

Documentos de Trabajo
del Instituto del Transporte
Documento Nº 11

Aspectos conceptuales referidos
al estudio de los hinterlands
portuarios: posibilidades de
delimitación y análisis de
vulnerabilidad en sus redes
logísticas

Daniel Álvarez.

IT
**INSTITUTO DEL
TRANSPORTE**

DOCUMENTOS DE TRABAJO
INSTITUTO DEL TRANSPORTE
NRO.11 AÑO 2018



Universidad Nacional de San Martín**Rector**

Dr. Carlos Greco

Decano del Instituto del Transporte

Lic. José Barbero

Documentos de Trabajo del Instituto del Transporte

Nº ISSN: 2469-1631

Director

Dr. Julián Bertranou

Comité Editorial

Lic. José Barbero

Lic. Daniel Álvarez

Lic. Carlos Leguizamón

Lic. José Luis Zárate

Instituto del Transporte

UNSAM Campus Miguelete, 25 de Mayo y Francia.

C.P.: 1650. San Martín, Provincia de Buenos Aires, Argentina

Teléfonos: 4006-1500 Int. 1301

<http://www.unsam.edu.ar/institutos/transporte/index.asp>

Contenido

1. A modo de introducción	4
2. La logística global y su relación con los hinterlands	5
2.1. Cadenas logísticas globales	5
2.2. Cadenas logísticas en los hinterlands portuarios	7
2.3. El rol de la cadena logística en la competitividad portuaria	10
2.4. Delimitación y caracterización de los hinterlands	13
3. Carga de la red, vulnerabilidad y criticidad	16
3.1. Vulnerabilidad	17
3.2. Criticidad, incidencias y eventos	18
3.3. Robustez, resiliencia, redundancia	18
3.4. Fiabilidad	19
3.5. Unidades de medida	21
4. Comentarios finales	22
5. Referencias Bibliográficas	23

1. A modo de introducción

En las últimas décadas y en función de los cambios tecnológicos que potenciaron la circulación de mercancías más allá de sus ámbitos comerciales naturales y de las necesidades básicas de los consumidores, también se complejizó el estudio de las redes de transporte tanto al interior de los países como a escala regional y global. Un proceso imposible de relegar, compuesto de flujos siempre cambiantes y difíciles de aprehender en su especificidad, objeto a lo largo del tiempo de aproximaciones metodológicas generales o de alcance limitado, dada la cantidad de variables contenidas, las cuales presentan una vasta complejidad dificultando el correcto análisis de causales y efectos directos e indirectos. El crecimiento exponencial de los tráficos, al mismo tiempo que aumentaba la cantidad de intercambios a ser analizados, aportó también el desarrollo de herramientas de análisis basadas en las nuevas tecnologías y en la ciencia de datos, que hasta cierto punto han permitido dar un salto exponencial y de calidad en las metodologías tradicionales de análisis, toda vez que posibilitaron cuantificar procesos que anteriormente eran estimados a niveles más generales y agregados. Elementos tales como la periodicidad, la gravitación y la interrupción son estudiados actualmente con un nivel de detalle difícil de imaginar solo tres décadas atrás, individualizando patrones y tendencias en una temática con dinámicas cambiantes y en muchos casos aleatoria, como es la circulación de flujos de cargas o pasajeros a través de redes modales o intermodales de transporte.

El transporte de cargas, que antes exhibía una complejidad menor en comparación con el rápido desarrollo de fenómenos inherentes al de pasajeros -como la movilidad urbana o los tráficos por corredores internacionales-, ahora también cuenta con una problemática propia producto del aumento de los volúmenes transportados en diferentes escalas: local, regional y global. La necesidad de reducir costos para competir en mercados más amplios y con altos niveles de consumo llevó al desarrollo de estructuras en red con eficiencias de alcance, alianzas entre operadores, incluso de diferentes modos, logrando beneficios de escala para atender nuevas y más complejas demandas generadas por largas cadenas de suministros y distribución, que ahora son inherentemente globales con fuertes componentes locales, y tendencias orientadas a la reducción de barreras entre países y la asociación en bloques regionales.

Este tipo de fenómenos, producto de la llamada globalización, ha generado una renovación en el interés por los campos del conocimiento vinculados al transporte y el territorio que parecían relegados, conceptos tales como hinterland; a la vez, han dotado a estos estudios de nuevos instrumentos para la cuantificación y el análisis pormenorizado de sucesos antes sólo estimables en forma intuitiva o partiendo de métodos científicos cualitativos, por ejemplo, mediante encuestas a los operadores y otros actores de las cadenas logísticas. Los actuales desarrollos metodológicos e instrumentales, basados en redes digitales, sistemas informáticos y procesamiento de grandes volúmenes de datos, posibilitaron una nueva frontera en el conocimiento y comprensión de los procesos de gestión de materiales, información y circulación física, donde el análisis de la perspectiva espacial del transporte en sus diferentes escalas cuenta con variadas y mejores herramientas sobre las cuales basarse para obtener resultados más rigurosos. Los hallazgos y resultantes de los actuales métodos de análisis, en algunos casos, pueden diferir de la percepción que poseen los propios actores de los procesos que los involucran, como por ejemplo el sector público, los operadores logísticos, portuarios y del transporte terrestre, entre otros.

En este artículo será conceptualizada la noción de hinterland en relación con sus puertos vinculados, su evolución y actualización, así como dos aspectos derivados de los actuales estudios cuantitativos referidos a las áreas de influencia portuaria: la posibilidad de una delimitación más exacta y actualizada del territorio relacionado con un puerto, esto es su hinterland comercial, y el estudio de las redes de transporte que configuran dichas áreas de influencia, con énfasis en las causas generadoras de vulnerabilidad y criticidad de redes, con la consecuente afectación en la competitividad y productividad de las terminales portuarias. Una aplicación de estos conceptos al análisis de una red local.

Para esto se desarrollará en primer lugar el concepto de cadena logística global, representación instrumental de las cadenas globales de valor en relación a la producción internacional de bienes. Se examinará su relación con los puertos y su jerarquización, así como la importancia creciente de la logística interna para la adecuada gestión portuaria. A continuación, se presentarán algunos de los métodos utilizados para delimitar geográficamente un hinterland portuario, un campo de estudio donde todavía no se ha desarrollado un estándar, por lo que existen diversas maneras de abordar la referida temática. Por último, se explicará la aplicación de los conceptos de accesibilidad a una red y vulnerabilidad de la misma -a partir del análisis de la criticidad de sus tramos-, en redes de transporte de cargas, una temática que genera cada vez más atención y sobre la que se han realizado diversos estudios.

2. La logística global y su relación con los hinterlands

Un fenómeno específico de la globalización económica, resultante de la internacionalización de las cadenas productivas, son las llamadas cadenas globales de valor (CGVs). En una CGV, las fases de segmentación tradicional de la producción en serie se alejan entre sí de manera tal que transcurren en países e incluso hemisferios diferentes, siendo la producción dirigida y orientada por una empresa transnacional, a través de filiales o terciarizando esas etapas en terceras empresas. La empresa iniciadora del plan de producción retiene la dirección del emprendimiento, así como la investigación y el desarrollo del producto (I+D), seleccionando los territorios más convenientes a escala global (por costo de mano de obra, exenciones impositivas, capacidad tecnológica, etc.) para el desarrollo de los distintos segmentos productivos. La desregulación progresiva de los mercados determinante para la inversión extranjera directa (IED) fue favoreciendo este tipo de operatoria, así como el abaratamiento de las grandes rutas internacionales a partir de innovaciones en el transporte como el uso del contenedor y la concentración de los tráficos en nodos principales. Estos factores cambiaron considerablemente la operatoria del comercio internacional a partir de los años '80, y en especial desde el establecimiento de la Organización Mundial de Comercio (OMC) en 1995, que regula los intercambios y facilita la internacionalización de la producción estimulando la apertura de fronteras y los tratados comerciales entre diferentes países.

