) + (costo por

tonelada en áreas no urbanas * participación áreas no urbanas en corredor agrario)

- Resto de los contaminantes: costo único -no discriminan por densidad poblacional-

$$CT_t = (\text{costo total por emisiones } PM_{2.5} + \text{costo total por emisiones } PM_{10} + \text{costo total por emisiones } Nox + \text{costo total por emisiones } NMVOC + \text{costo total por emisiones } SO_2) / 4.973.336 * 1100 / 1000$$

$$CT_t = € 6.94$$

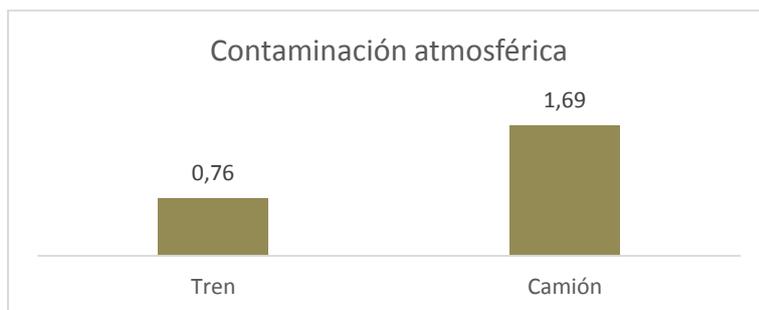
- **CAMIÓN:**

$$CT_c = (\text{costo total por emisiones } PM_{2.5} + \text{costo total por emisiones } PM_{10} + \text{costo total por emisiones } Nox + \text{costo total por emisiones } NMVOC + \text{costo total por emisiones } SO_2) / 2.720.053.600 * 12 / 1000$$

$$CT_c = € 15.56$$

A continuación se presenta un gráfico comparativo de las estimaciones obtenidas.

Gráfico N° 18: Comparación intermodal del costo por contaminación atmosférica para Argentina - En centavos US\$/ton-km



Podemos decir entonces que el camión contamina el aire casi 4 veces más que el tren por cada tonelada-kilómetro que transporta, o lo que es lo mismo, libera en la atmósfera una cantidad de partículas PM10 y PM2.5 que resulta 4 veces la emitida por medios alternativos más limpios como el ferrocarril.

V.3 Cálculo de la externalidad por cambio climático

○ Emisiones de GEI por categoría de vehículo

De igual forma que para las estimaciones de costos por contaminación atmosférica, se trabajará con los factores de emisión correspondientes a Lituania para cada modo de transporte:

- CO₂:
 - Tren de carga: 35.202 g/vkm
 - Camión: 656 g/vkm
- CH₄ y N₂O: al igual que con el NMVOC y el SO₂, la UIC no presenta datos de emisiones para estos 2 gases. Los factores a continuación fueron también compartidos por el equipo de asesores económicos de la UIC:
 - CH₄:
 - Tren de carga 0 g/tren-km
 - Camión 0,05 g/vkm
 - N₂O:
 - Tren de carga 0 g/tren-km
 - Camión 0,03 g/vkm

Multiplicando entonces estos factores de emisión por el volumen de transporte de cada medio en Argentina se obtienen las emisiones totales de cada uno de los gases:

distintos, que difieren en su objetivo de reducción de emisiones de GEI: un escenario “prudente”, que implica reducciones en línea con el Protocolo de Kioto y estima un costo de €25 por tonelada de dióxido de carbono, un escenario “intermedio” con un costo de €78 por tonelada y un escenario “favorable” con el ambicioso objetivo de limitar el aumento de temperatura a 2 grados Celsius hacia el año 2050, que fue incorporado en el Acuerdo de Copenhague de diciembre de 2009 e implica un costo por tonelada de CO₂ de €146.

Si bien Argentina no apoyó el Acuerdo de Copenhague, en septiembre de este año el Congreso aprobó la ratificación del Acuerdo de París, que se celebró en diciembre de 2015 y entrará en vigencia el 4 de noviembre de 2016 luego de haberse alcanzado los mínimos necesarios en lo que respecta a número de países firmantes y porcentaje de emisiones mundiales de gases de efecto invernadero³². El Acuerdo fija como objetivo mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2 °C con respecto a los niveles preindustriales y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento a 1,5 °C, por lo que hace sentido trabajar con el escenario más ambicioso para estimar los costos externos por Cambio Climático.

- **Costos totales por cambio climático por modo**

Si bien la UIC considera para sus estimaciones un costo de €146 por tonelada de dióxido de carbono, los valores reportados en la literatura que analiza el precio de carbono de equilibrio para alcanzar diferentes escenarios de emisiones consistentes con mantenerse debajo de los 2°C de aumento en la temperatura global promedio se ubican por debajo de los US\$ 100 por tonelada (Aldy et al. 2016, Stern, 2006). Con el objeto de no incurrir en una sobreestimación de los costos por cambio climático, se trabajará con el valor intermedio fijado por la UIC en €78.

Costo total por cambio climático por cada 1000 tkm - En euros

- **TREN:**

³² http://unfccc.int/paris_agreement/items/9444.php

$CT_t = \Sigma$ (emisiones totales de CO₂ + emisiones de CH₄ en toneladas equivalentes de CO₂ + emisiones de N₂O en toneladas equivalentes de CO₂) * Costo por tonelada de CO₂ / vehículos-kilómetro anuales * toneladas transportadas por vehículo / 1000

Donde

- o **Emisiones totales por contaminante =**

Emisiones en gramos por vehículo-kilómetro * vehículos-kilómetro totales

$$CT_t = \text{€ } 13.655.567 / 4.973.336 * 1100 / 1000$$

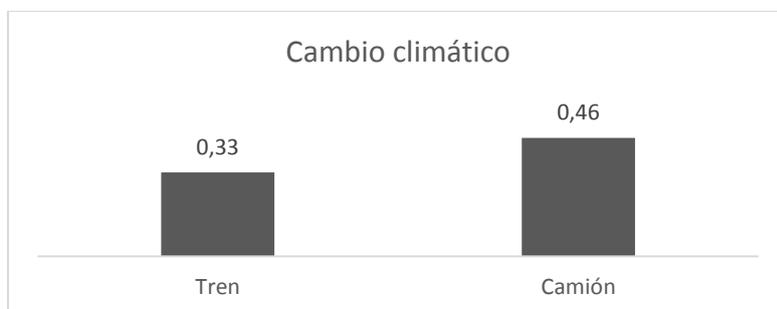
$$CT_t = \text{€ } 3.02$$

- o **CAMIÓN:**

$$CT_c = \text{€ } 139.196.676 / 2.720.053.600 * 12 / 1000$$

$$CT_c = \text{€ } 4.26$$

Gráfico N° 19: Comparación intermodal del costo por cambio climático - En centavos US\$/ton-km



V.4 Cálculo de la externalidad por contaminación sonora

Si bien en la actualidad gran parte del recorrido de las cargas en Argentina se realiza en zonas de baja densidad poblacional, factor de gran incidencia en el impacto negativo del ruido en la población, un potencial aumento del tráfico ferroviario significaría un aumento considerable de la contaminación sonora en áreas urbanas y suburbanas, lo que amerita así un análisis de esta externalidad.

Ante la falta de información para Argentina en lo que respecta a número de personas expuestas a los diferentes niveles de ruido y a costos por exposición como consecuencia del fastidio y los daños a la salud que esta externalidad, genera, se trabajará nuevamente con las estimaciones de la UIC para Lituania por las mismas razones señaladas en el apartado “Cálculo de la externalidad por accidentalidad”.

