



## Áreas Prioritarias de Intervención para la Adaptación al Cambio Climático en el Sector Transporte.

Daniel Alvarez - Juan Francisco Amieva



N° ISSN: 2469-1631

Documentos de trabajo del IT-EHyS

Serie: Análisis de Políticas

N° 26 año 2023



IT  
EHyS\_UNSAM

## **Rector**

Carlos Greco

## **Decana de la Escuela de Hábitat y Sostenibilidad**

Susana Larrondo

## **Director del Instituto del Transporte**

Daniel Álvarez

**Documentos de Trabajo del Instituto del Transporte (IT-EHyS)**  
N° ISSN: 2469-1631

## **Director**

Julián Bertranou

## **Comité editorial**

José Barbero

Carlos Leguizamón

José Luis Zárate

Las opiniones expresadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor y no deberían ser interpretadas necesariamente como un reflejo de los puntos de vista de la EHyS UNSAM

Instituto del Transporte- EHyS  
UNSAM Campus Miguelete, 25 de Mayo y Francia  
CP 1650 San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina  
4006-1500 int. 1301  
itransporte@unsam.edu.ar



---

# Contenido

<b>Contenido</b> .....	<b>4</b>
<b>Índice de mapas</b> .....	<b>7</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>8</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>8</b>
<b>Índice de fórmulas</b> .....	<b>9</b>
<b>Resumen ejecutivo</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Introducción</b> .....	<b>12</b>
2.1 Estructura del documento.....	12
2.2 Introducción.....	12
<b>3. Marco conceptual</b> .....	<b>13</b>
3.1. Cambio climático y vulnerabilidad del transporte .....	14
3.2. Incidencias y eventos.....	15
3.3. Robustez, resiliencia, redundancia .....	15
3.4. Fiabilidad.....	16
3.5. Afectación y adaptación .....	18
<b>4. Aspectos metodológicos</b> .....	<b>21</b>
4.1. Datos requeridos para el análisis .....	24
4.2. Tratamiento de la matriz de Origen y Destino de cargas y datos de Tránsito Medio Diario Anual (TDMA).....	24
<b>5. Resultados: determinación de la vulnerabilidad de la red vial y puertos</b> .....	<b>28</b>
5.1. Encaminamiento: Nodo Rosario - Paraná Medio .....	28
5.2. Encaminamiento: Nodo Atlántico Bonaerense.....	30
5.3. Tiempos de circulación.....	32
5.4. Delimitación de las áreas de Influencia .....	35

5.5. Criticidad y vulnerabilidad de los arcos de red: polarización de los efectos .....	40
5.6. Suma de afectaciones por lluvias e inundaciones.....	43
<b>6. Resultados: determinación del Índice de Afectación de las infraestructuras de transporte.....</b>	<b>44</b>
6.1. Red vial, Índice de Afectación: ponderación de los tramos con requerimientos de adaptación.....	45
6.2. Red ferroviaria, Índice de Afectación: ponderación de los tramos con requerimientos de adaptación.....	48
6.3. Vías navegables, Índice de Afectación: ponderación de los tramos con requerimientos de adaptación.....	50
6.4. Puertos, Índice de Afectación: ponderación de los requerimientos de adaptación. ....	55
6.5. Aeropuertos, Tipo de Afectación: ponderación de los requerimientos de adaptación.....	56
<b>7. Identificación de actores, propuesta institucional, e intervenciones .....</b>	<b>60</b>
7.1. Posibles intervenciones de adaptación .....	70
7.2. Actuaciones en materia de adaptación, según zonas e infraestructuras .....	71
7.3. Posibles intervenciones de adaptación en base a métodos expeditivos.....	74
<b>8. Principales recomendaciones y conclusiones .....</b>	<b>74</b>
<b>9. Referencias bibliográficas.....</b>	<b>77</b>
9.1 Referencias .....	77
9.2 Acrónimos .....	81
<b>Anexo 1: Afectaciones por cortes y prioridades de adaptación .....</b>	<b>83</b>



---

## Índice de mapas

Mapa 1 Orígenes, complejos exportadores y encaminamientos – Rosario Paraná-Medio .....	29
Mapa 2 Orígenes, complejos exportadores y encaminamientos – Nodo Atlántico Bonaerense .....	31
Mapa 3 Puertos de destino, volúmenes y tiempos en relación con los nodos portuarios .....	34
Mapa 4 Área de influencia del nodo Paraná Medio.....	36
Mapa 5 Área de influencia del nodo Atlántico Bonaerense .....	37
Mapa 6 Áreas de influencia nodos Rosario - Atlántico Bonaerense .....	38
Mapa 7 Áreas de influencia de los puertos del Gran Rosario, Quequén y Bahía Blanca .....	39
Mapas 8 y 8bis Suma de los tiempos de demora según arco cortado (en horas) .....	40
Mapa 9 y 9bis Suma de los tiempos de demora ponderados según arco cortado (en horas x toneladas).....	41
Mapa 10 y 10bis Coeficiente de variación de los tiempos de demora por arco.....	42
Mapa 11 y 11bis Representación del coeficiente de variación ponderado por arco.....	43
Mapa 12 Suma de las afectaciones de los 85 cortes en horas de demora.....	44
Mapa 13 Índice de relevancia vial por Departamento.....	47
Mapa 14 Índice de afectación vial por Departamento.....	47
Mapa 15 Índice de relevancia ferroviaria por Departamento .....	49
Mapa 16 Índice de afectación ferroviaria por Departamento.....	49
Mapa 17 Índice parcial de Impacto climático por Bajante .....	52
Mapa 18 Índice parcial de impacto climático por crecida.....	53
Mapa 19 Índice de Impacto Climático Fluvial .....	53
Mapa 20 Índice de Relevancia Fluvial .....	54
Mapa 21 Índice de afectación fluvial .....	54
Mapa 22 Identificación de zonas de profundidades determinantes tramo Santa Fe - Confluencia/S. Fe – Norte	55
Mapa 23 Índice de afectación portuaria .....	56
Mapa 24 Identificación de aeropuertos pertenecientes al SNA.....	58
Mapas 25 y 25bis Aeropuertos prioritarios 95% del flujo de pasajeros. Tipos de afectaciones .....	59
Mapas 26 y 26bis Afectaciones máximas registradas por vientos y precipitaciones.....	59

---

## Índice de tablas

Tabla 1 Interacciones entre infraestructura de transporte ferroviario y factores climáticos ...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 2 Interacciones entre infraestructura de transporte automotor y factores climáticos...	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 3 Interacciones entre infraestructura portuaria y factores climáticos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 4 Interacciones entre infraestructura de vías navegables y factores climáticos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 5 Interacciones entre infraestructura aeroportuaria y factores climáticos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 6 Tabla de vinculación entre escala numérica y nivel cualitativo.....	46
Tabla 7 Estructura de roles propuestos para el comité con los aportes generales asociados .....	61
Tabla 8 Matriz de miembros del comité – Estado Nacional .....	61
Tabla 9 Matriz de miembros del comité – Otros actores.....	66
Tabla 10 Roles de participación obligatoria.....	69
Tabla 11 Matriz de evaluación.....	70
Tabla 12 Identificación de tramos viales con requerimientos de adaptación muy altos. Prioridad 1 .....	83
Tabla 13 Identificación de tramos viales con requerimientos de adaptación alto y medio. Prioridad 2.....	83
Tabla 14 Identificación de tramos ferroviarios con requerimientos de adaptación muy altos. Prioridad 1.....	85
Tabla 15 Identificación de tramos ferroviarios con requerimientos de adaptación muy altos. Prioridad 2.....	86
Tabla 16 Identificación de tramos fluviales con requerimientos de actuaciones de adaptación. Prioridad 1.....	87
Tabla 17 Identificación de puertos fluviales con requerimientos de actuaciones de adaptación. Prioridad 1.....	88
Tabla 18 Identificación de aeropuertos prioritarios y relevamiento de afectaciones .....	89

## Índice de figuras

Figura 1 Secuencia metodológica – Índice Vulnerabilidad / Coeficiente de Variación .....	22
Figura 2 Secuencia metodológica – Índice de Afectación .....	23
Figura 3 Diagrama del esquema metodológico para obtener el Índice de Afectación por Departamento .....	23
Figura 4 Pantalla de trabajo del modelo ModelBuilder de ArcGIS Desktop 10.x .....	26
Figura 5 Representación vectorial de arcos y nodos de la red vial procesada en un sistema ArcGIS .....	27
Figura 6 Representación de áreas de servicio - puertos de Rosario, Quequén y Bahía Blanca (1).....	32
Figura 7 Representación de áreas de influencia - puertos de Rosario, Quequén y Bahía Blanca (2) .....	33
Figura 8 Mapeo gráfico de actores involucrados.....	60
Figura 9 Mesa de trabajo – Vial .....	67
Figura 10 Mesa de trabajo – Ferroviaria .....	68
Figura 11 Mesa de trabajo – Puertos y Vías Navegables.....	68



---

Figura 12 Mesa de trabajo – Aeroportuaria .....	69
---	----

## Índice de fórmulas

Fórmula 1 Cálculo de Relevancia Vial.....	46
Fórmula 2 Cálculo Afectación Vial.....	46
Fórmula 3 Cálculo Relevancia Ferroviaria .....	48
Fórmula 4 Cálculo Afectación Ferroviaria .....	48
Fórmula 5 Normalización Z-Score .....	50
Fórmula 6 Cálculo Índice de Impacto Climático Fluvial.....	51
Fórmula 7 Cálculo Relevancia Fluvial .....	51
Fórmula 8 Cálculo Afectación Fluvial .....	51
Fórmula 9 Cálculo Índice de Afectación Portuaria.....	56

---

## Resumen ejecutivo

El cambio climático ha generado una amenaza significativa para el transporte a corto y medio plazo. Los efectos sociales, económicos y materiales del riesgo climático, como inundaciones, incendios, altas temperaturas, sequías, lluvias intensas, vientos y alteraciones en los niveles de las vías navegables ocurren cada vez con más frecuencia e intensidad. Estos eventos extremos pueden causar interrupciones prolongadas en las cadenas de suministro y en la movilidad de las personas, generando incertidumbre en el funcionamiento de la infraestructura y en los sistemas logísticos. Además, los actores afectados por estas problemáticas, tanto en el ámbito público como en el sector privado, no siempre cuentan con las capacidades institucionales instaladas y los instrumentos adecuados para gestionar los riesgos frente a la vulnerabilidad y afectación de las infraestructuras. En algunos casos, el conocimiento especializado no es suficiente para tomar decisiones pertinentes frente a los nuevos escenarios y en los plazos requeridos para llevar a cabo las intervenciones de adaptación.

Debido a los procesos mencionados, el transporte se encuentra comprometido y se reconoce cada vez más su importancia como un sector estratégico para el desarrollo económico y social de los países. Las diferentes infraestructuras viales, ferroviarias, portuarias o aeroportuarias, así como sus componentes críticos, están diseñados considerando parámetros específicos para condiciones climáticas conocidas o previsibles, basadas en series temporales prolongadas. Sin embargo, se esperan fenómenos extraordinarios definidos actualmente y establecidos mediante escenarios tendenciales. La evidencia demuestra que existen señales cada vez más claras de un aumento en el riesgo climático, con probabilidades reales de superar los parámetros históricos. Como resultado, los efectos se intensificarán, causando daños que probablemente se volverán críticos.

La implementación de planes de adaptación en el transporte se ve afectada por diferentes factores que pueden limitar su efectividad. La vulnerabilidad de la infraestructura, su ubicación, el diseño, el mantenimiento y la falta de redundancia como opciones de rutas y cobertura espacial de redes que garanticen la accesibilidad, así como la integración regional, son algunos de los elementos que pueden dificultar la implementación de medidas de adaptación y afectar tanto la movilidad de las personas como el transporte de mercancías. Por lo general, las infraestructuras no están diseñadas para resistir los impactos del cambio climático, lo cual aumenta la vulnerabilidad de los sistemas de transporte. En las situaciones que los posibles impactos del cambio climático no fueron considerados en los conceptos de diseño de las infraestructuras, será difícil realizar intervenciones de adaptación frente a las cambiantes condiciones climáticas con diferentes intensidades en diversas regiones. La falta de conexiones alternativas o de infraestructuras resilientes, con el objetivo de asegurar la robustez en las cadenas de suministro, puede aumentar la vulnerabilidad de la sociedad y las economías frente a eventos climáticos extremos. En este sentido, es prioritario contar con un mayor conocimiento específico sobre las acciones y medidas relacionadas con la implementación de planes de adaptación aplicados al transporte.

Para hacer frente a esta situación, se pueden tomar dos tipos de medidas: las de mitigación y las de adaptación. Las primeras tienen como objetivo reducir y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que las segundas se enfocan en disminuir la vulnerabilidad frente a los efectos del cambio climático. En resumen, las medidas de mitigación buscan combatir el cambio, mientras que las de adaptación buscan defenderse de él.

El propósito principal del documento es identificar las áreas prioritarias de intervención en relación con la adaptación de las infraestructuras de transporte al cambio climático. El informe refleja las afectaciones más relevantes causadas por el cambio climático. Basándonos en la evaluación de los niveles de criticidad y vulnerabilidad de la red vial nacional y provincial, considerados como evidencia. La Información relevante relacionada con datos climáticos, identificación de daños extraordinarios, funcionamiento de las infraestructuras de transporte (tráfico, volumen de carga y extensión de las redes de transporte, entre otros factores) fue considerada en el análisis. Los resultados obtenidos y aplicados a las diferentes infraestructuras son los siguientes:

- **Elaboración un índice de relevancia:** Permite determinar los elementos más relevantes de cada una de las infraestructuras según su funcionalidad (tráficos, volúmenes, densidades y longitudes de red).

- 
- **Determinación de un índice de afectación:** Sirve para establecer un ranking del nivel de afectación de las infraestructuras lineales y nodales de transporte ante eventos climáticos, con dos finalidades posibles: la primera, identificar las áreas afectadas sobre la base de información existente; y la segunda tiene que ver con la aplicación de este índice en la ponderación y tipología de las actuaciones necesarias por provincia y departamento.
  
  - **Definición de elementos prioritarios de intervención:** Utilizando los resultados de los índices de afectación correspondientes a cada infraestructura, fue posible determinar un conjunto acotado de elementos que requieren ser priorizados en relación con las acciones necesarias en términos de adaptación. La síntesis de los resultados según los niveles de prioridad de intervención es la siguiente:
    - Red Vial: 34 tramos prioridad 1; 54 tramos prioridad 2.
    - Red Ferroviaria: 22 tramos prioridad 1; 25 tramos prioridad 2
    - Vías Navegables: 21 tramos prioridad 1
    - Nodos Portuarios: 14 terminales portuarias prioridad 1

En cuanto a las afectaciones de los aeropuertos no se aplicó el cálculo de un Índice de Afectación asociado, sino que se determinaron 18 aeropuertos prioritarios. El análisis se basó en diferentes terminales aéreas del país, identificando los factores climáticos que generan afectaciones y se cuantificaron impactos relacionados con precipitaciones, inundaciones, desbordes de ríos y vientos extraordinarios.

---

## 2. Introducción

### 2.1 Estructura del documento

El presente estudio se compone por los apartados detallados a continuación. **Apartado 1) Resumen ejecutivo:** síntesis ejecutiva del documento. Objetivos, antecedentes, resultados principales. **Apartado 2) Introducción:** revisión genérica de la temática del documento, se plantean brevemente aspectos relevantes sobre el estado de la cuestión. **Apartado 3) Marco conceptual:** consiste en una exposición de aspectos relevantes a modo de fundamentación de la presente investigación. **Apartado 4) Aspectos Metodológicos:** explicación de las secuencias metodológicas utilizadas para alcanzar los principales hallazgos obtenidos. **Apartado 5) Resultados: determinación de la vulnerabilidad de la red vial y puertos:** contempla los resultados de la primera de las dos secuencias metodológicas explicadas en el apartado precedente. Detalla aspectos referidos a la determinación de la vulnerabilidad de la red vial y puertos. **Apartado 6) Resultados: determinación del Índice de Afectación de las infraestructuras de transporte:** expone los resultados relacionados con la aplicación de los índices de afectación para cada una de las infraestructuras consideradas. **Apartado 7) Identificación de actores, propuesta institucional, e intervenciones:** se realiza una determinación de los actores involucrados con la temática a resolver y se plantea una propuesta institucional para gestionar la agenda en cuestión. También se presentan propuestas de intervención institucional. **Apartado 8) Principales recomendaciones y conclusiones. Apartado 9) Referencias Bibliográficas. Apartado 10) Anexos:** se presentan tablas complementarias con los resultados de los principales indicadores sobre una selección de cortes viales relevantes, determinados en el apartado 5, y también tablas de intervenciones prioritarias para cada una de las infraestructuras estudiadas, resultados del apartado 6.

### 2.2 Introducción

La contribución determinada a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) que la Argentina presentó ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) en diciembre de 2016, en el contexto del Acuerdo de París, compromete al país a no exceder una emisión neta de 483 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO<sub>2</sub> e) hacia el año 2030 (meta incondicional) (Mayds, 2016). Esta meta se logrará a través de la implementación de medidas de reducción de emisiones en los sectores Energía, Transporte, Agricultura, Bosques, Industria y Residuos.

El Plan de Acción Sectorial de Cambio Climático para el sector energético prevé como meta evitar la emisión de 77 MtCO<sub>2</sub>e en el 2030 (70 % de la meta incondicional) y esto con base en cuatro grandes ejes de acción: energías renovables, eficiencia energética, biocombustibles y generación a gran escala (generación hidroeléctrica y nuclear, switch a gas natural en la generación eléctrica y mejora de la eficiencia de las centrales térmicas). En cuanto al transporte, la meta es evitar la emisión de 5.9 MtCO<sub>2</sub>e en el 2030 (5.4 % de la meta incondicional) mediante el ahorro acumulado de 13.3 mil millones de litros de diésel (2011-2030), con base en los siguientes ejes: jerarquización y rehabilitación del ferrocarril, priorización del transporte público, mejora de la eficiencia del transporte de carga y desarrollo de movilidad baja en emisiones y no motorizada<sup>1</sup>. Cumplir con estas metas va a requerir reformas de política ambiciosas, además de un relevante portafolio de proyectos y obras de infraestructura.

La vulnerabilidad de las infraestructuras y sistemas de transporte ante eventos climáticos, así como sus necesidades de adaptación, adquieren un interés relevante entre los gobiernos, operadores de transporte, instituciones reguladoras y los especialistas de diversas disciplinas. Las interrupciones del tráfico en las redes de transporte, tramos de red y nodos, causadas tanto por fenómenos naturales (inundaciones, altas temperaturas,

---

<sup>1</sup> Plan de Acción Nacional del Transporte y Cambio Climático 2022.

---

lluvias, etc.) como por acciones humanas (intervenciones en el territorio mediante actividades productivas e impactos derivados del diseño y construcción de infraestructuras), pueden tener consecuencias graves en la funcionalidad y operatividad de los sistemas de transporte, afectando la accesibilidad necesaria para las personas y cargas.

Toda incidencia en un tramo o nodo afectará los tiempos de tráfico de la red de transporte, dado que obliga a utilizar una ruta alternativa, generalmente más extensa o compleja -se supone que el tráfico deriva hacia la ruta óptima-, por lo que el tiempo de llegada a su destino será mayor, incrementando costos y distancias. Un estudio de criticidad, vulnerabilidad y adaptación de la infraestructura y los sistemas de transporte deberá identificar los puntos débiles o críticos de la red mediante el desarrollo de diferentes escenarios de interrupción de tramos o afectación en los nodos que componen su estructura y configuración. Algunos estudios aplican diversas hipótesis de afectación y abordajes metodológicos mediante los cuales se cuantifica la posibilidad de interrupción en los tramos de una red. Finalmente, dichos análisis permiten determinar la vulnerabilidad de los distintos elementos de una red y sus necesidades de adaptación.

Las incidencias climáticas presentan diferencias en términos de frecuencia, previsibilidad, extensión geográfica y magnitud, pero comparten el hecho de tener impactos negativos directos en la capacidad operativa de las redes y en el deterioro o destrucción de la infraestructura del transporte. Estos impactos pueden ser causados tanto por los fenómenos climáticos en sí mismos como por una serie de eventos que provocan interrupciones o reducciones significativas en la circulación y el transporte de bienes y personas. Por lo tanto, resulta necesario identificar los factores de vulnerabilidad de las redes de transporte que causan afectaciones en las infraestructuras nodales y lineales, así como en las operaciones de transporte. En consecuencia, determinar las posibles intervenciones para reducir dichos impactos reviste una importancia significativa.

### 3. Marco conceptual

El buen desempeño de una red vial, ferroviaria o navegable afecta a la fluidez del movimiento de cargas, cuya estabilidad más allá de variaciones estacionarias y accidentes naturales o provocados, influye directamente en la competencia logística de los operadores que transitan por ella. En las últimas décadas, y en correlación con el desarrollo de la digitalización, el procesamiento de grandes volúmenes de datos y la creciente preocupación por eventos disruptivos en el mundo, el estudio de los diferentes tipos de redes para determinar sus puntos críticos se ha impuesto como una tendencia de creciente interés, tanto para organismos públicos, como para empresas que deben asegurar la continuidad de sus cadenas de suministros y mantener activos sus canales de distribución (Sheffi, 2016). Se trata de una derivación de los más tradicionales estudios de accesibilidad, pensados para analizar el desempeño de redes en condiciones normales de tráfico (para una comparativa de estudios de este tipo en España: López-Escolano y Pueyo Campos, 2018). Si bien los estudios de accesibilidad más comunes se refieren a redes de tipo vial, los hay también ferroviarios (Gavira Narvárez y Ventura Fernández, 2013) y urbanos (Gutiérrez Gallego et al., 2014, estudian el acceso al transporte público), refiriéndose tanto al acceso de cargas como de pasajeros.

En líneas generales, las redes viales han sido estudiadas desde el punto de vista del tráfico de pasajeros que las utilizan, como derivación del interés por la congestión urbana y la forma de mitigarla. La posibilidad de una catástrofe natural (lluvias, desbordes de ríos, bloqueos por avalanchas, etc.) o provocadas (ej. varaduras en una vía navegable) ha dirigido los esfuerzos hacia los estudios de vulnerabilidad, con la intención de identificar los puntos más débiles de una red específica y la afectación de las zonas aledañas (por ejemplo: Rodríguez Núñez y García-Palomares, 2014). El desarrollo de instrumentos informáticos con capacidad de manipulación de datos a gran escala, e incluso en tiempo real (big data), así como el progreso de los modelos de integración de datos vinculados a las tecnologías de procesamiento de la información, ha extendido el campo de estudio hacia redes de diferentes características técnicas, como las de distribución eléctrica, internet de banda ancha, o incluso redes

---

inmateriales como las que gestionan el consumo habitual mediante transacciones realizadas por plataformas digitales (Grubestic et al, 2008 y 2012).

Actualmente son pocos los trabajos centrados en el tráfico de cargas: algunos (p. ej. Tran y Namatame, 2015; Dunn y Wilkinson, 2016) se centran en el transporte aéreo, dado que este modo de transporte configura sus redes en base a esquemas hub and spoke y resulta particularmente útil medir su vulnerabilidad. Menos comunes son los intentos de medir vulnerabilidad en redes intermodales: Burgholzer et al. (2013) aplican un modelo propio sobre un tramo específico de la red de transporte austríaca, mientras que otros trabajos (Miller-Hooks et al., 2011; Chen y Miller-Hooks, 2012) desarrollaron modelos para cuantificar la resiliencia de la red de transporte de cargas entre Nueva York y Washington DC.

### 3.1. Cambio climático y vulnerabilidad del transporte

Con el cambio de siglo, se hizo necesario delimitar las nociones utilizadas en estudios de redes más allá del horizonte de seguridad previsto en las primeras investigaciones. Los dos conceptos principales para tener en cuenta en el presente análisis son los de vulnerabilidad, aplicado al total de la red; y criticidad, aplicado a cada uno de sus elementos.

El concepto de vulnerabilidad, tomado de otras disciplinas (redes eléctricas, telecomunicaciones, hidráulica) refiere en el caso de las redes de transporte a la capacidad de éstas para seguir funcionando tras sufrir alteraciones, esto es: cuán susceptibles son de causar una reducción en la accesibilidad o en su capacidad de servicio, luego de producirse incidencias en alguno o varios de sus elementos (Berdica, 2002; Burgholzer et al, 2012). Una red se compone de tramos y nodos, representados gráficamente como arcos y puntos. Toda incidencia en un tramo o nodo afectará los tiempos de tráfico de la red, dado que obliga a utilizar una ruta alternativa, generalmente más extensa o compleja -se supone que el tráfico deriva hacia la ruta óptima-, por lo que el tiempo de llegada a su destino será mayor. Un estudio de vulnerabilidad se enfoca en cuantificar dichas demoras, identificando los puntos débiles o críticos de la red mediante el desarrollo de diferentes hipótesis de interrupción de tramos o congestión en los nodos. Algunos estudios se dedican a un tramo específico, al que se aplican diversas hipótesis de afectación; otros cuantifican la posibilidad de interrupción en todos los tramos de una red, probados de uno en uno, para identificar los elementos críticos. Esto es, estudian la criticidad relativa de los distintos elementos de la red.

Para el estudio de redes de transporte, el foco está puesto en la funcionalidad del sistema más que en la materialidad de la red, si bien la discontinuidad puede ser causada por una falla física. Es decir, las variaciones en la accesibilidad son más importantes que el motivo real de los incidentes (Berdica, 2002). En este punto, Berdica diferencia entre el concepto de accesibilidad, que enfoca el problema desde el punto de vista de la demanda, dado que involucra la potencialidad para movilizarse hacia un destino determinado; y el de capacidad de servicio, que opera desde el punto de vista de la oferta, esto es de la existencia de una ruta viable entre una locación y otra. Si bien la perspectiva de la demanda es útil a la hora de cuantificar consecuencias (demoras), Berdica cree mejor describir la performance de un sistema de transporte vial en términos de capacidad de servicio, a la que define como la descripción de la posibilidad de uso de un determinado nodo/ruta/red vial durante un período de tiempo determinado. También es aplicable la definición de calidad de transporte hecha por Goodwin (1992): “la cualidad básica de un sistema para llevar a alguien de donde está a donde quiere estar, en el momento en que quiere viajar, y a un costo que justifique el viaje” (p. 662).

Si bien este tipo de estudios es relativamente reciente en la literatura académica, algunos elementos de análisis tienen una antigüedad mayor: Jenelius (2009) cita un estudio de 1964 sobre redes de comunicaciones donde ya se consideraba que las redes malladas eran más robustas ante fallos aleatorios en un tramo o nodo, en comparación con redes más centralizadas, del tipo hub and spoke: como puede advertirse, es posible realizar una analogía con las redes de transporte y encontrar que, justamente, las localizaciones hoy privilegiadas por las grandes cadenas logísticas globales son las más propensas a la vulnerabilidad como un todo.

---

Dicho esto, Jenelius considera que tan importantes como el trazado físico de la red resultan los patrones de tráfico que determinan su funcionalidad. El estudio concluye que pueden considerarse dos niveles de vulnerabilidad a escala regional: desde el punto de vista de la oferta, una región es particularmente vulnerable si las consecuencias de una disrupción en términos de tiempos de viaje son graves para el tráfico general de la red. En cuanto al punto de vista de la demanda, una región es más vulnerable si las consecuencias de las disrupciones afectan sobre todo a los usuarios de dicha región.

## 3.2. Incidencias y eventos

Las incidencias que afectan a una red de este tipo pueden definirse como eventos ocurridos en la misma, predecibles o no, y que afectan su funcionamiento óptimo. Pueden ser de origen natural, como los derivados de condiciones climáticas extremas, o estar relacionados con accidentes de la red física o de quienes circulan por ella (accidentes de tráfico, daños en la infraestructura), o incluso ser provocados por actores relacionados con ella o extraños a ella (congestión, estacionalidad de tráfico por variaciones de volúmenes). Estos eventos son diferentes en su frecuencia, predictibilidad, extensión geográfica y cantidad, pero tienen en común su influencia negativa en la capacidad de servicio de la red, tanto por sí mismos o como causa de una cadena de eventos que termine en la interrupción o reducción considerable del tráfico. Son conocidos como incidencias o incidentes, y pueden causar tanto una reducción de la capacidad como un incremento en la demanda (Berdica, 2002). Cuando un tramo es afectado por una incidencia o evento, se dice que ese tramo es crítico, surgiendo la vulnerabilidad total de la red del promedio de las criticidades de los tramos afectados y su proporción respecto de aquellos donde el flujo continúa siendo normal.

En este punto, cabe acotar que el término “incidencia” se utiliza generalmente para referir a fenómenos extraordinarios como los citados en el párrafo anterior, y que son los habitualmente ponderados en los estudios de vulnerabilidad. Para los efectos menores y ordinarios del tráfico se reserva el término “evento”, constituyendo la incidencia un evento no ordinario. No obstante, las herramientas utilizadas para el estudio de la afectación de redes por incidencias también pueden ser aplicadas al estudio de los eventos y su afectación del flujo normal de los tráfico.

Un ejemplo de combinación de incidencias y eventos en una red real de transporte de cargas es el de Burgholzer et al (2012), dedicado a un tramo intermodal (Linz-Viena) de la red austríaca de cargas, que incluye transporte fluvial, ferroviario y carretero. Cada incidencia o evento es cuantificado por el tiempo durante el cual interrumpe un tramo de la red: así, la caída de un árbol sobre las vías provoca una demora estimada en 2 horas; los trabajos de mantenimiento en una compuerta del río Danubio, una demora de 6 horas; e interrupciones del tráfico fluvial debido a subidas del río, entre 1 y 6 días de demora. Un modelo de simulación distribuye estas interrupciones aleatoriamente a lo largo de la red y simulando 100 veces cada uno de los escenarios posibles, con el agregado de datos reales de la carga de tráfico habitual sobre la red, para obtener información sobre la manera en que los actores del tráfico reaccionan a las incidencias, teniendo en cuenta por ejemplo que éstos están constantemente informados del estado de las rutas, y que a la hora de tomar una decisión, y siguiendo un criterio de reducción de costos, tenderán a inclinarse por el camino más corto. Los resultados son luego tabulados y utilizados para asignar índices de criticidad a cada tramo, y de vulnerabilidad a toda la red.

Algunos estudios, como el de Burgholzer, eligen un tramo específico para ensayar sobre él todo tipo de eventualidades; otros relevan la influencia de cortes en todos los enlaces de una red, anulándolos uno a uno (Rodríguez Núñez y Gutiérrez Puebla, 2012).

## 3.3. Robustez, resiliencia, redundancia

Robustez, en oposición a vulnerabilidad, es una noción muy utilizada en informática para referir a la capacidad de una red para resistir tensiones; algunos estudios en redes de transporte utilizan este concepto (Jenelius, 2009;



---

R. Núñez y G. Puebla, 2012). La idea es que una red robusta tiene la suficiente capacidad de absorción del impacto de situaciones críticas en sus arcos y/o nodos, como para mantener una capacidad de funcionamiento similar a la habitual. Es utilizada con mayor frecuencia como una noción cualitativa.

La resiliencia, noción proveniente de la ecología, expresa la capacidad de un sistema para volver a la normalidad después de un desequilibrio. Involucra los factores de escala -cuán grande puede ser un desequilibrio sin afectar la resiliencia de la red- y velocidad de recuperación. Cabe destacar que el nuevo estado de equilibrio puede ser el anterior o bien uno nuevo, debido a la imposibilidad de retornar al equilibrio anterior, fundándose por tanto una nueva “normalidad” susceptible de evolución ante futuros y periódicos desequilibrios. Habitualmente, las incidencias de una red de transporte tienen una duración acotada, por lo que la red puede volver al equilibrio anterior sin problemas (Berdica, 2002). Chen y Miller-Hooks (2012) desarrollaron un índice de resiliencia para redes intermodales de transporte de cargas, subrayando la importancia de estudiar las características de las redes en operatoria normal y la previsión de medidas a aplicar con posterioridad a una interrupción, que pueden incluir la construcción de nuevos tramos, y que son definidas como medidas de recuperación potencial. También mencionan la importancia de medidas proactivas para mejorar la resiliencia de una red antes que se produzca la perturbación. Este tipo de medidas puede afectar la estructura, por ejemplo, agregando redundancias al tráfico que circula por ella y relocalizándolo para mejorar su accesibilidad en caso de desastre.

La redundancia es un término utilizado en electrónica para definir la duplicación de sistemas ante la necesidad de cumplir funciones básicas que no pueden ser interrumpidas; la redundancia de un sistema permite, en caso de que una incidencia impida el funcionamiento de la red, al sistema redundante entrar en acción impidiendo la interrupción del servicio (un grupo electrógeno sería el ejemplo más obvio). Este concepto puede ser trasladable a una red de transporte, dado que a menudo el mejoramiento de caminos hace que dos vías corran paralelas ofreciendo una misma alternativa de accesibilidad (por ejemplo, una autopista y el camino antiguo que vino a reemplazar). Es posible dividir entre redundancias activas -aquellas siempre disponibles, por lo que el tráfico se distribuye normalmente entre la vía principal y la alternativa- y pasivas, que son aquellas que sólo entran en operación cuando la vía principal se ha bloqueado (por ejemplo, un ferry que reemplaza un puente fuera de servicio) (Berdica, 2002).

“La estructura de red más frágil es el árbol, donde todos los enlaces están interrumpidos. Cuantos más enlaces se añaden, esto es cuando se incrementa la redundancia de enlaces, más rutas alternativas hay disponibles; a su vez, más rutas alternativas significa mejores atajos, en términos del número de enlaces en las rutas” (Jenelius, 2009, p. 236).

La redundancia puede ser medida con el llamado índice beta (Haggett y Chorley, 1969), dividiendo la cantidad de enlaces interrumpidos en la red de una región por la de nodos interrumpidos presentes en la misma red. En redes del tipo árbol extendido el índice beta tiende a 1; en mallas hexagónicas (tipo peineta), a 1,5; en mallas rectangulares, a 2; y en mallas triangulares -las redes planas con mayor redundancia- tiende a 3. El índice alfa, de los mismos autores, mide la robustez de una red, con un mínimo de 0 (malla arbórea) y un máximo de 1 (malla triangular).

### 3.4. Fiabilidad

En relación con la vulnerabilidad de una red, varios estudios introducen el concepto de fiabilidad, que sería la capacidad de la red de proporcionar certidumbre o estabilidad a sus usuarios en cuanto a la llegada a destino en tiempo y forma. Es decir, una red fiable sería poco o nada vulnerable, y los estudios de fiabilidad se concentran en la probabilidad de que dicha red sufra incidencias y pueda recuperarse de éstas. Este último aspecto -el de la recuperación- es introducido por Berdica para una definición más amplia que incluya las consecuencias de los desequilibrios que sufre una red. “El opuesto complementario de la vulnerabilidad en un sistema de transporte es la fiabilidad, significando una adecuada capacidad de servicio bajo las condiciones de operación encontradas durante un período de tiempo determinado” (Berdica, 2002, p. 120).



---

Esto llevaría a jerarquizar niveles de performance de una red según su capacidad para hacer frente a las incidencias; por ejemplo, en ingeniería es común cuantificar las posibilidades de falla de un sistema y sus consecuencias respectivas en el desempeño de dicho sistema. Los datos resultantes son conocidos como índices de fiabilidad.

Nótese en este punto que, a diferencia del similar concepto de robustez -definido por simple oposición-, el de fiabilidad es introducido para habilitar su medición, la cual se propone como alternativa al propio estudio de vulnerabilidad, puesto que algunos especialistas consideran más factible cuantificar las ventajas o puntos fuertes de una red que sus vulnerabilidades (Chen y Miller-Hooks, 2012).

Los principales índices de fiabilidad relacionados con sistemas de transporte en los estudios conocidos son los referidos a la conectividad (probabilidad de llegar a un destino determinado), el tiempo de llegada y la capacidad de circulación del tráfico. El uso de esos índices proporciona cierta elasticidad al concepto de fiabilidad, ya que el mismo depende de la capacidad de servicio a la que aspira la red, y puede variar tanto en el flujo del tráfico como en la capacidad operada (Berdica, 2002).