Uno de los resultados de la configuración del sistema productivo es que los bienes, en sus distintas etapas de producción y distribución comercial, recorren distancias más extensas que en el pasado, pero a un costo menor. Este proceso genera una multiplicación de los tráficos internacionales de cargas, con una proporción importante de redundancias. En la actualidad, las CGVs son responsables de un doble cómputo en las cifras del comercio mundial, ya que 5 de los 19 billones de dólares que representaron las exportaciones brutas en todo el mundo en 2010 correspondían a tráficos de valor agregado entre distintos componentes de CGVs. Razón por la cual es posible afirmar que hoy las CGVs representan un 28% de las exportaciones globales (UNCTAD, 2013). Las razones expuestas, verifican el énfasis en el estudio de sistemas logísticos que constituyen el soporte necesario en la distribución física internacional. Componentes estructurantes de la circulación física de bienes, como los puertos y sus redes logísticas asociadas, son reexaminados con una nueva perspectiva, que involucra aspectos locales, regionales y globales.

2.1. Cadenas logísticas globales

Las cadenas logísticas establecidas y emergentes dependen de servicios de transporte y logística relativamente barata, confiable y segura. Por lo tanto, los cambios en la ubicación de la demanda (población, poder de compra) y la oferta, así como las estrategias de empresas globales en la localización de sus centros de producción, impactan en la configuración espacial de la demanda de transporte y logística. Además, son determinantes de las capacidades y características de tales servicios por el volumen y naturaleza de los productos a transportar. No obstante, la introducción de nuevas tecnologías o el desarrollo de nueva infraestructura puede conducir a una transformación de las redes existentes. Las innovaciones tecnológicas han intensificado las interacciones globales, y modificado la ubicación relativa de los lugares. En este contexto

de gran dinamismo se dan dos procesos al mismo tiempo: especialización y concentración. Los procesos de globalización geográfica están produciendo una convergencia espacio/tiempo de proporciones mundiales, más allá de los procesos de integración regional y continental. Cinco factores principales son de particular relevancia en este proceso: velocidad, economías de escala, expansión de las infraestructuras de transporte, eficiencia de las terminales de transporte, y tecnologías de la información (Wilmsmeier, 2015).

El progreso organizado del sistema de transporte es idéntico al de los factores que conducen al desarrollo y la competitividad; por lo tanto, puede operar sobre sus épocas y procesos. Sin embargo, a pesar de que el sistema de transporte se puede dirigir y organizar, las tendencias globales son definidas por su entorno y no por el propio sistema (Wilmsmeier, 2015).

En este sentido, la nueva geoestrategia marítima busca transportar el mayor volumen de mercancía en el menor tiempo posible asumiendo un mínimo riesgo para la carga, razón por la cual las grandes líneas marítimas hacen escalas sólo en determinados puertos principales. Durante la década de 1980, el transporte aéreo de pasajeros adoptó un sistema conformado por grandes nodos de distribución llamado hub and spoke, que reemplazo una multitud de tráficos punto a punto entre destinos finales a través de grandes distancias, por flujos de mayor volumen que conectan grandes aeropuertos intermedios, llamados hubs, desde los cuales se irradian tráficos a destinos de menor tráfico mediante trasbordos (Peyrelongue, 2010). En la década de 1990 este sistema fue implementado e intensificado en el transporte marítimo de cargas, conformándose grandes hubs o centros de trasbordo continentales, como Singapur en el sudeste asiático o Rotterdam y Amberes en la Unión Europea. Los principales puertos del mundo, entonces, se convierten en centros de carga que distribuyen por partes el tráfico recibido hacia instalaciones secundarias, mediante buques de menor tamaño.

Los hubs tuvieron un gran desarrollo apoyados en la introducción del contenedor para el transporte de cargas generales, permitiendo que una carga cambie de modo (marítimo, carretero, ferroviario) sin necesidad de manipulación directa; es decir, se eliminó la ruptura de cargas en puertos y terminales (Antún, 1995/2013). Todo el procedimiento simplificó la operatoria, redujo los tiempos de carga y descarga y por lo tanto los costos de la actividad, además de integrar los distintos modos de transporte (en especial los modos marítimo, carretero y ferroviario) en los extremos de la cadena, esto es los tráficos más cercanos a los puntos de origen y destino de las cargas, en sistemas de transporte que se dieron en llamar intermodales.

Por su parte, y al no necesitar entrar a los puertos de menor calado, los buques que transitan los océanos y son atendidos por puertos hubs fueron reduciendo su número y creciendo en tamaño. Así, se pasó del buque de diseño Panamax (llamado de este modo por ser el mayor buque que podía atravesar el Canal de Panamá) a otros mayores -denominados Post-Panamax- en una progresiva tendencia al gigantismo que aún no ha finalizado. En años recientes, los buques insignia de las grandes navieras internacionales superan los 20.000 TEUs de capacidad (en los tráficos de Sudamérica, los buques de mayor porte llegaron en 2014-15 a los 10.000 TEUs). El actual escenario enfrenta a los puertos al desafío de modificar sus instalaciones y calado para atender los nuevos buques; así, en junio de 2016 se inauguró la ampliación del Canal de Panamá para permitir el paso de los buques de hasta 13.000 TEUs de capacidad. Los buques porta contenedores más grandes que transitan las rutas sudamericanas necesitan, a carga completa, profundidades de 14 metros, esto es más de 45 pies (Sánchez et al, 2015). La actual dinámica provoca desplazamientos de la actividad económica, que repercuten en las economías regionales afectadas, es decir en el hinterland de cada puerto que ve aumentado o reducido su tráfico. En muchos casos, las políticas portuarias se diseñan según las características de las embarcaciones que utilizan (o lo harán potencialmente) las instalaciones locales. Los armadores operan en un mercado global, los efectos de las políticas portuarias desarrolladas en cada terminal son ahora de mayor impacto, pudiendo interferir en la distribución de los tráficos generados más allá de las propias fronteras nacionales (Heaver, 1995; García Alonso y Sánchez, 2006).

En este sentido, el desarrollo de políticas de transporte regional debe conciliar los intereses de los diferentes factores del proceso del transporte marítimo (demanda y volumen de transporte, nuevos patrones de localización productiva, impactos en el transporte terrestre, logística de cargas y cambios en la flota de las navieras) con los factores estructurales o de modificación más lenta en el tiempo (profundidad de las vías navegables, conexiones viales o ferroviarias a los puertos, concesión de la operatoria portuaria, inversiones). Con lo cual es posible inferir, en líneas generales, que el sector público controla los factores estructurales y el largo plazo, mientras que el sector privado opera sobre los factores dinámicos relacionados con el transporte marítimo a escala global y controla las condiciones de corto plazo, con capacidades en muchos casos, superiores a los propios países en los que operan.

2.2. Cadenas logísticas en los hinterlands portuarios

La noción de hinterland resulta esencial para comprender el perfil de los puertos de exportación e importación de cargas, dado que en la relación de un puerto y su hinterland está cifrada buena parte de la competitividad tanto de las terminales portuarias como de los centros de producción y consumo vinculados mediante la conectividad de las redes de transporte terrestre.

El término hinterland, en líneas generales referente a una región interior respecto de un punto geográfico dado -por ejemplo, una ciudad costera-, fue adoptado por la jerga logística para hacer referencia a las áreas adyacentes a los puertos, que éstos sirven, y a su vez los proveen de tráfico, es decir de mercaderías para su transporte a otros destinos. Su opuesto, el foreland, comprende los destinos externos conectados con esos puertos por vía marítima (Martínez Pardo et al, 2012). El desarrollo de los distintos medios de transporte en las últimas décadas fue ampliando su sentido y proporcionando cierta historicidad. Lo que antes se definía como un espacio lineal de contigüidad, hoy es una red que involucra intercambios económicos, logísticos e incluso poblacionales, desde el abordaje de los estudios comprendidos en la economía del transporte.