Tal como se mencionó anteriormente, un factor importante a tener en cuenta es la densidad poblacional de las zonas bajo análisis. Esta representa la cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado que habitan en una determinada zona y su importancia reside en el hecho de que los efectos de la contaminación sonora -al igual que los de la contaminación atmosférica- son proporcionales a la acumulación de población. Los costos obtenidos para Lituania deberían entonces ajustarse considerando que la densidad poblacional de este país es mayor que la de Argentina.

Sin embargo, este ajuste no se realizará por la siguiente razón. Si bien la no consideración de las diferencias de densidad poblacional entre ambos países resultaría en una sobreestimación de los costos de esta externalidad para Argentina, es esperable que tanto las emisiones de gases contaminantes de los diferentes medios de transporte como los niveles de ruido que generan sean mayores en nuestro país debido a las diferencias de infraestructura, antigüedad y tecnología de la flota, por lo que al trabajar con datos e indicadores para Lituania los costos para Argentina resultarían subestimados. Al desconocerse cuál de estos dos efectos, que afectan los costos por externalidad en sentido contrario, tiene mayor impacto, se asumirá que ambos se contrarrestan mutuamente y se ignorará el ajuste por diferencias de densidad poblacional.

Costo total por contaminación sonora por cada tkm - En euros

La fórmula para obtener las estimaciones de costos externos por contaminación sonora es la siguiente:

$$CT = \text{número de personas expuestas al ruido} * \text{costo por persona expuesta al ruido}$$

Puesto que en el trabajo de la UIC no se presentan los valores finales por país sino para el total de los países participantes del estudio, se solicitaron los mismos a la Asesora de la UIC Snejana Markovic-Chenais, quien compartió las siguientes estimaciones para Lituania:

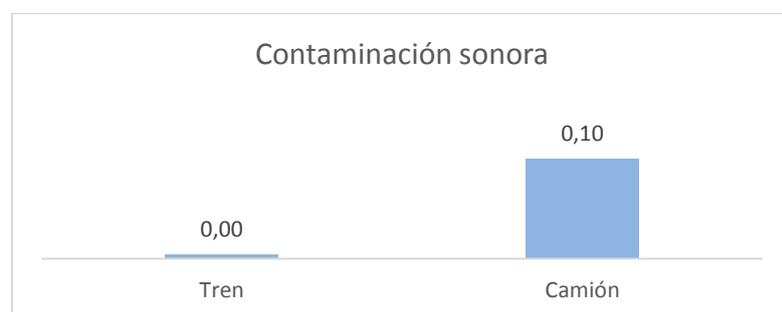
○ **TREN:**

$$CT_t = € 0.04 / 1000 \text{tkm}$$

○ **CAMIÓN:**

$$CT_c = € 0.9 / 1000 \text{tkm}$$

Gráfico N° 20: Comparación intermodal del costo por contaminación sonora - En centavos US\$/ton-km



Como puede observarse en el gráfico anterior, el ruido es la externalidad que menores costos externos genera de las cinco analizadas.

En países con sistemas de transporte modernos como Estados Unidos o el Reino Unido, la antigüedad promedio de las locomotoras de carga es de 8 y 13 años, respectivamente (Matthew Bevan, 2014), mientras que los camiones utilizados para movimientos de cargas tienen en promedio 4 años en ambos casos³³.

En Argentina, donde los trenes y camiones de carga tienen una antigüedad promedio de 50 y 18 años respectivamente, estos costos son a ciencia cierta mayores. Sin embargo, la brecha entre ambos medios se mantendría y el camión continuaría significando un costo mayor en lo que respecta a contaminación sonora.

Si comparamos los costos por contaminación sonora para Lituania y para la Unión Europea, se advierte que los primeros son considerablemente más bajos que los segundos. La densidad poblacional, que es de 44 habitantes por kilómetro cuadrado en Lituania y asciende a 116 en la Unión Europea, es un factor explicativo importante, aunque no el único. Variables tales como los niveles de ruido de otras fuentes y los itinerarios de los trenes tienen un impacto en los costos totales. Al ser consultado al respecto, el equipo de la UIC respondió que no estudiaron todos estos factores en detalle y que las diferencias podrían deberse también a subreportes de personas afectadas por el ruido en Lituania. Puesto que los costos presentados representan la única estimación de la que se dispone, serán considerados la mejor aproximación a los costos reales por contaminación sonora en Argentina.

V.5 Cálculo de la externalidad por consumo de combustible

³³ Para el caso de Estados Unidos, este valor representa la edad promedio de los diferentes tipos de camiones utilizados para el transporte de carga ponderada por la participación de cada uno de ellos en la flota total. Se utilizaron como base para los cálculos los resultados de un estudio del American Transportation Research Institute -ATRI- del año 2012. En el caso del Reino Unido, se estima una edad promedio de 4 años en base a un ciclo de renovación de flota de entre 6 y 8 años según datos del informe The Logistics Report 2014 de la Freight Transport Association -FTA-.

Siguiendo con el esquema propuesto por ALAF (2003), la valorización de esta externalidad se obtiene asignando los siguientes valores de consumo real promedio por vehículo por cada tonelada kilómetro transportada, siempre considerando vehículos destinados al transporte de cargas:

- Ferrocarril: 0.015012 litros de combustible/ tkm
- Camión: 0.041000 litros de combustible/ tkm

Al multiplicar estos valores por el precio del combustible en Argentina, se obtienen los siguientes costos para cada medio³⁴:

Costo total por consumo de combustible por tkm - En dólares

- **TREN:**

$$CT_t = 0.015012 * US\$ 1.15$$

$$CT_t = US\$ 0.0173$$

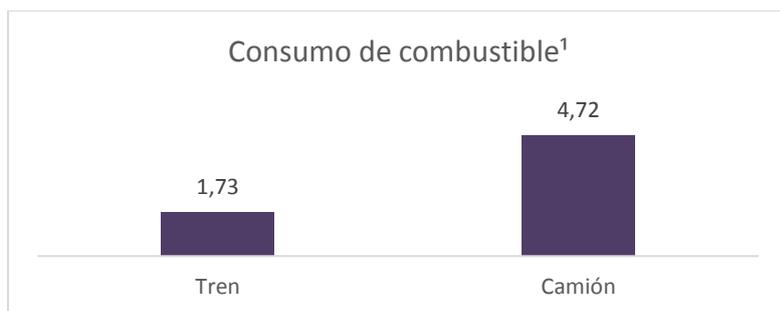
- **CAMIÓN:**

$$CT_c = 0.041000 * US\$ 1.15$$

$$CT_c = US\$ 0.0472$$

Gráfico N° 21: Comparación intermodal del costo de combustible - En centavos US\$/ton-km

³⁴ Costo de 1 litro de nafta en Argentina: US\$ 1.15 -Fuente: GlobalPetrolPrices.com -Octubre 2016-



Como se puede observar, el camión gasta casi 3 veces lo que consume el tren por transportar el mismo volumen de carga.