Diversos estudios han realizado modelos de simulación de las fluctuaciones diarias de tráfico en una red dada en operatividad "normal". Para esto se analizan pares de origen y destino OD, cuya variación es comúnmente aleatoria -los estudios se centran en los tráficos- y la manera en que esta aleatoriedad es alterada por dos tipos de variables independientes entre sí: aquellas que afectan a un tramo específico, es decir un par OD, y aquellas que afectan a toda la red (por ejemplo, mal clima en la región). A partir de allí, algunos estudios realizan una estimación de dos medidas de fiabilidad: la conectividad, es decir la probabilidad de transitar un par OD sin encontrar congestión más allá de un nivel aceptable; y la fiabilidad de los tiempos de viaje, es decir la probabilidad de hacer dicho tránsito en un tiempo razonable dentro de la aleatoriedad de tiempos estimados para dicho par OD (Asakura y Kashiwadani, 1991; Bell e Iida, 1997). Bell e Iida también introducen la capacidad como variable.

Si bien es posible realizar modelos de simulación cortando enlaces de manera aleatoria, es notorio que en la realidad factores como la carga de la red, el tipo físico del camino y otras características propias tanto del camino como del área que atraviesa, son de gran influencia en la probabilidad de que dicho camino sufra incidencias. Algunos estudios tienen en cuenta la progresiva degradación de la red, concretamente de los caminos más usados (Nicholson y Du, 1997; Jenelius, 2009). Estos estudios, llamados de "sistemas degradables de transporte" (DTS, por su sigla en inglés), contemplan períodos más extensos de variación, tanto en el estado físico de la red como en la capacidad vehicular de la misma, y permiten el análisis multimodal. El análisis de DTS considera como componentes tanto los arcos como los nodos, si bien sólo los arcos son sujetos a degradación. Este tipo de estudio, más relacionado con el análisis de los tráficos de cargas, asume que la demanda en cada par OD puede ser formulada como una función del costo general del viaje. La función de la oferta es multivariable, y su representación es implícita: los flujos de una ruta son determinados a partir de los flujos OD, asumiendo que cada tráfico elige su ruta buscando minimizar los costos generales, bajo la habitual condición de Wardrop de equilibrio del usuario. El tiempo de viaje sobre un enlace es una función del flujo vehicular y el estado de los componentes, que a su vez influencia el costo general del viaje en dicho enlace. Los excesos del sistema son luego observados como medida del desempeño para fijar los impactos socioeconómicos de la degradación. Chen et al (1999) introdujeron un medidor de fiabilidad de la capacidad de la red, definido como la probabilidad de que una cierta demanda de tráfico pueda ser servida a un nivel aceptable. Para esto consideran la noción de capacidad de reserva de la red, definida como "el más alto múltiplo aplicable a un par OD existente que pueda ubicarse en una red de transporte, sin violar las capacidades de los enlaces involucrados ni exceder una proporción predeterminada entre volumen y capacidad" (Chen et al., 1999, p. 187). Estos estudios muestran que la fiabilidad del tiempo de viaje y la capacidad de la red están relacionadas a través de parámetros de referencia conocidos como "umbrales" para ambas categorías (Yang et al., 2000).

Los métodos referidos pueden ser del tipo orientado a un objetivo específico, en donde la falla de algunos elementos es compensada por el uso de otros para llevar a cabo el objetivo; o del tipo sinfín, donde la fiabilidad es mejor definida como disponibilidad del sistema, esto es, la probabilidad de encontrarlo en funcionamiento en cualquier momento. En el caso de las redes de transporte, el tipo cambia según la escala: el sistema como un

---

todo es de operación continua o sinfín, mientras que sus componentes son una cantidad determinada de subsistemas de objetivo específico (los pares OD), y debe existir funcionalidad en ambos niveles (Berdica, 2002).

### 3.5. Afectación y adaptación

Algunas unidades de medida usualmente encontradas en modelos de simulación de tráfico enfocados al estudio de la vulnerabilidad de una red de transporte multimodal son el tiempo de viaje, la cantidad de viajes, la cantidad de atrasos o demoras (medidas en porcentaje del tiempo total del viaje), la demora total, la tasa de demora relativa, y la accesibilidad del sistema -especialmente en la evaluación conjunta entre transporte y uso del suelo- medida en términos del tiempo promedio de llegada a un destino, o porcentaje de destinos alcanzables dentro de un tiempo determinado (Berdica, 2002).

El tiempo de viaje es utilizado no sólo como unidad directa de medida, sino como elemento de otros indicadores: en general es considerado como un medidor evidente de la accesibilidad de una red (Jenelius, 2009). Además, puede ser traducido en costos y distancias. La velocidad es afectada directamente por el flujo de tráfico, en forma inversamente proporcional (cuanto menos tráfico, mayor la velocidad). En este sentido, el volumen del tráfico debería ser mantenido a un nivel menor que la capacidad del camino o calle, para mantener una alta calidad de transporte. La diferencia entre ambas variables, expresada preferentemente en términos de volumen real de tráfico como porcentaje de la capacidad diseñada para la vía por donde circula dicho tráfico, fue definida por Goodwin (1992) como “margen de calidad”; en teoría, cuanto más amplio es dicho margen, menor la sensibilidad a incidencias del sistema; no obstante, Berdica apunta que aumentar el margen de calidad no es el mejor método para reducir la vulnerabilidad de la red, dado que en la práctica este tipo de sistemas opera casi al límite de su capacidad. También es importante recordar que todos estos son valores estáticos destinados a representar un proceso esencialmente dinámico, como es la circulación de tráfico por una red, con lo cual los valores de medida serán siempre insuficientes a la hora de estimar la capacidad de servicio adecuada de una red y su evolución en el tiempo.

El tiempo de demora, que refleja las consecuencias de incidencias en el tramo interrumpido, puede ser desglosado entre la demora total para todos los trayectos de la región, y la demora de cada usuario afectado. La demora total es de utilidad para calcular el costo económico y, por lo tanto, de interés para las autoridades del área (Jenelius, 2009). Se trata, como en los tiempos de viaje, de promedios surgidos de cálculos sobre los tiempos informados por las instituciones que miden y analizan el tráfico sobre las infraestructuras de transporte.

Para medir escala, un elemento utilizable como parámetro es la extensión promedio de los enlaces/arcos de la red, así como el tiempo promedio de viaje a lo largo de dicho enlace/arco. La densidad vial de una región, así como su población, suelen ser indicadores lineales de su importancia relativa en la red total.

Inicialmente, estos estudios se centraban en redes informáticas y de distribución de energía; a partir de los años '90 comenzaron a aplicarse a las redes de transporte, y hoy son un campo de estudio en continuo crecimiento. La aparición de sistemas portables de geoposicionamiento (GPS) y comunicación (radiofrecuencia, telefonía celular) ha permitido la interacción de los propios usuarios y el cambio de ruta una vez comenzado el trayecto, lo que complejiza el estudio de las variables y debe ser tenido en cuenta en el diseño de nuevas herramientas de medición.

Los estudios actuales hacen uso de eficaces herramientas informáticas como los sistemas GIS, que permiten realizar cálculos a partir del ingreso de datos reales recopilados de una red, mediante algoritmos que vienen siendo estudiados y perfeccionados desde la década del '70 para identificar los tramos más críticos de una red dada. También en esto siguen una evolución paralela a la de los estudios de accesibilidad tradicionales, dado que ambos utilizan, por ejemplo, sistemas GIS para la asignación de viajes en una red, aprovechando que estos sistemas cartográficos permiten agregar valor (datos) a elementos básicos de la red como arcos y nodos, y por tanto calcular relaciones entre ellos, obteniendo caminos preferenciales entre un origen y un destino a partir de

---

valores como velocidad, tiempo de circulación, extensión de los diferentes tramos, y otros con ellos relacionados (para un ejemplo de asignación de rutas en un modelo GIS, ver Gutiérrez Gallego et al., 2013).

Este tipo de estudios debe ser considerado a la hora de planificar nuevos tramos o enlaces en las redes existentes, bien para conectar nuevos pares OD o para aliviar los tramos que soportan grandes volúmenes de tráfico. Simular la anulación de tramos determinados de una red permite observar la variación de los flujos que por ella transitan y por ende determinar sus puntos más críticos; el añadido de tramos al modelo permite analizar con cierto grado de certidumbre cómo se comportarían los flujos existentes ante la disponibilidad de nuevas opciones. En este sentido, puede decirse que los estudios de vulnerabilidad analizan el impacto directo de la infraestructura en la conectividad de una red, y por ende en la captación de tráficos; estos impactos, afectan no sólo al territorio estudiado sino también a los espacios colindantes, modificando la accesibilidad general (Condeço Melhorado, 2011). En los últimos veinte años se han realizado diferentes estudios sobre redes viales e intermodales europeas, en países escandinavos (Jenelius y Mattsson, 2005; Berdica y Mattsson, 2007), alpinos (Burgholzer et al., 2012) y mediterráneos (R. Núñez y G. Puebla, 2012; G. Palomares et al., 2018), entre otros. También en regiones de EE UU (Murray et al., 2008) y Australia (Taylor et al., 2006), así como de China (Chang, 2003).

En su análisis de la red vial sueca, Jenelius (2009) detalla los elementos base a considerar: una representación gráfica de la red completa con nodos, arcos y centroides (donde se asignarán los orígenes y destinos); la extensión y tiempo de viaje de cada tramo; la demanda de transporte entre cada par de centroides considerado; y un código regional aproximado de cada tramo y centroide. La red es cargada en un sistema de georreferenciación GIS y los datos referidos a los viajes que ocurren por ella son asignados a cada tramo. En el caso de redes de gran extensión, puede ocurrir que el ordenamiento de la información sea regional o parcial y deba ser reunificado para obtener el panorama completo; también puede darse que tráficos idénticos estén asignados a distintos tramos consecutivos de una misma ruta. En este último caso se hace necesario unir los arcos consecutivos en un tramo único, para evitar distorsiones relativas a la medición de redundancias (Jenelius utiliza el índice beta, que incluye en el cálculo el número de enlaces interrumpidos). Por motivos similares, elimina los nodos representativos de cruces menores (dos caminos en la red) y mantiene los terminales (orígenes, destinos y desvíos sin salida) como así también aquellos que resultan del cruce de más de dos caminos. De este modo obtiene una red simplificada, donde los efectos de los cortes pueden apreciarse más claramente. En el caso sueco, se trata de una red con 77.733 nodos (incluyendo 8.764 de origen y destino) y 173.930 arcos, que cubre la totalidad del país. Es importante destacar que, especialmente en el caso de redes de gran tamaño, reproducir con excesivo detalle el entramado (que incluye, por ejemplo, accesos, rotondas, desniveles, etc.) repercutiría en una cantidad adicional de información de escasa significación al momento de medir grandes distancias, la cual entorpecerá el funcionamiento de los programas utilizados para reproducir los efectos de red. Por otra parte, se tratará siempre de una modelización y no de la red real, es decir, de una aproximación. Las correcciones y ajustes de datos son comunes a la hora de generar una representación que presente consistencia con la información obtenida, y permita la cuantificación de los principales efectos producidos en el total de la red. Estos dos objetivos por lo general presentan tensiones entre sí, dado que el grado de absorción de variables por los sistemas de cálculo es aún limitado.

Asimismo, el estudio de los cortes siempre contiene algún grado de simplificación. Por ejemplo, es común que los caminos a ser cortados en el modelo representado se elijan al azar, lo cual supone la presunción de que todos los tramos poseen una misma probabilidad de sufrir incidencias, cuando en realidad hay factores (tipo de camino y cantidad de tráfico, por ejemplo) que influyen en esta probabilidad de manera diferente según el tramo. Aun en el caso de representarse cortes reales, los escenarios resultantes cuentan con algún grado de distorsión dado que, por ejemplo, en una red extensa o de gran densidad es conveniente representar los cortes de a uno a la vez, dado que la cantidad de alternativas a considerar en el caso de la interrupción simultánea de varios tramos conectados entre sí puede exceder las posibilidades de cálculo del sistema de análisis seleccionado (en el caso de dos cortes no vinculados directamente, éstos pueden ser analizados de forma independiente).

Una red ferroviaria, frente a una vial, es mucho menos compleja a pesar de contar con distancias por lo general mayores, dada la ausencia de rutas alternativas; por lo tanto, el principal factor a considerar es el tiempo de duración del corte (en este caso, una opción a contemplar es que el usuario decida no esperar la rehabilitación

---

del tramo cortado y decida utilizar otro modo para transportarse, en cuyo caso el número de viajes una vez que el tramo vuelve a estar operativo será menor al original). La complejidad está dada en el tipo de incidencia: se estiman diferentes tipos de eventos (naturales o provocados) para dar comienzo al corte, y la diferente afectación generada por cada uno de ellos. Según el tipo de evento, se cierra sólo el tramo principal cortado o también otros a él conectados; en tal caso, se supone que la afectación de los tramos secundarios será menor, por ejemplo, en capacidad. Miller-Hooks et al. (2012) realizan un estudio de este tipo en una red ferroviaria de cargas (contenedores) que abarca el oeste y centro oeste de EE UU, con conexiones intermodales (carreteras) cuyo tráfico se incrementará al recibir más carga en los tramos ferroviarios cortados. A pesar de las grandes distancias que abarca, la red simplificada cuenta con 8 nodos, 24 arcos ferroviarios unidireccionales y 22 arcos de carretera bidireccionales, considerándose apenas 17 pares origen-destino. Es un ejemplo de red relativamente sencilla, que permite analizar efectos con un mayor nivel de detalle. En comparación, el Metro de Madrid (estudiado por R. Núñez y G. Palomares, 2014) resulta más complejo aun tratándose de una red de subterráneo urbano: 12 líneas con 239 estaciones, configurando un total de 268 arcos. Aun así, fue lo suficientemente simple como para que pudieran incluir un escenario de cortes múltiples, simulando una situación no habitual (por ejemplo: ataque terrorista, piquetes). La afectación en las estaciones sin una vía alternativa se midió en cantidad de viajes no realizados durante la duración del corte, mientras que para las estaciones donde se cruzaban dos o más líneas se calculó el tiempo adicional que tomaban los viajes realizando rodeos por fuera de la línea habitual. En este caso, el bajo impacto relativo de los caminos alternativos -todos ellos parte de la red subterránea- permitió crear un escenario de corte simultáneo de varios arcos o tramos.

De la revisión de los estudios mencionados y otros similares puede concluirse que, en función de la escala del territorio y la extensión de la red, podrá aumentarse el detalle de la información considerada, calculándose por ejemplo la totalidad de las interacciones ente nodos; mientras que en las redes de gran extensión y densidad (conjuntos de regiones o países), parte del nivel de detalle del análisis no alcanza una alta precisión como resultado de la profundidad y el volumen de datos requeridos. Por lo tanto, el modelo de representación será relativamente simplificado, para facilitar los cálculos y evitar desvíos en la medición y representación de las afectaciones.

---

## 4. Aspectos metodológicos

Durante el proceso de elaboración del presente estudio se investigó detalladamente la aplicación del módulo ToolBox<sup>2</sup> Tráficos en Red (Beta) el cual contiene dos herramientas:

- **c01Tráficos en Red:** Genera una tabla de resultados con volúmenes pasantes por cada arco de red si todo el tráfico en cualquier par de Origen / Destino OD fuese exclusivamente por el camino de cuya impedancia está determinada por la distancia, el tiempo y el volumen. Puede tener o no barreras (vulnerabilidad - afectación).
- **c02Batch Tráficos en Red con Barreras:** Genera los mismos resultados que en la herramienta c01Tráficos en Red, pero cada ensayo realizado refleja el resultado si un arco de red, o un conjunto de arcos, presenta una barrera infranqueable (vulnerabilidad - afectación).

La referida herramienta está basada en un software para la determinación de los diferentes niveles de vulnerabilidad y afectación en redes de transporte, programada íntegramente en lenguaje Python. El desarrollo está diseñado específicamente y customizado para el presente estudio en función de la realización de este tipo de análisis, aplicado en la actual consultoría y en estudios previos sobre la vulnerabilidad de la red vial nacional y tramos significativos de las redes provinciales, con las consecuentes restricciones a la accesibilidad (causadas por lluvias e inundaciones) en los componentes de red (arcos y nodos). El resultado fue el desarrollo de un instrumento que, mediante su adaptación, arrojó como resultado las funciones analíticas necesarias para alcanzar el objetivo principal: determinar las consecuencias de los cortes de rutas producidos por lluvias e inundaciones, identificando los efectos derivados de eventos naturales que supongan el cierre de ciertos tramos en las redes viales<sup>3</sup>. Las bases de datos disponibles fueron reestructuradas y se completaron los datos necesarios con los requisitos de compatibilidad del software utilizado.

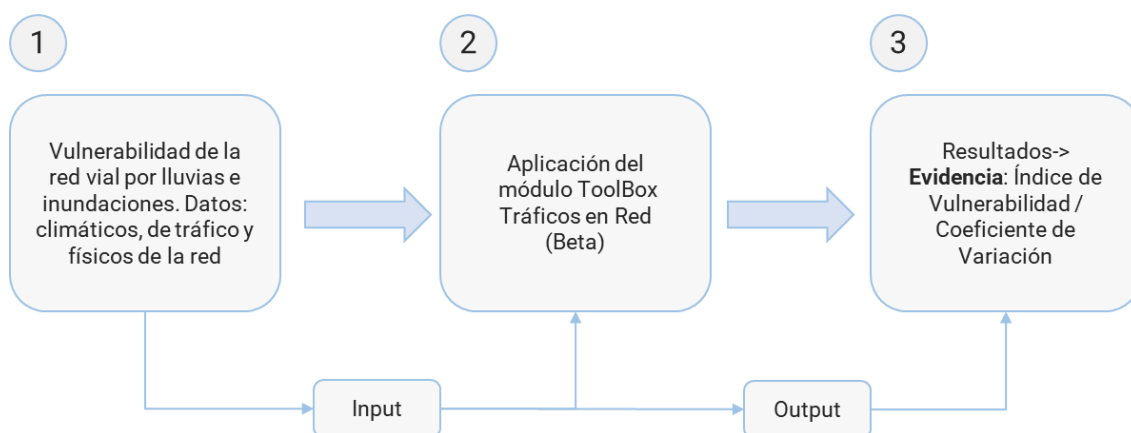
La finalidad de aplicar la herramienta de análisis de vulnerabilidad – afectación a la red vial nacional y tramos significativos de las redes viales provinciales fue agregar valor al análisis de la funcionalidad de estas infraestructuras. Adicionalmente fueron determinados los encaminamientos de los tráfico por los diferentes tramos de las redes viales y la medición de las áreas de influencia portuarias (**más conocidas como “Hinterlands”**), en el caso de los tráfico de cargas. Obtener suficiente información, con la calidad y periodicidad necesaria para lograr las consultas realizadas mediante el software (queries) requeridas en el mencionado estudio, fue una parte significativa de la tarea realizada.

---

<sup>2</sup> Este módulo permite la generación de flujos de trabajo para crear, administrar y editar datos geoespaciales de forma secuencial, mediante la aplicación de sucesivos geoprocesamientos.

<sup>3</sup> Tal como fue programado, el instrumento es adaptable a los sistemas ArcGIS Desktop 10.x y QGIS.

**Figura 1 Secuencia metodológica – Índice Vulnerabilidad / Coeficiente de Variación**

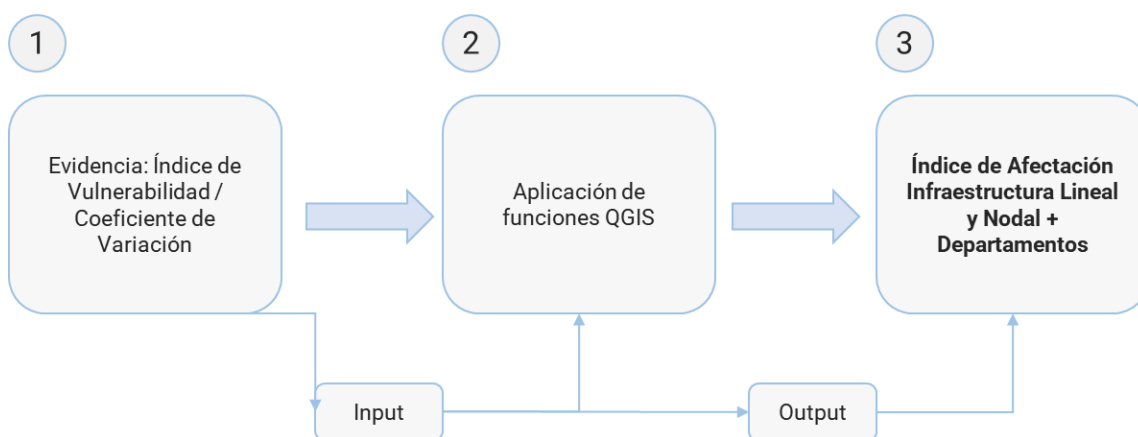


Fuente: Elaboración propia

Mediante la aplicación de los parámetros originales del instrumento, utilizado inicialmente en estudios de vulnerabilidad – afectación de la red vial, los resultados de la aplicación de la herramienta (evidencia de vulnerabilidad – afectación) fueron tomados como base (evidencia o dato precedente) del análisis realizado en el presente estudio cuyo alcance considera diferentes componentes de la infraestructura de transporte, lineales y nodales. Sobre la evidencia señalada, fue determinado el índice de afectación para la red vial, ferroviaria y vías navegables, como así también fue determinado el índice de afectación para los nodos portuarios y aeroportuarios. El análisis constituye la base para la identificación de los componentes de la infraestructura de transporte afectados por factores derivados del cambio climático.

La construcción del Índice de Afectación realizado para este estudio, como fuera mencionado, está referido a los componentes de la infraestructura de transporte, lineales y nodales. Dicho índice de afectación fue determinado para la infraestructura de transporte y especializado a escala departamental, permitiendo de este modo alcanzar la máxima desagregación territorial de la afectación derivada de los factores climáticos considerados. Tanto el índice de afectación para los diferentes componentes de la infraestructura, como así también para la determinación del índice de afectación de los departamentos por provincias fue realizado mediante las funciones propias de QGIS.

**Figura 2 Secuencia metodológica – Índice de Afectación**

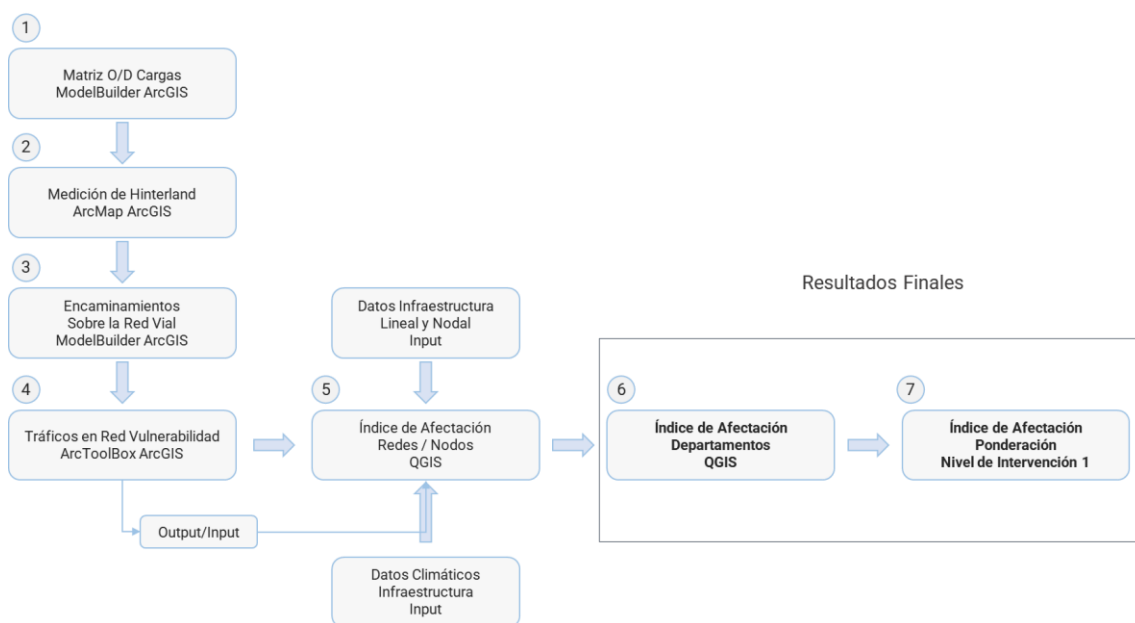


Fuente: Elaboración propia

La información que constituyo el output de la primera fase del análisis, la aplicación de la herramienta Toolbox Tráficos en Red (Beta), cuyos resultados fueron la Vulnerabilidad / Coeficiente de Variación (evidencia: Vulnerabilidad – Afectación), como ya fue mencionado, Constituyeron el input de la segunda fase explicada en los párrafos anteriores. El resultado fue la determinación del Índice de Afectación para los diferentes componentes de la infraestructura, como así también para la determinación del Índice de Afectación de los departamentos por provincias. Finalmente, la construcción de dicho índice de afectación que parte de la evidencia, es determinado para las redes de infraestructura de transporte y fue espacializado mediante la interpolación a los departamentos y las provincias.

El resultado de este proceso es la identificación mediante tablas de ponderación y mapas de los diferentes componentes de la infraestructura lineal y nodal de transporte afectados por factores climáticos, con requerimientos de adaptación. La información resultante constituye el insumo básico para analizar y definir intervenciones y lineamientos en cuanto a política de adaptación.

**Figura 3 Diagrama del esquema metodológico para obtener el Índice de Afectación por Departamento**



Fuente: Elaboración propia



---

## 4.1. Datos requeridos para el análisis

La herramienta ToolBox Tráficos en Red (Beta) realiza una evaluación de vulnerabilidad en la que se consideran diferentes escenarios y eventos climáticos, donde la probabilidad de cada escenario se estima individualmente y se calculan las consecuencias en forma estandarizada para todos los eventos a considerar. Los datos clave requeridos son: nodos, tramos, red vial, cantidad de toneladas transportadas, vehículos expresados en tránsito diario medio anual (TMDA) clasificado por composición y volumen, atributos de la malla vial y variables dinámicas de flujo: distancia, tiempos y velocidad.

De esta forma, para la demostración del funcionamiento del instrumento se utilizaron los datos correspondientes a cada uno de los nodos y tramos que componen la red vial nacional y su correlación con las toneladas transportadas por la red en conjunto, como así también los volúmenes del TMDA, distancia, tiempos y velocidad.

El presente análisis es el resultado de la calibración del instrumento y sus alcances en función de las bases de datos disponibles. El siguiente proceso del estudio implica la adaptación de la arquitectura y lógica de las bases de datos, en función de los requerimientos del instrumento. El resultado de la referida etapa de análisis correspondió a la simulación de todos los casos de vulnerabilidad por interrupción de arcos de la red vial producto de lluvias e inundaciones. Los resultados expresados en las salidas gráficas, representadas a escala local, provincial o local (departamental), presentaran el cuadro de situación actual en función de los datos disponibles. Los resultados derivan de la información resultante del análisis cuantitativo, concretamente estadístico, como fuera indicado en la explicación de los alcances del instrumento para la determinación de la vulnerabilidad – afectación en la red vial nacional y tramos significativos de las redes viales provinciales.

## 4.2. Tratamiento de la matriz de Origen y Destino de cargas y datos de Tránsito Medio Diario Anual (TDMA)

La matriz de Orígenes y Destino de Cargas (OD) elaborada por el Ministerio de Transporte de la Nación en el año 2017 se basa en una zonificación del territorio nacional, fraccionado en 123 zonas de transporte compuestas por grupos de departamentos o municipios, con un criterio de homogeneidad de los tráficos. Cada zona posee un centroide, considerándose como tal un centro de población que representa el mayor volumen de tráficos de cargas generadas o atraídas, coincidente con la localidad más importante de la zona. Todas las zonas de transporte poseen vinculaciones entre sí. Por otra parte, se determinaron 106 productos relevantes para la economía y el transporte en base a las actividades productivas de todas las provincias; se vinculó la producción, establecida en toneladas anuales, con las 123 zonas de transporte a partir del relevamiento de distintas fuentes de información primaria (cartas de porte del transporte terrestre, datos de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, del Ministerio de Agroindustria, del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos -INDEC- y de cámaras empresarias vinculadas a cada producto considerado en la identificación de los flujos de cargas).

Determinados de esta forma los orígenes, el Ministerio de Transporte utilizó otras fuentes de información para establecer los destinos de las cargas transportadas. Las fuentes varían según el tipo de producto: para los granos se relevaron las cartas de porte electrónica que la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP) obliga a presentar a los transportistas, por medio de formularios cargados online en su sitio web y que permiten mantener la trazabilidad de la cadena comercial; es decir que el análisis de estos productos surge del procesamiento de los datos digitales. Los graneles agropecuarios también están compuestos de aceites y harinas, es decir productos elaborados o semielaborados, no sujetos a la obligación de la carta de porte (en la matriz forman parte de la categoría “Industrializados”). Tratándose de productos “homogéneos” (así son definidos en el estudio, en oposición a los “diferenciados”, que varían según las características del proceso productivo), se tomó como variable relevante el precio para determinar las decisiones de productores y consumidores. Esto es, sus encaminamientos tendrán que ver con la minimización de la distancia a recorrer, asumiendo el estudio una relación directa entre distancia y costo de transporte. Es importante destacar que el mayor volumen de tráfico de cargas transportadas desde los centroides de origen de las cargas hacia los nodos portuarios de exportación



---

son granos sin procesar, ya que las plantas de procesamiento se encuentran integradas, en la mayor parte de los casos, a las terminales portuarias. Por lo tanto, el 80% de los tráficos que circulan por los diferentes tramos de la red vial, con la direccionalidad mencionada, son graneles agropecuarios (Bolsa de Comercio de Rosario BCR, 2016), los cuales son registrados en su tránsito por las cartas de porte del organismo federal de recaudación AFIP.

Como resultado del análisis de la matriz conformada por 15129 pares OD (123 nodos por 123 nodos) se seleccionaron 4042 encaminamientos que incluyeron al menos un traslado de graneles agropecuarios destinados al mercado externo, es decir desde 123 nodos de origen a cada uno de los 3 nodos portuarios definidos: Bahía Blanca, Quequén y Rosario (123 nodos origen por 3 nodos destino). El proceso se completó con la utilización del modelo utilizado en el presente estudio, mediante el cual, en forma automática se asignaron hacia cada uno de los tres nodos portuarios de destino los tráficos emitidos por los 123 centroides de origen.

Los modelos de geoprocésamiento automatizan y documentan los procesos de análisis espacial y de administración de datos. El modelo utilizado fue desarrollado mediante el sistema ModelBuilder de ArcGIS Desktop 10.x., que consiste en un lenguaje de programación visual para crear flujos de trabajo de geoprocésamiento en entornos de sistemas de información geográfica (GIS, por sus siglas en inglés). Los modelos de geoprocésamiento son creados y modificados mediante la función ModelBuilder, utilizando la salida de datos de un proceso como entrada de datos del proceso siguiente.

Se creó un modelo de este tipo para el presente análisis, utilizando el sistema ModelBuilder. El objetivo es la generación de un archivo que contenga los tiempos, velocidad, distancias y volúmenes de viajes registrados en cada vínculo OD. El resultado de esta matriz se presenta en formato largo, es decir, cada registro es una correspondencia OD. Los resultados constituyen la base del cálculo de matrices con las impedancias<sup>4</sup> necesarias para la determinación de los encaminamientos, la medición de las áreas de influencia de los puertos, y como insumo para la aplicación de la herramienta necesaria en los cálculos de vulnerabilidad – afectación realizados (pérdida de accesibilidad) de las redes analizadas.

Una fuente de información relevante empleada para la construcción de los encaminamientos de tráfico en la red vial fue el Tránsito Medio Diario Anual (TMDA), que releva la Dirección Nacional de Vialidad (DNV). Esto incluye datos de la red vial nacional y también de los tramos significativos de las redes viales provinciales, que constituyen los caminos accesorios que conectan los centros de producción al interior del país con las principales rutas troncales. En el presente estudio se utilizaron mediciones de TMDA<sup>5</sup>.

La red vial digitalizada utilizada en este trabajo consta de un total de 1372 arcos. En cada uno de ellos se almacena información del distrito donde se localiza el arco, ruta en la que se encuentra el arco, datos del arco (intersecciones), ubicación geográfica (coordenadas de inicio y fin), longitud del arco, TMDA por volumen y composición del arco y tiempos de circulación de flujos vehiculares. Se consideran 528 departamentos, 24 provincias y 6 regiones definidas por la cobertura de red vial y los niveles de afectación, considerando centros urbanos de diferentes jerarquías y nodos principales definidos por la topología de la red vial. La red posee una estructura reticular con una configuración convergente, de modo tal que la mayor parte de las rutas y particularmente los corredores viales de mayor capacidad, convergen sobre los principales núcleos urbanos.

La DNV dispone de un inventario de las condiciones físicas y el estado de la red vial nacional, digitalizado en diferentes capas temáticas e instalado en un servidor de mapas para su consulta. El producto que disponen es un inventario estático, con shapes (archivos vectoriales) de la malla vial que contiene datos sobre el estado de la red (clasificado por tipo de materiales; pavimentado, asfaltado, mejorado, tierra, pero no cuenta con el análisis de

---

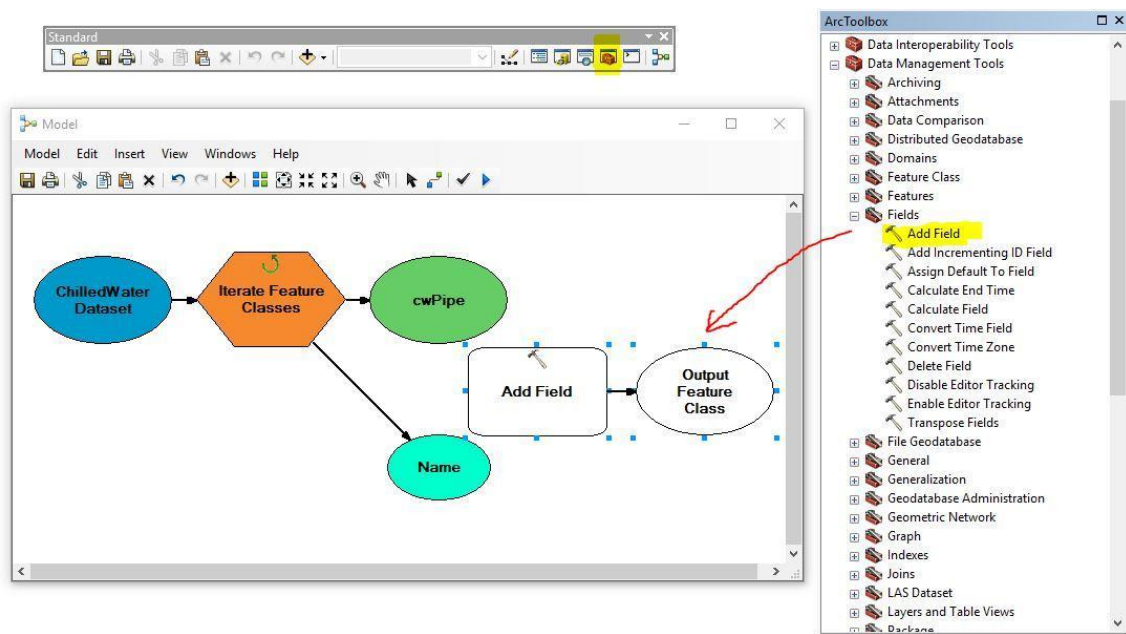
<sup>4</sup> Medida que combina tiempos, costos y distancias para representar la resistencia o impedimento en los desplazamientos en un enlace o ruta particular.

<sup>5</sup> <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/vialidad-nacional/sig-vial>

estado determinado por el índice de rugosidad IRI, indicador adoptado internacionalmente en la identificación del estado de la red vial: bueno, regular y malo).

