

06 Una matriz origen–destino para el transporte de cargas en Argentina*

Agustín Benassi

RESUMEN La Argentina posee una gran diversidad territorial que plantea desafíos para la planificación del transporte interno de los bienes que se producen y consumen en el país. No existen datos sistematizados y confiables sobre los orígenes y los destinos de lo que se produce y se consume y, menos aún, por dónde se transporta. Una comprensión cabal de los flujos que configuran la red vial de transporte de cargas en el país es indispensable para cualquier intento de llevar adelante una política de transporte coherente y eficaz. En este artículo se presenta una estimación del volumen y tipo de bienes que circulan por la red vial; cuáles son los principales orígenes y destinos de estos flujos, y por último se ofrece una representación estilizada de la red vial de cargas.

A freight transport origin–destination matrix for Argentina

SUMMARY Argentina has a great territorial diversity that poses a challenge for planning internal transport of the goods produced and consumed in the country. There is no systematic and reliable data on origins and destinations of what is produced and consumed, and about the path of transport flows. A thorough understanding of the flows that configure the freight transportation network in the country is essential to any attempt to carry out a coherent and effective transport policy. This article provides a description of the type of goods circulating on the road network from the point of view of the transport volume they generate; what are the main sources and destinations of this transport, and a stylized representation of the road network.

Palabras clave Matriz origen destino | Transporte de cargas | Red vial

Key words Origin destination matrix | Freight transport | Road network

Fecha de recepción: 24 | 09 | 2014

Fecha de aceptación final: 13 | 04 | 2015

Agustín Benassi

Centro de Estudios de la Situación y Perspectivas de la Argentina (CESPA)
Facultad de Ciencias Económicas (FCE) –
Universidad de Buenos Aires (UBA)

* Trabajo realizado en el marco del Proyecto UBACYT número 200201001100302. «El ferrocarril interurbano en la Argentina: historia reciente, perspectivas y políticas – Un ensayo diagnóstico y propositivo», bajo la dirección de Alberto Müller.

1. Objetivo

El objetivo de este artículo es ofrecer una descripción de los flujos de carga que se transportan por la red vial argentina. Para ello se responderán las siguientes preguntas:

- ¿Qué productos se transportan?
- ¿Dónde se producen?
- ¿A dónde se transportan?

Esta caracterización del movimiento de cargas viales que se generan en el país es parte de un estudio más amplio, donde se analiza la derivabilidad de tráficos de carga viales al modo ferroviario. Al no existir una encuesta de cargas actualizada, se hace necesario estimar una matriz origen–destino como insumo indispensable del análisis de costos a realizar. El objetivo final del estudio es establecer si el costo general del transporte de cargas en Argentina (analizando los modos vial y ferroviario) disminuiría en caso de derivar flujos que actualmente se transportan en camión hacia el ferrocarril o si, por el contrario, la red ferroviaria existente no se encuentra económicamente justificada.

Creemos, por otro lado, que una mayor comprensión acerca de los flujos que configuran la red de transporte de cargas de la Argentina es un punto clave en cualquier agenda de políticas públicas para el transporte interurbano nacional. Sin embargo, el transporte automotor, principal modalidad empleada para el movimiento de cargas, se cuenta entre aquellos tópicos de los que menos información confiable se dispone en nuestro país.

El estudio reseñado en este artículo constituye entonces una etapa dirigida a construir esta información. Consideramos, sin embargo, que sus resultados pueden ser de interés también para otros fines.

A continuación se explica brevemente la metodología aplicada en el estudio y las fuentes de información utilizadas. Luego se describen las principales características de la matriz origen–destino de cargas construida: los principales orígenes y destinos de los flujos de transporte, el tipo de productos que se transportan y las distancias que recorre la carga transportada. Por último se ofrecen algunas reflexiones acerca de las posibles líneas de investigación futuras.