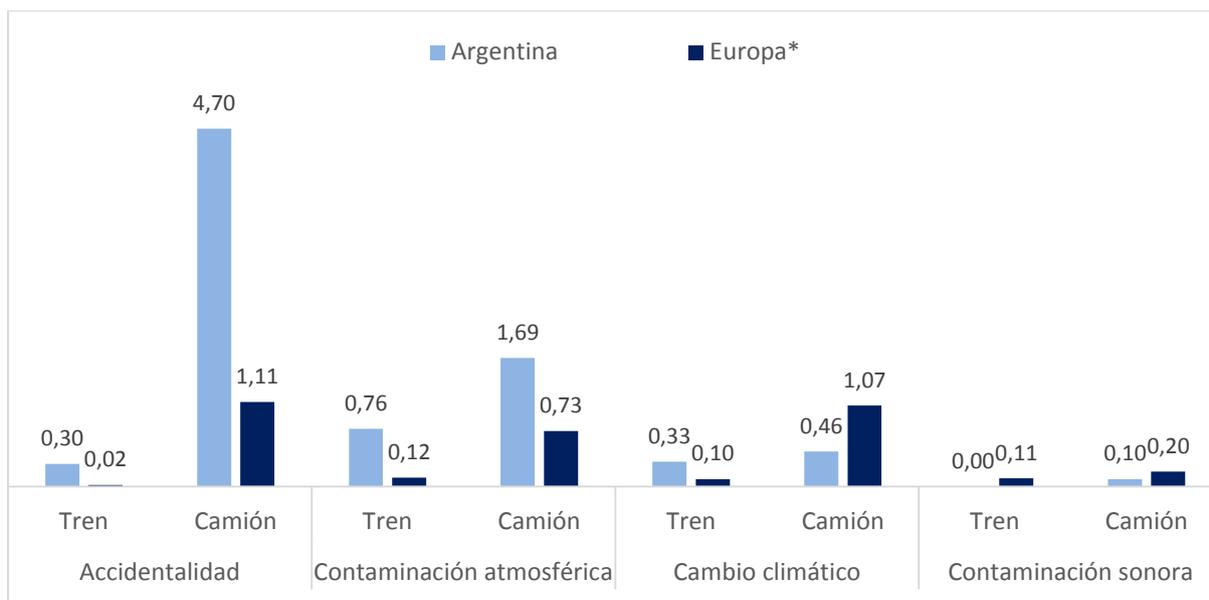
Para finalizar, la no inclusión de esta externalidad en el trabajo de la UIC imposibilita una comparación de la misma entre ambos países, por lo que no se contará con ella en el análisis comparativo que se presenta a continuación.

V.6 Análisis comparativo del costo por externalidad para Argentina y Europa

Habiendo estimado ya los costos externos generados por cada una de las cinco externalidades estudiadas, es interesante profundizar en las diferencias entre las estimaciones para Argentina y Europa, así como analizar sus posibles causas.

Gráfico N° 22: Comparación del costo por externalidad entre Argentina y Europa - En centavos US\$/ton-km³⁵

³⁵No se incluye la externalidad por consumo de combustible puesto que la UIC no estima los costos de la misma



*Incluye Noruega, Suiza y los 28 países miembros de la Unión Europea a excepción de Chipre, Croacia y Malta

A excepción de los costos externos por contaminación sonora de ambos medios y por cambio climático para el caso del camión, el resto de las externalidades tienen un costo mayor para Argentina que para Europa, lo cual es consistente con importantes diferencias en lo que respecta a antigüedad de la flota de ambos medios, tecnologías disponibles y diferentes legislaciones y marcos regulatorios que incentivan una mayor inversión en infraestructura de transporte en los países miembros de la Unión Europea³⁶.

En el caso de la contaminación sonora, los menores costos para el caso argentino podrían explicarse por la menor densidad poblacional en nuestro país y el consecuente menor número de personas expuestas al ruido en una zona determinada, aunque también pueden ser producto de estadísticas subreportadas por parte de Lituania, tal como se mencionó en el apartado V.4.

³⁶ Con el fin de obtener una comparación más precisa con Argentina, donde los camiones de carga poseen una capacidad de carga promedio de 24 toneladas, en todos los casos las estimaciones de costos del transporte automotor para Europa corresponden sólo a los llamados “Heavy-Duty Vehicles (HDV)” y no incluyen a los “Light-Duty Vehicles (LDV)”, que también forman parte del transporte de cargas pero poseen una capacidad máxima de apenas 3.5 toneladas

En lo que respecta a los costos externos por cambio climático del modo automotor, éstos resultan algo menores para Argentina. Considerando que el costo por tonelada de CO₂ utilizado es el mismo para todos los países, la diferencia tiene que deberse a las emisiones por vehículo, aunque no queda claro el motivo por el cual estas resultan mayores para Europa.

Un análisis comparativo de los costos por contaminación ambiental y cambio climático debe considerar las siguientes observaciones. En el caso del ferrocarril, debido a que los trenes diésel generan mayores emisiones de gases a la atmósfera que los eléctricos resulta lógico que los costos externos totales resulten varias veces superiores para Argentina si se tiene en cuenta que el país -al igual que Lituania- cuenta con una participación del 0% de trenes eléctricos en la red de cargas mientras que ese porcentaje que asciende a 77% en promedio para Europa³⁷.

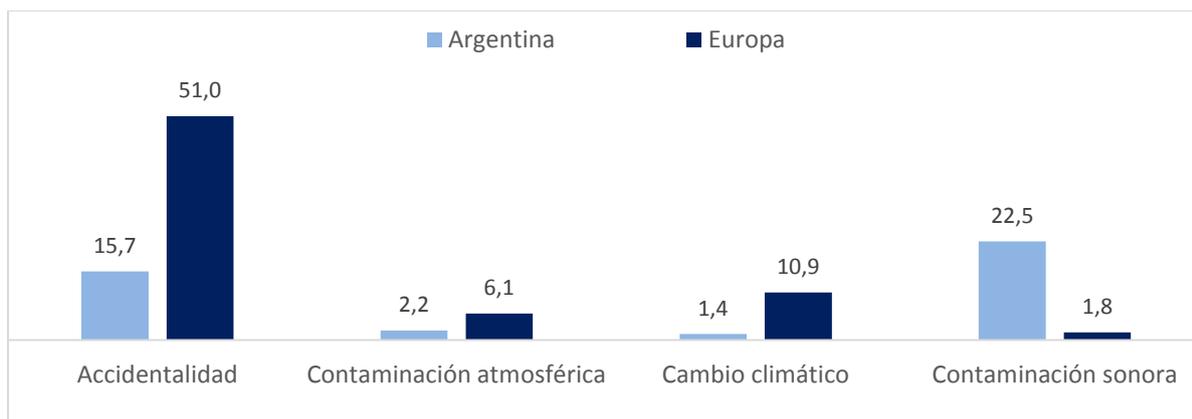
En el caso del camión, es importante tener en cuenta que TREMOVE calcula las emisiones totales de cuatro tipos de vehículos pesados de carga -“Heavy Duty Trucks”- según su capacidad de carga promedio: HDT1 -3.5-7.5 toneladas-, HDT2 -7.5-16 toneladas-, HDT3 -16-32 toneladas- y HDT4 -más de 32 toneladas-, siendo HDT3 aquel que transporta un promedio de 24 toneladas por vehículo que es lo que se consideró como carga promedio de los camiones responsables del transporte de granos en Argentina. Según TREMOVE, este tipo de vehículos es el que más emisiones genera, lo cual significa que los valores de emisiones de camiones en Argentina deberían ser más altos que los presentados en el gráfico anterior puesto que contemplan también los otros tres tipos de vehículos.

Al mismo tiempo que generan diferencias en los costos absolutos para ambas regiones, las desigualdades de infraestructura reducen los gaps entre los costos de ambos medios en el caso de Argentina por cuanto las diferencias entre las flotas, principalmente en lo que respecta a la antigüedad, son mayores en el caso del modo ferroviario.