Por otra parte, la Subsecretaría de Gestión de Riesgos, dependiente del Ministerio de Seguridad, dispone de un listado que incluye a los distintos tramos de la red vial nacional y redes provinciales que han sufrido afectaciones exclusivamente por lluvias, inundaciones y desbordes de ríos, los mapas de la red vial que sufrieron dichas afectaciones se detallan como resultados de este estudio, así como el tiempo en que estos arcos de red se mantuvieron cortados a la circulación. Utilizando la referida información como insumo fue posible la simulación de situaciones de vulnerabilidad y alteraciones en la accesibilidad a causa de lluvias e inundaciones a causa del Fenómeno del Niño<sup>6</sup> durante el año 2016<sup>7</sup>, la metodología consistió en estudiar los efectos de los cortes simultáneos en diferentes arcos de la red vial.

**Figura 4 Pantalla de trabajo del modelo ModelBuilder de ArcGIS Desktop 10.x**



Fuente: Elaboración propia

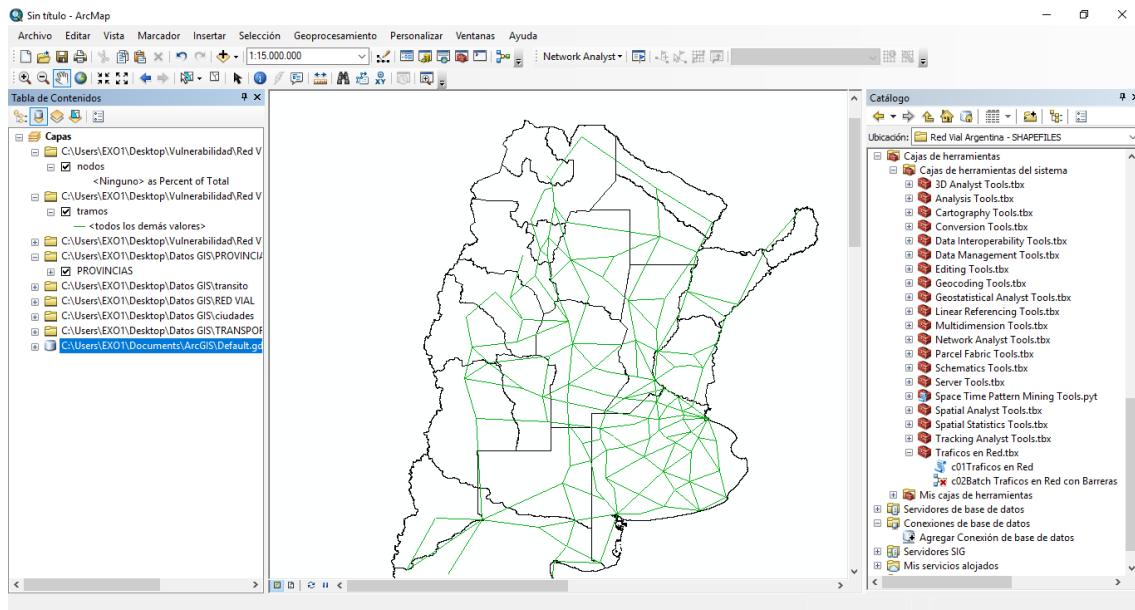
Se partió de las siguientes capas de datos:

- 1) Cartografía de base de la República Argentina, que incluye límites provinciales, departamentales/municipales y nacionales entre otros datos.
- 2) Mallado de la red vial argentina con sus atributos, incluyendo la totalidad de las rutas nacionales y las principales rutas provinciales, así como los principales enlaces viales pavimentados entre éstas, mantenidos y administrados por gobiernos locales.

<sup>6</sup> Corresponde a un fenómeno con cierta recurrencia irregular que modifica de manera anormal la temperatura de las aguas en el Océano Pacífico Central y Oriental, con la consecuente alteración de precipitaciones en zonas tropicales y con posible impacto en el clima de otras zonas del mundo

<sup>7</sup> Se considera el evento climático del Niño 2016, por constituir el efecto de mayor impacto masivo sobre la infraestructura de transporte. El hito referido demuestra los efectos de máxima afectación posible registrada hasta el momento en el país.

Figura 5 Representación vectorial de los principales arcos y nodos de la red vial procesada en un sistema ArcGIS



Fuente: Elaboración propia

Se identificaron las rutas óptimas en la red vial para cada par OD, la velocidad, tiempos de viaje, distancias y volúmenes comprendidos por estos tráficos. Los datos almacenados son atributos de los arcos de red correspondientes a cada encaminamiento que conecta los centros de producción del área de influencia al nodo portuario considerado en el caso de los tráficos de cargas. Los volúmenes de las distintas rutas fueron agregados, de manera que para cada arco se obtuvo el volumen total de toneladas que circulan por él considerando todas las rutas que lo atraviesan. Con este proceso se ha creado una nueva información, ya que se disponía de la matriz de cargas origen-destino, pero no de su asignación a la red. El proceso determinó la generación de un *conjunto de datos de red* (en inglés "*Network Dataset*") para simular diferentes procesos en forma automática.

En este caso, para la matriz OD se procedió a generar la red topológica utilizada para determinar los encaminamientos mínimos entre los pares, considerando que el camino a utilizar sería aquel que minimice los tiempos de desplazamiento sobre la red. Se sabe que, si bien esta situación no se cumple en el 100% de los casos, es representativa del ejercicio típico de elección de la ruta hacia el destino-nodo considerado. Elegir el tiempo en vez de la distancia evita que el sistema utilice vías que, si bien son más cortas, son desestimadas en la práctica por los transportistas, por tratarse de rutas en mal estado, no pavimentadas o que atraviesan áreas densamente pobladas.

Como parte de esta etapa, y previo al dimensionamiento de las áreas de influencia, es necesario arribar a una determinación de las velocidades reales de circulación sobre la red vial argentina. Esta variable-atributo se almacena como un campo más del shape y es utilizada como factor para dividir la longitud del tramo, lo cual resulta del tiempo insumido para circular sobre ese segmento en particular. El tiempo variará en función de las características de los tramos elegidos: tipo de infraestructura, superficie, zona urbana o rural.

---

## 5. Resultados: determinación de la vulnerabilidad de la red vial y puertos

Tres provincias (Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba) explican el 80% de la carga transportada en toneladas, generada por dos complejos exportadores (oleaginoso y cerealero)<sup>8</sup> y son los orígenes de la mayor parte del tráfico que llega a los puertos de Rosario, Bahía Blanca y Quequén. A continuación, se identifican los principales corredores viales entre las zonas de producción y los referidos puertos, según los encaminamientos realizados por el *conjunto de datos de red*. Como ya se ha explicado, la incidencia del ferrocarril es menor, los corredores viales son más exigidos en términos de demanda, por lo que serán luego analizados para evaluar su vulnerabilidad y de esta forma calcular el Índice de Afectación.

### 5.1. Encaminamiento: Nodo Rosario - Paraná Medio

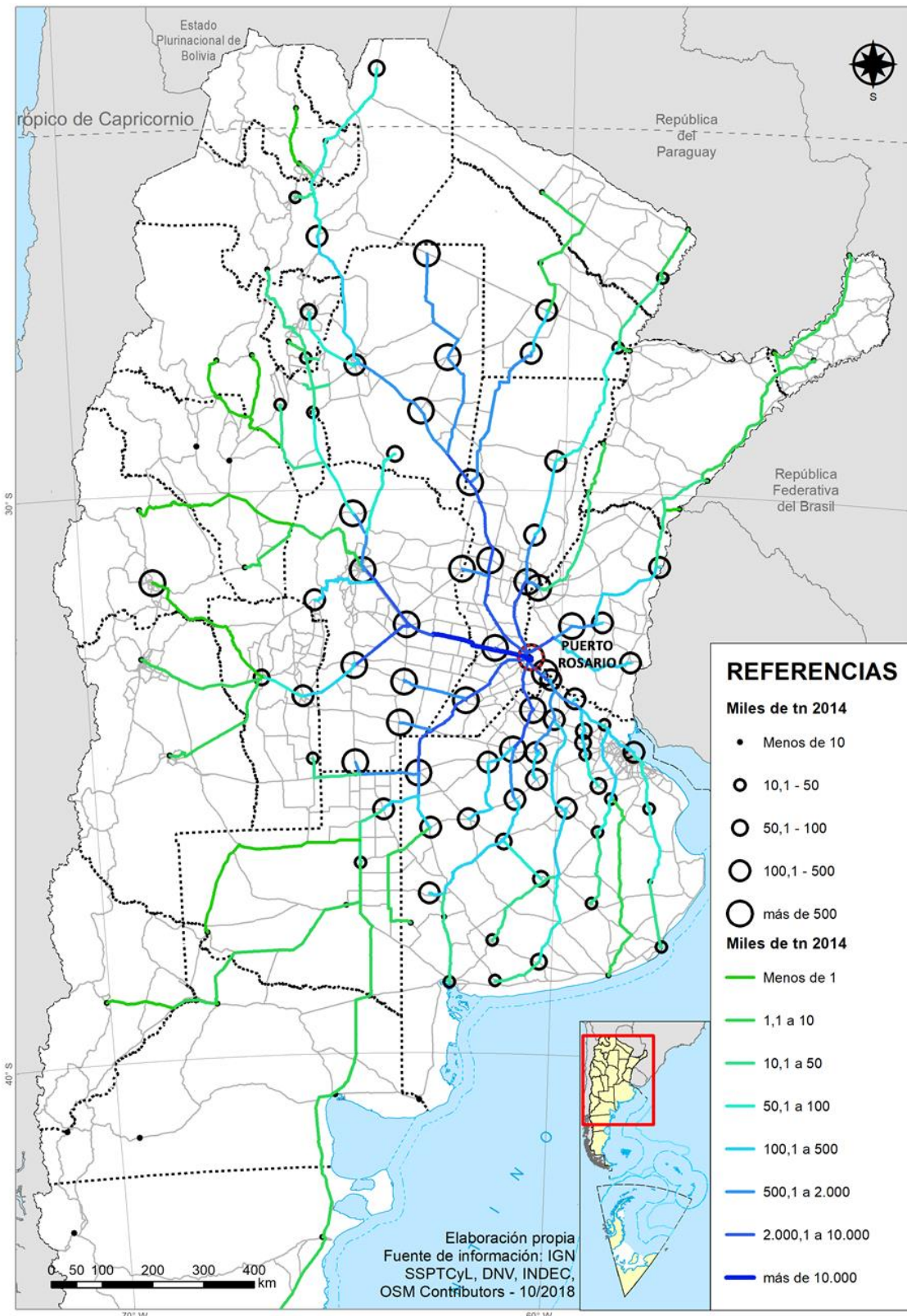
Las terminales del puerto de Rosario y sus alrededores comprenden los mayores volúmenes de exportación del país, con un reducido número de orígenes provinciales (Córdoba y Santa Fe en el rubro oleaginoso, centrado en la soja; Córdoba, Tucumán, Entre Ríos y Buenos Aires en el cerealero, con una proporción menor que la provincia de Santa Fe). También en menor medida aportan tráficos las provincias de Chaco, Formosa, Santiago del Estero, Salta y Jujuy; las dos primeras forman parte del NEA (noreste argentino) y las tres últimas del NOA (noroeste). Por último, existe producción de las provincias de La Pampa y Catamarca que también se canaliza por estos puertos.

Sobre las rutas nacionales y tramos provinciales que vinculan las provincias de Córdoba, Santa Fe y Buenos Aires con el nodo de Rosario Paraná-Medio circulan los mayores volúmenes de carga a granel del país. Argentina exportó en 2019, 79 millones de toneladas sumando granos, harinas y aceites. El nodo más importante por la atracción de cargas de su complejo industrial oleaginoso. La participación del nodo portuario fue del 82% en 2019 (Bolsa de Comercio de Rosario, 2020).

---

<sup>8</sup> Bolsa de Comercio de Rosario

**Mapa 1 Orígenes, complejos exportadores y encaminamientos – Rosario Paraná-Medio**



Fuente: Elaboración propia



---

Dado que la mayor proporción de las cargas se transporta por camión, las redes viales que vinculan Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires con las terminales portuarias de Rosario registran una alta proporción de tráfico pesado. Para las cargas originadas en Córdoba y Santa Fe, los corredores troncales son las rutas nacionales RN9, 11, 33 y 34; en tanto que la RN33 también absorbe cargas importantes del noroeste de la provincia de Buenos Aires, y la RP 18 -que conecta Pergamino con Rosario, en el área central de la Zona Núcleo Agropecuaria, en la Pampa Húmeda- también aporta valores en el máximo rango de tonelaje. Pergamino es uno de los centroides con mayor rendimiento agropecuario de todo el país, con valores superiores al medio millón de toneladas.

El mayor volumen de tráfico se da en la RN9, entre Rosario y Villa María (Córdoba). Es importante señalar que esta vía se encuentra replicada por una conexión ferroviaria que también envía tráfico a las terminales portuarias, lo cual da cuenta de la envergadura del volumen producido de graneles agropecuarios que se traslada entre ambas zonas.

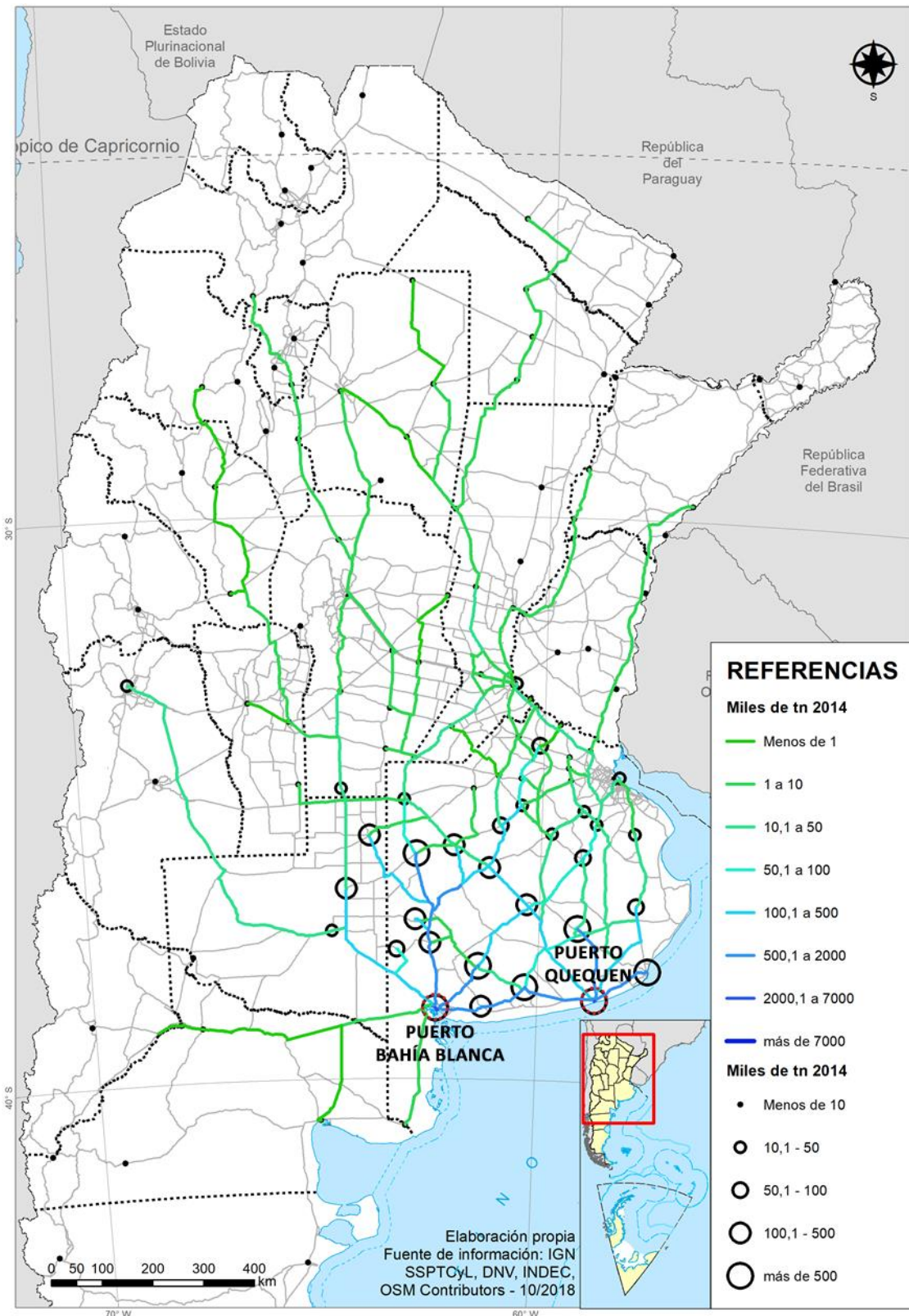
Fuera de las tres provincias principales -Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires- puede verse reflejado el crecimiento de la producción en la zona norte del país que es exportada por estos puertos, con la RN34 aportando tráfico de Santiago del Estero y, en menor medida (vía su derivación en la RN 95), del Chaco, en zonas deforestadas donde en la actualidad se está sembrando soja y se realiza producción ganadera a gran escala.

En comparación, los tráfico de Entre Ríos son menores, aunque se observa un nivel relativamente alto de camiones que cruzan el Delta desde Victoria para arribar a las terminales del Gran Rosario, debido a la capacidad de molienda de las plantas industriales.

## 5.2. Encaminamiento: Nodo Atlántico Bonaerense

En el nodo portuario del litoral Atlántico Bonaerense, los puertos de Bahía Blanca y Quequén se han especializado en el manejo de las cargas de los complejos oleaginoso y cerealero con terminales específicas, que derivan la producción mayormente cerealera del centro y sur de la provincia de Buenos Aires. El puerto de Bahía Blanca en 2019 exportó 11,8 millones de toneladas, correspondientes al 10% del total nacional de los despachos al exterior, segundo lugar en volumen (siendo el primero Rosario). El tercer lugar le correspondió a Quequén con 6 millones de toneladas, 7% del total (Bolsa de Comercio de Rosario, 2020).

**Mapa 2 Orígenes, complejos exportadores y encaminamientos – Nodo Atlántico Bonaerense**



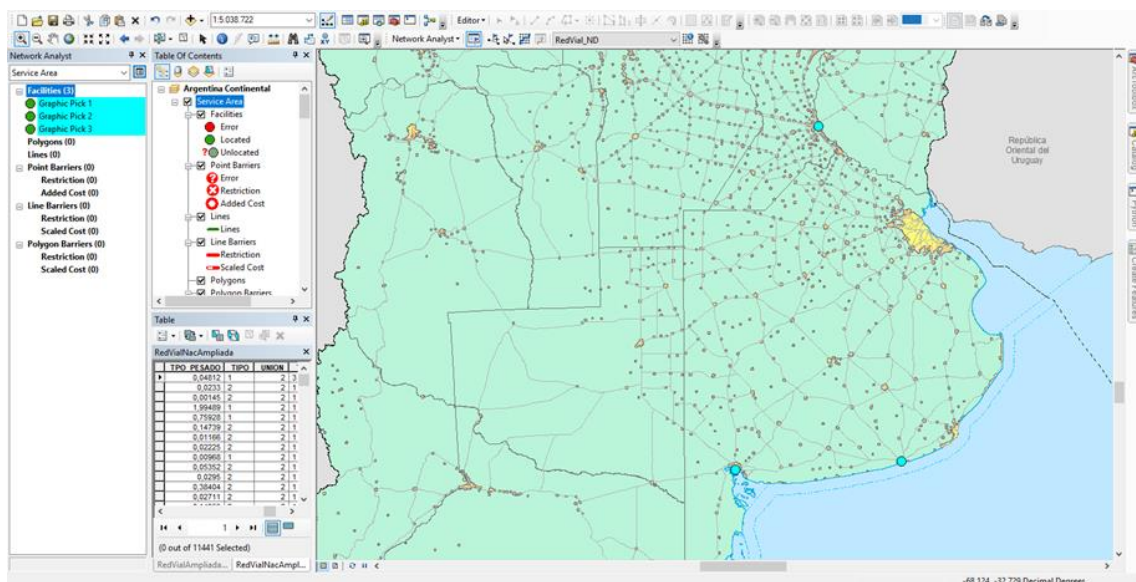
Fuente: Elaboración propia

Los orígenes de los tráficos se encuentran concentrados en la provincia de Buenos Aires y una parte menor en la provincia de La Pampa. Los tráficos de cereales dominan los flujos, y circulan sobre las rutas nacionales RN33, 3, 227 y 228, así como por la RP88 -que comunica el municipio de General Pueyrredón (Mar del Plata) con Quequén- y la RP193, que conecta Tres Arroyos con Bahía Blanca. Tres Arroyos, en el epicentro de la región cerealera, está a mitad de camino entre Quequén y Bahía Blanca y deriva cargas a ambos puertos, encaminadas por las rutas RN228 y RP193, respectivamente. Estas son las vías troncales de la producción de los dos complejos estudiados. Se trata de vías con una congestión mínima, o directamente nula, respecto de las que rodean a Rosario. La participación ferroviaria (operador FEPSA) es de un 10% del total en el caso de los graneles agropecuarios, un 5% del total si se incluyen las cargas generales (Kohon, 2011). En los flujos provenientes de la provincia de La Pampa predomina el complejo cerealero, circulando a través de la ruta RN 35. La provincia de Córdoba pierde relevancia en el tráfico de graneles, si bien deriva una proporción de los tráficos de oleaginosas hacia Quequén a través de las rutas RN 33 Y 35. El puerto de Bahía Blanca absorbe dos tercios del volumen despachado a través de este nodo.

### 5.3. Tiempos de circulación

Partiendo de la información recopilada en el *conjunto de datos de red* y de los encaminamientos determinados a partir de la matriz OD, se determinaron mediante el módulo de ArcMap ya utilizado las áreas de servicio de los puertos de Rosario, Bahía Blanca y Quequén, principales receptores de los tráficos de cereales y oleaginosas. Al ingresar la ubicación de los tres nodos portuarios y establecer los parámetros de corte, clasificando la red vial mediante rangos de distancia o de tiempo respecto de estos puntos, es posible determinar el área servida por cada puerto y cuánta distancia es posible recorrer en intervalos de dos horas. En la figura 6 cada isocrona representa una distancia de 2 horas desde los puntos de origen, a partir de la estimación de la velocidad real de los camiones en cada tramo.

**Figura 6 Captura del proceso de representación de áreas de servicio - puertos de Rosario, Quequén y Bahía Blanca (1)**

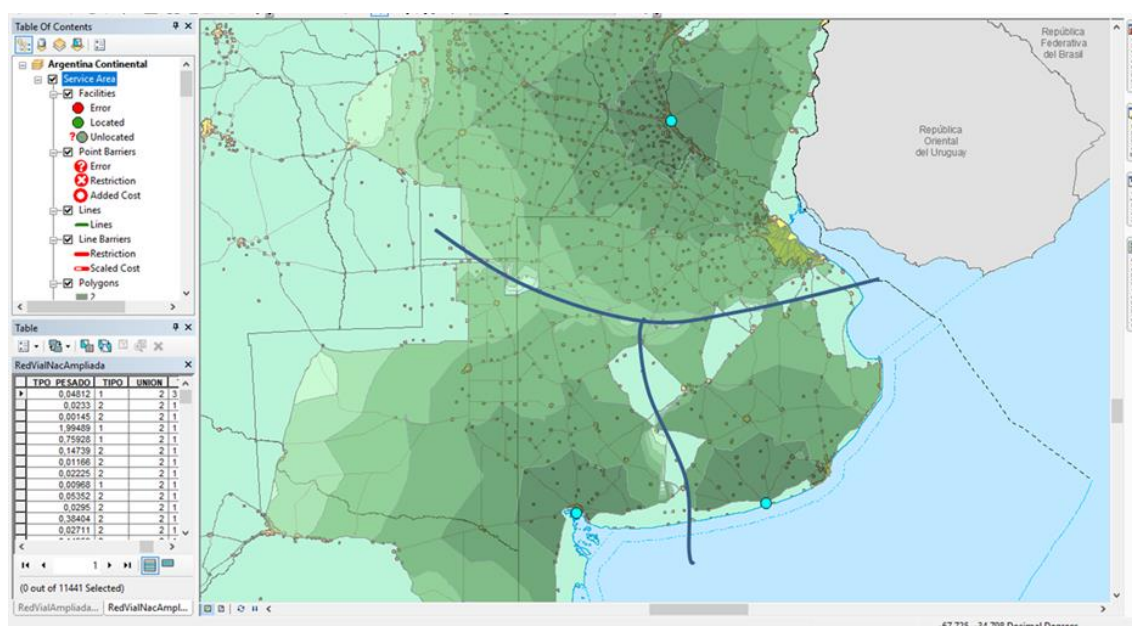


Fuente: Elaboración propia

Como resultado la red vial quedó diferenciada en áreas ubicadas a 2, 4, 6, 8, 10, y 12 horas desde los puertos, teniendo en cuenta las velocidades reales de los camiones. Mediante este procedimiento es posible dimensionar el área de influencia de cada puerto. Para determinar el área de influencia, de todos modos, es preciso tener en cuenta los orígenes de las cargas direccionadas hacia dichos puertos.



Figura 7 Captura del proceso de representación de áreas de influencia - puertos de Rosario, Quequén y Bahía Blanca (2)



Fuente: Elaboración propia

Las zonas tradicionalmente asociadas al área de influencia natural del puerto de Rosario están a un tiempo de viaje de 5 horas o menor, en patrones similares hacia todas las direcciones. Las isócronas<sup>9</sup> mantienen su regularidad hasta llegar a los accesos del puerto de Rosario. Allí se observa una diferencia notoria entre los tráficos que arriban desde el norte y el sur de la ciudad, los cuales están a 15 minutos de distancia de las terminales; y los que provienen del oeste (en dirección Córdoba), que toman entre 30 y 45 minutos para llegar a la línea costera. Esta situación en los tiempos de circulación tiene relación directa con la congestión de camiones en los accesos y la existencia de redundancias (ruta original y autopista) con dirección norte y sur. Cabe recordar, como se vio en el punto anterior, que la RN9 tiene los mayores niveles de presión en el tráfico de cargas hacia el nodo Rosario.

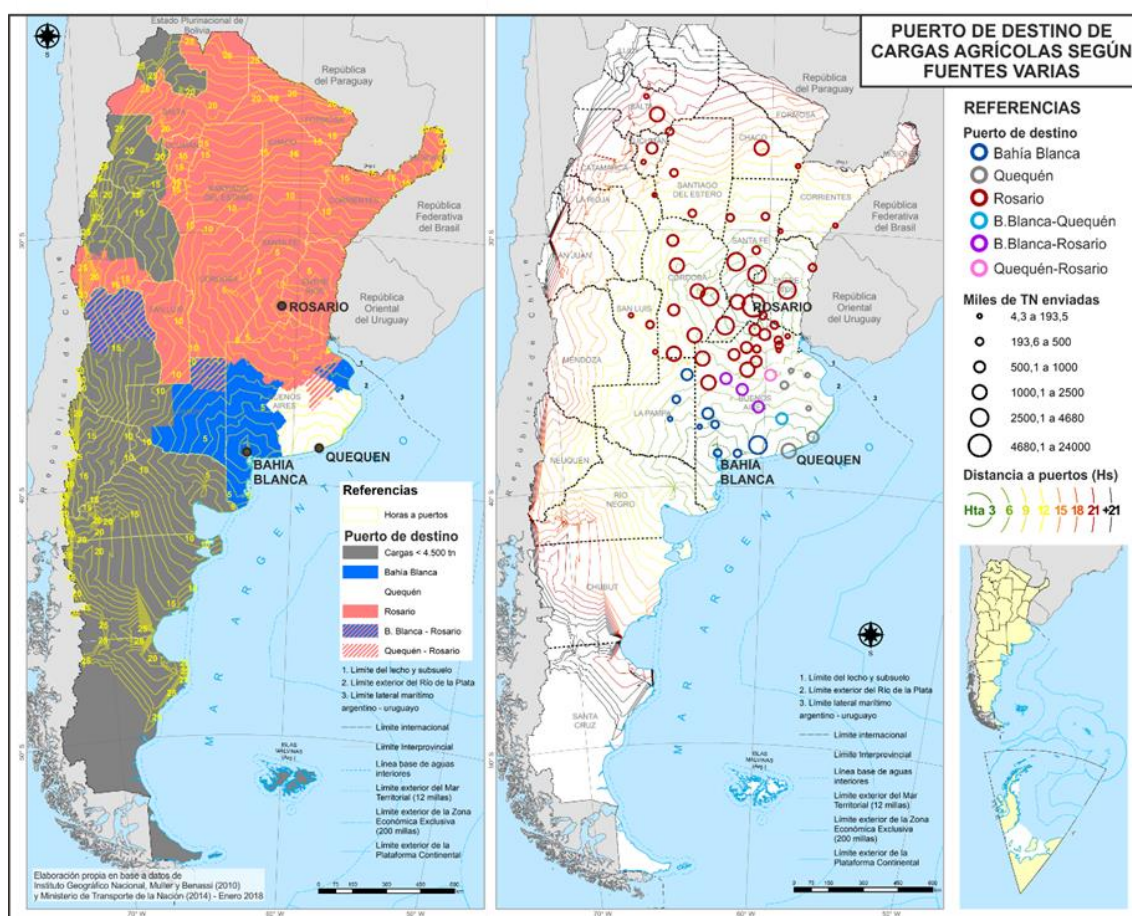
En lo que respecta a los puertos de Quequén y Bahía Blanca, principales puertos del nodo Atlántico Bonaerense, se observan distancias-tiempos similares, con una mayor regularidad relativa en el trazado de las isocronas a medida que se acercan a los puertos. En los accesos portuarios, y dada la menor redundancia en el mallado vial, los tiempos de circulación son más uniformes en todas direcciones, con un mejor acceso al puerto de Quequén desde el este, dado que, al oeste y frente al puerto separado por el río Quequén, está la trama urbana de la ciudad de Necochea. El puerto de Bahía Blanca, en relación con el puerto de Quequén, muestra una mayor congestión en el área urbana, aunque en ningún caso se trata de niveles significativos.

Entre estas zonas vinculadas naturalmente a los nodos portuarios mencionados se observa una zona de indefinición coincidente con la cuenca del Río Salado en el área central de la provincia de Buenos Aires, en donde los tráficos cerealeros -abundantes en la provincia de Buenos Aires- podrían circular indistintamente en dirección norte - sur, por lo que el tiempo no sería una variable considerada en la definición de elección portuaria en dicha zona.

A continuación, una comparación entre tiempos medidos en isocronas (izquierda), con las áreas que sirven a un mismo puerto delimitadas por coropletas, y volúmenes de producción de cereales y oleaginosas, marcados mediante círculos (derecha) que representan los principales centroides de producción.

<sup>9</sup> Las líneas isócronas de cada uno de los puertos son aquellas que se encuentran conformadas por los puntos que están a la misma distancia temporal de un nodo en particular, en este caso, de cada uno de los 3 puertos analizados.

**Mapa 3 Puertos de destino, volúmenes y tiempos en relación con los nodos portuarios**



Fuente: Elaboración propia

El trazado de la red pavimentada, que incluye rutas nacionales y las principales rutas provinciales, permite observar las diferencias de densidad entre el mallado de la Zona Núcleo o central del país y el sur de la provincia de Buenos Aires con el resto del territorio nacional. Situación que influye directamente en los tiempos de circulación entre zonas, así como en las velocidades, directamente relacionadas con el estado de los caminos.

Como puede observarse en los mapas, la configuración radial del tendido vial y ferroviario que en el siglo XIX era expresión del desarrollo agroexportador del país -complementario del desarrollo industrial europeo, y principalmente británico- continúa influenciando el direccionamiento de los tráficos, cuya importancia disminuye en forma directamente proporcional a medida que se alejan de la región pampeana (centro de la Argentina).

El centro del país, y en particular la franja que se extiende desde el norte de la provincia de Buenos Aires a la ciudad de Rosario y el centro de la provincia de Córdoba concentra el mayor volumen de cargas sobre sus carreteras y puertos, extendiéndose hacia el oeste hasta llegar al norte de la provincia de Mendoza (esta zona suele ser mencionada como parte del corredor bioceánico, dado que comunica a través de los Andes con el centro de Chile vía pasos fronterizos terrestres). Dos corredores adicionales de alto volumen de tráfico son los que conducen del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) hacia el noreste de la provincia de Entre Ríos (continuación del mencionado corredor bioceánico hacia el sur de Brasil), y hacia el centro de la provincia de Buenos Aires, donde se desarrolla el área productiva agropecuaria.

Estos corredores son los que suelen concentrar la inversión pública para su mantenimiento y renovación, dada la importancia de los flujos y el atraso en seguridad vial que se traduce en una alta tasa de mortalidad por accidentes de tráfico en el país. Por ejemplo, la RN 14, cuya traza se localiza paralela al río Uruguay, y que fuera transformada en autovía durante el 2014, antes concentraba la mayor cantidad de accidentes fatales en el país debido al

---

continuo tránsito de camiones provenientes de Brasil, que saturaba el tráfico sobre la ruta, entonces con sólo un carril por sentido (este problema también está presente en el sur de Brasil).

La otra cara del problema es que el énfasis de la obra pública en los corredores destacados es proporcionalmente negativo para el desarrollo de las regiones tradicionalmente postergadas como el NOA, dada la relativa poca importancia de sus tráficos en la actualidad; aunque dichos tráficos podrían aumentar en el futuro si contaran con la infraestructura que posibilita la competitividad necesaria para esta postergada región.

## 5.4. Delimitación de las áreas de Influencia

Para el presente estudio se elaboraron los mapas de las áreas de influencia de los dos principales nodos portuarios del país (Paraná Medio y Atlántico Bonaerense), vinculándose con un conjunto de localidades que aportan cargas de los dos complejos exportadores principales (que explican el 80% del volumen de las exportaciones totales), y determinando así el área de influencia de cada puerto.

Las áreas de influencia posibles del nodo Paraná Medio son representadas en diferentes gamas de azul, representando las toneladas con ese destino. El corte más estricto, compatible con el área de influencia primaria, comprende todas las áreas que aportan tráficos cercanos a los 5 millones de toneladas o superiores, con una distancia máxima de aproximadamente 500 km en dirección noroeste-sudeste. Los principales centroides emisores son Rosario, Venado Tuerto, Santa Fe capital, Rafaela (en la provincia de Santa Fe), Rosario del Tala (Entre Ríos) y Bellville (Córdoba). Existe plena interconexión y una densidad ideal en la producción. Esta área de influencia primaria abarca la mayor parte de la Zona Núcleo, con excepción de la provincia de Buenos Aires.

El límite noroccidental del área de influencia bajo estos parámetros sería Córdoba capital (527 km y 7,9 horas de distancia de Rosario), y el sudoriental la citada localidad de Rosario del Tala (181 km y 3,1 horas), atravesando el Río Paraná, cuya conexión física queda establecida por el puente vial Rosario - Victoria. La presencia de puertos más cercanos sobre el borde litoral de la provincia de Entre Ríos emplazados en el Río Paraná, no seleccionados para el despacho de estos tráficos de cargas, sugiere la influencia de variables más relevantes que la distancia, como la capacidad y rendimiento del crushing -la elaboración de harinas y aceites- de los puertos del área metropolitana de Rosario. En dirección norte, el límite del área de influencia primaria se localiza en las proximidades de la localidad de Rafaela (411 km de distancia y 6,1 horas), y hacia el sur en la localidad de Venado Tuerto (176 km y 3,1 horas). Por lo tanto, es posible inferir que los extremos más cercanos, sur y sureste, presentan una velocidad promedio de 60 km/h, la cual se incrementa en los extremos más lejanos (norte y noroeste) hasta 67 km/h, dado que a mayor distancia es menor el impacto de la congestión de los accesos a las terminales portuarias en la duración total de los viajes.