2. Metodología y fuentes

2.1. Pasos metodológicos

La creación de la matriz origen–destino de transporte de cargas viales siguió la siguiente secuencia metodológica:

- Zonificación del territorio: se define a la Zona de Tráfico como la unidad mínima de análisis y se divide el territorio a cubrir en Zonas de Tráfico.
- Identificación de conexiones entre las ZTs: se crean tramos que conectan ZTs adyacentes entre sí. Dos zonas no adyacentes entre sí estarán conectadas a través de todos los caminos posibles que se puedan obtener a partir de distintas combinaciones de los tramos conectores.
- Identificación del recorrido óptimo entre todas las ZTs: se calculan los recorridos que conectan cada una de las ZT con todas las restantes. En la generalidad de los casos se adoptó el recorrido de distancia mínima entre dos zonas.
- Conversión a toneladas granel equivalentes: todos los datos disponibles de cantidades producidas o consumidas se transforman a «toneladas de granel equivalentes» (Ver apartado 4a para una explicación más detallada).
- Asignación de los datos a ZTs en orígenes y destinos: los datos disponibles se asignan o distribuyen entre las ZTs identificadas anteriormente. Si la precisión del dato en cuanto a su dimensión territorial no permite asignar una única ZT, se adopta algún procedimiento para distribuir el dato entre las ZTs que correspondan. (Ver anexo «A» para una explicación más detallada).
- Creación de pares origen–destino: a partir de los datos zonificados en orígenes y en destinos, se asigna la carga a pares OD según el procedimiento más adecuado para el producto de que se trate. En la mayoría de los casos se eligen los pares OD que minimizan la distancia media de la matriz.
- Asignación de la carga a tramos de la red: a continuación se asigna la carga de cada par OD a los tramos conectores que componen el recorrido que une ambas zonas de tráfico.
- Contraste con datos de tráfico: en último lugar se comparan los flujos de transporte asignados a cada tramo con aquellos que surgen de los datos disponibles de conteo de tráfico.

2.2. Estudios anteriores

El proyecto se apoyó en dos estudios anteriores (Müller, 1994; Polo y Sanguinetti, 2012). El primero se trató de una actualización por cantidades de la encuesta de cargas de 1982 que fue realizada por la Secretaría de Transporte (posteriormente actualizada por la propia Secretaría a 1986). El segundo se trató de un trabajo focalizado en los movimientos de los principales granos que se producen en el país (también bajo la dirección de Müller) estimando una matriz origen–destino para 2010. Este último trabajo fue realizado en el marco del Plan Agrario y Agroalimentario Participativo y Federal del Ministerio de Agricultura.

El resto de los orígenes y destinos de los productos cubiertos en este trabajo fue estimado en base a datos de producción, consumo y comercio exterior.

2.3. Disponibilidad de datos

Para el proyecto de investigación se relevaron datos de los principales bienes que circulan por el país, en términos del volumen de los flujos de transporte generados.

Desde el punto de vista de los «orígenes», la información disponible no permite conocer desde qué locaciones se transportan los bienes para abastecer el consumo de cada una de las localidades del país. En el mejor de los casos se conocen datos de producción por departamento o partido y en algunos sólo se encuentran datos a nivel provincial.

En cuanto a los «destinos», los datos de consumo son aún más escasos. Rara vez se pueden encontrar a nivel de departamento o provincia, siendo lo más común encontrarlos sólo a nivel nacional. La mayoría de las veces el consumo interno incluso debe ser estimado en base a los datos de producción y comercio exterior, calculando lo que se denomina comúnmente como «consumo aparente».

Los datos de producción y consumo provinieron de la Subsecretaría de Programación Económica del Ministerio de Economía, el Sistema Integrado de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, la Secretaría de Energía, distintas cámaras sectoriales e institutos de estadísticas provinciales.

Los datos de comercio exterior provinieron en su mayoría de la base de datos Origen Provincial de las Exportaciones (OPEX) de INDEC y de Aduana.

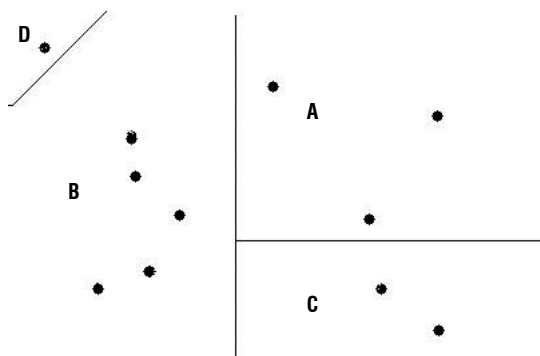
3. Zonificación e interconexión

3.1. ¿Qué es una zona de tráfico?