El siguiente gráfico compara los ratios de costos por externalidad entre ambos medios para Argentina y Europa:

Gráfico N° 23: Comparación de los ratios de costo por externalidad por medio para Argentina y Europa medidos en centavos de dólar - Camión vs. tren

³⁷ Esto depende adicionalmente de qué fuente de energía se utilice -eléctrica, nuclear, solar, etc.-



*Incluye Noruega, Suiza y los 28 países miembros de la Unión Europea a excepción de Chipre, Croacia y Malta

Como se puede observar, a excepción de la contaminación sonora, la relación de costos externos entre el camión y el tren es varias veces mayor para Europa que para Argentina. Esta diferencia radica en el hecho de que en nuestro país tanto la inexistencia de trenes eléctricos como la alta antigüedad de la flota y su bajo nivel de innovación tecnológica generan costos externos que, si bien son muy inferiores a los del transporte automotor, no se alejan tanto de estos como sucede en el promedio de los países europeos.

V.7 Estimación del ahorro anual total por minimización de costos externos

Para finalizar, se procederá a estimar el ahorro anual que se lograría al aumentar la participación del ferrocarril en el transporte de granos producto de su mayor eficiencia frente al camión desde la óptica de las externalidades. Para ello se plantearán tres escenarios, los cuales difieren en la proporción de la producción a transportar en tren.

Tabla N° 14: Posibles escenarios con diferentes niveles de migración de cargas del camión al ferrocarril

	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
Granos transportados por ferrocarril	25%	35%	50%

Toneladas anuales transportadas¹	27.784.000	38.897.600	55.568.000
Toneladas-kilómetro anuales²	12.433.340.000	17.406.676.000	24.866.680.000

¹Según cosecha estimada campaña 2015/16

²Cálculo en base a una distancia media recorrida de 447.5 km.

Pese a haber sido estimados de forma análoga al resto de las externalidades propuestas, los costos totales por consumo de combustible no serán incluidos en las estimaciones de ahorro anual en cada uno de los escenarios propuestos, definición que obedece a dos motivos. Por un lado, la falta de acuerdo en considerar al consumo de combustible como externalidad, así como la no inclusión de la misma dentro de las estimaciones realizadas por la UIC y tomadas como modelo metodológico de este trabajo, exigen un tratamiento por separado de las externalidades por accidentes de tránsito, contaminación atmosférica, cambio climático y contaminación sonora que permita una discusión y comparación más razonable de resultados. Por otro lado, la imposibilidad de materializar como fondos públicos el menor consumo de combustible del medio ferroviario -lo cual, con algunas salvedades, sí puede hacerse en el caso de las otras 4 externalidades valorizadas-, desestima la consideración del mismo como un ahorro atribuible al Estado Nacional.

Dejando entonces de lado el consumo de combustible, se realizarán las estimaciones finales del ahorro anual que podría obtenerse al migrar una proporción de las cargas hacia el ferrocarril. Para ello se utilizarán las siguientes fórmulas, presentadas por la ALAF en su ya mencionado Manual de Valorización de Externalidades:

- Accidentes de tránsito:

$$A_t = ((\text{Costo camión} - \text{costo tren}) * N^\circ \text{ Toneladas km anuales}) * P_C$$

Donde P_C = probabilidad de ocurrencia de accidentes viales, en un tramo dado y durante un período de tiempo determinado, a partir del tráfico registrado y la tasa de accidentes esperada

La siguiente tabla presenta datos específicos del transporte de granos, objeto central de este estudio, mientras que la tabla 5 a continuación contiene las probabilidades de ocurrencia de accidentes según el volumen de vehículos que circula por un determinado corredor vial.

Tabla N° 15: Agro-corredores - TMDA total ponderado según participación de la red de cada provincia en la longitud total de la red

Provincia	Longitud (km)	TMDA10
La Pampa	1114	704
Buenos Aires	6159	3256
Santa Fe	2627	1517
Córdoba	2917	2045
Corrientes	143	472
Entre Ríos	1141	1348
Chaco	533	898
Formosa	273	733
Santiago del Estero	1136	489
Tucumán	333	1694
Salta	321	1461
TOTAL	16698	2069

Fuente: González, Bortolín y Pastor (2012)

Tabla N° 16: Niveles de Tránsito Medio Diario Anual -que representa el volumen de tránsito total anual dividido por el número de días del año- y las correspondientes probabilidades de ocurrencia de accidentes viales

TMDA*	P_C
Hasta 200	0.1
Entre 201 y 1000	0.3
Entre 1001 y 2500	0.5
Entre 2501 y 5000	0.75
Mayor a 5000	1.0

*Tránsito Medio Diario Anual

En base a la información anterior, resulta

$$P_C = 0.5$$

- Contaminación atmosférica:

$$Ca = ((\text{Costo camión} - \text{costo tren}) * N^\circ \text{ Toneladas km anuales}) * F_C$$

Donde F_C = factor de ajuste calculado a partir de la densidad poblacional local (L), en nuestro caso la correspondiente a Argentina

Así, $F_C = L / 43.91$, siendo 43.91 la densidad poblacional de Lituania

Veamos entonces a cuánto asciende la densidad de población de la zona bajo análisis en el caso argentino, es decir, el Corredor Agrario:

Tabla N° 17: República Argentina por provincia - Densidad de población - Año 2010

Provincia	Densidad de población hab/km ²	Población total
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	14.450,8	2.890.151
Tucumán	64,3	1.448.188
Buenos Aires	50,8	15.625.084
Misiones	37,0	1.101.593
Santa Fe	24,0	3.194.537
Córdoba	20,0	3.308.876
Entre Ríos	15,7	1.235.994
Jujuy	12,7	673.307
Mendoza	11,7	1.738.929
Corrientes	11,3	992.595
Chaco	10,6	1.055.259
Salta	7,8	1.214.441
San Juan	7,6	681.055
Formosa	7,4	530.162
Santiago del Estero	6,4	874.006
Neuquén	5,9	551.266
San Luis	5,6	432.310
La Rioja	3,7	333.642
Catamarca	3,6	367.828
Río Negro	3,1	638.645
Chubut	2,3	509.108
La Pampa	2,2	318.951
Santa Cruz	1,1	273.964
Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur	0,1	127.205

Fuente: Indec - Censo 2010

Tabla N° 18: Densidad poblacional ponderada según participación provincial en total agro-corredores - Año 2010

Provincia	Participación en transporte de granos	Densidad poblacional	Densidad ponderada
Buenos Aires	37%	50.8	18.6
Santa Fe	17%	24	4.2
Córdoba	16%	20	3.1
La Pampa	7%	2.2	0.2
Entre Ríos	7%	15.7	1.1
Santiago del Estero	7%	6.4	0.4
Chaco	3%	10.6	0.3
Tucumán	2%	64.3	1.3
Salta	2%	7.8	0.1
Formosa	2%	7.4	0.1
Corrientes	1%	11.3	0.1
			29.6

Fuente: Elaboración propia

Como muestra la tabla anterior, la densidad poblacional en el Corredor Agrario asciende a 29.6 habitantes por km². Esto equivale a casi 2 veces la densidad a total país, lo cual hace sentido considerando que el Corredor concentra varias de las regiones más pobladas del país.

Por lo tanto,

$$F_C = 29.6 / 43.91 = 0.67$$

Sin embargo, tal como se mencionó más arriba en este apartado este factor será considerado igual a 1, es decir, no se realizará ajuste alguno por diferencias en la densidad poblacional entre Argentina y Lituania.

- Cambio climático:

$$Ccl = ((\text{Costo camión} - \text{costo tren}) * N^\circ \text{ Toneladas km anuales})$$

- Contaminación sonora:

$$Cs = ((\text{Costo camión} - \text{costo tren}) * N^\circ \text{ Toneladas km anuales}) * F_C$$

Donde $F_C = 0.67$ pero será considerado igual a 1 en forma análoga al cálculo de externalidad por Contaminación atmosférica.