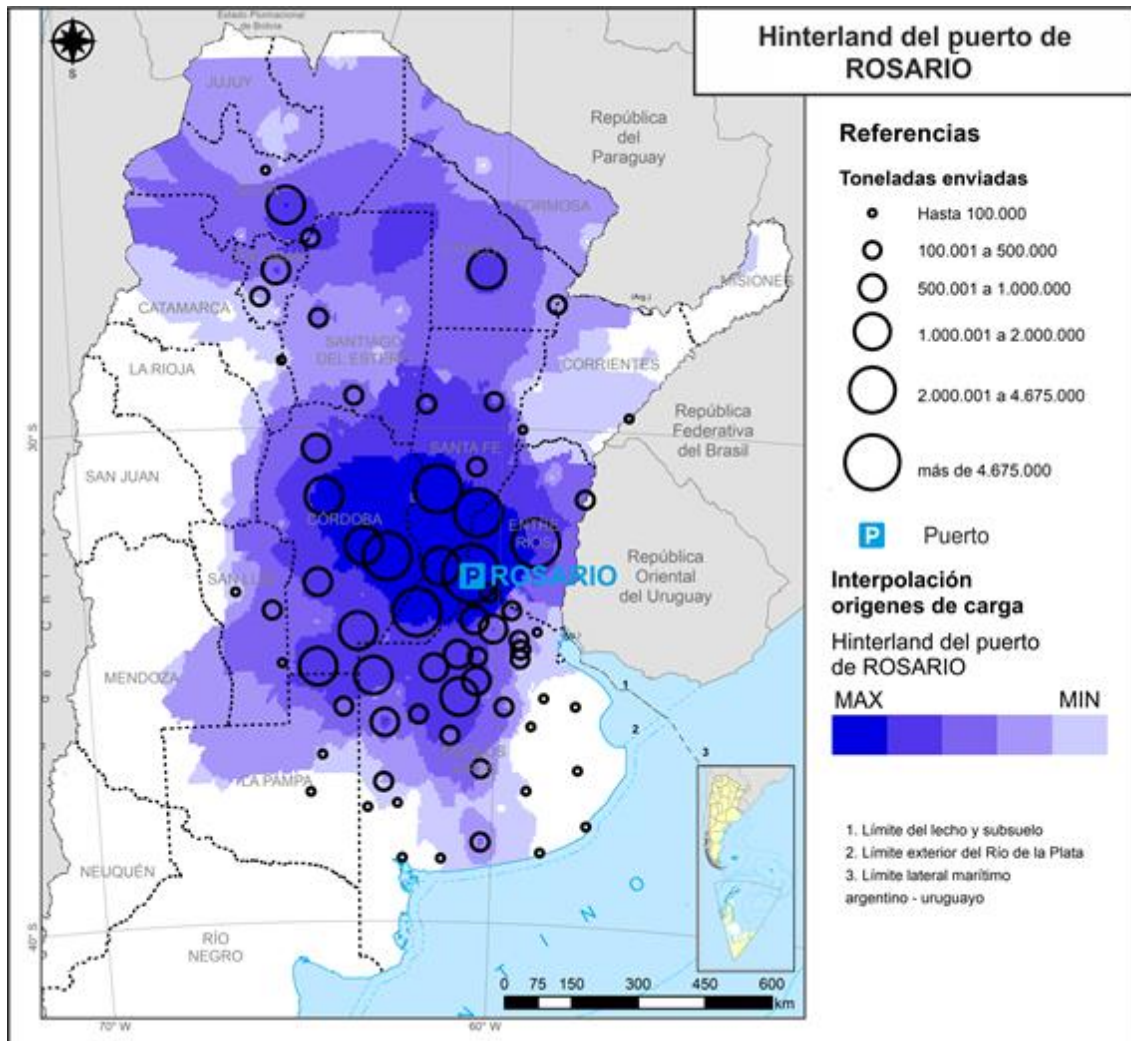
El área de influencia secundaria comprende áreas productivas que aportan volúmenes del orden de los 2 millones de toneladas en adelante, presenta una dispersión mayor, con centroides aislados en el norte y noroeste del país: Metán en Salta (1.444 km y 23,7 horas de distancia) y Monte Quemado en Santiago del Estero, Presidencia Sáenz Peña en el centro chaqueño (943 km y 15,4 horas), y un sector rural en el nordeste de Santiago del Estero. El área principal extendida abarca el resto de las provincias primarias, las comprendidas en el área de influencia primaria: Córdoba, Santa Fe y Entre Ríos. La extensión este-oeste de dicha área aumenta en 600 km, que se convierten en 750 km en dirección norte-sur, en el territorio de la provincia de Buenos Aires hasta la localidad de Bolívar (411 km y 7,2 horas); en el norte de Santa Fe, el límite se define en la localidad de Vera (600 km y 9,6 horas) esta zona define el límite de la pampa húmeda con el monte chaqueño, ubicado en la región del Noreste Argentino.

Los datos expuestos dan cuenta de una mayor dependencia de los tráficos de las zonas identificadas en el norte del país con respecto al nodo portuario Rosario, dada la deficiente infraestructura ferroviaria y el estado deteriorado de muchas rutas de la región. En efecto, el corte más inclusivo - considerando volúmenes a partir de las 100 mil toneladas - abarca la casi totalidad de las provincias del norte, de Catamarca a Corrientes, mientras que en la provincia de Buenos Aires existen vastas zonas de la pampa húmeda que no derivan sus tráficos a las



terminales del Gran Rosario, optando por otros puertos más al sur, donde la presencia de plantas de procesamiento es menor y predominan los graneles.

**Mapa 4 Área de influencia del nodo Paraná Medio**



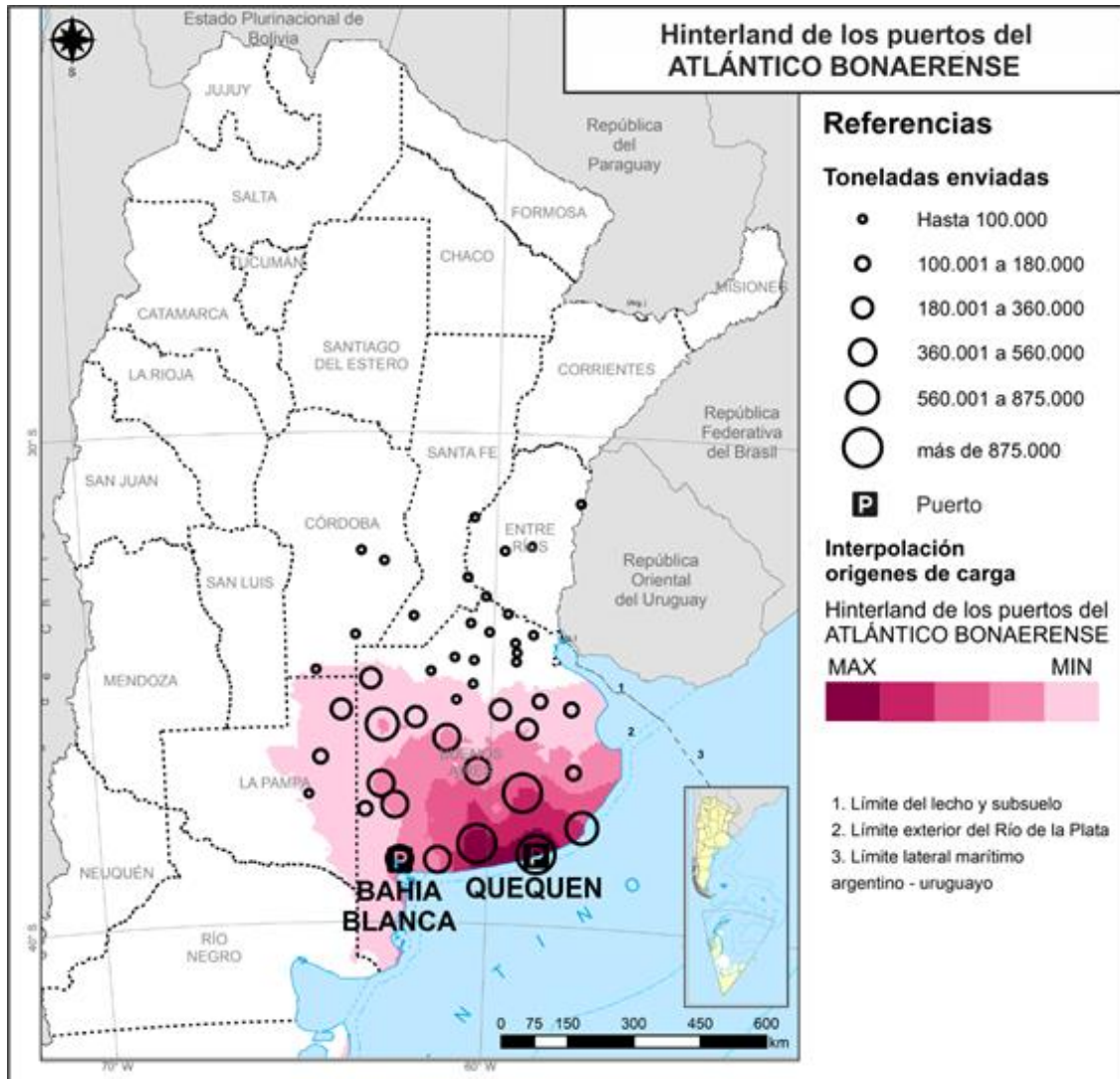
Fuente: Elaboración propia

En lo que hace al área de influencia del nodo Atlántico Bonaerense, los cortes son diferentes dada la menor afluencia de cargas respecto del nodo portuario Rosario. Este nodo posee la particularidad de tener dos puertos principales a 200 km uno del otro, por lo que es difícil determinar un centro de irradiación. Las áreas de mayor producción de granos están más cercanas al puerto de Quequén que al Bahía Blanca, pero este último puerto es el que opera los mayores volúmenes por rendimiento del equipamiento portuario y mayores niveles de servicios, esta situación motivó que fuera seleccionado como vértice del nodo.

Podemos definir, entonces, un área de influencia primario del nodo incluyendo zonas que aportan a partir de las 560 mil toneladas, y con una extensión este - oeste de unos 400 km entre la ciudad de Mar del Plata (529 km de distancia) y la localidad de Tres Arroyos (194 km), cuya máxima derivación de tráficos se da a lo largo del litoral marítimo. Los vértices norte y sur de dicha área de influencia son Tandil (370 km) y Necochea (306 km). Como puede verificarse, el puerto de Bahía Blanca queda fuera del área de influencia granaria primaria supuesta, lo cual se explica por su ubicación en el límite suroeste de la pampa húmeda, mientras que Quequén está es más cercano al epicentro de la zona sembrada en el sur de la provincia, con una menor diversidad de tráficos, y también una menor dimensión en volumen respecto del mayor baricentro portuario regional; Bahía Blanca.

El área de influencia secundaria sí comprende al puerto de Bahía Blanca, así como otros centros de producción del oeste de la provincia, las localidades de Trenque Lauquen, Pigüé y Carhué en este caso. Por último, el nodo recibe cargas menores a 100 mil tn del centro y oeste de la provincia, así como del este de la provincia de La Pampa, que representa el límite de su área de influencia extendida. En lo que hace al límite occidental, su finalización tiene que ver con la disminución del área sembrada en los límites de la pampa húmeda.

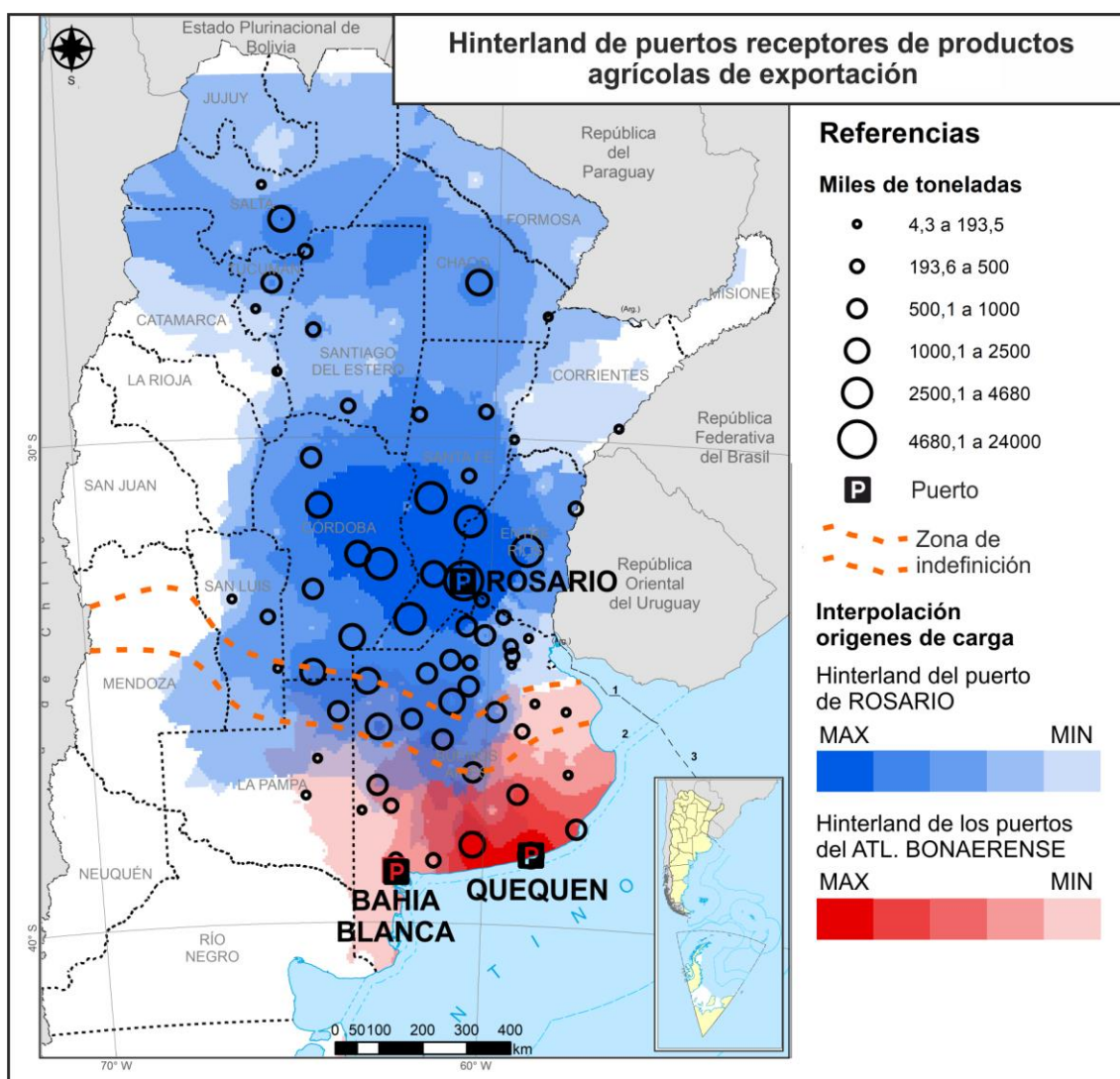
**Mapa 5 Área de influencia del nodo Atlántico Bonaerense**



Fuente: Elaboración propia

En el centro-norte de la provincia de Buenos Aires, en cambio, el límite del área de influencia tiene que ver con la equidistancia entre los puertos del sur de la provincia y los del nodo portuario Rosario. Esta zona intermedia, coincidente en forma aproximada con la cuenca del inferior del Río Salado, aparece también en los mapas de isocronas, lo que en principio podría atribuirse a una ambivalencia de las cargas generadas en el área identificada hacia los dos nodos portuarios considerados (Bahía Blanca - Quequén; Rosario). La referida zona presenta características de indefinición con respecto al direccionamiento de los tráficos con destino a los dos nodos portuarios. Para una mayor comprensión del fenómeno, presentamos un mapa que identifica el área en relación con los dos nodos, lo cual permite apreciar la superposición de las áreas de influencia respectivos en dicha franja.

Mapa 6 Áreas de influencia nodos Rosario - Atlántico Bonaerense



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Geográfico Nacional y Bolsa de Cereales de Buenos Aires

Sin embargo, los datos sobre el origen de la producción indican que el nodo Atlántico Bonaerense capta mayoritariamente granos relacionados con el complejo exportador cerealero, mientras que los aceites y harinas son procesados al norte, en el nodo portuario Rosario y también en menor medida en los puertos del Nodo Paraná Inferior, dada sus posibilidades en cuanto al procesamiento de los productos derivados del complejo oleaginoso.

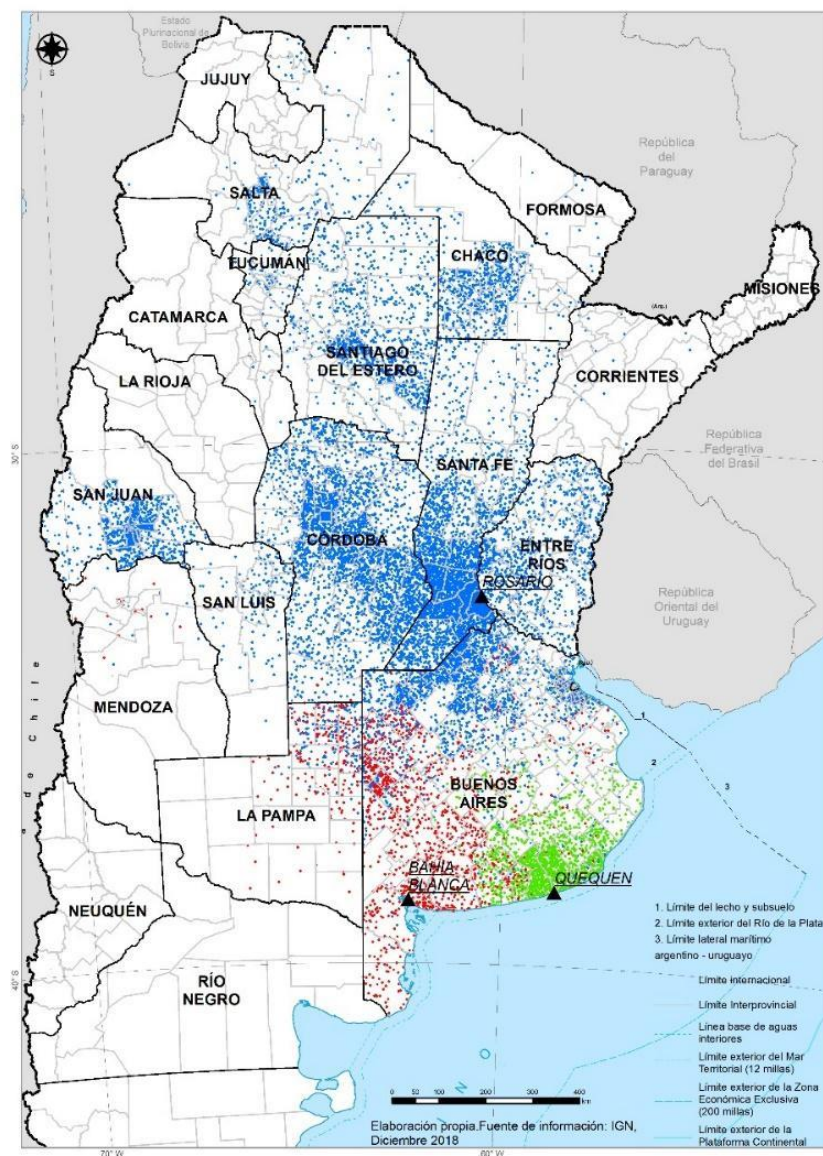
Para una mejor apreciación global de las áreas de influencia, en el mapa 7, se superponen los tráficos con destino a todos los puertos analizados, esta vez representados como nubes de puntos, cada punto indicando un origen de tráfico (10 mil toneladas). Como puede observarse, la preeminencia de los puertos del Gran Rosario es determinante, abarcando todo el norte del país y también capturando tráficos en distancias menores a los 400 km de los puertos del nodo Atlántico Bonaerense. Su centralidad geográfica, así como su capacidad de crushing - la elaboración de harinas y aceites- y la posibilidad de recibir buques graneleros a través del calado de la vía troncal navegable, explican la hegemonía de estos puertos fluviales por sobre los de aguas profundas oceánicos ubicados al sur de la provincia de Buenos Aires.

De estos últimos, Quequén es el de mayor concentración de tráficos, si bien su área de influencia es más acotada. Bahía Blanca es un puerto de mayor actividad comparativamente, pero diversificado por su actividad petroquímica, su principal característica es que cuenta con un área de influencia dispersa.



### Mapa 7 Áreas de influencia de los puertos del Gran Rosario, Quequén y Bahía Blanca

Nota: Cada punto equivale a 10.000 toneladas.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Instituto Geográfico Nacional y Bolsa de Cereales de Buenos Aires. El color azul corresponde al área de influencia del puerto de Rosario, el rojo al área de influencia del puerto de Bahía Blanca y el verde al puerto de Quequén.

Las áreas de influencia de los tres puertos representados se solapan en el área de la cuenca del río Salado, en el centro-norte de la provincia de Buenos Aires, sobre una línea que continúa definida en el norte de La Pampa. Aquí los tráficos son más aleatorios y pueden cambiar su direccionalidad según el estado de las rutas y la ocurrencia de eventos que alteren el tráfico o lo interrumpan, si bien en el caso de los granos destinados al crushing, los puertos del Gran Rosario cuentan con una escala imposible de igualar sin un nivel inversión equivalente al de este nodo. Es decir, la correspondencia que se percibe en la determinación de las áreas de influencia por los tiempos de circulación es en la realidad afectada por la infraestructura existente en los puertos estudiados. Aunque los patrones de circulación pueden alterarse en su direccionalidad cuando se producen eventos que interrumpen la circulación en tramos de la red vial que atraviesan la zona de indefinición de las áreas de influencia.

## 5.5. Criticidad y vulnerabilidad de los arcos de red: polarización de los efectos

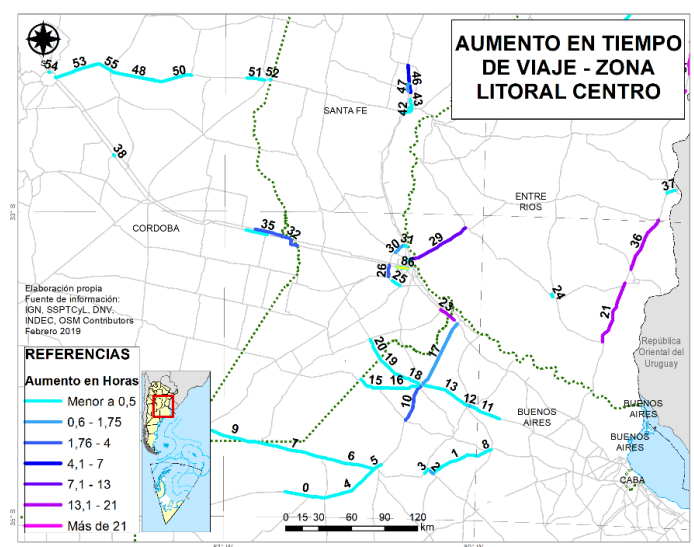
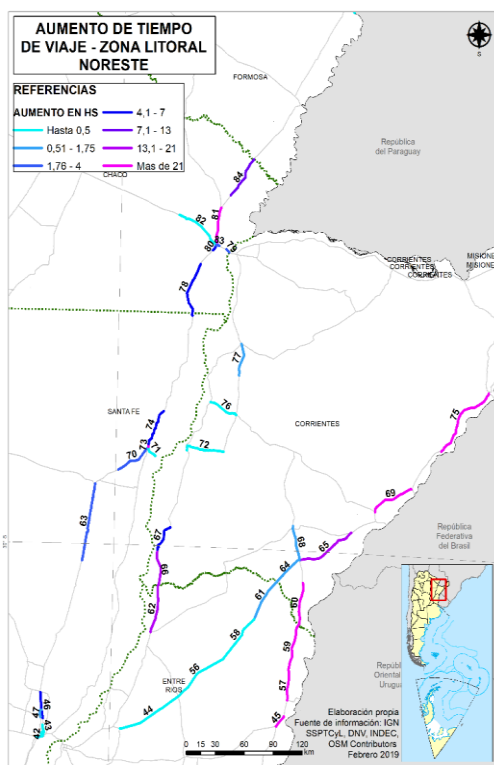
En este apartado se muestran los indicadores obtenidos sobre la criticidad y vulnerabilidad de los arcos (intensidad de los efectos en caso de que sean cortados) y la polarización espacial (si los efectos de esos cortes se concentran en el territorio o se extienden por buena parte del mismo). Estos indicadores se muestran en tiempos de demora sin ponderar (efecto puro de la red) y ponderados por toneladas y TMDA (efecto combinado de las características de la red y su uso). En la tabla 12, anexo 1 se agrupan los cuatro indicadores para 45 de los 85 cortes analizados. El criterio para realizar esta selección ha sido el de eliminar aquellos que tenían valores más bajos de criticidad y vulnerabilidad. Los arcos han sido ordenados según orden decreciente por su criticidad (suma de horas de demora x toneladas).

En los siguientes mapas fue identificada la criticidad (vulnerabilidad es la suma de las criticidades) de la totalidad de los arcos interrumpidos según las cuatro columnas de la referida tabla. Dada la extensión del área y para facilitar la identificación de cada corte en la cartografía, fue dividida el área a cartografiar en dos submapas por cada columna, representando a la izquierda el litoral noreste (entendiéndose por litoral la cuenca del río Paraná) y a la derecha el litoral centro (el litoral sur no se representa por no haber cortes particularmente significativos al sur de la provincia de Buenos Aires).

Cabe acotar que en esta serie de mapas también se representan los cortes que no figuran en la tabla por tener valores insignificantes o datos insuficientes. Los mismos son representados con la gradación más baja: sin asignación de tráfico.

### Mapas 8 y 8bis Suma de los tiempos de demora según arco cortado (en horas)

Los números situados junto a cada arco indican el código de arco



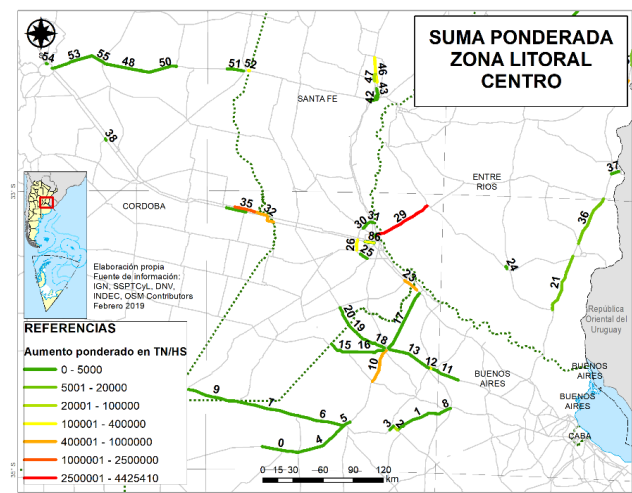
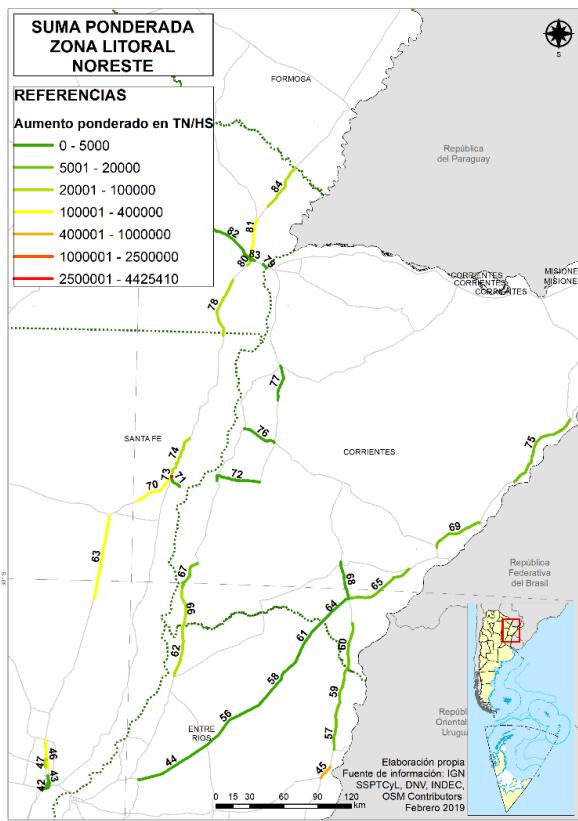
Fuente: Elaboración propia



Los cortes que representan el mayor aumento en el tiempo total del viaje, medido en horas, se encuentran en el noreste de la provincia de Entre Ríos y sudeste de la provincia de Corrientes (45-57-59-60) y el centro este de la provincia de Corrientes (65-69-75), es decir en el litoral del río Uruguay a partir de que la RN14 deja de ser autopista; en el sudeste de la provincia de Entre Ríos (21-36), donde esa ruta sí es autopista (AU14); y en la provincia de Formosa, en el tramo representado por los cortes 78-80-81-84. Asimismo, existe un tramo de corta extensión, pero máxima gradación en la RN9, en el límite entre las provincias de Buenos Aires y Santa Fe (puertos de San Nicolás y Villa Constitución; corte 23). Se trata de tramos de carreteras que se dirigen hacia el puerto de Rosario, en regiones con muy baja densidad viaria, lo que obliga a dar grandes rodeos para encaminar los tráficos en caso de cortes en esos tramos. En cambio, los valores más bajos en cuanto a suma de los tiempos de demora se dan en tramos de carreteras no orientadas hacia el puerto de Rosario (por ejemplo, tramos 72 y 76) y en general en áreas donde la red viaria es mucho más densa.

**Mapa 9 y 9bis Suma de los tiempos de demora ponderados según arco cortado (en horas x toneladas)**

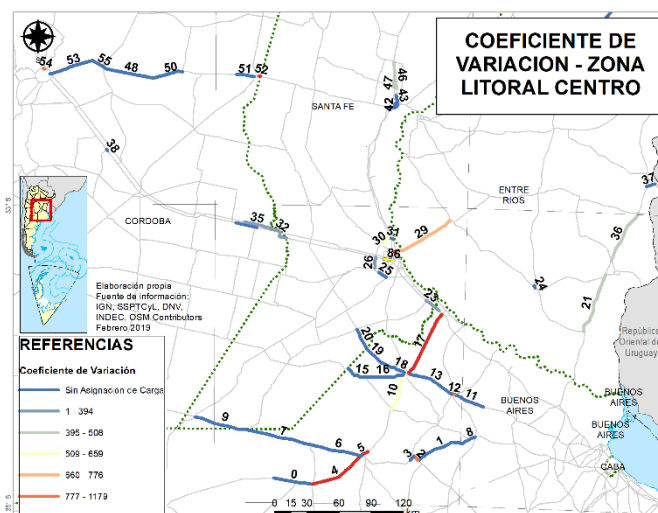
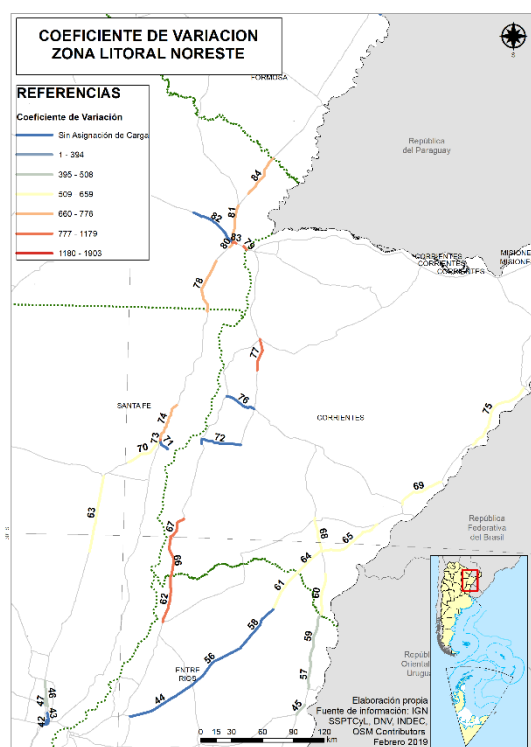
Los números situados junto a cada arco indican el código de arco



Fuente: Elaboración propia

En los mapas 10 y 11 las horas adicionales de los viajes se han ponderado por las toneladas transportadas, lo cual cambia significativamente el escenario de las afectaciones. Los cortes que la suma aritmética ubicaba en la gradación más alta ahora reflejan una afectación de media a baja, debido a la escasa cantidad de cargas que circulan por ellos. El valor más alto es el del corte 29, que corresponde al puente Rosario-Victoria uniendo las provincias de Santa Fe y Entre Ríos. El volumen de tráfico pasante por el puente es alto, y la zona del Delta del río Paraná que atraviesa presenta un alto grado de inaccesibilidad, lo cual dificulta los encaminamientos alternativos; la interrupción del tramo causa graves problemas al transporte de cargas. También son relevantes los cortes 32-35, en la RN9, en las proximidades del límite entre las provincias de Córdoba y Santa Fe, que canaliza gran parte de las cargas que acceden al puerto de Rosario desde el oeste y el noroeste.

### Mapa 10 y 10bis Coeficiente de variación de los tiempos de demora por arco

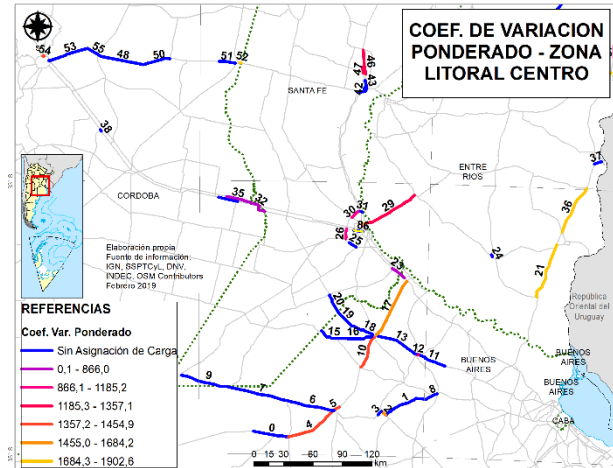
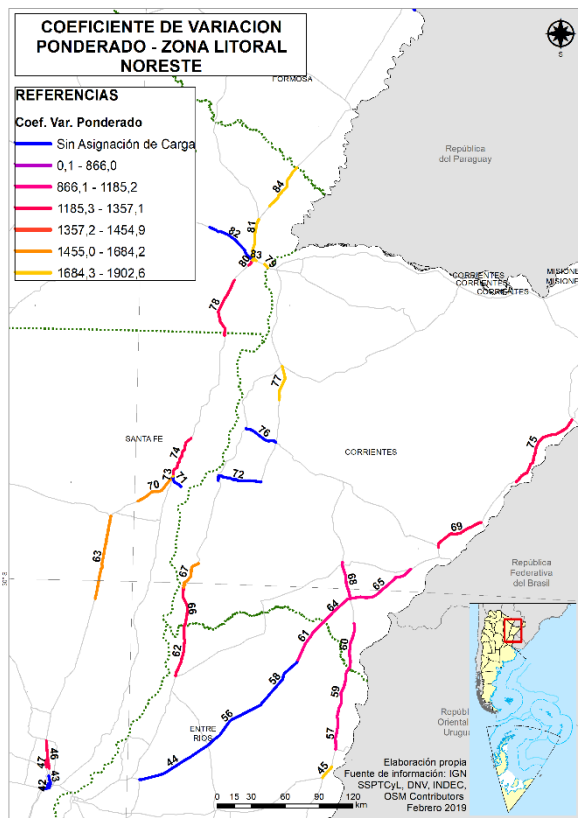


Fuente: Elaboración propia

El coeficiente de variación de los tiempos de demora representa la polarización de los efectos del corte de cada uno de los tramos. En general ese valor es más alto a medida que nos alejamos de Rosario, ya que entonces la superficie afectada por el corte se reduce. Ese efecto puede observarse claramente en la carretera que va desde el norte de Rosario hacia el extremo nordeste del país.

Los dos tramos de mayor valor se encuentran en el norte de la provincia de Buenos Aires e involucran a la RN188: son el que conduce de Pergamino al puerto de San Nicolás (corte 17), y el que conecta la localidad de Lincoln con Roca, pasando por Junín (cortes 4-5). Con variación intermedia se registran los ya mencionados cortes 29 (puente Rosario-Victoria) y 78-81-84 (este de la provincia de Chaco); a los que se agregan un tramo de la RN11 que atraviesa el este de la provincia de Santa Fe (cortes 73-74), incluyendo uno más al norte cercano a la provincia de Corrientes (corte 77), y dos tramos que atraviesan el límite de las provincias de Entre Ríos y Corrientes, tanto sobre el río Paraná (cortes 62-66-67) como sobre el río Uruguay (61-64-68). En general los tramos con valores más altos se corresponden con tramos de carreteras transversales (no orientadas hacia Rosario), que sólo son utilizadas localmente por uno o dos centroides hasta conectar con una vía de acceso a Rosario.