Así como hoy los puertos pueden clasificarse en distintos tipos, también hay quienes distinguen varias clases de hinterlands. En su caracterización del concepto, García Alonso y Sánchez (2006) parten de una noción más amplia -el territorio que genera el tráfico del puerto- para complejizarla a partir de la visión dual de Schut (1977): “el hinterland o área de influencia de una instalación portuaria es aquel espacio geográfico en el que se origina el grueso del tráfico de esta, como así también otro más estrechamente relacionado con el puerto en cuestión que con ningún otro”. Los recientes desarrollos del transporte internacional fueron abaratando los costos a medida que crecían las distancias de los tráficos y han hecho que la economía básica de un puerto -servir al área geográficamente inmediata- pueda extenderse más allá de la zona natural de influencia, captando territorios más lejanos o que eran servidos de forma menos eficiente por otros puertos más cercanos a ellos; e, inversamente, verse amenazada por éstos. En base a estas afirmaciones, Slack (1993) distingue entre hinterland natural o primario, que sería todo aquel territorio para el cual el puerto considerado es la instalación más próxima; e hinterland competitivo, aquel ganado a otro puerto. Sánchez y Wilmsmeier (2006) distinguen por su parte entre hinterland central, congruente y extendido, según los tramos o funciones de demanda de los servicios portuarios.

Los grandes hubs cuentan con un hinterland extendido, ya que los destinos finales de la carga suelen estar muy alejados del área inmediata de influencia “natural” de estos puertos. Algunos tienen sentido puramente como puertos de trasbordo: un caso extremo es Singapur, cuyas cargas son sólo el 18% generadas en la isla, siendo el 82% restante conexiones y trasbordos de cargas entre el sudeste asiático y las rutas principales de América del Norte y Europa (Peyrelongue, 2010). Rotterdam, en cambio, es un puerto destacado por sus conexiones multimodales con los grandes centros de producción y consumo del norte de Europa y del Mediterráneo, que aportan el 60% de sus cargas (Drewry, 2002). Es un caso clásico de hinterland extendido.

En el otro extremo de Singapur, los puertos contiguos de Long Beach y Los Angeles, en la costa californiana, son el hub más importante de América en el Pacífico, el 85% de su tráfico contenerizado proviene de un amplio hinterland conectado por corredores ferroviarios con las regiones industriales del centro-este de EEUU y también por medio de la red ferroviaria mexicana al sur, concentrando cargas de ambos países (Drewry, 2002). Sólo un 15% corresponde al trasbordo de cargas de otras rutas marítimas, incluyendo flujos de cargas contenerizadas entre Latinoamérica y el este de Asia.

Es significativo que las cargas marítimas de la costa sudamericana del Pacífico circulen largas distancias en sentido norte hasta Long Beach/Los Angeles, ya que realizan recorridos más extensos que en el viejo sistema de tráficos “punto a punto”. Pero el desarrollo de grandes buques portacontenedores motivó que un tercio del costo promedio de los tráficos corresponda a las rutas marítimas, siendo el mayor componente del costo dedicado a la estiba y operaciones portuarias (Peyrelongue, 2010). Es un ejemplo de los cambios que el sistema de hubs han supuesto en los tráficos internacionales de cargas, y también del menor peso relativo de la costa oeste de Sudamérica, que presenta en la cordillera de los Andes una severa limitación física para el desarrollo de hinterlands portuarios, desde los puertos del pacífico hacia territorio continental (Hoffmann, 2000).

En el Atlántico, por otro lado, varios puertos compiten por posicionarse como hubs regionales para el trasbordo de las cargas con destino a los grandes hubs de América del Norte y el Caribe. El sistema para su optimización requiere la consolidación de un segundo nivel de hubs regionales de menor capacidad que alimenten a los grandes puertos concentradores (menos de una decena a nivel global), funcionando como nodos satélites conectados con los principales hubs, llamados puertos alimentadores (feeders) componentes de las cadenas de distribución física internacional, de menor escala y cercanos a los centros de producción de los países (Peyrelongue, 2010).

Por cuestiones de latitud, los puertos argentinos son del tipo “fin de línea”, es decir que los tráficos terminan o comienzan, lo cual limitaría las posibilidades de desarrollar un hub regional. Una aproximación a este tipo de infraestructuras es el puerto de Buenos Aires, en los últimos años se ha especializado en contenedores, pero por cuestiones de volumen y competencia con puertos cercanos como Montevideo, así como problemas intrínsecos de su geografía, termina dependiendo de hubs conectados con tráficos de mayor volumen ubicados al norte, como es el caso de Santos en Brasil.

El desarrollo de los sistemas hub and spoke y la extensión de hinterlands naturales no está exento de polémicas. Peyrelongue destaca la influencia de los países centrales, que desarrollaron el sistema para inducir mayores volúmenes de tráficos este-oeste a lo largo del hemisferio norte, en relación a la implementación de estos esquemas operativos por parte de los países del hemisferio sur, en particular los de Latinoamérica: “generalmente, la ortodoxia dominante tiende a ser asumida por gobiernos y actores de países periféricos, y, en esa medida, los modelos propuestos son aplicados de manera mecánica, obviando realidades nacionales y la existencia de un sistema jerárquico de relaciones internacionales. Un ejemplo evidente de tal situación es la multiplicación de proyectos para construir puertos hubs en cada país latinoamericano, sin reparar en el hecho que dichas instalaciones requieren, por definición, concentrar y distribuir grandes flujos de carga contenerizada, que no todos los países de la región producen por sí solos. Tampoco se suele analizar el impacto provocado por la presencia o ausencia de corredores internacionales de carga multimodal en la localización y desarrollo de dichos hubs” (2010, pp. 324-325).

Según datos de Containerisation International, en 2014 las cargas contenerizadas globales habían sumado unos 679 millones de TEUs, de los cuales más de 528 millones (casi el 78%) correspondían al tráfico de América del Norte, Unión Europea y el este asiático, es decir flujos este-oeste; mientras que los flujos norte-sur comprenden el 22% restante. Los datos constituyen la evidencia que Sudamérica posee un rol menor en el tráfico global de contenedores (por su riqueza en recursos naturales, la mayor parte de las cargas son graneles). No obstante, y de manera parecida a la forma de ponderación del nivel de industrialización de un

país como medida de su desarrollo, la literatura internacional suele coincidir en que el grado de contenerización de un puerto es un índice de desarrollo a considerar.

Hoffmann (2000) ubica en el Caribe los principales hubs latinoamericanos, más allá de la obvia presencia de Panamá como nodo relevante entre el Pacífico y el Atlántico. Pero advierte que el Pacífico sudamericano no tiene las mismas ventajas comparativas: no se cruzan rutas, los volúmenes son relativamente bajos y la ubicación no favorece a ningún puerto en particular a lo largo de la costa (como fuera mencionado, hay un trasbordo creciente de cargas provenientes de Chile, Ecuador o Perú que se realiza en EE UU, Panamá o incluso Jamaica). En la costa atlántica de América del Sur, en cambio, la integración económica del Mercosur y las conexiones terrestres y fluviales conducen a un potencial creciente en la concentración de cargas por carretera o ferrocarril, favoreciendo la formación y extensión de hinterlands naturales. Los problemas, en la visión de Hoffmann, no son físicos sino normativos: restricciones en el cabotaje, dificultades laborales y obstáculos legales para las operaciones de trasbordo.

De todos modos, los hubs regionales no dependerán sólo del trasbordo sino también “de los flujos que logren atraer desde ‘tierra adentro’, es decir, desde su zona de influencia territorial o hinterland” (Peyrelongue, 2010, p. 337). Desde la perspectiva de esta visión, los hubs que lograron diversificar las modalidades de atracción de carga y en especial que pudieron expandir su hinterland -y aquí pone énfasis en las redes intermodales de transporte hacia el interior- “parecen encontrarse en una posición más sólida para afrontar tanto las fluctuaciones en el mercado, como las decisiones de las navieras y los operadores marítimos en cuanto a cambios en las rutas y puertos de recalada” (ibídem). Es decir, la inserción de estos puertos en las redes globales de tráfico de cargas -y su posición en dichas redes- tendrá un impacto directo en sus economías. Pero su competitividad a tal efecto, es decir su atractivo como centro concentrador de redes de transporte marítimo, tendrá que ver con las redes de transporte interior (terrestres) que vinculan al puerto con su hinterland (Acciaro y McKinnon, 2013; Merk y Notteboom, 2015).