Para sistematizar el relevamiento de datos y la posterior asignación de destinos a cada punto generador de tráfico, se desarrolla en primer lugar una zonificación del territorio. En lugar de tratar directamente con los orígenes y destinos puntuales, se utiliza la Zona de Tráfico (ZT) como mínima unidad de análisis.

Una Zona de Tráfico (ZT) agrupa nodos productores/atractores de tráfico dentro de una misma unidad. Así, cualquier punto productor de tráfico dentro de la zona A que tenga como destino un punto dentro de otra zona (B por ejemplo) sumará unidades de tráfico al par origen-destino A-B.

Gráfico 1.
Ejemplo teórico de zonificación



Fuente: elaboración propia.

En el caso de los tráficos entre puntos dentro de una misma zona, entonces, no se registraría movimiento alguno. En el proyecto de investigación reseñado, sin embargo, los tráficos intrazonales se tienen en cuenta subsidiariamente para algunos productos, donde resulta interesante observar cuánto de lo que se produce se transporta fuera de su zona de producción y cuánto no se desplaza más allá de la misma (o al menos no lo hace dentro del país, en el caso de las ZT que exportan carga al exterior).

Cada tranquera de estancia, cada galpón, cada puerta de una fábrica es un nodo en sí mismo, que produce y atrae tráfico. Sin embargo, no resulta práctico ni significativo representar la generación de tráfico en cada uno de estos puntos.

Para cada ZT se elige entonces un centroide, que es aquel que representa al grueso de la producción/atracción de tráfico de la zona. Si existe un solo centro poblado de importancia la elección de este es obvia, sin embargo la cuestión puede complicarse cuando debe elegirse un centroide representativo de dos o más centros poblados de importancia: ¿cuál es más representativo del tráfico de la zona?

El objetivo de esta abstracción es presentar a todos los flujos de transporte de un conjunto de nodos como si se generaran en un único punto. De esta forma se busca desarrollar luego un esquema de análisis que capte las conexiones de transporte más significativas entre las zonas de tráfico.

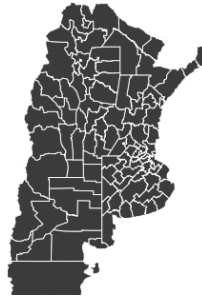
El tamaño adecuado de una ZT depende esencialmente de dos factores:

- *Volumen de tráfico*: en principio debería buscarse que las zonas contengan volúmenes de tráfico similares (del mismo orden de magnitud).
- *Objetivo/precisión del análisis*: si lo que se busca es analizar los flujos de transporte entre unidades productoras de granos, silos de acopio y puertos, las zonas de tráfico serán mucho más pequeñas que si el objetivo es observar los flujos de transporte entre puertos y zonas mineras.

3.2. La zonificación adoptada

En nuestro caso, la zonificación desarrollada divide al territorio nacional en 101 zonas, siendo el «Sur» (Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego) la más extensa. Esta última zona reviste poco interés por la escasez de tráficos, de manera que se incluye sólo a manera indicativa¹.

Gráfico 2.
La zonificación adoptada



Fuente: elaboración propia.

3.3. Conexiones entre zonas de tráfico

Una vez delimitadas las zonas del territorio de análisis, deben establecerse tramos conectores entre estas a través de los cuales se representarán los flujos de tráfico.

Dos zonas adyacentes se consideran conectadas por un tramo si existen recorridos *relevantes* que conecten los centros poblados que conforman las zonas. La relevancia de la conexión depende tanto del tráfico que se presume que circula entre esas dos zonas (o que muestran los datos, cuando los hay) como de la categoría de los caminos que las unen (si no existen rutas asfaltadas, probablemente considerar esa conexión no aporte demasiado).