## Mapa 11 y 11bis Representación del coeficiente de variación ponderado por arco



Fuente: Elaboración propia

Las magnitudes cambian una vez más al ponderar el coeficiente de variación por las toneladas transportadas a través de estos arcos. Cortes de magnitud intermedia en el mapa anterior pasan a ostentar el máximo valor (los de la provincia de Chaco, centro-oeste de la provincia de Corrientes), y se agregan en esta gradación los cortes del este de la provincia de Entre Ríos (21-36-45), los cuales en las representaciones anteriores presentaban magnitudes bajas. Ello significaría que aquellos centroides que sufren un mayor incremento de tiempo de viaje como consecuencia del corte son también los que más carga emiten, lo que incrementa las desigualdades entre centroides con respecto al cálculo no ponderado.

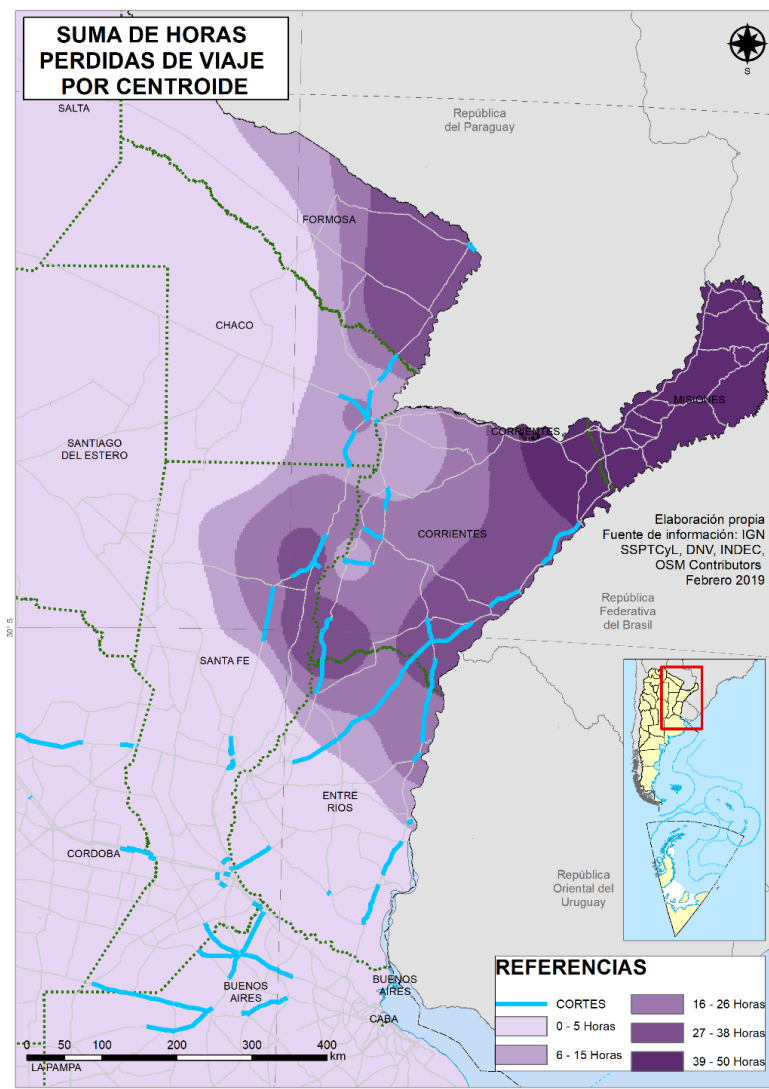
## 5.6. Suma de afectaciones por lluvias e inundaciones

A continuación, se presenta el mapa 16 que representa la suma de los aumentos de tiempos de viaje (en horas) provocados por los 85 cortes. La intención es representar las distintas afectaciones por lluvias e inundaciones en un mismo mapa, lo cual permite jerarquizar los efectos en términos de las zonas de tráfico más afectadas. Es decir, dar una idea espacialmente representada de la vulnerabilidad general de la red vial en las zonas más afectadas.

El mapa muestra la suma de todos los tiempos en horas adicionales de viaje por centroide afectado. Como se puede observar, toda el área mapeada contiene algún tipo de afectación (la gradación más baja contempla perjuicios por 5 horas o menos). Dado que cada centroide suma los tiempos de circulación de todos los nodos que lo separan del puerto de salida, en este caso Rosario, las zonas de tráfico más alejadas son las que mayores incrementos en tiempos sufrirán por los reencaminamientos, ya que recorrerán un mayor número de áreas afectadas; los valores máximos, de hasta 50 horas de perjuicio, se ubican en la provincia de Misiones y el nordeste de la provincia de Corrientes, inmediatamente adyacente. El este de la provincia de Formosa también ostenta valores considerables, que varían entre 27 y 38 horas de demora. También se observa una particular intensidad

en el límite occidental entre las provincias de Corrientes y Entre Ríos, y la zona adyacente de la provincia de Santa Fe, lo cual puede explicarse por la escasez de caminos alternativos.

*Mapa 12 Suma de las afectaciones de los 85 cortes en horas de demora*



Fuente: Elaboración propia

## 6. Resultados: determinación del Índice de Afectación de las infraestructuras de transporte

En base a los conceptos establecidos a partir de la evidencia determinada en la primera etapa del estudio (punto 5) relacionada con el análisis de la vulnerabilidad de las redes viales y las restricciones de accesibilidad a los nodos portuarios, fue definido el Índice de Afectación (punto 6), que comprende la totalidad de la infraestructura de transporte a escala nacional. El referido índice constituye una unidad de medida para establecer el grado de compromiso de la infraestructura de transporte ante los factores derivados del cambio climático. El **Índice de Afectación** comprende (además de la infraestructura vial ya analizada como evidencia mediante la determinación

---

de su vulnerabilidad por factores climáticos: **lluvia e inundaciones**) todas las infraestructuras de transporte, lineales y nodales del territorio nacional.

Como parte de los insumos necesarios para el diagnóstico y análisis propuesto serán utilizadas diversas fuentes de información: datos climáticos relacionados con los diferentes tipos de afectación según los componentes de la infraestructura impactada; características propias de las infraestructuras lineales y nodales del sistema de transporte y la identificación de las unidades territoriales (escala subnacional: provincias y escala local: departamentos) ponderadas por el **Índice de Afectación** calculado a partir del estudio de cada uno de los componentes de la infraestructura. La desagregación territorial del análisis comprende la escala nacional, provincial y departamental, con la intención de poder identificar los elementos de la infraestructura afectada por factores climáticos con el mayor nivel de detalle posible y determinar las características del área donde se localizan las mayores necesidades de adaptación. La construcción del **Índice de Afectación** comprende atributos estructurales de la infraestructura lineal y nodal del transporte, como así también atributos funcionales como volúmenes de tráfico considerando cargas y pasajeros.

El **Índice de Afectación** determinado para la infraestructura de transporte lineal y nodal, consiste en una métrica que da cuenta de la escala de afectación de la infraestructura; su valor se expresa en forma cuantitativa de 1 a 10, en orden creciente de menor a mayor. Como derivación del referido índice fue elaborada una escala cualitativa que consiste en una ponderación expresada en rangos: Bajo, Medio, Alto. La ponderación cuantitativa y cualitativa realizada para la infraestructura permitió transpolar dicha métrica a las unidades territoriales, en el caso del presente estudio Departamentos. El método consistió en determinar el **Índice de Afectación** para las redes de infraestructura y llegar a la localización (georreferenciación) de los tramos o componentes de red (tramos y nodos) afectados y con requerimientos de adaptación, en este caso se corresponde con unidades territoriales locales. Es decir, se parte de la determinación del **Índice de Afectación** en la infraestructura de transporte y se llega al **Índice de Afectación** de las unidades territoriales (Departamentos) con la finalidad de homogeneizar los datos climáticos y de las diferentes infraestructuras con necesidades de adaptación en una unidad territorial de máxima desagregación. Esta espacialidad de los datos permite definir con mayor precisión los requerimientos de adaptación. El método consiste en focalizar las actuaciones necesarias y ponderar una cartera de intervenciones de adaptación en función de las características territoriales, sociales, económicas y productivas de las diferentes regiones consideradas en los planes y políticas públicas sectoriales.

En función de lo expuesto, el resultado alcanzado es la identificación y ponderación de los componentes con mayor grado de afectación de la infraestructura de transporte. La intención del presente apartado es determinar las actuaciones necesarias en los referidos elementos estructurales, según su grado de ponderación y prioridades de intervención enfocada a la adaptación.

## 6.1. Red vial, Índice de Afectación: ponderación de los tramos con requerimientos de adaptación.

Los resultados de los análisis vinculados a la red vial están centrados sobre los elementos considerados para la construcción del Índice de Afectación. Para este tipo de infraestructuras se consideraron afectaciones por lluvias extraordinarias, inundaciones y desbordes de ríos. La representación de los índices determinados y su localización se visualizan en los mapas y tablas correspondientes a la infraestructura lineal terrestre, en este caso vial.

**Índice de relevancia vial por Departamento:** Contempla los kilómetros de la red vial y el TMDA (transito medio diario anual; el cual comprende la medición de vehículos de cargas y pasajeros en los 1.4 mil tramos en que se encuentra segmentada la red vial) ponderado para cada departamento. En este caso el indicador no considera el impacto de las variables climáticas sobre la infraestructura de transporte, su determinación está referida al stock de infraestructura existente en cada Departamento vinculada a su funcionalidad determinada por el volumen de tráfico. El Índice de relevancia vial, da cuenta de la densidad de la red en kilómetros y del volumen de tráfico determinado por el TMDA.

**Cálculo del Índice de relevancia vial por departamento:** El valor resultante es ordenado de mayor a menor, se calcula la participación de cada departamento sobre el total acumulado de relevancia vial en todos los departamentos y sobre dicha participación se asignan valores categóricos de 1 a 10 para determinar dicho Índice.

**Fórmula 1 Cálculo de Relevancia Vial**

$$Relevancia\ Vial = \left( \sum_i \frac{TMDA\ tramo_i \times Longitud\ tramo_i}{Longitud\ total\ red\ departamento} \right) \times (Longitud\ total\ red\ departamento)$$

Para comprender en forma clara la relación entre las escalas numéricas asignadas, para los distintos índices calculados en el documento (Índices de Relevancia y de Afectación) sobre cada una de las diferentes infraestructuras de transporte analizadas, y sus correspondientes niveles cualitativos, se presenta la tabla 6.

**Tabla 1 Tabla de vinculación entre escala numérica y nivel cualitativo**

Valor Índice	Nivel cualitativo
1	Bajo
2	Bajo
3	Bajo
4	Medio
5	Medio
6	Medio
7	Alto
8	Alto
9	Alto
10	Alto

Fuente: Elaboración propia

**Índice de Afectación Vial por Departamento:** La construcción del indicador se basa en los kilómetros de afectación de la red vial por departamento, multiplicado por el Índice de relevancia vial, calculado con esta finalidad, para determinar una escala de ponderación de 1 a 10. La georreferenciación mediante el procesamiento de datos de las funciones del sistema QGIS, permite calcular la extensión, volumen de tráfico vehicular (cargas y pasajeros) y ubicación por Departamento de tramos afectados por factores climáticos, la salida grafica del proceso es el mapa 18. El resultado detallado de dicho mapa es una tabla de ponderación, tabla 13 – Anexo 1, que en este caso contiene 34 tramos con Prioridad 1 (nivel de ponderación cualitativa “alta”) de intervenciones con requerimientos de adaptación situados en los niveles 8 a 10. La tabla de ponderación con Prioridad 2 (media), tabla 14- Anexo 1, contiene 54 tramos con requerimientos de adaptación.

**Cálculo del Índice de afectación vial por departamento:** Es el valor resultante de asignar un valor categórico de 1 a 10 a los valores obtenidos mediante el cálculo de la afectación vial. La fórmula de afectación vial se presenta a continuación.

**Fórmula 2 Cálculo Afectación Vial**

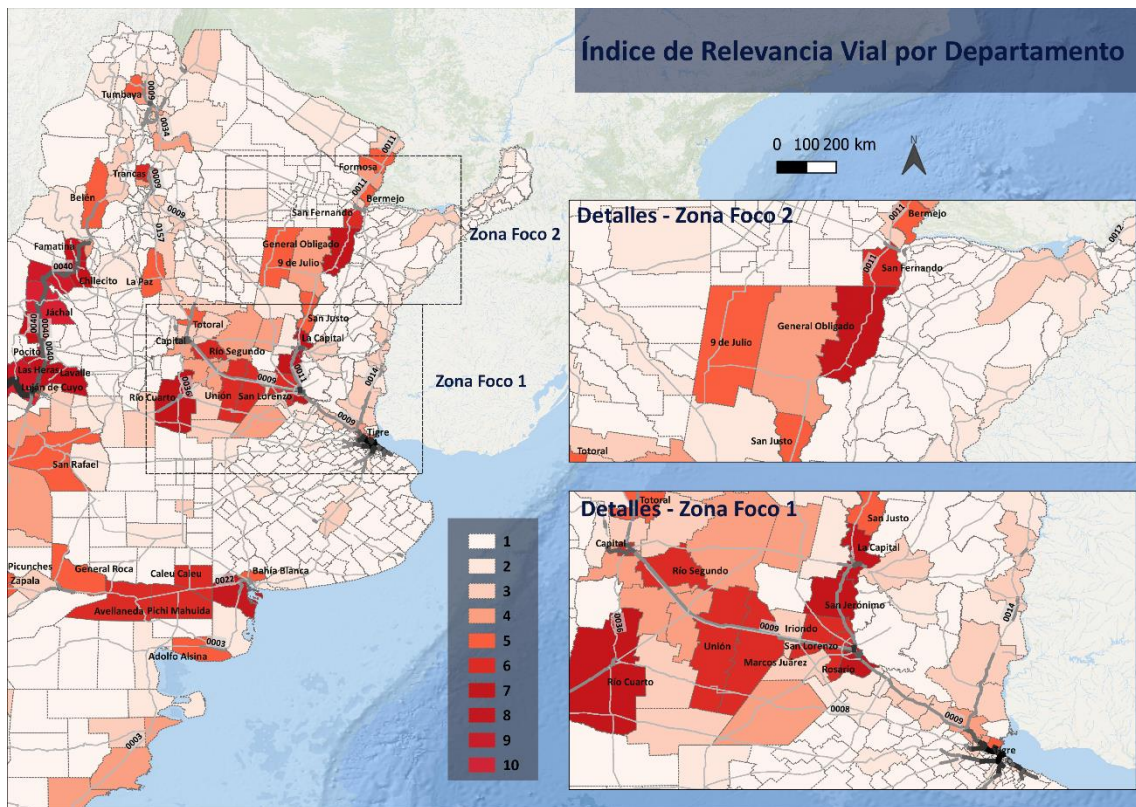
$$Afectación\ Vial = (\acute{I}ndice\ de\ Relevancia\ Vial) \times (Impacto\ Climático)$$

Las referidas tablas contienen información vinculada a los tramos de la red vial con requerimientos altos de Adaptación y el correspondiente Índice de afectación. El formato de las tablas contiene los siguientes datos:

Ruta	Provincia	Departamento	Longitud [Km]	TMDA	índice afectación	Longitud	Latitud
------	-----------	--------------	---------------	------	-------------------	----------	---------

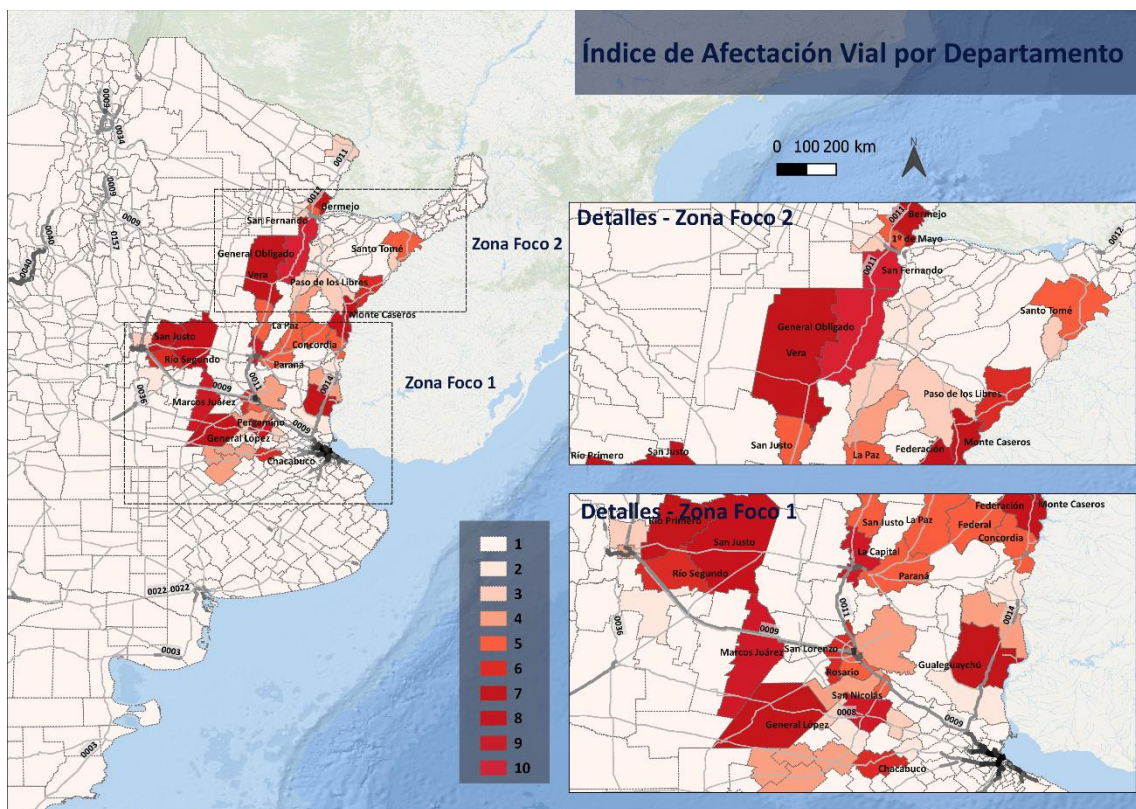


Mapa 13 Índice de relevancia vial por Departamento



Fuente: Elaboración propia

Mapa 14 Índice de afectación vial por Departamento





## 6.2. Red ferroviaria, Índice de Afectación: ponderación de los tramos con requerimientos de adaptación.

Los resultados de los análisis vinculados con la red ferroviaria están centrados sobre los elementos considerados para la construcción del Índice de Afectación. Para este tipo de infraestructuras se consideraron afectaciones por lluvias extraordinarias, inundaciones y desbordes de ríos. La representación de los índices determinados y su localización se visualizan en los mapas y tablas correspondientes a la infraestructura lineal terrestre, en este caso ferroviaria.

**Índice de relevancia ferroviaria por Departamento:** Considera los kilómetros de red por toneladas totales (carga + descarga). Para las escalas por tramo ferroviario 3, 4 y 5 se tomó el valor máximo de cada rango (rango 5=3 M/tn; rango 4=2 M/tn; rango 3=1 M/tn). Para los rangos 1 y 2 aproximado en 0,5 M/ton. La ramificación de la red ferroviaria fue analizada por Departamento con el mismo criterio que la red vial. La determinación del Índice de relevancia ferroviaria está referido al stock de infraestructura de red ferroviaria existente en cada Departamento, vinculada a su funcionalidad determinada por el volumen de tráfico medido en toneladas. El Índice de relevancia ferroviaria, da cuenta de la densidad de la red en kilómetros y del volumen de tráfico determinado en toneladas transportadas por tramo ferroviario.

*Cálculo del Índice de Relevancia Ferroviaria por departamento:* El valor resultante es ordenado de mayor a menor, se calcula la participación de cada departamento sobre el total acumulado de relevancia ferroviaria en todos los departamentos y, sobre dicha participación se asignan valores categóricos de 1 a 10 para determinar el Índice.

### Fórmula 3 Cálculo Relevancia Ferroviaria

$$\text{Relevancia Ferroviaria} = \left( \sum_i \frac{\text{Toneladas tramo}_i \times \text{Longitud tramo}_i}{\text{Longitud total red departamento}} \right) \times (\text{Longitud total red departamento})$$

**Índice de Afectación Ferroviaria por Departamento:** Su determinación pondera los kilómetros de tramos afectados por eventos climáticos, lluvia e inundaciones por departamento, multiplicado por el Índice de Relevancia Ferroviaria por departamento. La georreferenciación mediante el procesamiento de datos de las funciones del sistema QGIS permite calcular la extensión, volumen en toneladas y ubicación por Departamento de los tramos afectados por factores climáticos, la salida gráfica del referido proceso es el mapa 20. El resultado detallado de dicho mapa es una tabla de ponderación – tabla 15, anexo 1-, que contiene 22 tramos con Prioridad 1 (alta) de intervenciones con requerimientos de adaptación situados en los niveles 9 a 10. La tabla de ponderación con Prioridad 2 – tabla 16, anexo 1- contiene 25 tramos con requerimientos de adaptación.

*Cálculo del Índice de Afectación Ferroviaria por departamento:* El valor resultante es ordenado de mayor a menor, se calcula la participación de cada departamento sobre el total acumulado de afectación ferroviaria en todos los departamentos y sobre dicha participación se asignan valores categóricos de 1 a 10 para determinar el Índice. El cálculo del Índice de afectación ferroviaria por departamento fue obtenido mediante la fórmula presentada a continuación.

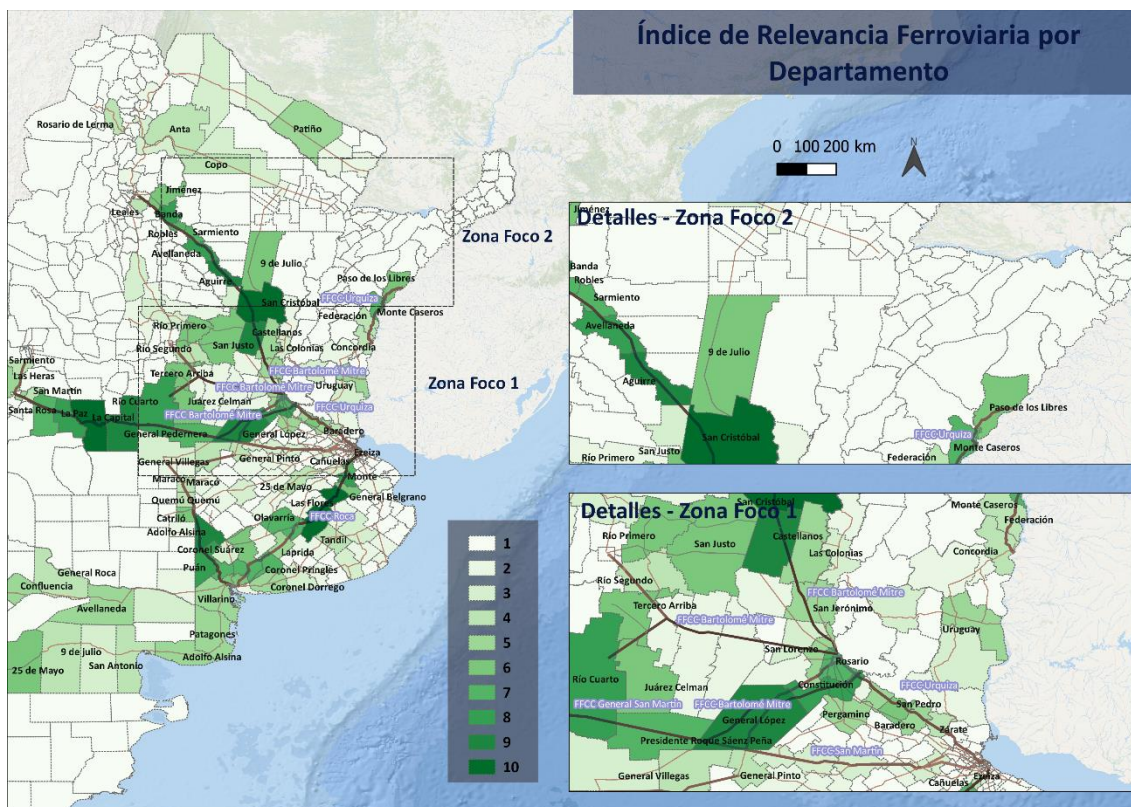
### Fórmula 4 Cálculo Afectación Ferroviaria

$$\text{Afectación Ferroviaria} = (\text{Índice de Relevancia Ferroviaria}) \times (\text{Impacto Climático})$$

Las referidas tablas contienen información vinculada a los tramos de la red ferroviaria con requerimientos altos de Adaptación y el correspondiente Índice de afectación. El formato de las tablas contiene los siguientes datos:

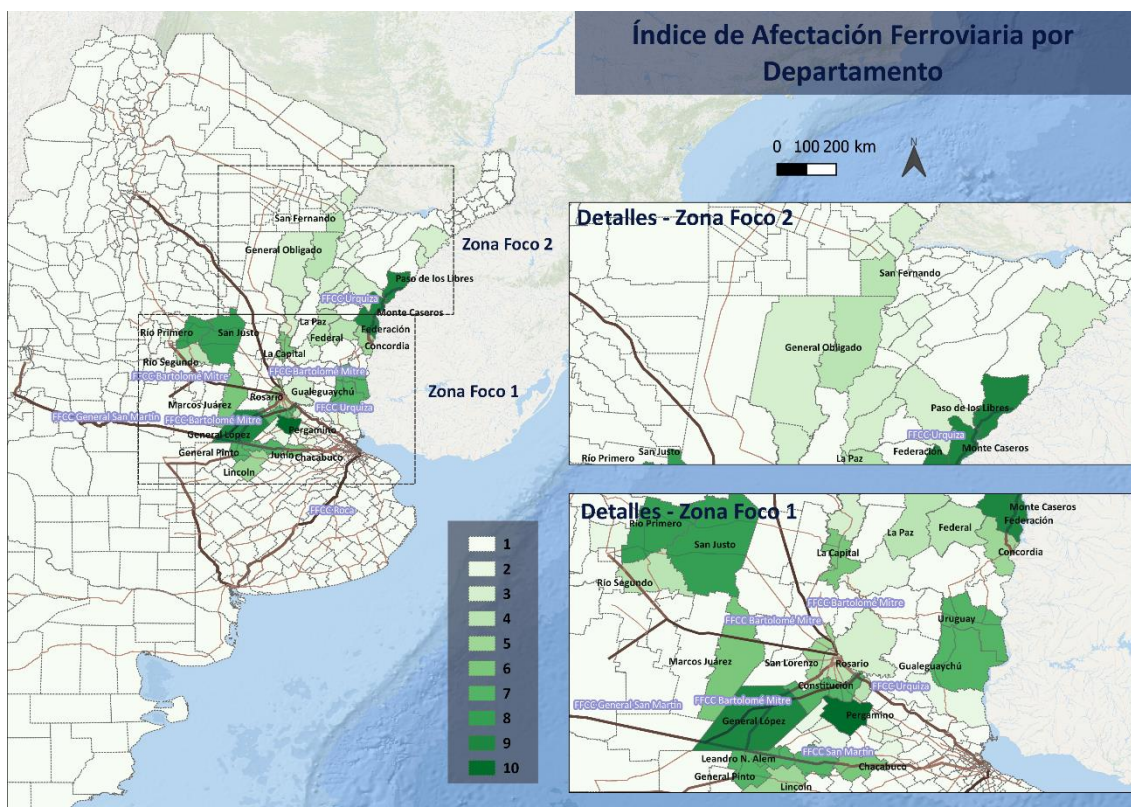
Provincia	Departamento	FFCC operador	Descripción ramal	Longitud [Km]	Tn tramo	índice afectación	Long	Lat
-----------	--------------	---------------	-------------------	---------------	----------	-------------------	------	-----

Mapa 15 Índice de relevancia ferroviaria por Departamento



Fuente: Elaboración propia

Mapa 16 Índice de afectación ferroviaria por Departamento



Fuente: Elaboración propia

## 6.3. Vías navegables, Índice de Afectación: ponderación de los tramos con requerimientos de adaptación.

Los resultados de los análisis vinculados a las vías navegables están centrados sobre los elementos considerados para la construcción del Índice de afectación fluvial. Para este tipo de infraestructuras se consideraron afectaciones bajantes y crecidas extraordinarias. La representación de los índices determinados y su localización se visualizan en los mapas y tabla correspondiente a la infraestructura lineal fluvial navegable. A continuación, se detallan las fuentes de información y datos utilizados para la definición del referido Índice.

Información básica:

- Estaciones de medición referidas a escalas de Prefectura Naval Argentina: Fueron georreferenciadas, a partir de los datos obtenidos del portal del Instituto Nacional del Agua [INA], y se obtuvieron registros hidrométricos de las mismas para el período 2006-2020.
- Profundidades requeridas: Se utilizó información de las profundidades mínimas a mantener según los buques de diseño considerados en cada tramo de la vía navegable, provista por la Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante de la Nación [SSPVNyMM].
- Movimientos en toneladas: Fueron obtenidos datos del año 2018 de la SSPV NyMM. Análisis para determinar el nivel de afectación en función del tramo y del volumen circulante por la vía navegable. Los factores climáticos están referidos a las bajantes y crecidas.
- Volúmenes dragados, materiales de suelo y conversión a volúmenes sedimentados: Se analizó información sobre volúmenes dragados por paso de la SSPV NyMM para el período de tiempo 2006-20. También se obtuvo información sobre tipos de suelo e índices de conversión a volúmenes sedimentados in situ a partir del Informe de Factibilidad Técnico-Económica de Concesión de la Hidrovía (2020). Con dichos índices de conversión se pudieron obtener volúmenes sedimentados in situ para cada uno de los pasos del tramo Santa Fe – Océano.

**Índice de Impacto Climático Fluvial:** Se analizaron los impactos climáticos debidos a bajantes y a crecidas extraordinarias. Mediante el análisis de la información hidrométrica se determinó utilizar como fecha de análisis para las bajantes extraordinarias el día 14 de agosto de 2020, para dicha fecha se realizó la diferencia entre las profundidades reales de cada paso, obtenidas de la planilla de determinantes emitida por la SSPV NyMM, y las profundidades mínimas requeridas. Sobre los valores resultantes se aplicó la técnica de normalización Z-Score: Valor normalizado = (Valor – Media) / Desviación Estándar) y se obtuvo un índice parcial de impacto climático debido a bajantes. Valores menores de este índice implican un mayor impacto climático asociado.

A continuación, se presenta la fórmula correspondiente a la técnica de normalización Z-Score:

### *Fórmula 5 Normalización Z-Score*

$$\text{Valor normalizado Z - Score} = \frac{\text{Valor original} - \text{Media}}{\text{Desviación estándar}}$$

Se determinó como período de impacto climático extraordinario por crecidas el año 2016. Dicha marca se fija en función del análisis de la altura hidrométrica, se observó que en ese año alcanzó el valor más alto de la serie 2006-20. Adicionalmente se realizó un análisis de los volúmenes dragados y se pudo determinar que fueron extraordinarios para el mismo año.

Para obtener el índice parcial de impacto climático por crecidas se determinaron los volúmenes sedimentados por paso para el año 2016 a partir de multiplicar el volumen dragado por paso y el índice de conversión a volumen sedimentado. Al valor resultante se le aplicó la técnica de normalización Z-Score. A mayor valor de dicho índice,



el impacto climático correspondiente sería mayor, es decir su valor aumenta en sentido opuesto al índice parcial por bajantes.

Finalmente, se agregaron los efectos de los dos índices parciales previamente calculados ponderando el impacto de cada uno y corrigiendo el sentido de incremento del nuevo valor resultante. De este modo, a mayor valor del índice, mayor impacto climático.

**Fórmula 6 Cálculo Índice de Impacto Climático Fluvial**

$$\text{Índice de Impacto Climático Fluvial} = 0,5 \times (\text{Índice de impacto parcial por crecida}) + 0,5 \times (\text{Índice de impacto parcial por bajante}) \times (-1)$$

**Índice de Relevancia fluvial:** Para el cálculo de este índice se utilizaron los datos de toneladas por terminal para el año 2018, provistos por la SSPV NyMM. En base a la disposición de las terminales a lo largo de la vía navegable se realizó el encaminamiento de la carga a través de la misma y como resultado parcial se pudo obtener la carga en toneladas acumulada por paso. Luego, se determinó la longitud en kilómetros para cada uno de los tramos, en la sección Santa Fe - Océano. Posteriormente se realizó la multiplicación entre el valor de toneladas acumuladas para cada paso y su extensión. Al valor resultante se le aplicó la técnica de normalización Z-Score.

**Fórmula 7 Cálculo Relevancia Fluvial**

$$\text{Relevancia Fluvial} = (\text{Toneladas acumuladas paso}) \times (\text{Longitud kilómetros paso})$$

**Índice de Afectación fluvial:** Fue posible calcular la afectación fluvial para cada paso mediante la obtención de este índice que comprende la multiplicación del Índice de Impacto Climático Fluvial por el Índice de Relevancia Fluvial. Los valores resultantes fueron ordenados y se categorizaron en valores de 1 a 10. El resultado detallado, representado gráficamente en el mapa 25, es una tabla de ponderación -tabla 17, anexo 1- que en este caso contiene 21 tramos con Prioridad 1 de intervenciones con requerimientos de adaptación situados en los niveles 6 a 10.

El cálculo del Índice de afectación fluvial fue obtenido mediante la fórmula de afectación fluvial presentada a continuación.

**Fórmula 8 Cálculo Afectación Fluvial**

$$\text{Afectación Fluvial} = (\text{Índice de impacto climático fluvial}) \times (\text{Índice de relevancia fluvial})$$

El resultado final del análisis es una tabla que contiene información vinculada a los tramos a la vía navegable con requerimientos adaptación y el correspondiente Índice de afectación. El formato de la tabla contiene los siguientes datos:

Nombre paso	Río	Tramo	Km Inicio	Km Fin	Longitud Paso [Km]	Toneladas acumuladas	Índice afectación	Long	Lat
-------------	-----	-------	-----------	--------	--------------------	----------------------	-------------------	------	-----

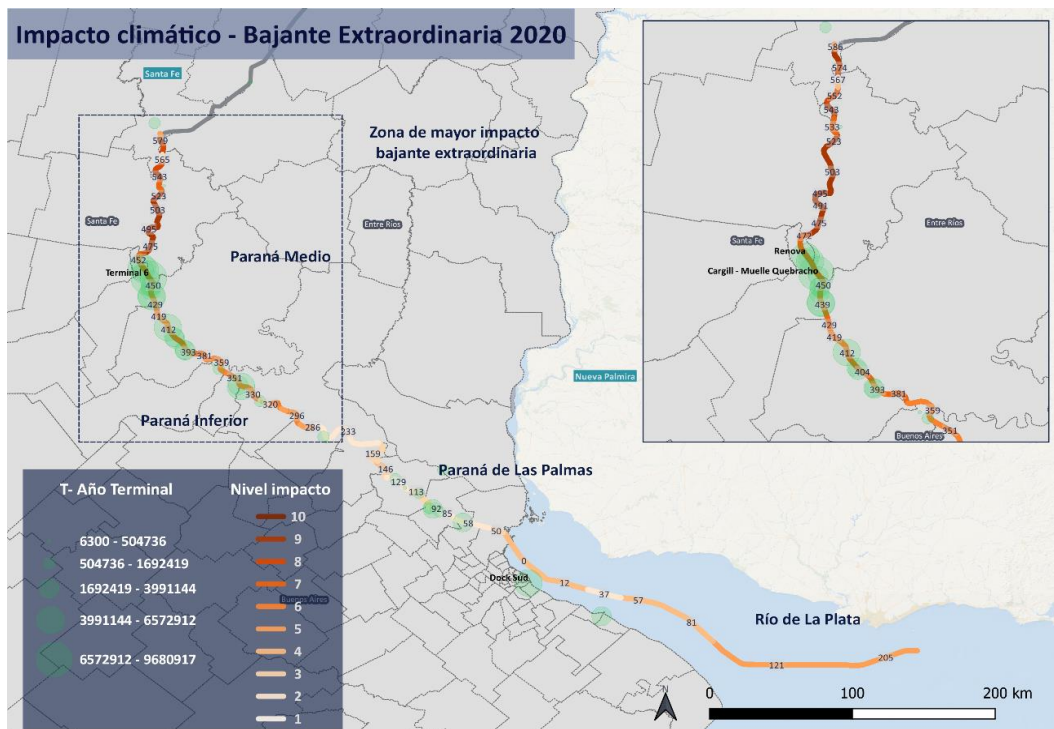
**Características particulares del tramo Santa Fe - Confluencia / Santa Fe – Norte**

A partir del Informe de Factibilidad Técnico – Económica de Concesión de la Hidrovía y mediante el análisis de los volúmenes movilizados por terminal para el año 2018, obtenidos de la SSPV NyMM, se pudieron determinar los siguientes aspectos particulares del tramo en cuestión. Dichos aspectos implican un tratamiento diferente debido a su condición.