Resumiendo, tenemos que:

$$\text{Ahorro anual total} = At + Ca + Ccl + Cs$$

Donde

$$At = ((4.6 - 0.3) * N^\circ \text{ Toneladas km anuales}) * 0.5$$

$$Ca = ((1.69 - 0.76) * N^\circ \text{ Toneladas km anuales})$$

$$Ccl = ((0.46 - 0.33) * N^\circ \text{ Toneladas km anuales})$$

$$Cs = ((0.10 - 0.00) * N^\circ \text{ Toneladas km anuales})$$

Procedemos ahora a realizar los cálculos en cada uno de los 3 escenarios planteados al inicio de esta sección.

ESCENARIO 1

- 25% de granos transportados por ferrocarril
- 12.433.340.000 toneladas kilómetro anuales
- Ahorro anual total =

$$[At = ((4.7 - 0.3) * 12.433.340.000) * 0.5] + [Ca = ((1.69 - 0.76) * 12.433.340.000)] +$$

$$[Ccl = ((0.46 - 0.33) * 12.433.340.000)] + [Cs = ((0.10 - 0.00) * 12.433.340.000)]$$

TOTAL AHORRO ANUAL ESCENARIO 1 = US\$ 417.760.224

Tabla N° 19: Ahorro por externalidad en escenario 1 - En dólares estadounidenses

Accidentalidad	Contaminación atmosférica	Cambio Climático	Contaminación Sonora	TOTAL
273,533,480	115,630,062	16,163,342	12,433,340	417,760,224

ESCENARIO 2

- 35% de granos transportados por ferrocarril
- 17.406.676.000 toneladas kilómetro anuales
- Ahorro anual total =
[At = ((4.7 - 0.3) * 17.406.676.000) * 0.5] + [Ca = ((1.69 - 0.76) * 17.406.676.000)] +
[Ccl = ((0.46 - 0.33) * 17.406.676.000)] + [Cs = ((0.10 - 0.00) * 17.406.676.000)]

TOTAL AHORRO ANUAL ESCENARIO 2 = US\$ 584.864.314

Tabla N° 20: Ahorro por externalidad en escenario 2 - En dólares estadounidenses

Accidentalidad	Contaminación atmosférica	Cambio Climático	Contaminación Sonora	TOTAL
382,946,872	161,882,087	22,628,679	17,406,676	584,864,314

ESCENARIO 3

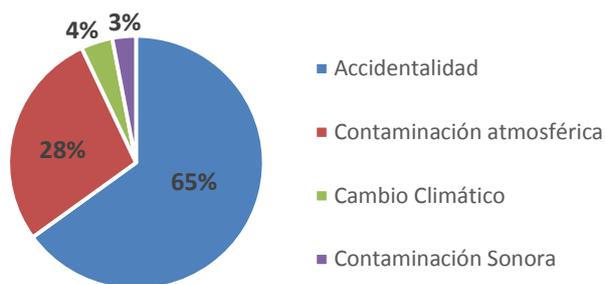
- 50% de granos transportados por ferrocarril
- 24.866.680.000 toneladas kilómetro anuales
- Ahorro anual total =
[At = ((4.7 - 0.3) * 24.866.680.000) * 0.5] + [Ca = ((1.47 - 0.65) * 24.866.680.000)] +
[Ccl = ((0.46 - 0.33) * 24.866.680.000)] + [Cs = ((0.10 - 0.00) * 24.866.680.000)]

TOTAL AHORRO ANUAL ESCENARIO 3 = US\$ 835.520.448

Tabla N° 21: Ahorro por externalidad en escenario 3 - En dólares estadounidenses

Accidentalidad	Contaminación atmosférica	Cambio Climático	Contaminación Sonora	TOTAL
547,066,960	231,260,124	32,326,684	24,866,680	835,520,448

Gráfico N° 24: Peso relativo de cada externalidad en las estimaciones de ahorro anual de los 3 escenarios planteados



Fuente: elaboración propia

Dado que el ahorro total anual incluye una suma que corresponde a los costos externos que se evitan por las cargas que hoy ya son transportadas por ferrocarril -y en los que se incurriría en caso de que fueran transportadas por camión-, resulta necesario entender el ahorro neto o incremental que se produciría sólo por las cargas que migrarían hacia el ferrocarril en cada uno de los tres escenarios.

Tabla N° 22: ahorro incremental anual respecto de la situación actual en los 3 escenarios planteados - En dólares estadounidenses / pesos argentinos³⁸

	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2	ESCENARIO 3
Ahorro incremental anual	US\$ 233.945.725	US\$ 401.049.815	US\$ 651.705.949
	\$ 3.602.764.172	\$6.176.167.152	\$10.036.271.621
% del PBI	0.07%	0.10%	0.14%

Para una mejor comprensión de la potencialidad de los ahorros presentados, se detallan algunos posibles destinos de los mismos de acuerdo con recientes cálculos presupuestarios del Gobierno Nacional:

³⁸ Cotización dólar U.S.A. del Banco Nación del 28/10/16: 15.4

- El presupuesto asignado al subte de la Ciudad de Buenos Aires para el año 2017 asciende a \$6.281.000.000, lo cual representa el ahorro total estimado del primer escenario
- Según una de las alternativas de inversión presentadas en el Argentina Business & Investment Forum realizado en Buenos Aires en el mes de septiembre último, el plan de construcción de 2.500 kilómetros de autopistas implica un costo por kilómetro de \$42.857.143, por lo que el ahorro del tercer escenario equivaldría a construir 300 kilómetros de autopistas por año
- La propuesta de asignación de recursos por jurisdicciones de la Administración Nacional -aun no sancionada por la Cámara de Diputados- prevé destinar en 2017 46.268 millones de pesos al Ministerio de Salud, por lo que el ahorro estimado del escenario 3 alcanzaría para cubrir el 28% de dicho monto
- De acuerdo con los costos presentados en el Plan de Viviendas anunciado a mediados de este año por el Gobierno Nacional, podrían construirse 15.000, 22.000 o 31.000 viviendas con el ahorro estimado de los escenarios 1, 2 y 3 respectivamente.

Ahora bien, plantear una asignación del ahorro por minimización de costos externos a programas como los presentados podría resultar a priori incorrecto por cuanto el mismo no representa dinero real sino fondos implícitos en las valorizaciones de las externalidades realizadas. Asimismo, esos menores costos no recaen únicamente sobre el Estado Nacional sino que involucran distintos agentes a quienes afectan de diferente manera. Pese a ello, gran parte de estos costos pueden ser en efecto materializados de diferentes maneras. En el caso de la Accidentalidad, a excepción de las pérdidas por capital humano, el resto de las variables pueden materializarse, como por ejemplo los gastos de atención médica y justicia, que son directamente proporcionales y dependientes del número de accidentes y víctimas del transporte. La contaminación atmosférica y sonora generan, como ya se vio, enormes gastos por atención médica a ciudadanos con problemas de salud derivados de los efectos perjudiciales de las mismas, los cuales pueden utilizarse para otros fines. Por su parte, la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera también tiene su contracara en términos económicos puesto que alcanzar el objetivo fijado durante el reciente Acuerdo de París implica un costo importante para los países firmantes.