En resumen, siguiendo a García Alonso y Sánchez, la posición estratégica de un puerto se define de acuerdo con dos parámetros: el potencial de la instalación para retener el tráfico generado en su entorno (hasta hace poco el único relevante), y su capacidad para atraer hacia sí conexiones terrestres y líneas marítimas suficientes conectadas con las principales rutas de transporte, sobre todo en transporte de contenedores y logística multimodal (2006). El aumento de la distancia recorrida por las cargas y la extensión del hinterland de cada puerto propende a la competencia entre puertos, tanto por el tráfico “natural” como por el que pueden captar de las grandes líneas de carga, a escala regional o global. El puerto, natural vinculación entre interior y exterior, une de esta manera el tráfico global y el local, y prolonga uno en el otro, en ambos sentidos.

En la actualidad, la dimensión del hinterland de un puerto varía según las mercancías, la época y el modo de transporte al cual se vincule, por lo que éste resulta una noción no lineal, así como el puerto dejó de ser “terminal” para convertirse en nodo de una red regional y aun global (Notteboom y Rodrigue, 2007). Lo cual se debe a la superación de los límites físicos que circunscribían su área de influencia a los centros de producción y consumo más cercanos, si bien la extensión de dichos límites es a veces sobredimensionada por los propios operadores portuarios (Debie y Guerrero, 2006). Motivo por el cual, la literatura (van Klink y Winden, 1998; Rodrigue, 1999; Wilmsmeier et al, 2011) define el concepto como el área que puede ser atendida a un costo menor (ya sea en tarifas o tiempos de operación) en relación con cualquier otro puerto.

Es decir, la noción de hinterland ha evolucionado desde lo geográfico hacia lo económico, dado que el área de influencia de un puerto está delimitada por su eficiencia y mercado de transporte, siendo esta una interpretación genuinamente económica (Sánchez, 2006). Por lo tanto, y siguiendo a Slack, es posible afirmar que el hinterland de un puerto es un mercado, y de ahí su interés económico. Es el mercado en el que compete con otros para atraer tráfico hacia sus instalaciones; esto es, su mercado relevante, y tendrá tantos como variedades de productos/servicios ofrezca en competencia con otros puertos. La clave está entonces en

comprender cómo es el desempeño del operador portuario y qué resultados obtiene en cada caso (García Alonso y Sanchez, 2006).

La interacción puerto-hinterland juega un papel cada vez más importante en la configuración de soluciones en las cadenas de suministros para los proveedores de servicios logísticos y transportistas. De ahí que Debrie y Guerrero lo definan desde la perspectiva logística, como “el espacio terrestre en el que se localizan los lugares de origen y destino de los tráficos portuarios” (2006, p. 275). Preocupaciones sobre la escasez de transporte intermodal y la fiabilidad en los niveles de servicio de la oferta logística, han llevado a los puertos marítimos y a los operadores de transporte de los hinterlands a asumir un papel más activo en las cadenas de suministros (Notteboom, 2008). Es lo que ocurre en la Unión Europea, donde la densidad portuaria exige a las terminales el desarrollo de nuevos servicios y buscar ventajas comparativas para captar cargas que se movilizan por puertos vecinos; es una competencia por la accesibilidad que repercute en la economía de los países involucrados. Cabe acotar que América Latina es vista por los operadores logísticos, de manera crónica, como una región con deficiencias notables en este aspecto y con un potencial considerable de desarrollo (Blyde, 2014).

De hecho, autores como Notteboom y Rodrigue (2005) señalan que “la distribución interior se ha convertido en una faceta muy relevante de la globalización, el transporte marítimo y la distribución de mercancías”. Según su investigación conjunta, el costo del transporte terrestre supone una parte muy importante de los costos logísticos, los cuales podrían reducirse hasta en un tercio si se desarrollaran las estrategias adecuadas. En esta cuestión radica el interés de avanzar en investigaciones relacionadas con la temática.

A partir de la revisión realizada por García Alonso y Garduño (2014) se concluye que, desde la perspectiva de los tráficos, la identificación de los factores determinantes de su distribución interportuaria puede ayudar a anticipar la evolución de los corredores de cargas, motivo por el cual es indispensable comprender la forma en que se configura y cómo evoluciona el hinterland; es decir, por qué los flujos de tráfico se distribuyen entre los puertos del modo en que lo hacen. Pese a ello, los trabajos empíricos centrados en este tema han sido tradicionalmente escasos. Si bien la revisión de la literatura refleja un interés creciente acerca del tema de la elección portuaria desde las dos últimas décadas, el enfoque de los trabajos empíricos publicados está desequilibrado: la gran mayoría de ellos se han desarrollado desde la perspectiva marítima, dejando de lado el punto de vista terrestre (Cullinane & Wilmsmeier, 2011; García Alonso y Garduño, 2014).

2.3. El rol de la cadena logística en la competitividad portuaria

Las cadenas internacionales de suministros se tornan cada vez más complejas, y las empresas transnacionales confían en la efectividad del just in time para el abastecimiento global de productos terminados y semielaborados, por lo tanto los operadores logísticos se enfrentan con demandas, por parte de sus clientes, que presentan mayores exigencias en términos de fiabilidad y puntualidad de las entregas. Bowersox et al. (2000) observan una transición hacia redes flexibles y dinámicas orientadas a las redes de negocios donde la economía, la calidad y la sustentabilidad están muy igualadas, como así también la gestión de la información para el diseño de operaciones en tiempo real, los sistemas de comunicación y los procesos orientados a la demanda, considerados críticos.

Heinrich y Betts (2003) sugieren que la red de negocios debe transformar sus cadenas de suministros estáticas para adaptar sus redes al incremento de su competitividad y robustez. Van Heck Vervest (2007) enumera así los elementos clave desde la lógica de una red empresarial de negocios optimizada:

- i. Selección de miembros: selección activa de los nodos de la red;
- ii. vinculación: desarrollos activos de (nuevas) relaciones entre los nodos de la red;

- iii. ajuste de objetivos: coordinación de las tareas y responsabilidades;
- iv. administración del riesgo y compensaciones;
- v. mejora continua, incluyendo la renovación de la red;
- vi. mecanismos de tolerancia a las fallas.

En este sentido, el desarrollo de tipo “puerto extendido” para terminales de contenedores debe ser considerado como una innovación específica en la red de negocios, donde la lógica de negocios interconectados es aplicada a una red de terminales interiores multimodales.

Por lo general, el transporte no es considerado parte del proceso de diseño de las cadenas de suministros, sino que su demanda es derivada de las decisiones tomadas por estas cadenas, generalmente a un nivel operativo de mayor jerarquía y en ocasiones ni siquiera en la misma empresa, ya que estas funciones de la cadena suelen ser tercerizadas o subcontratadas. Por lo que no suele desarrollarse integralmente, sino que el cliente elige en el contexto de las opciones ya existentes. Rodrigue (1999, 2008), analizando en particular puertos europeos, observa cierta incertidumbre en las cadenas de valor referida al transporte y la logística; es el proceso menos tecnificado en términos de criterios para la optimización de costos y optimización de sus niveles de productividad. Como consecuencia, observa un potencial en la sincronización de actividades en las terminales de portuarias a través de dichas cadenas, que pueden constituir un factor relevante de beneficios, a la vez que optimizan su eficiencia debido a la práctica periódica del just in time.

En síntesis, hay un cierto mérito a partir de la racionalización en las redes de transporte con influencias positivas en la optimización de las cadenas de suministros, y los nodos (como terminales portuarias, centros de distribución, plataformas logísticas, terminales ferroviarias, etc.) de transporte aparecen como los componentes del sistema con mayores oportunidades para el desarrollo de mejoras. El concepto de puerto extendido es un ejemplo a partir del cual puede considerarse que las terminales portuarias y las terminales interiores de cargas, con sus cadenas logísticas vinculadas, son una parte esencial del sistema productivo, generando beneficios técnicos y económicos desde la oferta de transporte y los servicios logísticos asociados.

El desarrollo de redes de transporte con mayor integración facilita la expansión de las cadenas logísticas de largo alcance, y resulta entonces una opción para insertar a un país de industrialización reciente en el sistema del transporte global. El “puerto seco” (dry port) es un ejemplo de este tipo de innovación más allá del límite costero. La idea subyacente es que hoy no todas las actividades económicas e industriales son llevadas a cabo necesariamente cerca de los puertos (práctica extendida en muchos países de la periferia, y en el pasado en los centrales): un buen estado de la infraestructura y sus nodos de transporte en el interior, alejados de las terminales portuarias, pueden contribuir al crecimiento del comercio, y conducir al desarrollo regional de los hinterlands.