- a. El volumen transportado es notablemente inferior a Santa Fe al Océano.
- b. La traza es inestable y cambiante. Predominan los suelos arenosos y es usual el movimiento de bancos.

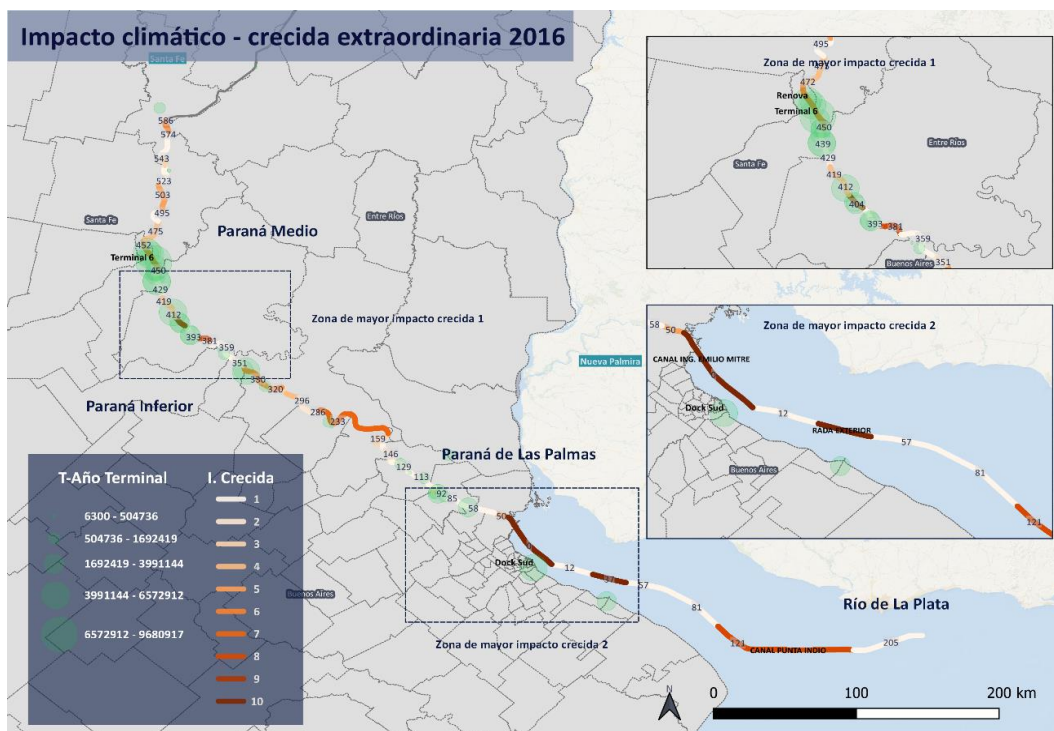
- c. Se requieren relevamientos continuos para desplazar la traza del canal de navegación, aprovechando zonas naturalmente profundas que continuamente cambian de posición.
- d. Se recomienda la utilización de dragas de porte menor para lograr una mayor eficiencia.
- e. Las zonas más críticas se encuentran aguas arriba de Confluencia. Al norte Asunción ~ 2 metros en estiajes extraordinarios.

**Mapa 17 Índice parcial de Impacto climático por Bajante**



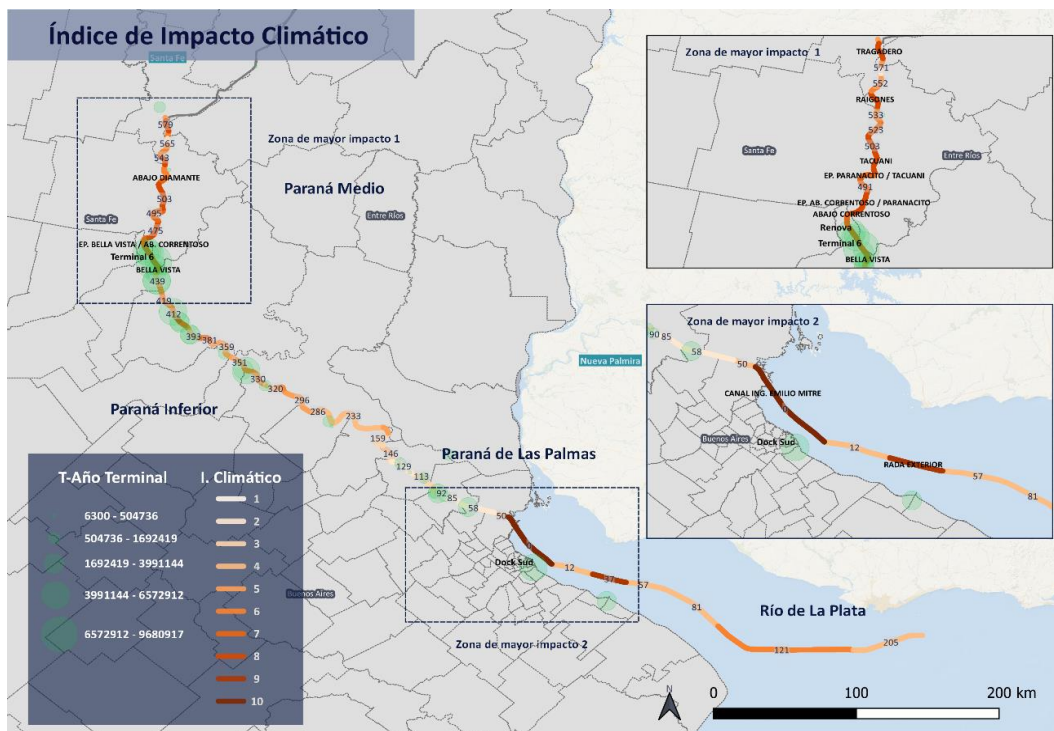
Fuente: Elaboración propia

Mapa 18 Índice parcial de impacto climático por crecida



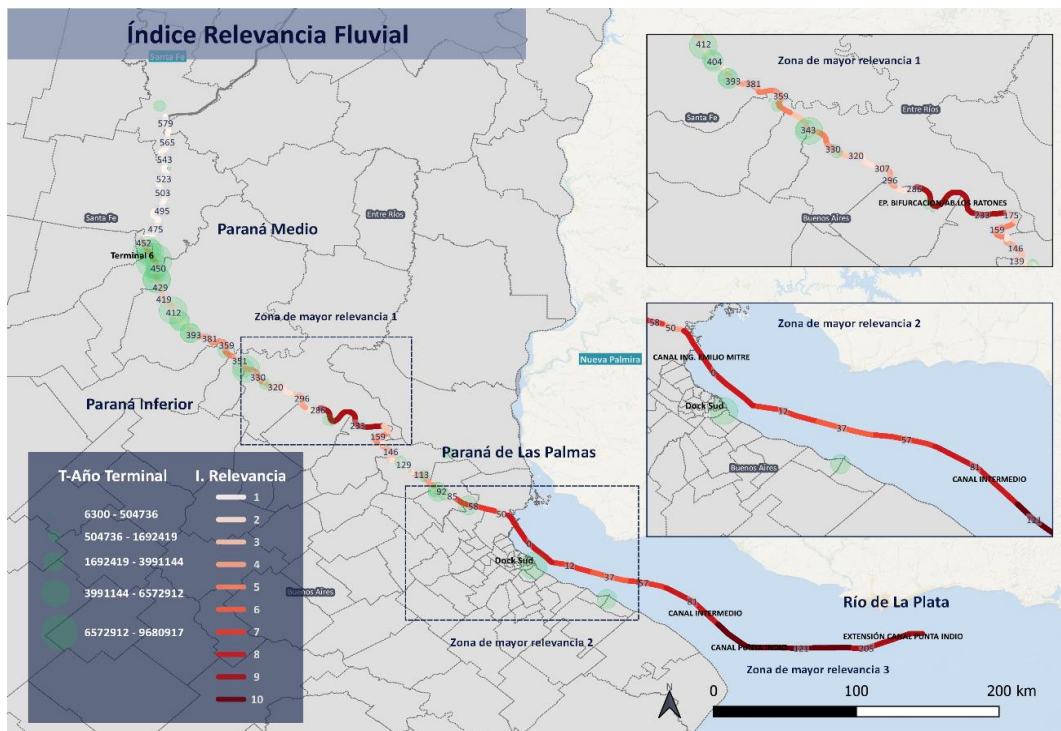
Fuente: Elaboración propia

Mapa 19 Índice de Impacto Climático Fluvial



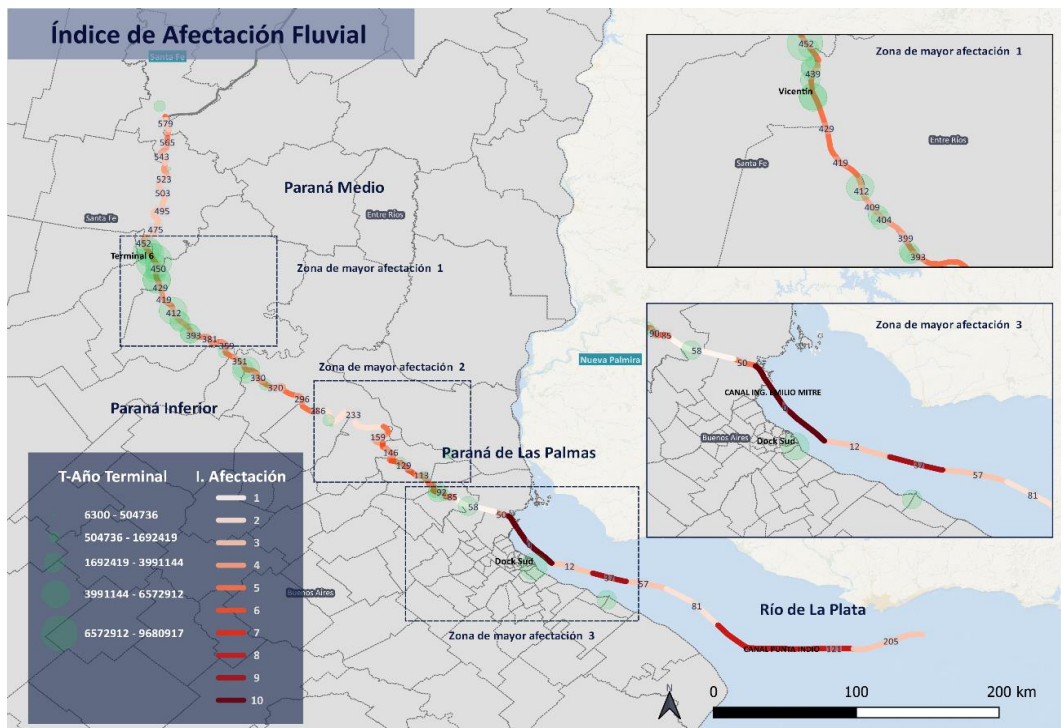
Fuente: Elaboración propia

**Mapa 20 Índice de Relevancia Fluvial**



Fuente: Elaboración propia

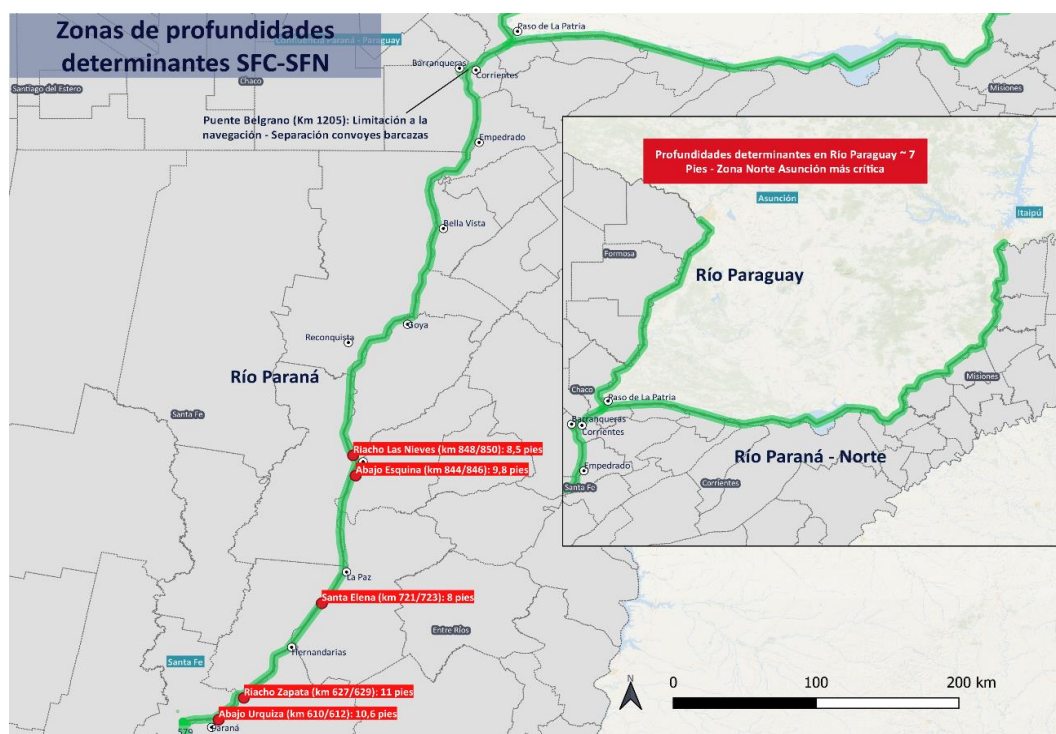
**Mapa 21 Índice de afectación fluvial**



Fuente: Elaboración propia



Mapa 22 Identificación de zonas de profundidades determinantes tramo Santa Fe - Confluencia/S. Fe – Norte



Fuente: Elaboración propia

## 6.4. Puertos, Índice de Afectación: ponderación de los requerimientos de adaptación.

Los resultados de los análisis vinculados a los nodos portuarios están centrados sobre los elementos considerados para la construcción del Índice de afectación portuaria. Para este tipo de infraestructuras se realizó un abordaje que contempla las afectaciones sobre las infraestructuras lineales previamente explicadas: vial, ferroviaria y vías navegables. La representación de los índices determinados y su localización se visualizan en el mapa y tabla correspondiente a la infraestructura nodal de las terminales portuarias fluviales consideradas. A continuación, se detallan los datos utilizados y el método de cálculo para la definición del referido Índice.

**Índice de afectación portuaria:** Para realizar el cálculo de la afectación portuaria se consideró como universo de análisis a los puertos fluviales. El proceso de cálculo consideró las toneladas anuales movilizadas por terminal (2018) para comprender la relevancia de cada terminal. Luego se realizó una correlación con los índices de afectación vial y ferroviaria de cada uno de los departamentos donde están ubicadas las terminales portuarias, para comprender la accesibilidad terrestre en función de este análisis y de este modo determinar las restricciones de accesibilidad al nodo portuario. Por último, fue considerado el valor del índice de afectación fluvial del paso (tramo fluvial) que conecta a cada terminal portuaria con la vía troncal navegable, la razón de este análisis fue determinar las restricciones de accesibilidad al nodo portuario desde la red fluvial de navegación. Finalmente se combinaron, los factores previamente mencionados, en forma ponderada según la importancia considerada para cada componente de las infraestructuras lineales (una fluvial y dos terrestres) mediante este procedimiento fue calculado el Índice de afectación portuaria de las terminales fluviales consideradas. A continuación, se detalla la fórmula de cálculo del Índice de afectación portuaria:

### Fórmula 9 Cálculo Índice de Afectación Portuaria

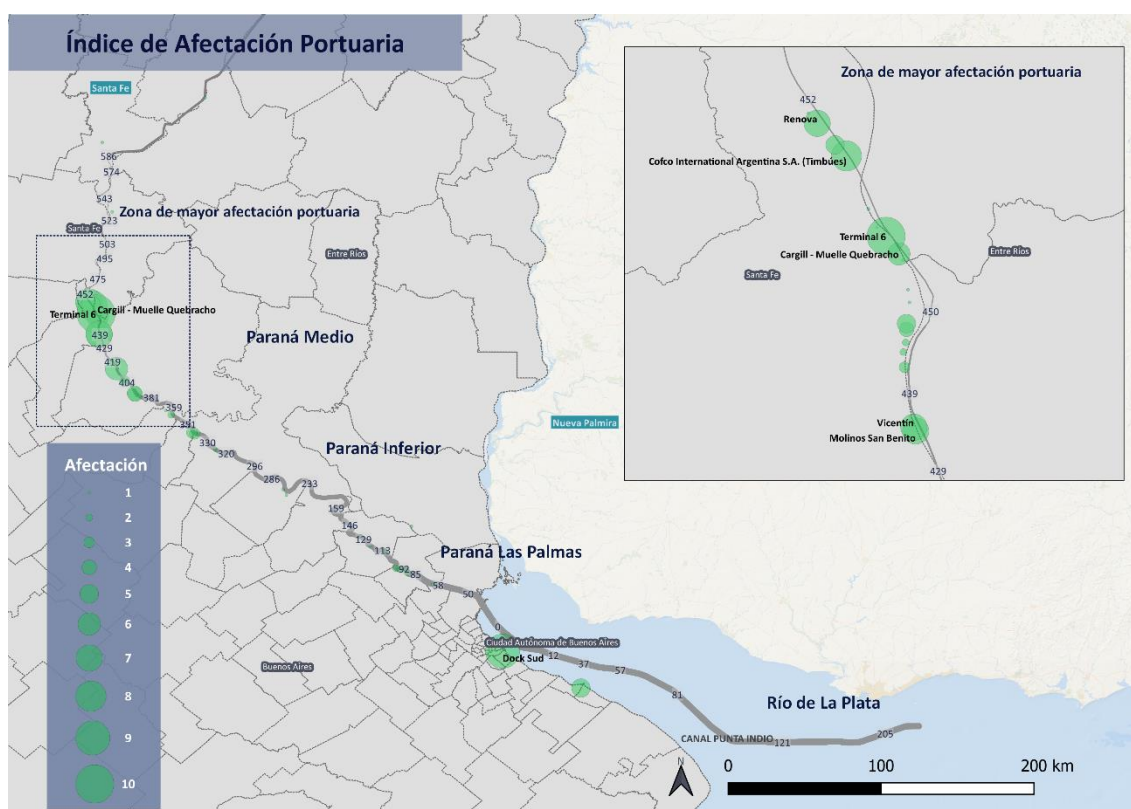
$$\text{Índice de Afectación Portuaria} = \text{Toneladas anuales} \times [(0,5 \times \text{Índice de Afectación Fluvial}) + (0,4 \times \text{Índice de Afectación Vial}) + (0,1 \times \text{Índice de Afectación Ferroviaria})]$$

**Resultado final del Índice de afectación portuaria:** El valor resultante de la fórmula previa se ordena y se asigna un valor categórico de 1 a 10. El resultado detallado, representado gráficamente en el mapa 27, es una tabla de ponderación – tabla 18, anexo 1- que en este caso contiene 14 terminales portuarias con Prioridad 1 de intervenciones con requerimientos de adaptación situados en los niveles 4 a 10.

El formato de la tabla contiene los siguientes datos:

Nombre Puerto	Departamento	Provincia	Toneladas anuales	Índice de afectación	Long	Lat
---------------	--------------	-----------	-------------------	----------------------	------	-----

Mapa 23 Índice de afectación portuaria



Fuente: Elaboración propia

## 6.5. Aeropuertos, Tipo de Afectación: ponderación de los requerimientos de adaptación.

En el caso de las infraestructuras nodales aeroportuarias, el proceso de análisis realizado se basó fundamentalmente en los siguientes aspectos:

**Determinación de los aeropuertos prioritarios:** Partiendo del conjunto total de 568 aeródromos del país se realizó un análisis de los principales aeropuertos en términos de flujo de pasajeros. Para dicho análisis se utilizó

la serie histórica de movimientos y pasajeros 2010-19 de la Administración Nacional de Aviación Civil (ANAC). En base a los referidos datos fue realizada la primera segmentación separando del total, a los 56 aeropuertos que forman parte del Sistema Nacional de Aeropuertos; establecido por el Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos (ORSNA). Posteriormente fue realizada una segunda segmentación, mediante este procedimiento se ponderaron los 18 aeropuertos que concentran el 95% del tráfico sobre el total de los 56 aeropuertos del Sistema Nacional de Aeropuertos.

**Identificación de los impactos climáticos:** Se realizó una recopilación inicial referida a los impactos climáticos extraordinarios ocurridos en cada uno de los 18 aeropuertos prioritarios. Este relevamiento se basó en diferentes fuentes secundarias nacionales y provinciales principalmente informes de operaciones y partes o comunicados de cada uno de los aeropuertos que reportaron incidencias causadas por factores climáticos relevantes o de alta intensidad. Para todos los aeropuertos se consideró información previa al año actual, excepto para Trelew y Río Grande, sobre los cuales se utilizaron datos del año en curso.

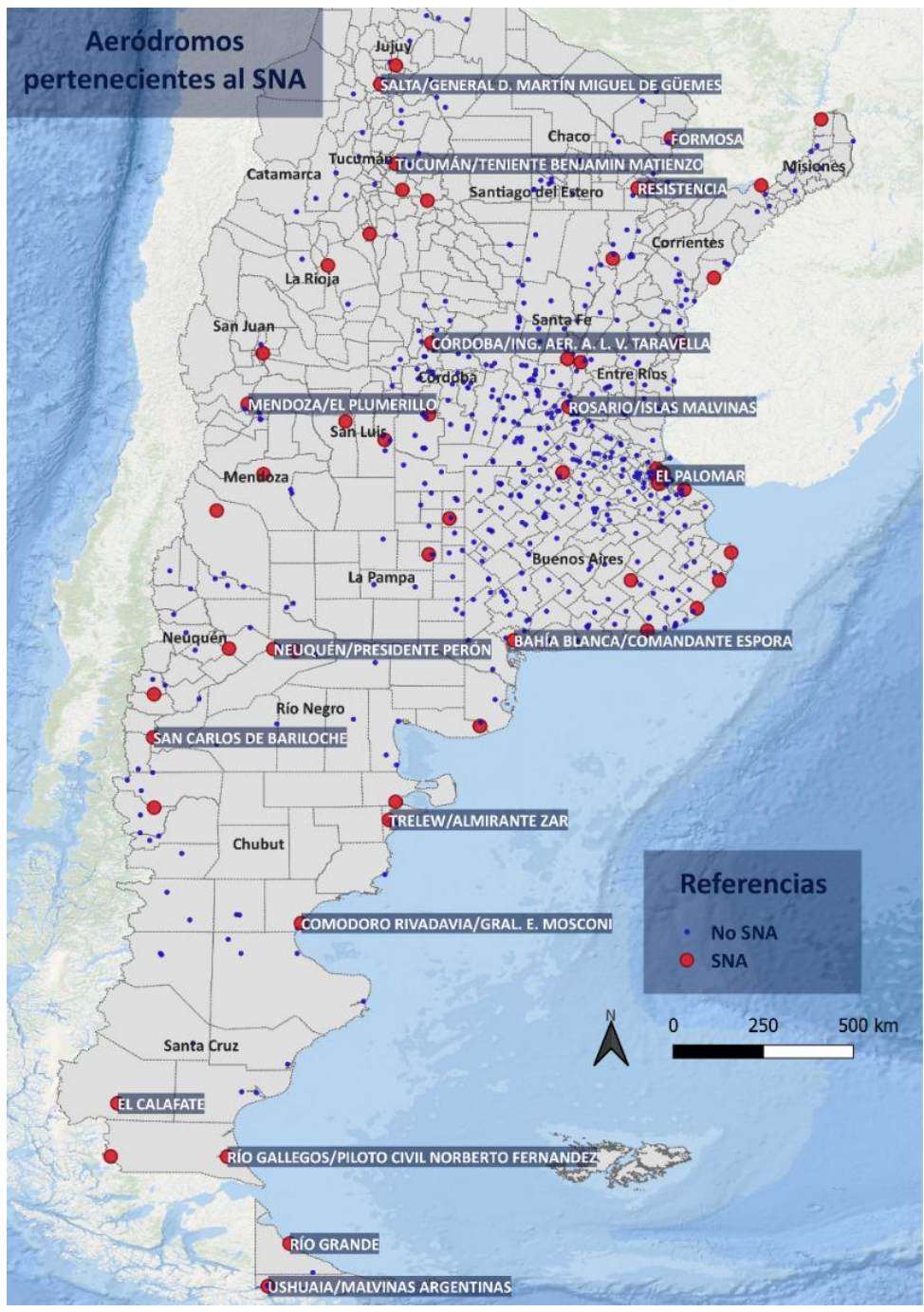
**Análisis estadístico de las afectaciones:** Para cada uno de los aeropuertos prioritarios fue compilado un conjunto de datos climáticos mediante información de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos (NASA) que comprenden la serie 2010-19. Luego, sobre los aeropuertos que sufren afectaciones por precipitaciones y viento, se realizó un análisis sobre los mayores impactos comprendidos en la serie temporal estudiada. Para el análisis de afectaciones por vientos se utilizó la serie 2010-2020 debido al relevamiento realizado sobre impactos climáticos en el año 2020 para los dos aeropuertos mencionados Trelew y Río Grande que sufrieron afectaciones causadas por vientos de alta intensidad.

El resultado final del análisis es una tabla que contiene información vinculada a los aeropuertos localizados en territorio nacional con requerimientos adaptación y el correspondiente tipo de afectación. El resultado detallado, representado gráficamente en los mapas 30, 31 y 32, es la tabla 19, anexo 1 que en este caso contiene 18 aeropuertos con Prioridad 1 de intervenciones con requerimientos de adaptación.

El formato de la tabla contiene los siguientes datos:

Local	OACI	IATA	Nombre Aeropuerto	Departamento	Provincia	Elevación [msnm]	Miles pax. 2010-2019		
% Participación 10-19		Tipo afectación		Precipitación max. [mm-día]		Viento máx. [m/s]		Longitud	Latitud

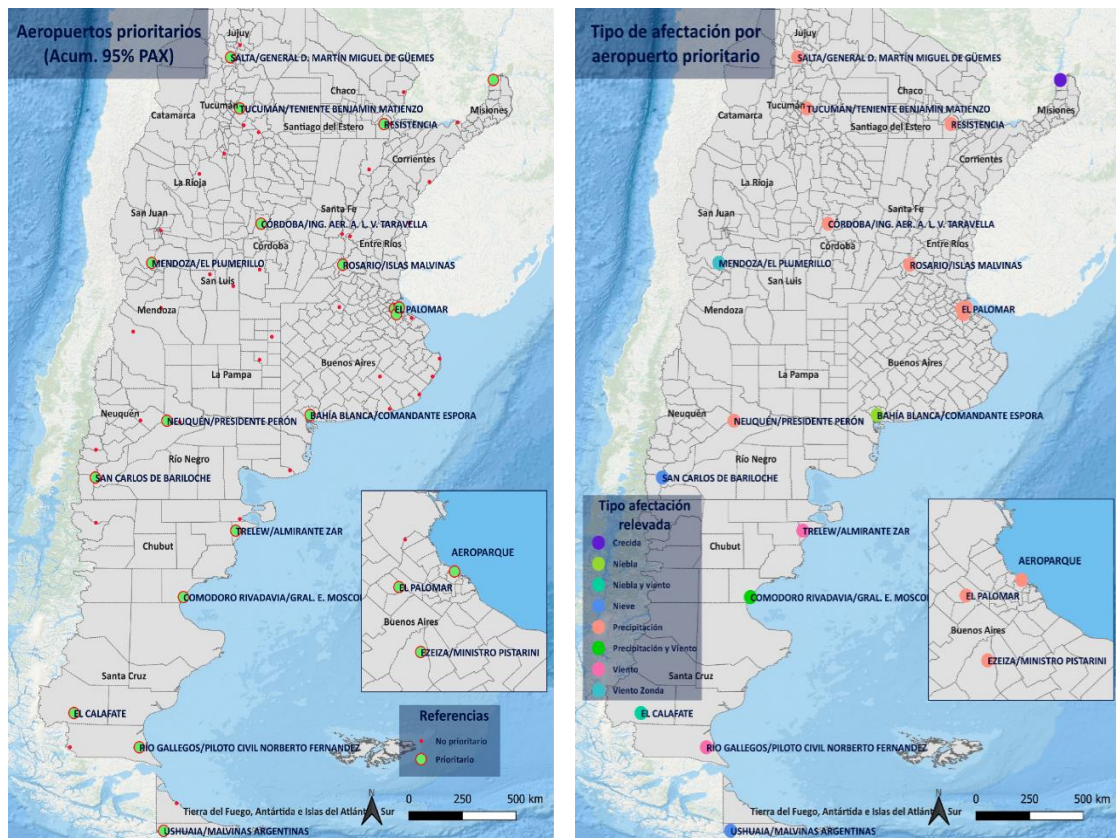
Mapa 24 Identificación de aeropuertos pertenecientes al SNA



Fuente: Elaboración propia

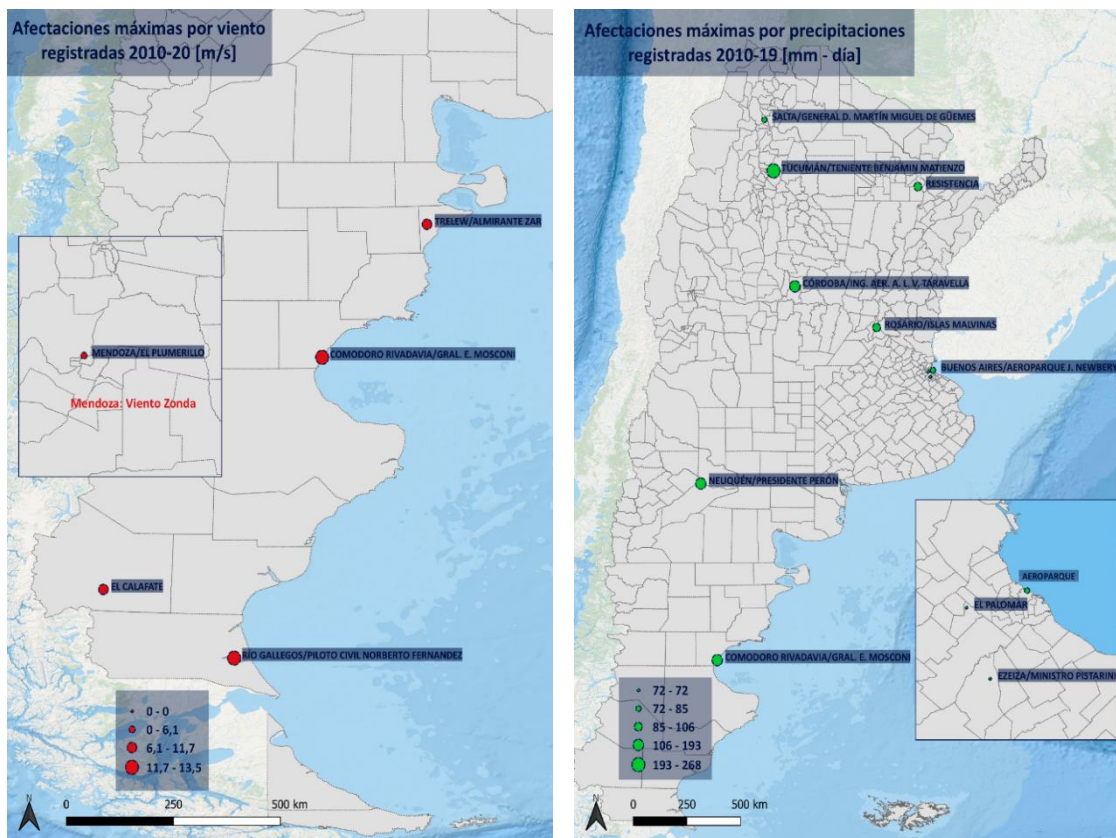


**Mapas 25 y 25bis Aeropuertos prioritarios 95% del flujo de pasajeros. Tipos de afectaciones**



Fuente: Elaboración propia

**Mapas 26 y 26bis Afectaciones máximas registradas por vientos y precipitaciones**



Fuente: Elaboración propia

## 7. Identificación de actores, propuesta institucional, e intervenciones

Se realizó un mapeo de los actores involucrados en la temática del presente documento. La metodología implementada consideró dos niveles de análisis:

1. Relevamiento de actores pertenecientes a distintos organismos del Estado Nacional.
2. Determinación de otros actores de estados subnacionales, sociedad civil y sector privado.

En ambos relevamientos se tuvo en consideración la función institucional de cada uno de los involucrados y el aporte para la resolución de problemas vinculados con la adaptación de las infraestructuras del transporte al cambio climático, la proposición de mejores prácticas referidas a esta temática y posibles planes de innovación.

**Figura 8 Mapeo gráfico de actores involucrados**



Fuente: Elaboración propia

Considerando la existencia del Grupo de Trabajo de Transporte del Gabinete Nacional de Cambio Climático y a partir del análisis y comprensión del conjunto de actores identificados, se propone la creación de un "Comité de Adaptación de las Infraestructuras de Transporte al Cambio Climático" como figura institucional que lidere la agenda de estas temáticas a nivel nacional.

El comité tendría como misión llevar a cabo la planificación, coordinación, ejecución y evaluación de aquellas políticas y acciones que promuevan la adaptación de las infraestructuras de transporte al cambio climático.