Es importante además tener en cuenta que los potenciales ahorros por costos externos que se producirían en cada uno de los escenarios planteados están sujetos a la factibilidad de migración de las cargas de un medio al otro. Según Müller (2015), esta derivabilidad de cargas depende de distintas variables tales como:

- La tarifa relativa
- El valor unitario de lo transportado: la opción más rápida implica menores costos por capital inmovilizado
- El volumen de lo transportado: el ferrocarril es más conveniente si se movilizan grandes volúmenes porque disminuyen los requerimientos de armado y desarmado de trenes
- La necesidad de fletes complementarios en el caso ferroviario, lo que incrementa la competitividad del camión en distancias cortas
- La previsibilidad en cuanto a los tiempos de embarque y arribo

De acuerdo a este trabajo, las cargas de graneles que son derivables al ferrocarril ascienden a 28.794.000 toneladas. Asumiendo que casi la totalidad de estas cargas corresponden a granos, esto significa que, de los tres escenarios propuestos, el primero y el segundo resultan factibles puesto que la carga incremental en cada uno de ellos es la siguiente:

- Escenario 1: 15.559.040 toneladas
- Escenario 2: 26.672.640 toneladas
- Escenario 3: 43.343.040 toneladas

Para finalizar, en base a las estimaciones anteriores podemos afirmar que un aumento de la participación del ferrocarril en la matriz de transporte de cargas tiene un impacto positivo en lo que respecta a costos externos, los cuales resultan significativamente menores que aquellos generados por el modo automotor. Esto conduce a una mejora en la calidad de vida de la población al mismo tiempo que posibilita el contar con fondos que, en lugar de costear las

consecuencias negativas que esos costos externos conllevan, pueden ser destinados a otros fines.

Resulta pertinente mencionar que la derivación de cargas planteada exige realizar inversiones considerables, principalmente en lo que se refiere a reacondicionamiento de vías y material rodante. No obstante, la factibilidad y justificación de las mismas así como una estimación de lo que demandaría la red ferroviaria para que el tercero de los escenarios propuestos resultara igualmente factible, quedan fuera del alcance de este trabajo.

PARTE VI: CONCLUSIONES

Al comienzo del trabajo, se plantearon tres preguntas de investigación con el propósito de comprobar la hipótesis de que *“una migración de cargas desde el transporte automotor hacia el ferroviario reduciría considerablemente los costos externos como consecuencia de una mayor eficiencia del transporte ferroviario en relación al automotor”*.

De acuerdo con los resultados presentados en la parte V, podemos afirmar que una derivación de cargas de un medio al otro conlleva efectivamente una reducción importante en los costos por externalidad. Esto se traduce parcialmente en un ahorro de dinero que puede ser destinado a políticas que aumenten el bienestar de la sociedad al mismo tiempo que mejora sus condiciones de vida en términos de salud, integridad física y protección del medioambiente.

Ahora bien, el hecho de que el transporte ferroviario resulte más eficiente que el automotor es a ciencia cierta un dato poco novedoso para todo aquél que tenga algo de conocimiento del tema. Por lo tanto, el principal aporte de este trabajo reside en el dimensionamiento del ahorro que esta mayor eficiencia podría representar para el país, para lo cual se presentan también algunos ejemplos de iniciativas sociales que podrían llevarse a cabo con ese dinero, sin necesidad de reasignar fondos existentes sino materializando en su mayoría -con algunas salvedades como la disposición a pagar por reducir el riesgo de accidentes, que no constituye en realidad dinero disponible- ingresos adicionales cuyo costo de oportunidad resulta por lo tanto nulo.

Cabe recordar que los cálculos de ahorro anual se realizaron, en algunos casos, con estimaciones de datos no disponibles para Argentina, y en otros, con variables correspondientes a otros países y utilizadas como proxy. Es por ello que los números presentados, lejos de representar cifras exactas, constituyen estrictamente una primera aproximación a las mismas.

Asimismo, es importante subrayar una vez más las limitaciones de este trabajo en lo que respecta a la viabilidad de las inversiones en transporte necesarias para alcanzar las estimaciones de ahorro presentadas, así como a la derivabilidad de cargas de un medio a otro.

Tampoco se realizó una comparación de los costos totales de cada medio, lo cual permitiría entender si los menores costos externos del ferrocarril logran compensar los mayores costos internos que posee frente a otras alternativas. Este análisis es, por demás, necesario y queda pendiente para futuros trabajos. No obstante, es preciso aclarar que sólo en caso de que los costos de infraestructura requeridos para ampliar la capacidad del sistema ferroviario estén justificados por los ahorros en costos externos, el argumento a favor de una mayor inversión en este medio adquiere relevancia.

En un mundo donde los cambios se suceden cada vez con mayor velocidad y en donde decisiones de corto plazo pueden tener un impacto negativo en la sustentabilidad y el bienestar de la sociedad en el largo plazo, es imperativo que los Gobiernos consideren las externalidades dentro de su proceso de toma de decisiones. Si bien esto no garantiza que se logren evitar los costos externos en su totalidad, con seguridad se adoptarán políticas y medidas que resulten óptimas, o por lo menos eficientes, desde el punto de vista del bienestar social.

La capacidad de Argentina de implementar una política de transporte a largo plazo en donde el ferrocarril vuelva a ocupar el rol central del que gozó a mediados del siglo pasado forma parte de un debate que está lejos de concluir. Si este trabajo logra contribuir a demostrar el impacto positivo en términos de bienestar de una mayor participación del ferrocarril en la matriz de transporte de nuestro país, el objetivo del mismo ha sido alcanzado.

ANEXO

A1: cálculo de los trenes-kilómetro anuales para el caso del transporte ferroviario de pasajeros en Argentina - Total año 2015

Medio	Línea	Pasajeros-km	Pasajeros promedio por tren	Trenes-km
Ferrocarriles AMBA	Mitre	716,774,901	335	2,137,062
	Sarmiento	1,227,753,561	769	1,596,238
	Urquiza	320,540,697	340	941,614
	Roca	2,644,778,725	650	4,071,348
	San Martín	1,084,388,015	805	1,346,719
	Belgrano Norte	493,641,618	495	997,143
	Belgrano Sur	204,661,640	217	944,920
Trenes ligeros AMBA	Tren de la Costa	6,942,375	100	69,424
Subte	Línea A	331,016,652	756	437,855
	Línea B	605,066,106	1,045	578,740
	Línea C	126,673,177	511	247,798
	Línea D	491,140,032	840	584,693
	Línea E	115,466,656	299	386,147
	Línea H	47,210,840	184	256,654
Premetro	Premetro	4,821,905	23	210,838
Ferrocarriles Interior	Todos los ramales	454,392,480	30-500*	4,207,711
TOTAL		8,875,269,380	468	19,014,904

A2: cálculos realizados para estimar distancia media recorrida, pasajeros-kilómetro y trenes-kilómetro anuales para los ramales ferroviarios del Interior del país - Total año 2015