Leveque y Roso (2002) definen el puerto seco como “una terminal intermodal interior directamente conectada a uno o más puertos de alta o mediana capacidad de transporte, donde los clientes pueden dejar/recoger cargas estandarizadas como si directamente fuera un puerto marítimo”. La intención es que actúe como una extensión del puerto, tanto para el tráfico de exportación como de importación. Así, el puerto seco puede constituirse como un operador de transporte agregado a la cadena de actores que conforman una red logística. Este tipo de puertos son utilizados para consolidar cargas, y sobre todo para servir a una comunidad de dadores de carga y operadores de transporte y logísticos. El principal objetivo es transferir actividades del puerto marítimo hacia el puerto seco, fundamentalmente para resolver tensiones en entornos congestionados y mitigar sus externalidades, pero también apalancan beneficios adicionales, como la inducción a las condiciones necesarias para la reasignación modal, por ejemplo, con un aumento de la participación ferroviaria en la matriz de cargas terrestres, generando mejoras en la conectividad y accesibilidad desde zonas lejanas a las terminales portuarias.

La visión de los puertos secos desde una perspectiva económica es planteada por Notteboom y Rodrigue (2005), que observan el desarrollo de redes en el hinterland como un nuevo escenario de la competencia entre los puertos marítimos. Rotterdam, Amberes y otros puertos de Alemania y España, así como diversos puertos estadounidenses, han desarrollado hasta cierto punto el concepto de puerto seco. En Gran Bretaña, las prácticas y procedimientos locales ya facilitan la operatoria sin papeles en estas instalaciones, incluyendo el preembarque de los contenedores, una condición recomendada por Leveque y Roso con algunas dificultades para su implementación. Blyde (2014) identifica un caso de este tipo en la ciudad argentina de Rafaela, en la provincia de Santa Fe, donde una empresa autopartista logro la radicación de una oficina de aduana en su planta industrial para evitar demoras y facilitar la gestión documental de sus exportaciones directamente embarcadas en las terminales portuarias.

En otras partes del mundo, a menudo existen puertos secos con propósitos mucho más pragmáticos. Por ejemplo, el paso de Kazajstán a China está restringido, y la única forma de cruzar la frontera con camiones es por un corredor de tránsito con controles estrictos entre un puerto seco del lado chino y otro del lado de Kazajstán (Wang y Wang, 2010). En muchos otros casos, el puerto seco es meramente una extensión de la infraestructura del puerto marítimo, cuyo propósito es desbloquear el área adyacente de un puerto. Veenstra et al (2012) llaman a esta integración del puerto seco con un puerto de marítimo un sistema de “puerta extendida” (extended gate), donde la carga llega por vías intermodales desde el interior del hinterland, para realizar las gestiones aduaneras, y a continuación la manipulación y transporte es realizado por la propia terminal marítima a través de modos y encaminamientos óptimos (por ejemplo, con arribos al puerto principal por vía fluvial o ferroviaria). Sin embargo, Monios (2011), analizando los puertos europeos, concluye que existen desarrollos diferentes con una misma denominación, también hace referencia al término “puerto seco” como un concepto utilizado desde hace varias décadas, refiriendo originalmente a terminales ubicadas en países o regiones sin salida directa al océano. La diferencia principal, según Monios, está en que las terminales antiguas contaban con un modelo de gestión en el cual la operatoria del transporte (en particular la ferroviaria) era realizada por empresas públicas; en la actualidad los nuevos desarrollos parten de la iniciativa de los operadores portuarios o marítimos, y las conexiones intermodales pueden ser llevadas a cabo por operadores logísticos integrados verticalmente, con la participación de diferentes empresas relacionadas al transporte y los procesos logísticos, como operadores portuarios, ferroviarios privados, proveedores de servicios logísticos integrales 3PL y de transporte marítimo.

La revisión de la literatura sobre hinterlands portuarios y cadenas logísticas permite identificar una serie de temas clave desde el punto de vista del transporte y el territorio, por ejemplo, los patrones de movilidad de cargas que ocurren en el interior de los hinterlands como así también ponderar los principales corredores de transporte, estimar la dimensión de los hinterlands y determinar su relevancia para el sistema portuario en función de su especialización determinada por el comercio exterior de un país.

Las relaciones del transporte en cuanto a su demanda y cobertura se materializan en el espacio geográfico, los movimientos resultantes pueden interpretarse como una serie de interacciones espaciales compuestas por pares de orígenes y destinos (Rodrigue, 2006). El método para estimar la dimensión de un hinterland, básicamente, es identificar las zonas de origen que aportan tráficos convergentes a un puerto, los destinos son puertos receptores de flujos de cargas destinados al mercado externo, en el caso de las exportaciones, la secuencia es inversa en el caso de las importaciones. Los estudios tradicionales consideran los pares de origen y destino, pero existe cierta tendencia a no incluir elementos de análisis relacionados con los procesos logísticos y de transporte, localizados en diferentes tramos de red que estructuran las áreas de influencia portuaria, estos elementos, los tramos, son un factor relevante en la definición de los hinterlands.

En relación con la literatura referente al tema producida en el país, no se han encontrado trabajos sobre encaminamientos de los tráficos de carga desde los lugares de producción hasta los puertos exportadores y tampoco sobre la vulnerabilidad de las redes y criticidad de los tramos viales vinculados a los accesos portuarios. La vulnerabilidad de la red vial constituye un factor relevante considerando procesos como: su

afectación resultante del cambio climático con las consecuentes pérdidas de accesibilidad y la necesidad de su adaptación, la capacidad de resiliencia de las redes de transporte terrestre y la robustez de las cadenas de abastecimiento. Considerando la infraestructura vial como el principal soporte de las cadenas logísticas de los hinterlands portuarios.

2.4. Delimitación y caracterización de los hinterlands

Como fuera mencionado, los estudios sobre competitividad portuaria tienden a tomar la perspectiva de los operadores marítimos, es decir identifican al puerto desde fuera. En comparación, es mucho menor la cantidad de trabajos enfocados a las conexiones entre los puertos y las zonas de producción y consumo aledañas al interior de los países. Partiendo de tales afirmaciones es posible entender el motivo por el cual los hinterlands, cuya importancia crece en la consideración de las terminales portuarias, no hayan sido foco de los estudios tradicionales, recién fueron considerados en años recientes (Campos Neto y Santos, 2005; García Alonso, 2005; Pizzolato et al, 2010; Martínez Pardo et al, 2012; Wang et al, 2016, entre otros).

En el pasado, uno de los métodos utilizados para definir el área de influencia al interior de un puerto consistía en el trazado de líneas isométricas que unían puntos equidistantes entre ese puerto y los contiguos, considerándose que las cargas serían direccionadas al puerto más próximo. La conexión ferroviaria facilitó una expansión radial, que a su vez, estimuló la formación de grandes centros urbanos (Kraft et al, 2014). Ya en 1948, F.W. Morgan (citado en Degrossi, 2001) propuso delimitar el hinterland de un puerto a partir del análisis del movimiento de las cargas de la región adyacente, estableciendo una división entre hinterland primario, secundario y marginal según fuera la importancia del puerto estudiado en el movimiento de las cargas de cada área.

La situación actual respecto a la reducción de los costos del transporte y la accesibilidad facilitada por la conectividad terrestre de las redes viales y ferroviarias con los principales centros logísticos o nodos portuarios, ha multiplicado las opciones para productores y transportistas, por lo tanto la delimitación de un hinterland se hace mucho más compleja y su configuración evoluciona permanentemente según la dinámica de los factores que intervienen en la toma de decisiones (costo de los fletes, estado de las rutas, especialización portuaria, exenciones impositivas, participación en CGVs, etc.). No son suficientes los factores estáticos clásicos para cuantificar la influencia de un puerto. Es en base a esto que Notteboom y Rodrigue (2007) proponen una evaluación a la vez física, macroeconómica y logística.