Para su funcionamiento se proponen cuatro mesas de trabajo, una para cada una de las infraestructuras:

1. Vial
2. Ferroviaria
3. Puertos y Vías Navegables
4. Aeroportuaria



La estructura propuesta cuenta con diez roles diferentes que se distinguen entre sí por los aportes generales que le corresponderían a cada uno. Los mismos se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla 2 Estructura de roles propuestos para el comité con los aportes generales asociados**

Rol	Aporte - General	Cantidad miembros
Presidente del comité	Liderar la agenda del comité	1
Coordinador Interjurisdiccional	Coordinar las acciones planificadas dentro y fuera del comité	1
Referente evaluación ambiental del comité	Referente experto en cuestiones de evaluación ambiental	1
Asesor Técnico	Brindar asesorías técnicas específicas en cada uno de los temas de los cuales se solicite su asistencia	Sujeto a cantidad final de involucrados
Coordinación subnacional 1° Nivel	Organismos encargados de coordinar agenda a nivel provincial	Sujeto a cantidad final de involucrados
Coordinación subnacional 2° Nivel	Gobiernos locales encargados de hacer cumplir la implementación de las medidas definidas en el comité	Sujeto a cantidad final de involucrados
Representante Coordinador - Nación	Coordinar acciones consensuadas y planificadas en el comité en el organismo del cual forman parte	16
Técnico - Evaluación	Participar en aspectos técnicos referidos a cuestiones de evaluación	2
Técnico - Planificación	Participar en aspectos técnicos referidos a cuestiones de planificación	16
Representante Coordinador - Otros Organismos	Coordinar acciones consensuadas y planificadas en el comité en el organismo del cual forman parte	Sujeto a cantidad final de involucrados

Fuente: Elaboración propia

A continuación, también se expone una matriz que sintetiza los aportes específicos asociados a cada uno de los miembros del comité y detalla las mesas en las cuales participan. Primero se enumeran los miembros que corresponden a organismos del Estado nacional y luego el resto de los actores:

**Tabla 3 Matriz de miembros del comité – Estado Nacional**

Organismo	Dirección	Rol a asumir	Aporte - Específico	Mesas en las que participa			
				Vial	FFCC	Puertos y Vías Navegables	Aéreo
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN NACIONAL DE EVALUACIÓN ESTRATÉGICA DE PROGRAMAS DEL TRANSPORTE	Técnico - Evaluación	Brindar su visión y realizar propuestas sobre los aspectos de evaluación estratégicos del transporte y las posibles líneas de acción	SI	SI	SI	SI
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN NACIONAL DE PLANIFICACIÓN DE TRANSPORTE DE PASAJEROS, CARGAS Y LOGÍSTICA	Técnico - Planificación	Establecer lineamientos para la planificación de las modificaciones requeridas para adaptar los sistemas de transporte al cambio climático	SI	SI	SI	SI
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN NACIONAL DE REGULACIÓN NORMATIVA DE TRANSPORTE	Técnico - Planificación	Participar en decisiones referidas a aspectos legales del transporte que puedan requerir eventuales modificaciones por adaptaciones al cambio climático	SI	SI	SI	SI

Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN DE GESTIÓN Y SUPERVISIÓN DEL SISTEMA FERROVIARIO	Técnico - Planificación	Vínculo con empresas ferroviarias, participación en posibles cambios referidos a temas de operación del modo ferroviario	NO	SI	NO	NO
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN NACIONAL TÉCNICA DE TRANSPORTE FERROVIARIO	Técnico - Planificación	Participar como actor experto en aspectos legales del transporte ferroviario	NO	SI	NO	NO
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN NACIONAL DE TRANSPORTE AUTOMOTOR DE CARGAS	Técnico - Planificación	Definición de aspectos clave en cuanto a posibles cambios requeridos en la operación del modo automotor de cargas en su conjunto	SI	NO	NO	NO
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN NACIONAL DE TRANSPORTE AUTOMOTOR DE PASAJEROS	Técnico - Planificación	Definición de aspectos clave en cuanto a posibles cambios requeridos en la operación del modo automotor de pasajeros en su conjunto	SI	NO	NO	NO
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN DE POLÍTICA NAVIERA Y MARINA MERCANTE	Técnico - Planificación	Definición de aspectos clave en cuanto a posibles cambios requeridos en la operación del sector portuario, y los modos fluvial y marítimo.	NO	NO	SI	NO
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN NACIONAL DE CONTROL DE PUERTOS Y VÍAS NAVEGABLES	Técnico - Planificación	Facilitar información esencial del funcionamiento del sistema de puertos y vías navegables. Definir temas requeridos en cuanto a control frente a eventuales cambios necesarios.	NO	NO	SI	NO
Ministerio de Transporte	DIRECCIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL DEL TRANSPORTE	Representante Coordinador	Participar como coordinador principal, representante del Ministerio de Transporte, frente a medidas de adaptación necesarias y encargarse del seguimiento de su implementación.	SI	SI	SI	SI
Ministerio de Obras Públicas	DIRECCIÓN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURAS DEL TRANSPORTE	Representante Coordinador	Participar en cuestiones técnicas de las obras de infraestructura de transporte que le competen. Coordinador por parte del Ministerio de Obras Públicas.	SI	NO	SI	SI
Ministerio de Obras Públicas	DIRECCIÓN NACIONAL DE OBRAS HIDRÁULICAS	Técnico - Planificación	Participar en aspectos referidos a la planificación y gestión de obras hidráulicas para adaptar los distintos sectores del país al cambio climático	SI	SI	SI	SI
Ministerio de Obras Públicas	DIRECCIÓN NACIONAL DE POLÍTICA HÍDRICA Y COORDINACIÓN FEDERAL	Técnico - Planificación	Intervenir en el diseño de estrategias para el manejo de cuencas	SI	SI	SI	SI

Servicio Meteorológico Nacional	DIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA AERONÁUTICA	Técnico - Planificación	Brindar su mirada experta en cuestiones de meteorología en temas aeronáuticos	NO	NO	NO	SI
Servicio Meteorológico Nacional	DIRECCIÓN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA Y DE DATOS	Técnico - Planificación	Establecer los requerimientos técnicos para la adquisición de variables climáticas clave	SI	SI	SI	SI
Servicio Meteorológico Nacional	DIRECCIÓN NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN METEOROLÓGICA	Técnico - Planificación	Planificar y gestionar los requerimientos de información para lograr una respuesta proactiva a las necesidades de adaptación de cada uno de los modos	SI	SI	SI	SI
Servicio Meteorológico Nacional	DIRECCIÓN NACIONAL DE PRONÓSTICOS Y SERVICIOS PARA LA SOCIEDAD	Representante Coordinador	Coordinador representante del SMN para realizar seguimiento de los distintos requerimientos del comité	SI	SI	SI	SI
Servicio Meteorológico Nacional	DIRECCIÓN NACIONAL DE CIENCIA E INNOVACIÓN EN PRODUCTOS Y SERVICIOS	Técnico - Evaluación	Encargado del monitoreo y vigilancia de variables climáticas clave definidas por el comité y responsable de propuestas de innovación para la recolección y proyección de datos climáticos	SI	SI	SI	SI
Instituto Nacional del Agua	GERENCIA DE PROGRAMAS Y PROYECTOS	Representante Coordinador	Representante coordinador del INA en el comité, responsable de dar su opinión como organismo experto en el manejo del agua en las cuestiones que le competen	SI	SI	SI	SI
Comisión Nacional de Actividades Espaciales	GERENCIA DE VINCULACIÓN TECNOLÓGICA	Representante Coordinador	Facilitar información para la toma de decisiones evaluando los factores climáticos relevantes mediante su tecnología. Encargado de la coordinación en representación del organismo.	SI	SI	SI	SI
Instituto Geográfico Nacional	DIRECCIÓN NACIONAL DE PRODUCCIÓN CARTOGRÁFICA	Técnico - Planificación	Participar en aspectos técnicos respecto a necesidades de relevamiento de datos y producción cartográfica	SI	SI	SI	SI
Instituto Geográfico Nacional	DIRECCIÓN NACIONAL DE SERVICIOS GEOGRÁFICOS	Representante Coordinador	Participar en temas técnicos respecto a necesidades de disponibilidad de datos geográficos	SI	SI	SI	SI

Trenes Argentinos Infraestructura	-	Representante Coordinador	Participar de forma activa informando aspectos referidos a las infraestructuras ferroviarias del país y ser un actor clave en la planificación de las infraestructuras a reparar, modificar o construir	NO	SI	NO	NO
Trenes Argentinos Operaciones	-	Representante Coordinador	Proveer datos, y participar en el relevamiento de requerimientos y propuesta de soluciones en lo referido al transporte ferroviario de pasajeros	NO	SI	NO	NO
Trenes Argentinos Cargas (BCyL)	-	Representante Coordinador	Proveer datos, y participar en el relevamiento de requerimientos y propuesta de soluciones en lo referido al transporte ferroviario de carga	NO	SI	NO	NO
Servicio de Hidrografía Naval	-	Representante Coordinador	Facilitar información que permita la toma de decisiones para la adaptación, en lo referido al ámbito naval	NO	NO	SI	NO
Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)	-	Representante Coordinador	Facilitar información con respecto a eventos de peligrosidad geológica con daños debidos al cambio climático. Integrar nuevos requerimientos a sus procesos de recolección de información actuales	SI	SI	SI	SI
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	DIRECCIÓN DE MONITOREO Y PREVENCIÓN	Técnico - Planificación	Desarrollo e implementación de políticas de adaptación	SI	SI	SI	SI
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	DIRECCIÓN DE ARTICULACIÓN INTERJURISDICCIONAL Y ACCESO A LA INFORMACIÓN	Coordinador Interjurisdiccional	Encargado de la coordinación con organismos del gobierno nacional, provincias y municipios, y con organismos de la sociedad civil y sector privado para gestionar la agenda de adaptación del comité	SI	SI	SI	SI
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	DIRECCIÓN NACIONAL DE PLANIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO AMBIENTAL DEL TERRITORIO	Técnico - Planificación	Participar en la planificación de la adaptación al cambio climático, brindado su mirada experta en cuestiones ambientales en cuanto al ordenamiento territorial.	SI	SI	SI	SI
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	DIRECCIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO	Presidente del comité	Protagonista principal en la planificación de acciones para lograr la adaptación al cambio climático	SI	SI	SI	SI

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE	DIRECCIÓN NACIONAL EVALUACIÓN AMBIENTAL	Referente evaluación ambiental del comité	Establecer formas de evaluación de las medidas propuestas en el comité y encargarse de su gestión	SI	SI	SI	SI
CORREDORES VIALES S.A.	-	Representante coordinador	Indicar necesidades de adaptación de los corredores que gestiona y comunicar posibles oportunidades de mejora	SI	NO	NO	NO
Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos	-	Representante coordinador	Reportar información sobre el estado de los aeropuertos y posibles necesidades de adaptación	NO	NO	NO	SI
Administración Nacional de Aviación Civil	-	Representante coordinador	Facilitar información sobre el funcionamiento del modo aéreo	NO	NO	NO	SI
Dirección Nacional de Vialidad	-	Representante coordinador	Participar como experto en temas de infraestructuras viales, poner a disposición a equipos técnicos cuando se lo requiera e indicar necesidades de adaptación de las infraestructuras que planifica y gestiona y comunicar posibles oportunidades de mejora.	SI	NO	NO	NO
Comisión Nacional de Regulación del Transporte	-	Representante Coordinador	Proveer información sobre transporte terrestre y participar en la definición de aspectos de regulación y fiscalización que puedan ser requeridos	SI	SI	NO	NO

Fuente: Elaboración propia



Finalmente, el relevamiento correspondiente al resto de los actores es el que se presenta a continuación.

**Tabla 4 Matriz de miembros del comité – Otros actores**

Organismo - Actor	Función institucional	Rol a asumir	Aporte - Específico	Mesas en las que participa			
				Vial	FFCC	Puertos y Vías Navegables	Aéreo
Organismos de Cuencas Locales	Responsables de la ejecución de los acuerdos interjurisdiccionales alcanzados en los Comités de Cuenca, cuando su tamaño o complejidad excede las capacidades de los organismos provinciales o nacionales existentes y/o plantea dificultades para lograr la coordinación entre ellos.	Representante Coordinador - Otros Organismos	Coordinar acciones que surjan referidas a cada una de las cuencas y dar su opinión como gestor principal de las mismas. Anticipar y brindar información sobre necesidades de adaptación	SI	SI	SI	SI
Puertos privados	Transfieren y manipulan carga por parte de dadores de carga y buques.	Representante Coordinador - Otros Organismos	Informar problemáticas actuales, anticipando requerimientos futuros según su actividad habitual	NO	NO	SI	NO
Grandes dadores de carga - representantes por cadena de valor	Empresas que producen y/o comercializan productos a gran escala.	Representante Coordinador - Otros Organismos	Indicar afectaciones que sufren y dañan la competitividad en cada uno de los sectores debido al cambio climático	SI	SI	SI	SI
Sindicatos	Defensa de los derechos de los trabajadores	Representante Coordinador - Otros Organismos	Representar a los trabajadores de los distintos modos de transporte frente a posibles modificaciones por medidas de adaptación al cambio climático	SI	SI	SI	SI
Universidades	Estudio y formación de profesionales en distintos ámbitos académicos	Asesor Técnico	Participar en temáticas técnicas y asesorar al comité en requerimientos que puedan surgir	SI	SI	SI	SI
Institutos o centros de Investigación	Elaboración de investigaciones y estudios	Asesor Técnico	Participar en los temas de su expertiz, facilitando detalles relevantes para la planificación de las medidas de adaptación prioritarias	SI	SI	SI	SI
Bolsas de cereales	Promoción de mercados de productos, de capitales de otros activos	Representante Coordinador - Otros Organismos	Indicar principales afectaciones que puedan afectar la competitividad de los mercados	SI	SI	SI	NO
Organismos provinciales	Diferentes tipos, referidos a cuestiones de infraestructura y/o climáticas	Coordinación subnacional 1° Nivel	Participar en la planificación de las medidas requeridas y aportar herramientas de coordinación a nivel subnacional	SI	SI	SI	SI

Municipios	Representan a localidades o conjunto de localidades y gestionan la resolución de los conflictos que en ellas acontecen	Coordinación subnacional 2° Nivel	Encargados de ejecución de medidas a nivel local y relevantes de aspectos clave de cada gobierno local	SI	SI	SI	SI
Empresas cada uno de los modos	Empresas que transportan cargas y/o pasajeros en cada uno de los modos de transporte existentes	Representante Coordinador - Otros Organismos	Participar de forma activa en la planificación e implementación de las medidas de adaptación requeridas. Explicando posibles consecuencias en su sector y aportando experiencias de la operación habitual	SI	SI	SI	SI

Fuente: Elaboración propia

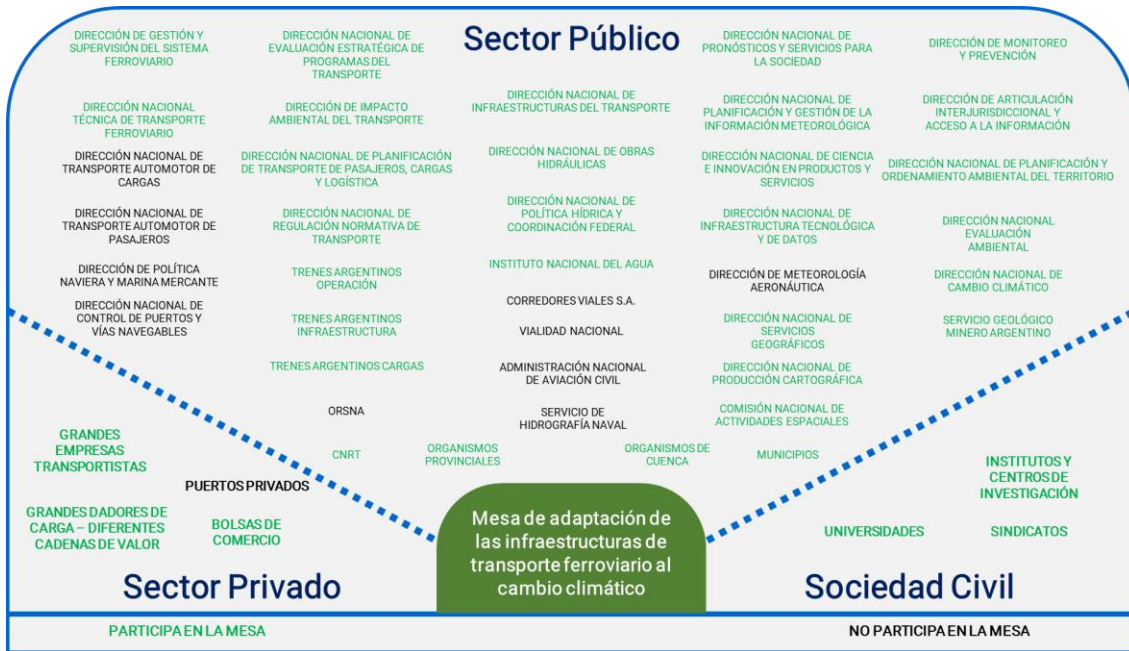
A modo síntesis se presentan los mapeos gráficos de los miembros participantes en cada de las mesas de trabajo.

Figura 9 Mesa de trabajo – Vial



Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Mesa de trabajo – Ferroviaria



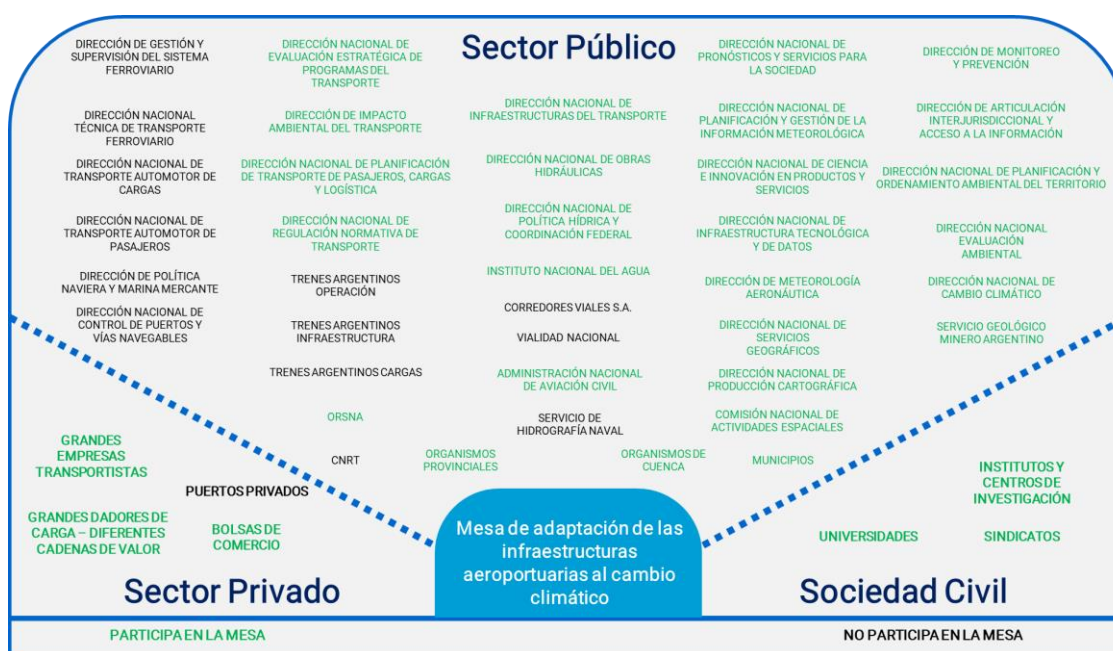
Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Mesa de trabajo – Puertos y Vías Navegables



Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Mesa de trabajo – Aeroportuaria



Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que las mesas representarían un espacio de encuentro formal para la planificación, coordinación y evaluación de diferentes medidas de forma conjunta, no se requiere la asistencia de todos los miembros del comité a cada una de ellas. A continuación, se proponen los roles de participación obligatoria en las reuniones correspondientes a cada una de las mesas.

Tabla 5 Roles de participación obligatoria

Rol	Cantidad miembros
Presidente del comité	1
Coordinador Interjurisdiccional	1
Referente evaluación ambiental del comité	1
Coordinación subnacional 1° Nivel	Sujeto a cantidad final de involucrados
Coordinación subnacional 2° Nivel	Sujeto a cantidad final de involucrados
Representante Coordinador - Nación	16
Representante Coordinador - Otros Organismos	Sujeto a cantidad final de involucrados

Fuente: Elaboración propia

## 7.1. Posibles intervenciones de adaptación

Los resultados de las interacciones entre las variables climáticas consideradas y las infraestructuras de transporte en sus diferentes configuraciones (lineales y nodales), pueden sintetizarse en la siguiente matriz de evaluación, tabla 11. La escala considerada comprende el territorio nacional y la identificación de los segmentos que presentan Índices de afectación; Alto, Medio y Bajo, desarrollados a escala provincial y departamental. El resultado de la síntesis presentada deriva del Apartado 6: Resultados: determinación del Índice de Afectación de las infraestructuras de transporte. Para la asignación de las interacciones que no se indicaron en el apartado 6, se complementó mediante una asignación cualitativa basada en relevamientos de información de fuentes secundarias.<sup>10</sup>

Tabla 6 Matriz de evaluación

		Tipo de Infraestructura				
		Vial	Ferroviaria	Vías Navegables	Puertos	Aeropuertos
<b>Variables Climáticas</b> Tipo de Riesgo	<b>Temperatura</b> Máximas Mínimas Heladas	Bajo	Medio	Bajo	Bajo	Bajo
	<b>Precipitaciones</b> Máximas Sequías Inundaciones Nevadas	<b>Alto</b>	Alto	Alto	Medio	Medio
	<b>Hidrología</b> Continental Marítima Erosión	Medio	Bajo	Alto	Alto	-
	<b>Suelos</b> Degradación Aludes Geomecánica	Medio	Bajo	-	Bajo	Medio

Fuente: Elaboración propia

Los criterios considerados para construcción de la matriz de evaluación fueron los siguientes:

- El examen del posible impacto del cambio climático sobre elementos esenciales de la infraestructura (como carreteras, ferrocarriles, vías fluviales, puertos y aeropuertos), centra su atención sobre las repercusiones operativas de las alteraciones significativas o moderadas en la infraestructura de transporte, es decir, su afectación, y la subsiguiente necesidad de adaptarla para asegurar su funcionamiento continuo ante variaciones climáticas.
- Los actores a cargo de la planificación y decisores políticos pueden implementar diversas estrategias para fortalecer la resiliencia y adaptación de los sistemas de transporte. Intervenciones duras relacionadas con las actuaciones físicas sobre la infraestructura, actualización en la tecnología de obras, procedimientos de mantenimiento o modificaciones estructurales, pueden constituir componentes relevantes de los planes y proyectos. También revisten importancia las intervenciones blandas, como predicciones climáticas mediante una mejora en los servicios meteorológicos, proporcionar información predictiva a los operadores de transporte y ofertar servicios de movilidad alternativos.

<sup>10</sup> Entre las fuentes utilizadas se encuentran CEPAL, 2016 e informes producidos por organismos nacionales



---

## 7.2. Actuaciones en materia de adaptación, según zonas e infraestructuras

### Provincia de Buenos Aires

En el caso de Buenos Aires, las interrupciones del tráfico en las rutas del norte de la provincia presentan los mayores niveles de afectación en relación con la accesibilidad. Dado que una parte significativa de las actividades productivas y los asentamientos de población en las localidades analizadas están conectadas por arcos de red interrumpidos, el cierre de las rutas también produce una significativa pérdida de accesibilidad en las localidades situadas más allá de los tramos cortados; los rangos alcanzan los niveles máximos de variación. Por lo tanto, los efectos de los cortes en este tipo de rutas están focalizados a escala local, pero presentan una importante afectación en la accesibilidad que excede los límites del municipio que contiene el corte; en líneas generales, la afectación se da en un grupo de municipios.

En el vértice norte de la provincia, en las proximidades de San Nicolás, una importante porción del litoral del Paraná Inferior es afectada por el desborde de afluentes que atraviesan la llamada pampa ondulada de oeste a este, continuando un patrón que también se observa en el sur de Santa Fe. En particular, el tramo de la RN 9 entre San Nicolás y el límite con Santa Fe presenta altos índices de afectación. En dirección sudoeste respecto de San Nicolás, la cuenca del río Arrecifes y el arroyo Pergamino genera eventos de afectación cercana a los máximos registrados; el corte más importante ocurre en la RN 8 entre Arrecifes y Pergamino, dado que el tramo afectado tiene 44 km de extensión. La RN 7 también presenta interrupciones de consideración en la cuenca del Salado, a la altura de Leandro N. Alem y también en Chacabuco, donde una serie de cortes provoca la mayor afectación del área de la provincia, vinculada con el área afectada de Pergamino al norte. Al oeste de Alem y en el límite con el sur de la provincia de Santa Fe, un corte en la ruta 188 afecta al partido de General Pinto en un área también considerable.

**Afectaciones de las infraestructuras terrestres lineales;** ferroviaria y vial, están localizadas en los departamentos de Pergamino, Leandro N. Alem, Lincoln, Junín, Chacabuco, General Pinto. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación se relacionan con lluvias, inundaciones y desbordes de ríos. Ver detalle completo Anexo 1.

**Afectaciones de la Infraestructura lineal;** vías navegables, están localizadas en los tramos Paraná de las Palmas y Canal Emilio Mitre. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación están relacionados con crecidas y bajantes extraordinarias demandantes de mayores esfuerzos de dragados. Ver detalle completo Anexo 1.

**Afectaciones de las infraestructuras nodales;** puertos, están localizadas en los puertos de La Plata y Dock Sud. Las principales causas de los altos índices de afectación están relacionadas con restricciones de accesibilidad a los nodos portuarios desde las vías navegables y la red vial. Ver detalle completo Anexo 1.

**Afectaciones de las infraestructuras nodales;** aeropuertos, están localizadas en las terminales de Ezeiza, Morón y Bahía Blanca. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación están relacionados con precipitaciones y nieblas. Ver detalle completo Anexo 1.

### Provincia de Córdoba

La provincia de Córdoba presenta los mayores niveles de afectación en la zona centro-este; las rutas afectadas son arcos de red vinculados al sur de la provincia de Santa Fe y el noroeste de la provincia de Buenos Aires. En estos tramos vinculados en el límite con dichas provincias y que se continúan en éstas, el nivel de afectación en una parte de la Zona Núcleo se encuentra entre los rangos de afectación más altos registrados. La principal área afectada de la provincia, en el límite con la provincia de Santa Fe, es Marcos Juárez, y el tramo interrumpido

---

corresponde a la autopista entre Córdoba y Rosario (RN 9). Más cerca de la capital cordobesa, un corte de poca extensión (1,3 km) genera una afectación importante en las cercanías de Río Primero.

**Afectaciones de las infraestructuras terrestres lineales;** ferroviaria y vial, están localizadas en los departamentos de Marcos Juárez, San Justo y Río Primero. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación están relacionados con lluvias, inundaciones y desbordes de ríos. Ver detalle completo Anexo 1.

**Afectaciones de las infraestructuras nodales;** aeropuertos, está localizada en la terminal Córdoba. El principal evento climático causante de los altos índices de afectación está relacionado con las precipitaciones. Ver detalle completo Anexo 1.

### **Provincia de Santa Fe**

El litoral del Paraná comprende las provincias de Formosa, Chaco, Corrientes, Entre Ríos y Santa Fe. Las dos últimas son las más afectadas por las dificultades de accesibilidad a un gran número de localidades; los rangos de afectación se encuentran entre los más altos en gran parte de las redes de ambas provincias.

Las dos principales áreas con afectaciones a la accesibilidad en la provincia de Santa Fe son la ya citada de la RN 9 en el límite con Córdoba (Marcos Juárez – Belgrano) y al sudeste, entre Rosario y el límite con la provincia de Buenos Aires, también siguiendo la RN 9 (Arroyo Seco, Presidente Alvear y Villa Constitución). Ambas áreas suponen altos niveles de afectación de los tramos de red en una zona más amplia que abarca todo el centro-sur de la provincia, si bien hay afectaciones a la accesibilidad en casi todo el territorio provincial. Al norte de Santa Fe capital, entre Recreo y Nelson, los cortes en la RN 11 generan un área de afectación y superficie menores respecto de las anteriores. No obstante, todo el norte de la provincia es afectado, si bien en menor medida, por estas interrupciones.

Como puede observarse, el mayor problema se presenta en diferentes zonas con una pronunciada afectación en un número significativo de arcos en la red vial de Santa Fe, Entre Ríos, Córdoba y norte de la provincia de Buenos Aires, que conforman un área de afectada interconectada en el rango máximo de variación. Esta afectación supone un escenario de amplia vulnerabilidad regional, puesto que se trata de una importante zona de actividad productiva agrícola e industrial, con un gran número de núcleos urbanos intermedios, cuya población se encuentra impactada por estos eventos.

**Afectaciones de las infraestructuras terrestres lineales;** ferroviaria y vial, están localizadas en los departamentos de General Obligado, La Capital, General López, Constitución. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación están relacionados con lluvias, inundaciones y desbordes de ríos. Ver detalle completo Anexo 1.

**Afectaciones de la Infraestructura lineal;** vías navegables, están localizadas en los tramos Paracao / Animas, Paracao. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación están relacionados con crecidas y bajantes extraordinarias demandantes de mayores esfuerzos de dragados. Ver detalle completo Anexo 1.

**Afectaciones de las infraestructuras nodales;** puertos, están localizadas en terminales portuarias localizadas en los departamentos San Lorenzo y Rosario. Las principales causas de los altos índices de afectación están relacionadas con restricciones de accesibilidad a los nodos portuarios, desde las vías navegables, la red vial y ferroviaria. Ver detalle completo Anexo 1.

**Afectaciones de las infraestructuras nodales;** aeropuertos, están localizadas en la terminal de Rosario. El principal evento climático causante de los altos índices de afectación está relacionado con las precipitaciones. Ver detalle completo Anexo 1.

---

## Provincia de Entre Ríos

Esta área abarca casi todo el sur de la provincia de Entre Ríos, donde tanto la RN 12 como la AU 14 presentaron cortes, y el mallado de la red pavimentada es sensiblemente menor al de las provincias vecinas de la Zona Núcleo, por lo que el área afectada en su accesibilidad aumenta. Los cortes más importantes se dan en la AU 14: entre Concepción del Uruguay y Gualeguaychú, al sur entre Ceibas y Gualeguaychú, y al nordeste, en la zona de Concordia. En todos estos tramos se registran algunos de los niveles máximos de afectación a la accesibilidad observados a nivel país. El mayor Índice de afectación se da en el tramo de la AU 14 a la altura de Concepción del Uruguay, de gran extensión (52 km), aunque otro corte en la misma vía hacia Concordia tiene un nivel similar de afectación en un arco de extensión mucho menor (13 km).

**Afectaciones de las infraestructuras terrestres lineales;** ferroviaria y vial, están localizadas en los departamentos de Federación, Uruguay y Gualeguaychú. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación están relacionados con lluvias, inundaciones y desbordes de ríos. Ver detalle completo Anexo 1.

## Provincia de Corrientes

En tanto, Corrientes es afectada sobre todo en el borde noroeste sobre el Paraná, en particular en el departamento de Saladas, donde confluyen las rutas nacionales 12 y 118. Afectaciones menores involucraron un tramo de la RN 14 a la altura del paso internacional de Santo Tomé - São Borja, en el nordeste, y otro de la RN 12 al suroeste, en Esquina. Otros tramos afectados por las inundaciones en el sur provincial son continuaciones de los fenómenos observados en la vecina Entre Ríos, con niveles de afectación menores.

**Afectaciones de las infraestructuras terrestres lineales;** ferroviaria y vial, están localizadas en los departamentos de Monte Caseros, Curuzú Cuatiá, Saladas, Monte Caseros y Esquina. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación están relacionados con lluvias, inundaciones y desbordes de ríos. Ver detalle completo Anexo 1.

## Provincias de Chaco y Formosa

Más al norte, las provincias de Chaco y Formosa son en el litoral paranaense las menos afectadas, por lo que se las presenta juntas para una mayor comprensión, dado que el área de mayor afectación está en el límite entre ambas provincias, en la desembocadura del río Bermejo en el Paraná. Si bien la afectación a la accesibilidad es menor, el área involucrada es considerable dado el menor mallado vial y ferroviario. Un foco menor puede apreciarse en los accesos a la capital chaqueña, Resistencia, y comprende tramos de la RN 11 y la RP 16, afectados por el arroyo Barranqueras; el arco correspondiente al acceso por la RN 11 tiene uno de los mayores Índices rangos de afectación de todos los estudiados, sumado a la vinculación con otros accesos a la capital resultan en un área de mayor afectación.

**Afectaciones de las infraestructuras terrestres lineales;** ferroviaria y vial, están localizadas en los departamentos de San Fernando, Libertad y Bermejo. Los principales eventos climáticos causantes de los altos índices de afectación están relacionados con lluvias, inundaciones y desbordes de ríos. Ver detalle completo Anexo 1.

**Afectaciones de las infraestructuras nodales;** aeropuertos, están localizadas la terminal de Resistencia. El principal evento climático causante de los altos índices de afectación está relacionado con las precipitaciones. Ver detalle completo Anexo 1.

---

## 7.3. Posibles intervenciones de adaptación en base a métodos expeditivos

Se desarrolló un método que permitió evaluar el riesgo que afecta a la infraestructura de transporte sobre la base de su importancia estratégica, vulnerabilidad y exposición histórica a eventos naturales. El índice desarrollado Índice de afectación permitió ranquear el nivel de afectación de las infraestructuras lineales y nodales ante eventos climáticos lo cual tiene una doble utilidad. La primera es el propósito de este estudio: identificar alternativas para un análisis detallado sobre la base de información existente. La segunda utilidad tiene que ver con el uso de este índice para priorizar inversión o atención por provincia y departamento, lo cual genera beneficios toda vez que es posible incluir, por ejemplo, planes en los diferentes componentes de la infraestructura y operaciones de transporte, referidos a estrategias de conservación y adaptación por componentes del sistema de transporte y zonas desagregadas territorialmente.

Es importante destacar que el método propuesto presenta algunas utilidades como herramienta de planificación de la infraestructura de transporte a escala local, provincial y nacional, logrando integrar una diversidad de variables, con datos de relativa facilidad de obtención, en un indicador de síntesis que permite focalizar y orientar inversiones y medidas de prevención, especialmente referidas a la exposición de la infraestructura de transporte frente a riesgos naturales.

En este sentido, el método propuesto no constituye una herramienta de detalle para evaluar la afectación de la infraestructura en un sentido clásico, sino que es un método orientado a entregar una visión territorial sinóptica de la infraestructura de transporte, respecto de factores de orden físico y natural, que la potencian o limitan y teniendo en cuenta el registro histórico de los eventos climáticos que afectan la infraestructura.

En relación con los escenarios de incertidumbre generados por eventos climáticos cambiantes, se plantean propuestas para implementar el concepto de adaptación. Estas propuestas se centran en un conjunto de iniciativas aplicadas y destinadas a construir una base de conocimiento referida a la temática. Es importante destacar que la mayoría de los estudios y recomendaciones tienen como objetivo predecir una condición climática futura, que, contrastada con la situación actual, permitirá determinar las necesidades de adaptación del transporte expuesto a la vulnerabilidad frente al cambio climático.

## 8. Principales recomendaciones y conclusiones

La recopilación de datos sobre eventos climáticos históricos y sus consecuencias puede ser un punto de partida valioso para evaluar la vulnerabilidad y formular estrategias de adaptación al cambio climático. La producción de conocimientos sobre las prácticas óptimas de adaptación, así como el análisis detallado de casos de estudio y las evaluaciones comparativas, tienen el potencial de generar diferentes perspectivas que fortalezcan la innovación en la planificación y diseño de políticas públicas. La implementación de estrategias específicas de capacitación destinadas a concientizar sobre los impactos y la vulnerabilidad asociados al cambio climático podría facilitar el desarrollo e implementación de iniciativas de adaptación.

La colaboración entre expertos en temas climáticos y actores vinculados al transporte puede generar conciencia sobre la situación. Los temas relacionados con el clima no pueden abordarse a través de conceptos tradicionales, desactualizados o deterministas. En su lugar, se deben explorar enfoques relacionados con los principios de riesgo y afectación de la infraestructura y operación de los sistemas de transporte, evitando procesos disruptivos, como la pérdida de accesibilidad en la movilidad de personas e interrupciones críticas en las cadenas de suministro. A través de una interacción más estrecha, los expertos en transporte pueden definir sus necesidades de pronósticos climáticos en términos específicos, y los expertos en meteorología pueden comprender mejor estas necesidades y aplicar desarrollos innovadores en sus prácticas y métodos para proporcionar respuestas útiles. La cooperación

---

con expertos en otros campos puede aumentar la capacidad de los actores relacionados con el transporte en la gestión y ayudar a los decisores políticos a fortalecer sus capacidades institucionales mediante hallazgos referidos a soluciones innovadoras.

Los expertos en transporte pueden colaborar con los expertos en temas climáticos de varias maneras:

- **Definir necesidades específicas:** Los expertos en transporte pueden definir sus necesidades de pronósticos climáticos en términos específicos, lo que puede ayudar a los expertos en meteorología a comprender mejor estas necesidades y aplicar desarrollos innovadores en sus prácticas y métodos para proporcionar respuestas útiles.
- **Interacción más estrecha:** Una interacción más estrecha entre los expertos en transporte y los expertos en temas climáticos puede generar conciencia sobre la situación. Los temas relacionados con el clima no pueden abordarse a través de conceptos tradicionales, desactualizados o deterministas. En su lugar, se deben explorar enfoques relacionados con los principios de riesgo y afectación de la infraestructura y operación de los sistemas de transporte, evitando procesos disruptivos, como la pérdida de accesibilidad en la movilidad de personas e interrupciones críticas en las cadenas de suministro.

Un enfoque de adaptación con perspectiva sistémica implica considerar los sistemas de transporte como activos complejos que desempeñan un papel fundamental en la economía y la sociedad. Estos sistemas tienen ciclos de vida útil largos y altos costos de infraestructura. Para abordar los desafíos del cambio climático, se requiere un enfoque de adaptación con perspectiva sistémica y de largo plazo, evitando opciones de desarrollo poco sustentables y decisiones equivocadas en cuestiones de adaptación.