Servicio	Extensión de la línea en km	Pasajeros transportados 2015	Recorrido medio por pasajero	Servicio ponderado por pasajeros transportados	Recorrido medio ponderado	Pasajeros-kilómetro	Pasajeros promedio por tren	Trenes-kilómetro
Puerto Tirol-Puerto-Vilelas	23	233,774	15	8%	1	3,548,689	30	118,290
Sáenz Peña-Chorotis	184	135,163	121	5%	6	16,414,195	30	547,140
Resistencia-Cacuí-Los Amores	153	78,899	101	3%	3	7,967,221	30	265,574
Basavilbaso-Villaguay-Concordia	172	10,688	114	0%	0	1,213,302	40	30,333
Paraná-Oro Verde-Villa Fontana	9	937	6	0%	0	5,566	40	139
Paraná-Colonia Avellaneda	13	87,133	9	3%	0	747,601	40	18,690
Paraná-Concepción del Uruguay	280	16,493	185	1%	1	3,047,906	40	76,198
Bragado-Realicó-General Pico	450	10,320	297	0%	1	3,065,040	40	76,626
Once-General Pico	612	45,703	404	2%	7	18,460,356	40	461,509
Catriló-Santa Rosa	92	8,554	61	0%	0	519,399	40	12,985
Salta-Güemes	45	109,140	30	4%	1	3,241,458	50	64,829
Plaza Constitución-Mar del Plata	400	145,315	320	5%	16	46,500,800	200	232,504
Córdoba-Villa María	150	48,445	120	2%	2	5,813,400	200	29,067
Retiro-Córdoba	695	72,884	556	3%	14	40,523,504	500	81,047
Rodríguez del Busto-Cosquín	52	247,587	42	9%	4	10,299,619	50	205,992
Retiro-Tucumán	1,170	98,576	936	3%	32	92,267,136	500	184,534
Retiro-Rufino	421	19,762	278	1%	2	5,491,069	20	274,553
Posadas-Encarnación	2	832,042	1	29%	0	823,722	100	8,237
Retiro-Rosario	315	53,521	208	2%	4	11,127,016	100	111,270
Neuquén-Cipolletti	6	153,921	4	5%	0	609,527	100	6,095
Constitución-Bahía Blanca	680	12,646	449	0%	2	5,675,525	200	28,378
Constitución-Mar del Plata-Miramar	450	55,625	360	2%	7	20,025,000	200	100,125
Constitución-Pinamar	345	629	228	0%	0	0	0	0
Constitución-Bahía Blanca-C. de Patagones	915	142,993	604	5%	30	86,353,473	200	431,767
Constitución-Bolívar-Daireaux	401	5,317	265	0%	0	1,407,197	200	7,036
Constitución-Tandil	330	40,842	264	1%	4	10,782,288	200	53,911
Once-Bragado-Carlos Casares-Pehuajó	363	43,720	240	2%	4	10,474,438	200	52,372
Bragado-Mechita-Olascoaga	18	7,926	12	0%	0	0	0	0
Retiro-Junín-Alberdi	336	45,125	222	2%	4	10,006,920	100	100,069
Esquel-Nahuel Pan	20	13,343	13	0%	0	176,128	50	3,523
El Maitén-Desvío Thomae	55	5,644	36	0%	0	204,877	50	4,098
Tren Patagónico	821	57,286	542	2%	11	31,040,992	50	620,820
TOTAL	9,978	2,839,953	220	100%	158	447,833,363	3,640	4,207,711

- Pasajeros-kilómetro:

- AMBA: en todos los casos se tomaron los datos reportados por la CNRT en sus Estadísticas Operativas
- Interior: para estimar los pasajeros-kilómetro transportados, dato que la CNRT sólo hace público para el caso de la red de cargas y la red Metropolitana, se calculó primero la extensión total de cada uno de los tramos activos en el año 2015, para lo cual se tomaron los recorridos en kilómetros de cada ramal según Satélite Ferroviario (2016) a excepción de los casos de los ramales Bragado-Realicó-General Pico y Catriló-Santa Rosa en La Pampa, los cuales, a falta de información oficial, se estimaron según la distancia aproximada

entre las ciudades cabeceras A continuación se asumió que la distancia media recorrida por pasajero por tramo es de 2/3 del mismo para todos los ramales a excepción de los servicios de las provincias de Córdoba y Tucumán, y los ramales Constitución-Mar del Plata, Constitución-Miramar y Constitución-Tandil, para los cuales se asumen distancias promedio algo mayores - alrededor del 80% del recorrido-puesto que gran parte de los pasajeros suelen realizar el recorrido completo para luego ponderar la misma según la participación del tramo en el traslado de los 2.839.953 pasajeros que fueron transportados por todas las líneas de ferrocarriles interurbanos en 2015. Finalmente, se multiplicó la distancia media recorrida en cada tramo por el peso de este último y se arribó así a una distancia promedio por pasajero para todos los tramos de 158 kilómetros. Se multiplicó entonces la misma por el total de pasajeros anuales transportados, obteniéndose un total de 447.833.363 pasajeros-kilómetro.

- Promedio de pasajeros transportados por tren:
 - Ramales Mitre, Sarmiento, Urquiza, Roca, San Martín, Belgrano Norte y Belgrano Sur (AMBA): se tomaron datos de la CNRT
 - Tren de la Costa: se asume un número de 100 pasajeros por tren, igual a la mitad de lo transportado en promedio por los ramales ferroviarios del Interior del país
 - Subte: se estimó el promedio de pasajeros por tren de cada una de las 6 líneas multiplicando el número de trenes que circularon por tipo de días -hábiles, sábados y domingos y feriados (SUBTE.data, 2015) - en época invernal de cada línea, por la cantidad de días de cada tipo del mes de julio de 2015, y luego dividiendo los pasajeros transportados en ese mes por cada una de las líneas por el total de trenes que circularon en el mes (CNRT, 2015). Esto arroja el siguiente promedio de pasajeros transportados por tren en cada línea:

A	B	C	D	E	H
756	1045	511	840	299	184

- Premetro: utilizando la misma metodología con la cual se realizaron las estimaciones para las 6 líneas de Subte se obtuvo un promedio de 23 pasajeros por tren.
- Ramales del Interior del país: si bien fuera del Área Metropolitana de Buenos Aires el tren constituye un modo significativamente más económico que el micro y es en muchos casos único medio de transporte público que une pueblos o ciudades, por la baja densidad poblacional del Interior del país el número de pasajeros transportados por tren se estima entre 30 y 500 dependiendo del ramal.
- Trenes-kilómetro: en todos los casos resulta de dividir los pasajeros-kilómetro por el promedio de pasajeros por tren

A3: datos y cálculos utilizados para estimar la externalidad por accidentes de tránsito



Accidentalidad.xlsx

A4: datos y cálculos utilizados para estimar la externalidad por contaminación atmosférica



Contaminación
ambiental.xlsx

A5: datos y cálculos utilizados para estimar la externalidad por contaminación atmosférica



Cambio
climático.xlsx

A6: datos y cálculos utilizados para estimar el ahorro total anual en los 3 escenarios planteados



Total ahorro
anual.xlsx

REFERENCIAS

Aldy et al. (2016). *Economic Tools to Promote Transparency and Comparability in the Paris Agreement*. Nature Climate Change

Andersson, H. y Treich, N. (2011). *The Value of a Statistical Life*. Toulouse School of Economics

Asociación Latinoamericana de Ferrocarriles (2003). *Manual de valorización de las externalidades en el transporte terrestre. Comparación de costos entre la carretera y el ferrocarril*. ALAF

Canitrot, L. y García, N. (2012). *La logística como herramienta para la competitividad*. Cámara Argentina de la Construcción

Canitrot, L. y García, N. (2013). *Potencialidades del Ferrocarril en el transporte de granos*. Cámara Argentina de la Construcción

Centro de Experimentación y Seguridad Vial (2011). *Accidentes relevados por tipo de vehículo*. Extraído de:
https://www.cesvi.com.ar/SeguridadVial/Estadisticas/2011/tipos_vehiculos.htm

Centro de Experimentación y Seguridad Vial (2012). *Reconstrucción de Accidentes de Tránsito en el período 2004-2011, Accidentes Relevados por Tipo de Calzada*. Extraído de:
http://www.cesvi.com.ar/SeguridadVial/Estadisticas/2011/tipo_calzada.htm

Centro Documental de Información y Archivo Legislativo (2007). *DECRETO N° 740 Reglamentación Ley N° 1.540*. Extraído de: <http://www2.cedom.gob.ar/es/legislacion/normas/leyes/anexos/drl1540.html>

Clemente Álvarez (2011). *Cómo influye la velocidad en la contaminación de los coches*. Extraído de: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2011/02/como-influye-la-velocidad-en-la-contaminacion-de-los-coches.html>