Una perspectiva económica para el análisis de la dimensión de un hinterland portuario ha sido contemplar las estadísticas aduaneras, tanto en lo que hace al comercio exterior (McCalla, 1999; García Alonso, 2005) como a los tributos fiscales que genera dicha actividad (Martínez Pardo et al, 2012). Cabe acotar que en el caso de los manifiestos aduaneros, la información sirve tanto para identificar el hinterland como el foreland. La combinación de esta información con la de cámaras de empresas exportadoras e importadoras, operadores portuarios y otros actores vinculados a la actividad permite profundizar el análisis, dado que a la circunscripción de la información estadística por provincias se suma la medición del impacto regional de cada terminal portuaria: los límites del hinterland dependen de la localización de las empresas de origen o destino de las cargas que atraviesan ese puerto, ya sea que el proceso se complete dentro de la región o que ésta sea un eslabón de una cadena más amplia (Debie y Guerrero, 2006). Los procesos informáticos de generación y entrecruzamiento de la información hacen posible gestionar bases de datos de mayor tamaño que en décadas anteriores. De esta manera, se pueden realizar estudios cuantitativos más allá del uso o no de testimonios por parte de los usuarios de los puertos (García Alonso, 2005).

Dado que actualmente los usuarios de un puerto no precisamente están distribuidos de manera homogénea dentro de las fronteras de una provincia o municipio, los beneficios directos que se derivan de la actividad de un puerto no se agotan en su hinterland físico natural, de hecho, es posible que ni siquiera tengan relación

directa con este territorio (Martínez Pardo et al, 2012). Las empresas exportadoras, que no están localizadas cerca del puerto, tienen a su vez vínculo con los mercados locales de empleo, que también pueden ser considerados parte del hinterland, así como puede ocurrir en una CGV. La densidad poblacional de una región, por sí sola, no explica la dimensión del hinterland del puerto que la sirve, como demuestran Debie y Guerrero (2006) comparando la actividad de los puertos de Génova y Barcelona.

Un mercado laboral local puede definirse a partir del cotejo entre la población residente de un municipio y sus desplazamientos (viajes pendulares, o commuting) hacia los lugares de trabajo, dado que la fuerza de trabajo hoy también es una variable con cierta independencia de la espacialidad inmediata, replicando de alguna manera la fragmentación de los orígenes y destinos de la carga (Kraft et al, 2014). Así, pueden delimitarse mercados laborales locales con independencia de los lugares de residencia, considerándose por ejemplo áreas donde un 75% de los residentes también trabajen allí y viceversa (siendo la idea que no son exactamente los mismos unos que otros, ya que existen desplazamientos entre ciudades de una misma área), (Martínez Pardo et al, 2012).

Este enfoque mixto se sirve del mayor desarrollo de los estudios de movilidad urbana de personas, en comparación con los de transporte de cargas, para la delimitación de hinterlands. Efectivamente, los flujos del transporte terrestre pueden dividirse fácilmente entre cargas (manipuladas por los operadores logísticos, en las distintas etapas entre los centros de producción y consumo) y personas (flujos que en la corta distancia se centran en el commuting), según los vehículos que circulen en la red; y así como aquéllas constituyen el insumo principal de la red logística de un hinterland portuario, éstas lo son de la red constitutiva de un hinterland urbano (Kraft et al, 2014). Puede decirse que los estudios de hinterland urbano son anteriores y más desarrollados que los de hinterland portuario o de centros logísticos. Y los trabajos de investigación más recientes sobre movilidad de personas reflejan una complejidad de movimientos que va más allá de los efectos centrífugos y centrípetos de la geografía local, generándose variables cada vez más policéntricas, que involucran desplazamientos laterales y tangenciales entre centro e hinterland y también entre hinterlands diferentes (G. Puebla y G. Palomares, 2007).

Sin embargo, la evaluación de esta complejidad creciente en la organización espacial, máxime tratándose de desplazamientos, es decir interacciones espaciales transitorias, multiplica los problemas para limitar el campo de estudio, y también para detectar patrones en volúmenes de información cada vez más considerables, sobre todo en la geografía urbana y en los países desarrollados, pioneros en este tipo de estudios. En comparación, la geografía del transporte de cargas puede resultar un poco más predecible, y con una menor cantidad de variables, en especial en países menos desarrollados, con redes logísticas de baja complejidad (aunque, en el caso argentino, de gran extensión). En este universo, la principal limitación son las bases de datos disponibles, dependientes de fluctuaciones económicas y políticas de los países involucrados; si bien esta limitación también puede ocurrir en países desarrollados como España, situación verificada en el estudio de García Alonso (2005).

En Brasil, Campos Neto e Santos (2005) realizaron un estudio del puerto de Santos considerando los valores de importación y exportación, orígenes y destinos de los productos; el comercio exterior de cada municipio; y la importancia del puerto en la balanza comercial de esos municipios. Así se delimitó un hinterland primario de cinco estados adyacentes al puerto, y otro secundario, también compuesto por cinco estados, más alejados. Pero la dimensión del hinterland delimitado dependerá de los criterios de corte: en este caso, un valor mínimo de US\$ 100 millones anuales en el comercio de cada unidad estudiada que despachaba su producción por el puerto, y una participación de este no menor al 10% sobre el comercio internacional de dicha unidad federal, para integrar el hinterland primario. Un criterio de corte más exclusivo reducirá el tamaño del hinterland resultante: así, Pizzolato et al (2010) fijaron un market share del 70% en su estudio del puerto de Rio Grande, arribando a un área sensiblemente menor. Ya Debie y Guerrero (2006), a partir de un estudio cualitativo, asignaban al puerto de Barcelona un hinterland no mayor a 100 km de radio, en base a testimonios de los actores portuarios, y a pesar de las tendencias ya marcadas sobre la extensión de los recorridos por

contenedor. En este sentido, cada locación estudiada tendrá sus propias particularidades (físicas, poblacionales, logísticas etc.) que influirán sobre el método a utilizar.

Van Klink y Winden (1998) proponen un método de delimitación a partir de las siguientes variables: identificar los principales clientes del puerto en un radio de 500 km con los puntos de origen de los contenedores movidos por ese puerto; determinar los costos de transporte entre el puerto y los municipios de origen/destino de las cargas, así como los de puertos competidores; comparar los costos de transporte para identificar los municipios desde donde éstos son más competitivos, e identificar los mercados potenciales, y aquellos donde los costos son similares a los de puertos competidores, para identificar áreas de concurrencia entre dichas terminales. El análisis logístico puede comprender modos diferentes que puedan añadir competitividad en la vinculación con los centros de producción, como el fluvial o el ferroviario. Dicha metodología fue utilizada en Brasil para estudiar los puertos de Bahía y el área de São Paulo.

El estudio de Pizzolato et al (2010), centrado en el puerto de Rio Grande en el sur de Brasil, comienza por diferenciar entre la delimitación del hinterland actual de un puerto y la de su hinterland potencial, y afirma si bien lo ideal es una combinación de ambas, la primera sólo pueden determinarla los propios operadores portuarios, ya que equivale a una “fotografía” de un momento de la operatoria, siempre variable tanto por estacionalidad como por distancia. Para el análisis se vale de un método mixto, considerando las exportaciones por contenedor de las ciudades gaúchas (del Estado de Rio Grande do Sul), los volúmenes de carga involucrados (hasta aquí datos absolutos), la participación relativa del puerto de Rio Grande en el comercio exterior de esas ciudades (desde donde se deduce un hinterland primario y otro secundario), y la utilización de un algoritmo para suplir la falta de datos confiables sobre costos del transporte interno, permiten arribar al hinterland potencial. Los datos resultantes fueron georreferenciados utilizando imágenes satelitales, mediante un sistema GIS. Para el referido análisis fue necesario compatibilizar las bases de datos disponibles.

El uso de modelos matemáticos permite modelizar la demanda y determinar las probabilidades de tráfico de cargas en un trayecto determinado a lo largo de un período también determinado, deduciendo en situaciones de aparente aleatoriedad a partir del uso de modelos de elección cualitativa o discreta (discrete choice model), obteniendo aproximaciones de razonable certeza a partir de los datos disponibles. Wang et al (2016) llegaron a diseñar un algoritmo capaz de comprender el comportamiento de las cargas a lo largo de una red intermodal. Algunos de estos estudios, se centran en las posibilidades de un único puerto (generalmente a pedido del operador portuario), para su realización deben ser consideradas las de sus competidores; otros, aprovechando la relatividad de los datos y la necesidad de extender el campo de estudio para comprender todas las variables, se han dedicado a delimitar los hinterlands de todos los puertos de una región, como García Alonso con las terminales marítimas españolas (2005).