Diferentes países han comenzado a implementar estrategias de adaptación y planes de acción con una variedad de medidas para promover la implementación de una serie de acciones en todos los sectores críticos, incluido el transporte. Estas medidas incluyen el suministro y producción de información, el desarrollo de capacidades institucionales, la revisión de estándares técnicos y el uso de nuevas oportunidades derivadas de las tecnologías de la información y las comunicaciones. La participación de todos los actores relacionados con el sector del transporte (vínculos intersectoriales) es de importancia clave desde la perspectiva de la equidad y la eficiencia, por lo tanto, las autoridades reguladoras, los responsables políticos y los especialistas deberán realizar crecientes esfuerzos para involucrar a las partes interesadas en sus actividades de gestión política, desarrollo técnico y difusión de la información.

Diversos países han iniciado la implementación de estrategias de adaptación y planes de acción mediante una variedad de medidas con el fin de fomentar la aplicación de acciones de adaptación en todos los sectores críticos, incluyendo el transporte. Estas medidas abarcan desde la provisión y producción de información, el fortalecimiento de capacidades institucionales, la revisión de normas técnicas, hasta el aprovechamiento de nuevas oportunidades surgidas de las tecnologías de la información y comunicación. La participación de todos los actores relacionados con el sector del transporte resulta clave desde una perspectiva de equidad y eficiencia, por lo tanto, las autoridades reguladoras, los responsables políticos y los expertos deben realizar esfuerzos cada vez mayores para involucrar a las partes interesadas en sus labores de gestión política, desarrollo técnico y difusión de información.

Finalmente, cabe indicar que las infraestructuras lineales son las que representan los mayores esfuerzos de intervención según la identificación y ponderación realizada en el presente documento. En orden de magnitud y prioridad, las infraestructuras viales requieren mayor atención debido a su gran importancia desde la perspectiva territorial, social y económica, en segundo lugar, se encuentran las ferroviarias, y en tercer lugar las vías navegables debido a que son infraestructuras dedicadas al transporte de cargas (principalmente exportación e importación). En último lugar se ubican las infraestructuras nodales, portuarias y aeroportuarias.





---

## 9. Referencias bibliográficas

### 9.1 Referencias

Acciaro, M. y McKinnon, A.C. (2013). Efficient Hinterland Transport Infrastructure and Services for Large Container Ports. ITF, OCDE, Santiago de Chile.

Agosta, R. (2010). Integración y conectividad en el territorio argentino. Trabajo inédito para el Departamento de Transporte, Facultad de Ingeniería, UBA.

Antún, J. P. (2013). Distribución urbana de mercancías: Estrategias con centros logísticos. Inter-American Development Bank. Sanfandila, Querétaro: Instituto Mexicano del Transporte, SCT.

Asakura, Y. y Kashiwadani, M. (1991). Road network reliability caused by daily fluctuation of traffic flow. 19th PTRC Summer Annual Meeting, Brighton, 73-84.

Barbero, J. (2010). La logística de cargas en América Latina y el Caribe: Una agenda para mejorar su desempeño. Banco Interamericano de Desarrollo.

Barbero, J. y Rodríguez Tornquist (2012). "Transporte y cambio climático: hacia un desarrollo sostenible y de bajo carbono". Transporte y Territorio N° 6, Universidad de Buenos Aires.

Bell, M.G.H. e Iida, Y. (1997). Transportation Network Analysis. West Sussex, Wiley.

Berdica, K. (2002). An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done. Transport Policy, 9, 117-127. Addenda en Transport Policy, 10, 81 (2003).

Berdica, K. y Mattsson, L.G. (2007). "Vulnerability: A model-based case study of the road network in Stockholm". En Murray y Grubestic (eds.), Critical Infrastructure. Reliability and Vulnerability.

Buch, C.M.; Kleinert, J.; y Toubal, F. (2004). The distant puzzle: On the interpretation of the distance coefficient in gravity equations. Economics Letters, 83, 293-298.

Burgholzer, W.; Bauer, G.; Posset, M.; y Jammerneegg, W. (2013). Analysing the impact of disruption in intermodal transport networks: A micro simulation-based model. Decision Support Systems, 54, 1580-1586.

Canitrot, L. y García, N. (2012). La logística como herramienta para la competitividad: El rol estratégico de la infraestructura. FODECO.

CEPAL (2016). Valoración de los efectos del evento climático, diciembre 2015 – junio 2016, Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Misiones, Santa Fe, Tucumán.

Chang, S.E. (2003). Transportation planning for disasters: An accessibility approach. Environment and Planning A, 35, 1051-1072.

Chen, A.; Yang, H.; Lo, H.K.; y Tang, W.H. (1999). Capacity-related reliability for transportation networks. Journal of Advanced Transportation, 33-2, 183-200.

Chen, L. y Miller-Hooks, E. (2012). Resilience: An indicator of recovery capability in intermodal freight transport. Transportation Science, 46-1, 109-123.

---

Cipoletta Tomassian, G.; Pérez Salas, G.; y Sánchez, R. (2010). Políticas integradas de infraestructura, transporte y logística: experiencias internacionales y propuestas. Santiago de Chile, CEPAL.

Condeço-Melhorado, A.M. (2011). Spatial spillovers of transport infrastructure. Tesis doctoral. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá.

Cristini, M.; Moya, R. y Bermúdez, G. (2012). Infraestructura y costos logísticos en la Argentina. FIEL. Documento de trabajo N° 75.

Dunn, S. y Wilkinson, S.M. (2016). Increasing the resilience of air traffic networks using a network graph theory approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 90, 39-50.

Filadoro y Rozengardt, D. (2011). Logística de cargas: Nuevos desafíos para la programación económica, MECON.

Foro de la Cadena Agroindustrial (2010). Infraestructura de transporte de cargas en la República Argentina: Diagnóstico y propuesta del Foro de la Cadena Agroindustrial Argentina.

García Palomares, J.C.; Gutiérrez, J.; Martín, J.C. y Moya Gómez, B. (2018). An analysis of the Spanish high capacity road network criticality. *Transportation* (DOI: 10.1007/s11116-018-9877-4).

Gereffi, Humphrey y Sturgeon (2005). The Governance of Global Value Chains. *Review of International Political Economy*, 12-1, 78-104.

González, D.; Bortolín, D; y Pastor, C. (2013). Plan de inversión en infraestructura provincial. Plan de Agrorutas, FODECO.

González J.; Guasch, J.L.; y Serebrisky, T. (2010). High Logistics Costs and Poor Infrastructure for Merchandise Transportation in the LAC Region. *Latin American Development Priorities: Costs and Benefits*. Cambridge University Press.

Grubestic, T.H.; Matisziw, T.C.; Murray, A.T. y Snedicker, D. (2008). Comparative approaches for assessing network vulnerability. *International Regional Science Review*, 31, 88-112.

Gutiérrez Puebla, J. (1998). Redes, espacio y tiempo. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 18, 65-86.

Gutiérrez, J. y García-Palomares, J.C. (2007). New spatial patterns of mobility within the metropolitan area of Madrid: Towards more complex and dispersed flow networks. *Journal of Transport Geography*, 15, 18-30.

Gutiérrez, J. y García-Palomares, J.C. (2008). Distance-Measure impacts on the calculation of transport service areas using GIS.

Hausman, W.H.; Hau, L.; y Subramanian, U. (2005). Global Logistics Indicators, Supply Chain Metrics and Bilateral Trade Patterns. Borrador no publicado.

Heinrich, C., & Betts, B. (2003). *Adapt or die: transforming your supply chain into an adaptive business network*. John Wiley & Sons.

Jenelius, E. (2009). Network structure and travel patterns: explaining the geographical disparities of road network vulnerability. *Journal of Transport Geography*, 17, 234-244.

Jenelius, E. y Mattsson, L.G. (2005). "Developing a methodology for road network vulnerability analysis". Ponencia en Nectar Cluster 1 Seminar, Mayo 2006, Molde University College (Noruega).

---

Leveque, P., y Roso, V. (2002). Dry port concept for seaport inland access with intermodal solutions. Chalmers Tekniska Högsk, Gotenburgo.

Linneker, B. J., & Spence, N. A. (1992). Accessibility measures compared in an analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. *Environment and Planning A*, 24(8), 1137-1154.

López-Escolano, C. y Pueyo Campos, A. (2018). Medida y valoración de la accesibilidad viaria en España: Revisión de casos. *Ciudad y Territorio*, L (197), 473-486.

Merk, O. y Notteboom, T. (2015). *Port Hinterland Connectivity*, ITF, OCDE, Santiago de Chile.

Miller-Hooks, E.; Zhang, X.; y Faturechi, R. (2012). Measuring and maximizing resilience of freight transportation networks. *Computers & Operations Research*, 39, 1633-1643.

Monios, J. (2011). The role of inland terminal development in the hinterland access strategies of Spanish ports. *Research in Transportation Economics*, 33, 59-66.

Moura, T.G.Z., García Alonso, L. y Salas Olmedo, M.H. (2017). Delimiting the scope of the hinterland of ports: Proposal and case study. *Journal of Transport Geography*, 65, 35-43.

Murray, A. y Grubestic, T. (2007). *Critical Infrastructure. Reliability and Vulnerability*. Berlín, Springer.

Murray, A.; Matisziw, T.C.; y Grubestic, T. (2008). A methodological overview of network vulnerability analysis. *Growth and Change*, 39, 573-592.

Nicholson, A.J. y Du, Z.P. (1997). Degradable transportation systems: An integrated equilibrium model. *Transportation Research*, 31-3, 209-223.

Notteboom, T. y Rodrigue, J.P. (2007). Re-Assessing Port-Hinterland Relationships in the Context of Global Commodity Chains. En B. S. James Wang, Daniel Olivier, Theo Notteboom (eds.), *Ports, cities and global supply chains*. Aldershot, Hampshire: Ashgate Publishing Limited.

Notteboom, T.(2008). The Relationship Between Seaports and the Inter- Modal Hinterland in Light of Global Supply Chains. *European challenges*, No. 10. Antwerp.

OCDE, UNCTAD, OMC (2013). *Implications Of Global Value Chains For Trade, Investment, Development And Jobs*. Patton, M.Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods*. Newbury Park, California. Sage.

Peyrelongue, C. (2010). "Puertos, espacio y globalización: El desarrollo de hubs en México". *Convergencia – Revista de Ciencias Sociales*, 52, 319-360.

Pizzolato, N.D. et al. (2010). Zonas de influência portuárias – hinterlands: conceituação e metodologias para sua delimitação. *Gestão & Produção*, 17-3, 553-566.

Robinson, R. (2002). Ports as Elements in Value-Driven Chain Systems: The New Paradigm. *Maritime Policy and Management*, 29-3, 241-255.

Rodrigue, J.P. (2006). Transport Geography should Follow the Freight. *Journal of Transport Geography*, doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.06.003.

Rodrigue, J.P. et al (2006). *The Geography of Transport Systems*. Abingdon, UK: Routledge.

---

Rodríguez Núñez, E. y Gutiérrez Puebla, J. (2012). Análisis de vulnerabilidad de las redes de carreteras mediante indicadores de accesibilidad y SIG: Intensidad y polarización de los efectos del cierre de tramos en la red de Mallorca. *GeoFocus*, 12, 374-394.

Rodríguez Núñez, E. y García-Palomares, J.C. (2014). Measuring the vulnerability of public transport networks. *Journal of Transport Geography*, 35, 50-63.

Sheffi, Y. (2014). Clústeres logísticos: Brindando valor e impulsando el crecimiento. Temas Grupo Editorial, Buenos Aires.

Sheffi, Y. (2016). El poder de la resiliencia: Cómo las mejores empresas gestionan lo inesperado. Temas Grupo Editorial, Buenos Aires.

Slack, B. (1993). Pawns in the game: Ports in a global transportation system. *Growth and Change*, 24, 379-388.

Taylor, M.A.P.; Sekhar, S.V.C.; y D'Este, G.M. (2006). Application of accessibility based methods for vulnerability analysis of strategic road networks. *Networks & Spatial Economics*, 6, 267-291.

Van Heck, E. & Vervest, P. (2007). Smart Business Networks: How the Network Wins. *Communications of the ACM* 50, 28-37.

Van Klink, H.A. y Winden, W. (1998). Towards a new hinterland orientation for Rotterdam: The entrepreneurial port. *Congress of the European Regional Science Association*, 38.

Veenstra, A; Zuidwijk, R. y van Asperen, E. (2012). The Extended Gate Concept for Container Terminals: Expanding the Notion of Dry Ports. Erasmus University Rotterdam.

Wang, X.; Meng, Q.; y Miao, L. (2016). Delimiting port hinterlands based on intermodal network flows: Model and algorithm. *Transportation Research*, 88, 32-51.

Wang, Y., y Wang, J. (2010). Application of AHP-Fuzzy on Evaluation of Dry Port Development Potential [J]. *Railway Transport and Economy*, 4, 022.

Wilmsmeier, G. (2015). Geografía del transporte de carga: Evolución y desafíos en un contexto global cambiante. *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, 175, CEPAL.

Wilmsmeier, G. et al (2011). The Directional Development of Intermodal Freight Corridors in Relation to Inland Terminals. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1379–1386.

Yang, H.; Lo, K.K.; y Tang, W. H. (2000). Travel time versus capacity reliability of a road network. Ponencia en 79th Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington DC.

Zhuang, J. y Yu, S. (2014). The hinterland spatial structure evolvement of competitive port based on ArcGIS. En Wen, Z. y Li, T. (Eds.), *Advances in intelligent systems and computing*. Springer, Heidelberg, New York, Dordrecht, London, pp. 1143-1153.



---

## 9.2 Acrónimos

AFIP: Agencia Federal de Ingresos Públicos

AMBA: Área Metropolitana de Buenos Aires

ANAC: Agencia Nacional de Aviación Civil

BCR: Bolsa de Comercio de Rosario

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y Caribe

DNV: Dirección Nacional de Vialidad

FEPSA: Ferro Expreso Pampeano S.A. (operador ferroviario)

IGN: Instituto Geográfico Nacional

INA: Instituto Nacional del Agua

INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

IRI: Índice de Rugosidad

NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos

NEA: Noreste Argentino

NOA: Noroeste Argentino

ORSNA: Organismo Regulador del Sistema Nacional de Aeropuertos

SEGEMAR: Servicio Geológico Minero Argentino

SHN: Servicio de Hidrografía Naval

SMN: Servicio Meteorológico Nacional

SNA: Sistema Nacional de Aeropuertos

SSPVNyMM: Subsecretaría de Puertos, Vías Navegables y Marina Mercante

TICs: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

TMDA: Tránsito Medio Diario Anual



# Anexo 1: Afectaciones por cortes y prioridades de adaptación

**Tabla 7 Identificación de tramos viales con requerimientos de actuaciones de adaptación muy altos. Prioridad 1**

Ruta	Provincia	Departamento	Longitud [Km]	TMDA	Índice afectación vial	Longitud	Latitud
0011	Chaco	San Fernando	16,7	2350	10	-59,17	-27,65
0011	Chaco	San Fernando	4,2	2800	10	-59,23	-28,01
0011	Chaco	San Fernando	12,8	3145	10	-59,17	-27,67
0011	Chaco	San Fernando	165,7	3150	10	-59,17	-27,67
0011	Chaco	San Fernando	134,5	3376	10	-59,20	-27,72
0011	Chaco	San Fernando	104,9	3426	10	-59,17	-27,67
0011	Chaco	San Fernando	4,0	3950	10	-59,17	-27,67
0011	Chaco	San Fernando	1,3	4900	10	-59,00	-27,37
0011	Chaco	San Fernando	65,6	4950	10	-59,17	-27,67
0011	Chaco	San Fernando	80,0	6250	10	-59,17	-27,67
0011	Chaco	San Fernando	11,2	6350	10	-59,00	-27,37
0011	Chaco	San Fernando	6,8	7398	10	-59,17	-27,67
0011	Chaco	San Fernando	31,5	7450	10	-59,17	-27,67
0011	Chaco	San Fernando	19,3	9650	10	-59,17	-27,67
0011	Santa Fe	General Obligado	55,2	2800	10	-59,51	-28,77
0011	Santa Fe	General Obligado	21,4	3145	10	-59,35	-28,48
0011	Santa Fe	General Obligado	38,9	3150	10	-59,45	-28,68
0011	Santa Fe	General Obligado	25,7	3376	10	-59,51	-28,77
0011	Santa Fe	General Obligado	28,9	3426	10	-59,25	-28,13
0011	Santa Fe	General Obligado	84,0	3550	10	-59,72	-29,15
0011	Santa Fe	General Obligado	31,8	3900	10	-60,00	-29,37
0011	Santa Fe	General Obligado	19,4	3950	10	-59,48	-28,73
0011	Santa Fe	General Obligado	17,6	4100	10	-59,83	-29,28
0011	Santa Fe	General Obligado	16,9	4950	10	-59,29	-28,33
0011	Santa Fe	General Obligado	2,1	6250	10	-59,25	-28,18
0011	Santa Fe	General Obligado	74,3	7398	10	-59,52	-28,78
0011	Santa Fe	General Obligado	6,5	7450	10	-59,26	-28,24
0011	Santa Fe	General Obligado	67,8	9650	10	-59,25	-28,19
0016	Chaco	San Fernando	69,4	11000	10	-59,00	-27,41
0016	Chaco	San Fernando	1,9	15700	10	-58,99	-27,41
0016	Chaco	San Fernando	62,1	22325	10	-58,93	-27,43
0016	Chaco	San Fernando	21,5	23170	10	-58,89	-27,45
A009	Santa Fe	General Obligado	13,9	1560	10	-59,62	-29,20

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8 Identificación de tramos viales con requerimientos de actuaciones de adaptación alto y medio. Prioridad 2**

Ruta	Provincia	Departamento	Longitud [Km]	TMDA	Índice afectación vial	Longitud	Latitud
0008	Buenos Aires	Pergamino	31,109	3400	9	-60,72	-33,93
0008	Buenos Aires	Pergamino	1,065	3800	9	-60,74	-33,93
0008	Buenos Aires	Pergamino	37,423	4970	9	-60,38	-33,93
0008	Córdoba	Marcos Juárez	14,752	3600	9	-62,58	-33,59
0008	Córdoba	Marcos Juárez	122,582	4300	9	-62,49	-33,60
0008	Córdoba	Marcos Juárez	21,234	4872	9	-62,31	-33,64
0009	Córdoba	Marcos Juárez	8,358	10100	9	-62,01	-32,70
0009	Córdoba	Marcos Juárez	0,962	10400	9	-62,26	-32,64
0009	Córdoba	Marcos Juárez	5,268	9050	9	-62,15	-32,66
0009	Córdoba	Marcos Juárez	100,637	9900	9	-62,36	-32,62

0011	Santa Fe	La Capital	22,892	16500	9	-60,78	-31,68
0011	Santa Fe	La Capital	18,751	17600	9	-60,80	-31,71
0011	Santa Fe	La Capital	44,621	23579	9	-60,79	-31,71
0011	Santa Fe	La Capital	7,446	2800	9	-60,72	-31,05
0011	Santa Fe	La Capital	55,061	3187	9	-60,76	-31,47
0011	Santa Fe	La Capital	3,701	3200	9	-60,87	-31,80
0011	Santa Fe	La Capital	18,257	3550	9	-60,74	-31,22
0011	Santa Fe	La Capital	187,936	3900	9	-60,76	-31,46
0011	Santa Fe	La Capital	135,133	4100	9	-60,75	-31,43
0011	Santa Fe	La Capital	35,299	4300	9	-60,78	-31,62
0011	Santa Fe	La Capital	8,345	4450	9	-60,75	-31,36
0011	Santa Fe	La Capital	1,616	6650	9	-60,77	-31,56
0011	Santa Fe	La Capital	18,706	9350	9	-60,78	-31,66
0019	Santa Fe	La Capital	27,081	10180	9	-60,81	-31,67
0168	Santa Fe	La Capital	30,386	12640	9	-60,59	-31,66
0168	Santa Fe	La Capital	0,23	50929	9	-60,66	-31,64
0178	Buenos Aires	Pergamino	48,967	2150	9	-60,76	-33,83
0178	Buenos Aires	Pergamino	99,137	838	9	-60,75	-33,83
0188	Buenos Aires	Pergamino	0,081	1847	9	-60,62	-34,00
0188	Buenos Aires	Pergamino	26,33	3000	9	-60,46	-33,77
0188	Buenos Aires	Pergamino	35,483	4400	9	-60,62	-34,00
1V09	Córdoba	Marcos Juárez	55,985	2300	9	-62,18	-32,67
1V09	Córdoba	Marcos Juárez	16,916	2516	9	-62,15	-32,68
1V09	Córdoba	Marcos Juárez	30,74	2649	9	-62,14	-32,68
1V09	Córdoba	Marcos Juárez	4,01	2850	9	-62,14	-32,68
1V09	Córdoba	Marcos Juárez	19,797	3050	9	-62,14	-32,68
1V09	Córdoba	Marcos Juárez	72,838	3750	9	-61,96	-32,71
1V09	Córdoba	Marcos Juárez	50,864	4000	9	-62,07	-32,69
1V09	Córdoba	Marcos Juárez	11,743	8050	9	-62,14	-32,68
1V11	Santa Fe	La Capital	1,124	3750	9	-60,73	-31,52
A007	Santa Fe	La Capital	1,9	22165	9	-60,72	-31,67
A007	Santa Fe	La Capital	1,926	41100	9	-60,71	-31,66
0014	Entre Ríos	Federación	13,899	7920	8	-58,01	-30,69
0014	Entre Ríos	Federación	9,332	8050	8	-58,04	-30,87
0014	Entre Ríos	Federación	24,943	8450	8	-58,05	-30,90
0014	Entre Ríos	Federación	35,12	9450	8	-58,07	-31,07
0019	Córdoba	San Justo	18,706	4150	8	-62,58	-31,40
0019	Córdoba	San Justo	55,202	4450	8	-62,86	-31,40
0019	Córdoba	San Justo	6,075	5250	8	-62,32	-31,41
0019	Córdoba	San Justo	44,621	5400	8	-63,02	-31,41
0019	Córdoba	San Justo	40,376	6400	8	-62,07	-31,42
0019	Córdoba	San Justo	81,254	6550	8	-63,18	-31,43
0127	Entre Ríos	Federación	26,65	1275	8	-58,52	-30,64
0127	Entre Ríos	Federación	16,662	840	8	-58,37	-30,42
0158	Córdoba	San Justo	30,676	3100	8	-62,40	-31,66
0158	Córdoba	San Justo	72,856	4050	8	-62,79	-31,92

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9 Identificación de tramos ferroviarios con requerimientos de actuaciones de adaptación muy altos. Prioridad 1**

Provincia	Departamento	FFCC - Infraestructura	Descripción ramal	Longitud [Km]	Toneladas tramo	Nivel de afectación	Longitud	Latitud
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril General Belgrano	Ferrocarril Nacional General Belgrano Ramal G	31,7	1.000.000	10	-60,518	-34,016
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril General Belgrano	Ferrocarril Nacional General Belgrano Ramal G6	15,5	1.000.000	10	-60,565	-33,903
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM8	2,0	1.000.000	10	-60,384	-33,933
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM31	40,4	1.000.000	10	-60,673	-33,73
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM5	1,7	1.000.000	10	-60,565	-33,903
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM18	20,6	1.000.000	10	-60,384	-33,933
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM13	30,7	1.000.000	10	-60,582	-33,768
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM6	9,5	1.000.000	10	-60,692	-33,978
Buenos Aires	Pergamino	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM7	35,6	1.000.000	10	-60,384	-33,933
Santa Fe	General López	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM13	115,8	1.000.000	9	-61,91	-34,036
Santa Fe	General López	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM68	170,7	1.000.000	9	-62,068	-34,388
Santa Fe	General López	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril Nacional General San Martín Ramal SM10	25,9	1.000.000	9	-62,802	-34,316
Santa Fe	General López	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril Nacional General San Martín Ramal SM9	81,8	1.000.000	9	-62,38	-34,326
Santa Fe	General López	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM32	11,4	6.000.000	9	-62,055	-33,826
Corrientes	Monte Caseros	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal UC	22,9	3.000.000	9	-57,819	-30,403
Corrientes	Paso de los Libres	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal UC	63,2	3.000.000	9	-57,446	-29,843



Corrientes	Paso de los Libres	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal U30	11,3	3.000.000	9	-57,153	-29,715
Santa Fe	General López	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril Nacional General San Martín Ramal SMC	3,5	1.000.000	9	-62,38	-34,326
Entre Ríos	Federación	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal U14	55,1	3.000.000	9	-58,026	-30,877
Santa Fe	General López	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril Nacional General San Martín Ramal SM8	0,2	2.000.000	9	-62,067	-34,388
Corrientes	Monte Caseros	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal U14	70,6	3.000.000	9	-57,819	-30,403

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10 Identificación de tramos ferroviarios con requerimientos de actuaciones de adaptación muy altos. Prioridad 2**

Provincia	Departamento	FFCC - Infraestructura	Descripción ramal	Longitud [Km]	Toneladas totales tramo	Nivel de afectación	Longitud	Latitud
Córdoba	Río Primero	Ferrocarril General Belgrano	Ferrocarril Nacional General Belgrano Ramal A	95,8	1.000.000	8	-63,063	-30,903
Córdoba	Río Primero	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM64	106,9	1.000.000	8	-63,609	-31,259
Córdoba	Río Primero	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM65	34,0	1.000.000	8	-63,609	-31,259
Córdoba	San Justo	Ferrocarril General Belgrano	Ferrocarril Nacional General Belgrano Ramal CC	5,9	1.000.000	8	-62,094	-31,429
Córdoba	San Justo	Ferrocarril General Belgrano	Ferrocarril Nacional General Belgrano Ramal A	112,9	1.000.000	8	-61,975	-30,923
Córdoba	San Justo	Ferrocarril General Belgrano	Ferrocarril Nacional General Belgrano Ramal CC24	122,7	1.000.000	8	-62,667	-31,407
Córdoba	San Justo	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM65	5,7	1.000.000	8	-63,235	-31,42
Córdoba	Río Primero	Ferrocarril General Belgrano	Ferrocarril Nacional General Belgrano	1,9	1.000.000	8	-63,945	-31,345
Santa Fe	Constitución	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM13	143,6	1.000.000	7	-60,653	-33,366
Santa Fe	Constitución	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional Mitre Ramal GM1/Rosario	50,2	2.000.000	7	-60,404	-33,245
Entre Ríos	Uruguay	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal U5	104,1	1.000.000	7	-58,356	-32,478
Buenos Aires	Junín	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril Nacional General San Martín Ramal SMC	40,7	2.000.000	7	-60,938	-34,581

Entre Ríos	Uruguay	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal UB	80,6	1.000.000	7	-58,683	-32,416
Buenos Aires	Leandro N. Alem	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril Nacional General San Martín Ramal SMC	81,0	1.000.000	7	-61,551	-34,409
Buenos Aires	Junín	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril General San Martín Ramal SMB - Junin	54,3	1.000.000	7	-60,815	-34,571
Santa Fe	Constitución	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM46	13,2	1.000.000	7	-60,802	-33,487
Entre Ríos	Gualeduaychú	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal UB	91,6	1.000.000	7	-59,018	-32,999
Santa Fe	Constitución	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM31	4,2	1.000.000	7	-60,787	-33,568
Santa Fe	Constitución	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM5	26,5	1.000.000	7	-60,508	-33,485
Buenos Aires	General Pinto	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM68	22,2	1.000.000	7	-61,954	-34,779
Santa Fe	Constitución	Ferrocarril Bartolomé Mitre	Ferrocarril Nacional General Bartolomé Mitre Ramal GM68	17,5	3.000.000	7	-61,32	-33,454
Buenos Aires	Leandro N. Alem	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril Nacional General San Martín Ramal SM8	5,6	2.000.000	7	-61,843	-34,431
Entre Ríos	Gualeduaychú	Ferrocarril General Urquiza	Ferrocarril Nacional General Urquiza Ramal UF	34,4	1.000.000	7	-59,164	-33,285
Buenos Aires	General Pinto	Ferrocarril San Martín	Ferrocarril Nacional General San Martín Ramal SM8	22,5	2.000.000	7	-61,967	-34,407

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 11 Identificación de tramos fluviales con requerimientos de actuaciones de adaptación. Prioridad 1**

Nombre paso	Río	Tramo	Km Inicio	Km Fin	Longitud Paso [Km]	Toneladas acumuladas	Índice afectación	Longitud	Latitud
CANAL ING. EMILIO MITRE	Río de La Plata	Canal Emilio Mitre	0	43	46,0	98.884.482	10	-58,38	-34,47
RADA EXTERIOR	Río de La Plata	Canal Intermedio	37	57	24,0	98.884.482	9	-57,87	-34,71
CANAL PUNTA INDIO	Río de La Plata	Canal Punta Indio	121	205	100,6	98.884.482	8	-56,78	-35,15
EV. HINOJO / CAMPANA	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	90	92	1,8	96.249.402	7	-58,91	-34,17
EV. SAN ANTONIO / AB.LAS LIMAS	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	128	129	1,0	86.027.304	7	-59,15	-33,99
EV. LAS LIMAS / DEL PELADO	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	134	134	0,8	85.105.315	7	-59,19	-33,96
VUELTA DEL PELADO	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	134	137	3,2	85.105.315	6	-59,21	-33,96
VUELTA DEL ESTE	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	100	104	3,9	88.156.178	6	-58,98	-34,13
ANGOSTURA DE LA BASE	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	174	175	1,8	85.105.315	6	-59,27	-33,77
PARACAO	Paraná	Medio	565	567	2,6	2.152.973	6	-60,65	-31,88

EV. BARBONES / SAN ANTONIO	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	121	125	4,3	86.532.040	6	-59,12	-34,02
ZANJA MERCADAL VUELTA SAN ANTONIO	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	157	159	2,1	85.105.315	6	-59,30	-33,84
VUELTA ABAJO LAS LIMAS	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	125	128	2,8	86.027.304	6	-59,14	-34,00
EV. TORDILLO / HINOJO	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	129	132	3,2	86.027.304	6	-59,17	-33,98
VUELTA DEL TORDILLO	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	87	89	1,9	96.249.402	6	-58,88	-34,18
VUELTA LAS LIMAS	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	85	87	2,5	96.249.402	6	-58,86	-34,18
EV. DEL PELADO / LOS PATOS	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	132	134	1,7	86.027.304	6	-59,18	-33,96
VUELTA DEL HINOJO	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	137	139	2,5	85.105.315	6	-59,23	-33,95
EV. CAMPANA / VUELTA DEL ESTE	Paraná de Las Palmas	Paraná de Las Palmas	89	90	2,0	96.249.402	6	-58,90	-34,18
EP. PARACAO / ANIMAS	Paraná	Paraná Medio	99	100	0,8	89.274.699	6	-58,98	-34,15
			567	569	2,0	2.152.973	6	-60,65	-31,86

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12 Identificación de puertos fluviales con requerimientos de actuaciones de adaptación. Prioridad 1**

Nombre Puerto	Departamento	Provincia	Toneladas anuales	Índice de afectación	Longitud	Latitud
Terminal 6	San Lorenzo	Santa Fe	9.680.917	10	-60,74	-32,65
Dock Sud	Avellaneda	Buenos Aires	6.084.138	9	-58,35	-34,64
Cofco International Argentina S.A. (Timbúes)	San Lorenzo	Santa Fe	6.572.912	8	-60,76	-32,60
Vicentín	San Lorenzo	Santa Fe	5.284.624	7	-60,72	-32,77
Renova	San Lorenzo	Santa Fe	5.056.322	7	-60,78	-32,58
Molinos San Benito	San Lorenzo	Santa Fe	4.322.579	7	-60,72	-32,78
Rosario - Muelle ENAPRO	Rosario	Santa Fe	4.810.326	6	-60,62	-32,98
Cargill - Muelle Quebracho	San Lorenzo	Santa Fe	3.991.144	6	-60,73	-32,67
Dreyfus (Timbúes)	San Lorenzo	Santa Fe	3.632.970	5	-60,77	-32,60
ADM AGRO - Muelle El Tránsito	San Lorenzo	Santa Fe	3.530.616	5	-60,73	-32,71
La Plata	Ensenada	Buenos Aires	2.726.147	5	-57,89	-34,85
Dreyfus (Gral Lagos)	Rosario	Santa Fe	3.956.543	4	-60,51	-33,12
ADM AGRO (Arroyo Seco)	Rosario	Santa Fe	3.932.521	4	-60,51	-33,13
Bunge (Dempe y Pampa)	San Lorenzo	Santa Fe	2.871.299	4	-60,73	-32,71

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13 Identificación de aeropuertos prioritarios y relevamiento de afectaciones**

Nombre Aeropuerto	Departamento	Provincia	Elevación [msnm]	Miles pax. 2010-2019	% Participación 10-19	Tipo afectación	Precipitación max. [mm-día]	Viento máx. [m/s]	Longitud	Latitud
BUENOS AIRES/AEROPARQUE J. NEWBERY	Ciudad Autónoma de Buenos Aires	Ciudad Autónoma de Buenos Aires	13,03	106.138,5	32%	Precipitación	75,3	-	-58,42	-34,56
EZEIZA/MINISTRO PISTARINI	Ezeiza	Buenos Aires	21,32	97.489,4	30%	Precipitación	71,6	-	-58,53	-34,85
CÓRDOBA/ING. AER. A. L. V. TARAVELLA	Colón	Córdoba	700,23	21.306,6	6%	Precipitación	118,3	-	-64,19	-31,34
MENDOZA/EL PLUMERILLO	Las Heras	Mendoza	967,45	14.087,7	4%	Viento Zonda	-	6,1	-68,83	-32,90
SAN CARLOS DE BARILOCHE	Bariloche	Río Negro	0,00	9.832,8	3%	Nieve	-	-	-71,18	-41,14
CATARATAS DEL IGUAZÚ/MY. D. CARLOS EDUARDO KRAUSE	Iguazú	Misiones	0,00	8.833,9	3%	Crecida	-	-	-54,43	-25,86
SALTA/GENERAL D. MARTÍN MIGUEL DE GÜEMES	Capital	Salta	1615,77	8.549,7	3%	Precipitación	85,1	-	-65,47	-24,83
NEUQUÉN/PRESIDENTE PERÓN	Confluencia	Neuquén	429,48	7.057,4	2%	Precipitación	116,6	-	-68,26	-38,84
USHUAIA/MALVINAS ARGENTINAS	Ushuaia	Tierra del Fuego	0,00	6.659,9	2%	Nieve	-	-	-68,28	-54,82
TUCUMÁN/TENIENTE BENJAMIN MATIENZO	Cruz Alta	Tucumán	1094,65	5.942,4	2%	Precipitación	268,3	-	-65,21	-26,83
EL CALAFATE	Lago Argentino	Santa Cruz	681,96	5.307,6	2%	Niebla y viento	-	11,7	-72,28	-50,35
COMODORO RIVADAVIA/GRAL. E. MOSCONI	Escalante	Chubut	302,31	5.108,2	2%	Precipitación y Viento	193,3	13,4	-67,64	-45,95
ROSARIO/ISLAS MALVINAS	Rosario	Santa Fe	37,05	4.035,4	1%	Precipitación	98,4	-	-60,67	-32,96
BAHÍA BLANCA/COMANDANTE ESPORA	Bahía Blanca	Buenos Aires	0,00	2.693,2	1%	Niebla	-	-	-62,15	-38,73
EL PALOMAR	Morón	Buenos Aires	21,32	2.409,1	1%	Precipitación	71,6	-	-58,61	-34,61
TRELEW/ALMIRANTE ZAR	Rawson	Chubut	88,69	2.393,8	1%	Viento	-	11,3	-65,27	-43,21
RÍO GALLEGOS/PILOTO CIVIL NORBERTO FERNANDEZ	Güer Aike	Santa Cruz	65,17	2.377,8	1%	Viento	-	13,5	-69,31	-51,61
RESISTENCIA	San Fernando	Chaco	63,90	2.118,4	1%	Precipitación	105,7	-	-59,06	-27,45

Fuente: Elaboración propia