Comisión Nacional de Regulación del Transporte (2015). *Estadísticas operativas*. CNRT

Comisión Nacional de Regulación del Transporte (2016). *Informe Estadístico Anual 2015. Red Ferroviaria Argentina de Cargas*. Ministerio del Interior y Transporte

Dirección Nacional de Observatorio Vial, Agencia Nacional de Seguridad Vial (2014). *Ranking de siniestros con víctimas informados por provincia. Datos totales año 2014*. Ministerio del Interior y Transporte

El Heraldo (2015). *Día mundial en recuerdo de las víctimas de accidentes de tránsito*. Extraído de: http://www.elheraldo.com.ar/noticias/122268_dia-mundial-en-recuerdo-de-las-victimas-de-accidentes-de-transito.html

European Commission (2014). *Reducing emissions from transport. A European Strategy for low- emission mobility*. Extraído de: http://ec.europa.eu/clima/policies/transport_en

Calzada, J. y Corina, C. (2016). *Informativo Semanal edición N° 1757, 6 de mayo de 2016*. Bolsa de Comercio de Rosario

European Emission Standards (s.f). Extraído de: https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards#Emission_standards_for_large_goods_vehicles

European Environment Agency (2015). *Average age of the vehicle fleet*. Extraído de: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/average-age-of-the-vehicle-fleet/average-age-of-the-vehicle-8>

Ferrocarriles del Sud (2012). Un sistema en crisis permanente. Extraído de: http://ferrocarrilesdelsud.blogspot.com.ar/2012_03_01_archive.html

Gleason, M., Bruno, B., Tantri, A. y Tyree, I. (2005). *An Analysis of Externality costs of Freight Transportation in Vermont*. Middlebury College

Gómez, C. (s. f). *Modelo básico de Gestión Económica de recursos no renovables*. Universidad de Alcalá

González, D., Bortolín, D. y Pastor, C. (2012). *Plan de inversión en infraestructura provincial: Plan de Agrorutas*. Cámara Argentina de la Construcción

Guerra, E. (2010). *Valuing Rail Transit: Comparing Capital and Operating Costs to Consumer Benefits*. Institute of Urban and Regional Development, UC Berkeley

Instituto Argentino del Transporte (2015). *Plan Federal Estratégico de Transporte, Movilidad y Logística*. Ministerio del Interior y Transporte

International Union of Railways (2010). *The railway noise bonus. Discussion paper on the noise annoyance correction factor*. UIC

Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (2012). *Inventario de emisiones de GEI de Argentina*. Disponible en: <http://ambiente.gob.ar/wp-content/uploads/Inventario-GEIs-Argentina.xlsx>

Janic, M. y Vleugel, J. (2012). *Estimating Potential Reductions in Externalities from Railroad Substitution in Trans-European Freight Transport Corridors*. Delft University of Technology

Konečný V. y Šimková, I. (2012). *The age structure and environmental acceptability of road freight transport vehicles in the Slovak Republic*. University of Žilina, Faculty of Operation and Economics of Transport and Communications

Laird, P. (2005). *Revised Land Freight External Costs in Australia*. University of Wollongong

Lalive, R., Luechinger, S. y Schmutzler, A. (2012). *Does Supporting Passenger Railways Reduce Road Traffic Externalities?* Centre for Economic Policy Research (CEPR)

Luchemos por la Vida (2015). *Accidentes de tránsito: tragedias cotidianas que pueden evitarse*. Extraído de: <http://www.luchemos.org.ar/es/accidentes-argentina>

Luchemos por la Vida (2015). *Total de muertos anuales en accidentes de tránsito en Argentina entre 1992 y 2014*. Extraído de: <http://www.luchemos.org.ar/es/estadisticas/generales/comparativo-del-numero-de-muertos-anual-en-accidentes-de-transito-en-argentina-entre-1995-y-2014>

Manterola Blanquer (2002). *Externalidades en el uso de suelo destinado a vialidad urbana*. Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil

Matthew Bevan (2014). Extraído de: <http://www.abc.net.au/news/2014-11-07/sydney-trains-ceo-calls-on-federal-government-to-increase-rail/5874586>

Miller, T. (2000). *Variations between Countries in Values of Statistical Life*. Journal of Transport Economics and Policy

Banco Mundial (2015). *Argentina*. Extraído de: <http://datos.bancomundial.org/pais/argentina>

Ministerio de Energía y Minería (2016). *Refinación y Comercialización de Petróleo, Gas y Derivados (Tablas Dinámicas)*. Extraído de: <http://www.energia.gob.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3300>

Müller, A. (2015). *Ante un nuevo ciclo: delineando un futuro para el ferrocarril interurbano en la Argentina*. CESP

Müller, A. (2012). *Trayectoria y perspectiva del ferrocarril interurbano en Argentina: un proyecto de investigación*. CESP

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía (2011). *Ruido y salud*. Extraído de: https://www.diba.cat/c/document_library/get_file?uuid=72b1d2fd-c5e5-4751-b071-8822dfdfded&groupId=7294824

Organización Mundial de la Salud (2013). *Exposure to ambient air pollution*. Extraído de: http://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/exposure/en/

Organización Mundial de la Salud (2014). *7 million premature deaths linked to air pollution*. Extraído de: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/en/>

Pachauri et al. (2015). *Climate Change 2014. Synthesis Report*. Intergovernmental Panel on Climate Change

Preiss, P. y Klotz, V. (2007). *New Energy Externalities Developments for Sustainability. Integrated Project*. Universität Stuttgart

Reale, D. (2011). *Comercialización de granos. Funcionamiento y organización*. Bolsa de Comercio de Rosario

Satélite Ferroviario (2016). *Trenes de media y larga distancia por ramal. Ficha técnica*. Extraído de: <http://www.sateliteferroviario.com.ar>

Seabright, P., Crampes, C., De Villemeur, E., Friebe, G., Glasson, C., Gonzalez, A., Ivaldi, M., Pouyet, J., Quinet, E. y Vibes, C. (2003). *The Economics of Passenger Rail Transport. A Survey*. Institut d'Économie Industrielle

Shiftan, Y., Ben-Akiva, M., De Jong, G., Hakkert, S. y Simmonds, D. (2002). *Evaluation of Externalities in Transport Projects*. Israel Institute of Technology

Stern, N. et al. (2006). *The Stern Review on the Economics of Climate Change*. Government of the United Kingdom

SUBTE.data (2015). *Horarios y frecuencias*. Extraído de: <http://lppargentina.org.ar/subtedata/>. Programa de Datos Abiertos del Laboratorio de Políticas Públicas

Swarts, S., King, D., Simpson, Z., Havenga, J. y Goedhals-Gerber, L. (2012). *Calculation of Freight Externality Costs for South Africa*. Stellenbosch University

Universidad del País Vasco (2006). *Efectos fisiológicos del ruido*. Extraído de: <http://www.ehu.es/acustica/espanol/ruido/efectos%20y%20normativa/efectos%20y%20normativa.html>

Van Essen, H., Schrotten, A., Otten, M., Sutter, D., Schreyer, C., Zandonella, R., Maibach, M. y Doll, C. (2011). *External Costs of Transport in Europe. Update study for 2008*. International Union of Railways

Voluntarios en Red (2013). *El Estado gasta \$2.5000 diarios por cada accidentado*. Extraído de: <http://losandes.com.ar/article/estado-gasta-2.500-diarios-cada-accidentado-734701>

World Health Organization (2016). *Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*. WHO

World Health Organization (2015). *Global status report on road safety 2015*. WHO