Partiendo de las anteriores afirmaciones, los modelos de elección cualitativa no son la única herramienta para discernir el comportamiento de los usuarios de una red. El modelo de Huff, desarrollado hace más de medio siglo para la estimación de la capacidad de atracción de los nuevos shopping centers ubicados en áreas suburbanas de EEUU, incorpora dos variables centradas en las fuerzas de atracción y repulsión (conocidas como masa y fricción) que atraen al consumidor a un destino determinado. La variable distancia es reemplazada por el tiempo de viaje, actualizando la ecuación resultante, y también se considera la clásica relación entre costo y beneficio como factor determinante en la elección del usuario: éste podrá, por ejemplo, elegir una ruta más larga si el tiempo para recorrerla es más corto que el de la ruta tradicional (ej. autopistas).

El uso de tiempos de viaje, así como la posibilidad de superponer áreas de influencia de centros vecinos entre sí, ha hecho que este modelo resulte atractivo también para el análisis de redes de transporte de carga; así, Zhuang y Yu (2014) y Grecco Zanon Moura et al (2017) proponen adaptaciones del modelo de Huff para delimitar hinterlands portuarios, utilizando las posibilidades del software ArcGIS para el desagregado de datos y acumulación de éstos en shapefiles. Como en el caso del modelo original, estas adaptaciones buscan determinar los puntos de atracción y repulsión de nodos vecinos entre sí, y cuyas áreas de influencia tienden

a superponerse (Shanghai y Ningbo en el primer estudio mencionado; Bilbao, Barcelona y Valencia en el segundo).

3. Carga de la red, vulnerabilidad y criticidad

En la actualidad la extensión de un hinterland portuario va más allá de su desarrollo natural y se transforma en un desafío económico para el puerto involucrado. En ese desafío los caminos al interior del hinterland y los modos de transporte involucrados son de vital importancia para captar nuevas cargas o perder las actuales. Esto involucra no sólo la existencia de dichas vías y su buen estado, sino el articulado de la red y la densidad del tráfico que circula en sus diferentes tramos. La logística just in time requiere redes de gran articulación y fiabilidad para permitir la mayor fluidez posible en el tráfico de las cargas, que muchas veces debe compartir dichas vías con otro tipo de tránsitos (pasajeros). De allí la creciente relevancia del concepto de accesibilidad a la hora de evaluar la competitividad de un puerto, tanto en términos de la operatoria de los buques que recalán en las terminales como del movimiento de cargas por las vías terrestres o fluviales que lo alimentan desde el interior del país y que vertebran su hinterland. En este último punto, el análisis de las redes convergentes sobre dichas terminales resulta esencial para determinar su accesibilidad desde el interior, y por tanto, evaluar su competitividad en relación con otros puertos de la región.

El buen desempeño de una red vial, ferroviaria o fluvial afecta 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 dos décadas, y en correlación con el desarrollo de instrumentos informáticos de gran capacidad y la creciente preocupación por el terrorismo en el mundo, el estudio de los diferentes tipos de redes para determinar sus puntos críticos se ha impuesto como una tendencia de sumo interés, tanto para organismos públicos, como para empresas que deben asegurar la continuidad de las cadenas de suministros y mantener activos sus canales de distribución.

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 un catástrofe natural (terremoto, inundación, etc.) o provocada (ej. ataque terrorista) ha dirigido los esfuerzos hacia este tipo de estudios, con la intención de identificar los puntos más débiles de una red específica y la afectación de las zonas aledañas. El desarrollo de instrumentos informáticos con capacidad de manipulación de datos a gran escala, e incluso en tiempo real (big data), así como el desarrollo de modelos de integración de dichos datos aplicables a diferentes tipos de redes, extendió 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 relacionan actividades de consumo habitual (por ejemplo, la ubicación de puestos de venta de bebidas alcohólicas en un área dada) con la estadística criminal (robos y ataques a las personas en la misma área) (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* 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.

A continuación, se detallan los principales conceptos considerados en este tipo de estudios.

3.1. Vulnerabilidad

Con el cambio de siglo, se hizo necesario delimitar las nociones más utilizadas en estos estudios de redes más allá del horizonte de seguridad previsto en las primeras investigaciones. Los dos conceptos principales a considerar 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 ciencias como las biológicas, refiere en el caso de las redes de transporte a la capacidad de estas 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 a cuantificar esas demoras, identificando los puntos débiles o críticos de la red mediante el desarrollo de diferentes hipótesis de interrupción de tramos o congestión de 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 calidad 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 haga que valga la pena el viaje".

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 viales 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. Su 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. Criticidad, incidencias y eventos

Las incidencias que afectan a una red de este tipo pueden definirse como eventos ocurridos en sus componentes, 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 expresamente por actores relacionados con ella o extraños a ella (congestión, cortes por protestas, actos de terrorismo). 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 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 tráficos.

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 de 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 una 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 vial, 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 fue reemplazado). 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).

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 carretero es la fiabilidad, significando una adecuada capacidad de servicio bajo las condiciones de operación encontradas durante un período de tiempo determinado” (Berdica, 2002).

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, su variación es comúnmente aleatoria -los estudios se centran en el tráfico de pasajeros- 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 (por ejemplo, una oferta especial en un shopping), y aquellas que afectan a toda la red (por ejemplo, mal clima en la región). A partir de allí, algunos estudios hacen 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 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 elegidos como medida del desempeño para fijar los impactos socio-económicos de la degradación. Chen et al. (1999) introdujeron un medidor de fiabilidad de la capacidad de la red, definido como la probabilidad 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). Estos estudios muestran que la fiabilidad del tiempo de viaje y la de 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. Unidades de medida

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), 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 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 (ejemplo; Dirección Nacional de Vialidad, en el caso de Argentina).

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, 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 poderosas herramientas informáticas como los sistemas GIS, que permiten realizar cálculos a partir del ingreso de datos reales recopilados de una red, mediante algoritmos que son

estudiados y perfeccionados desde la década del '70 para identificar los tramos más críticos de una red dada. La incidencia del terrorismo en Occidente en décadas recientes, así como de los desastres naturales, potenció los estudios de vulnerabilidad en redes de transporte, así como de la criticidad de distintos elementos de infraestructura (Murray y Grubestic, 2007). La complejidad de los cálculos generados por estos sistemas informáticos permite predecir con cierta precisión el efecto de derrame (spillover) de los tráficos sobre los arcos y nodos cercanos al elemento afectado.

Este tipo de estudios deben ser considerados 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 los últimos quince 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), entre otros. También en regiones de EE UU (Murray et al., 2008) y Australia (Taylor et al., 2006), así como de China (Chang, 2003).

4. Comentarios finales

El presente desarrollo conceptual y estado del arte sobre la temática planteada asume el propósito de proponer su aplicación al estudio de la vulnerabilidad y criticidad de la red vial utilizada por el transporte de cargas en Argentina, identificando los puntos críticos y los tramos sometidos a mayores niveles de presión expresados en volumen: vehículos de carga y toneladas. Dicho análisis permitirá, como uno de sus resultados posibles, la identificación de los tráficos de carga terrestre con destino a la exportación; lo cual permitirá evaluar el posible impacto de nuevos proyectos de infraestructura según los diferentes escenarios proyectados, considerando especialmente a los complejos exportadores que experimenten un mayor crecimiento en los volúmenes producidos y la consecuente demanda de infraestructura y servicios logísticos.

Para lograr estos resultados es necesario en primer término contar con una idea precisa de los tramos de red vial que conectan los diferentes puertos de exportación con las áreas productivas, esto es delimitar los hinterlands o sus áreas de influencia. Identificar y ponderar la vulnerabilidad de las redes de transporte que constituyen el soporte de los principales complejos exportadores, cuyos tramos troncales serán los más afectados en caso de interrupciones, es decir aquellos cuya criticidad influirá directamente en la vulnerabilidad de la red general. El estudio de vulnerabilidad de una red de transporte a través de un instrumento del tipo GIS, esto es con georreferenciación de tráficos, permite tanto simular los efectos de interrupciones (anulando arcos de la red afectada) como agregando tramos, por ejemplo, por la construcción de nueva infraestructura vial, representada mediante un mayor número de arcos integrados a la red.

Cada territorio es diferente y es posible comprobar que los estudios de estas características tienden a adaptarse al escenario analizado, esto es generar métodos propios dentro del marco general reseñado. Los factores a considerar se relacionan con el tipo de tráfico a examinar, categoría de vehículos características de las cargas transportadas; graneles, contenedores, cargas generales, cantidad y localización de los puertos comprendidos en un mismo nodo de exportación, etc. y también la información disponible.

Los métodos de diagnóstico y análisis implican el desarrollo de herramientas o instrumentos informáticos específicos para cada caso, en línea con los diferentes investigadores referenciados indican, además de las características particulares del caso estudiado.

Del análisis de la literatura citada surge, por un lado, la relación entre los estudios de vulnerabilidad de la red logística de un puerto y los referidos a la delimitación del hinterland, ya que al encaminar las cargas en una representación georreferenciada surge una aproximación considerable a la real dimensión del hinterland, y

los métodos de delimitación del hinterland a su vez pueden tomar como insumo dichos encaminamientos en la búsqueda de diferenciar las cargas direccionadas a uno u otro puerto. Por otra parte, puede observarse que cada caso es diferente existiendo una tendencia a adaptar este tipo de estudios al territorio seleccionado y a la cantidad y calidad de datos disponibles.

5. Referencias Bibliográficas

- Acciaro, M. y McKinnon, A.C. (2013). Efficient Hinterland Transport Infrastructure and Services for Large Container Ports. ITF, OCDE, Santiago de Chile.
- Álvarez, D. (2018). "Aplicación del módulo t-GIS en la evaluación de criticidad y vulnerabilidad de la red vial troncal nacional y tramos significativos de las redes viales provinciales". Documento de Trabajo N° 9, Instituto del Transporte, Universidad Nacional de San Martín.
- Antún, J.P. (1995). "Logística: Una visión sistémica". Revista Documento Técnico, N° 14,
- Antún, J. P. (2013). Distribución urbana de mercancías: Estrategias con centros logísticos. Inter-American Development Bank.
- Asakura, Y. y Kashiwadani, M. (1991). Road network reliability caused by daily fluctuation of traffic flow. 19th PTRC Summer Annual Meeting, Brighton, 73-84.
- 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 (ver).
- Blyde, J.S. (ed.) (2014). Fábricas sincronizadas: América Latina y el Caribe en la era de las cadenas de valor. BID.
- Bowersox, D.; Closs, D.; y Bixby, C. (2007). Administración y Logística en la Cadena de Suministros. McGraw Hill, Segunda Edición. México D.F.: México.
- 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.
- Campos Neto, C.A.S. y Santos, M.B. (2005). Atração de cargas para o porto de Santos: perspectiva e crescimento sustentável. Brasília, IPEA.
- Chang, S.E. (2003). Transportation planning for disasters: An accesibility 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.
- Debie, J. y Guerrero, D. (2006). Introducción a la lectura geográfica de un hinterland portuario: El ejemplo de Barcelona. *Boletín de la A.G.E.*, 42, 271-283.
- Degrassi, S. (2001). "The seaport network Hamburg". Tesis de doctorado. Universidad de Hamburgo.
- Drewry (2002). *Global Container Terminals: Profit, Performance and Prospects*. Londres, Drewry Shipping Consultants Publishing.
- 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.
- García Alonso, L. (2005). "Competencia interportuaria: delimitación y análisis del área de influencia de los puertos españoles". Tesis de doctorado. Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Oviedo.
- García Alonso, L. y Sánchez, R. (2006). Estadios de la competencia interportuaria: Del marco institucional a la conducta estratégica.
- García Alonso, L. y Garduño Rivera, R. (2014). Análisis de la distribución interior del tráfico marítimo: una aplicación del modelo gravitacional.
- Goodwin, P.B. (1992). A quality margin in transport. *Traffic Engineering and Control*, 33-12, 661-665.
- Grecco Zanon Moura, T., 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.
- 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.
- Grubestic, T.H.; Murray, A.T.; Pridemore, W.A.; Tabb, L.P.; Liu, Y. y Wei, R. (2012). Alcohol beverage control, privatization and the geographic distribution of alcohol outlets. *BMC Public Health*, 12, 1015.
- Gutiérrez Puebla, 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.
- Hagget, P. y Chorley, R.J. (1969). *Network Analysis in Geography*. Londres, Edward Arnold.
- Heaver, T. D. (1995). The implications of increased competition among ports for port policy and management. *Maritime policy and management*, 22(2), 125-133.
- Heinrich, C., & Betts, B. (2003). *Adapt or die: transforming your supply chain into an adaptive business network*. John Wiley & Sons.
- Hoffmann, J. (2000). "El potencial de los puertos pivotes en la costa del Pacífico sudamericano". *Revista de la CEPAL Nº 71*, Santiago de Chile.
- 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).

- Jenelius, E. (2009). Network structure and travel patterns: explaining the geographical disparities of road network vulnerability. *Journal of Transport Geography*, 17, 234-244.
- Kraft, S.; Halás, M.; Vancura, M. (2014). The delimitation of urban hinterlands based on transport flows: A case study of regional capitals in the Czech Republic. *Moravian Geographical Reports*, 22-1, 24-32.
- Leveque, P., y Roso, V. (2002). Dry port concept for seaport inland access with intermodal solutions. *Chalmers tekniska högsk.*
- Martínez Pardo, A.; García Alonso, L.; Viñuela Jiménez, A. (2012). “El área de influencia de los puertos españoles: Propuesta para su delimitación y análisis”. Ponencia en XXXVIII Reunión de Estudios Regionales, Asociación Española de Ciencia Regional.
- McCalla, R.J. (1999). Global change, local pain: Intermodal seaport terminals and their service areas. *Journal of Transport Geography*, 7, 247-254.
- 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.
- 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. (2005). “Port Regionalization: Towards a New Phase in Port Development”. *Maritime Policy and Management*, 32 (3). 297-313.
- 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* (pp. 51–66). 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.
- Peyrelongue, C. (2010). “Puertos, espacio y globalización: El desarrollo de hubs en México”. *Convergencia – Revista de Ciencias Sociales*, Nº 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.
- Rodrigue, J. P. (1999). Globalization and the synchronization of transport terminals. *Journal of Transport Geography*, 7(4), 255-261.

- 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. (2008). The Thruport concept and transmodal rail freight distribution in North America. *Journal of Transport Geography*, 16(4), 233-246.
- 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.
- Sánchez y Wilmsmeier (2006). Governance and Port Devolution: The Case of the River Plate Basin. En *Research in Transportation Economics: Devolution, Port Governance and Port Performance*; Elsevier Ltd., Amsterdam.
- Schut, M. (1977). Aspects of tracing hinterlands especially with regard to seaports. En *International Journal of Transport Economics*, 287.
- 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 accesibility based methods for vulnerability analysis of strategic road networks. *Networks & Spatial Economics*, 6, 267-291.
- Tran, Q.H. y Namatame, A. (2015). Worldwide aviation network vulnerability analysis: a complex network approach. *Evolutionary and Institutional Economics Review*, 12(2), 349-373.
- UNCTAD (2013). *World Investment Report: GVC Investment and Trade for Development*.
- 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.
- Van Heck, E. & Vervest, P. (2007). Smart Business Networks: How the Network Wins. *Communications of the ACM* 50, 28-37.
- 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. et al (2011). The Directional Development of Intermodal Freight Corridors in Relation to Inland Terminals. *Journal of Transport Geography*, 19(6), 1379–1386.
- Wilmsmeier, G. (2015). Geografía del transporte de carga: Evolución y desafíos en un contexto global cambiante.
- 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.

DOCUMENTOS DE TRABAJO DEL INSTITUTO DEL TRANSPORTE

AÑO 2018

Aspectos conceptuales referidos al estudio de los hinterlands portuarios: posibilidades de delimitación y análisis de vulnerabilidad en sus redes logísticas.

IT

**INSTITUTO DEL
TRANSPORTE**



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
SAN MARTÍN**