La zonificación de un territorio junto con la creación de las conexiones relevantes entre las zonas configura lo que se llama una *red*. Todos los movimientos de carga estimados en el proyecto de investigación se modelizan entonces como flujos que circulan dentro de esa red.

4. Procedimientos

4.1. Toneladas granel equivalentes (GE)

La información relevada está generalmente expresada en toneladas. También se encuentra información expresada en otras unidades de medida como en el caso de los vehículos automotores (unidades de vehículos livianos, pesados, utilitarios, etc.) o en el del ganado (cabezas de ganado).

Para su tratamiento en la matriz origen–destino construida todas las unidades

¹ La zonificación adoptada responde a la utilizada en Müller (1994).

de medida fueron convertidas a «toneladas granel equivalentes». Las toneladas granel equivalentes son aquellas que igualan una cierta cantidad de producto expresada en otra unidad de medida de forma tal que ocupen el mismo espacio en un camión de cargas.

Un camión de cargas transporta 30 toneladas de graneles (soja, trigo, maíz, etc.) pero el mismo camión sólo puede transportar 4,56 toneladas de carne vacuna faenada. Para homogeneizar el tratamiento, las toneladas de carne vacuna se transforman a toneladas granel equivalentes mediante la aplicación de un factor de equivalencia igual a $30 / 4,56 = 6,58$.

En adelante, se hablará siempre de «toneladas equivalentes». Aun cuando por conveniencia se omita la palabra «equivalentes»; salvo expresa indicación en contrario, siempre hacemos referencia a «toneladas granel equivalentes».

4.2. Estimación de las nuevas matrices OD

Para la estimación de matrices origen–destino en base a la información disponible se desarrolló la zonificación del territorio, se establecieron las conexiones más relevantes entre las zonas y luego se procedió a asignar los orígenes y destinos de la carga.

El recorrido utilizado por la carga para transitar cada par OD fue principalmente calculado mediante una implementación del algoritmo de caminos mínimos de Dijkstra aplicada a la red previamente construida.

Finalmente se contrastaron datos de tráfico de la Dirección Nacional de Vialidad con el resultado agregado de las matrices OD de estudios anteriores y las recientemente estimadas. A partir de la comparación se estimó una matriz de cargas OD «no relevadas» (o «implícitas», como denominación alternativa) según una simulación basada en la asignación de carga genérica a todos los pares OD teóricamente posibles en busca de eliminar las discrepancias, con la restricción de que la matriz OD genérica del conjunto posea una distancia media predeterminada.

A continuación se explica el procedimiento de zonificación y construcción de la red mediante la creación de tramos conectores entre las zonas. Se remite al anexo para una explicación de los métodos de asignación de orígenes y destinos, así como del procedimiento de estimación de las cargas no relevadas.

5. Los flujos de transporte

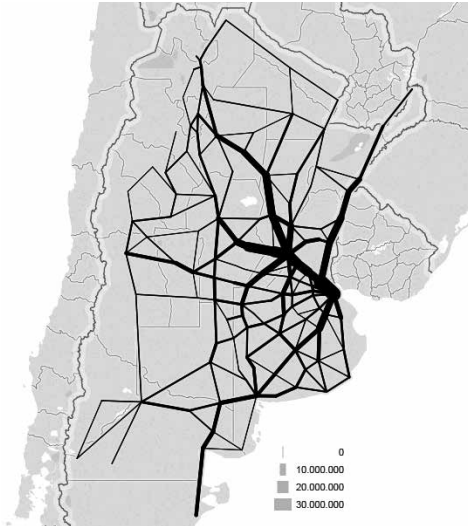
Estas 101 zonas que se conectan a través de 213 tramos configuran la representación construida de la red vial. Cada tramo está asociado a una o más rutas de la red vial real y busca representar el tráfico de cargas que circula por estas rutas.

Una vez construida la matriz origen–destino, a cada par OD se le asignó un recorrido (sucesión de tramos de la red que conectan al origen con el destino) y la carga transportada se asignó a su vez a todos los tramos que componen el recorrido.

Los flujos de carga configuran así un mapa como el siguiente:

Gráfico 3.

Flujos de transporte de cargas relevados



*Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5.
Nota: el mapa incluye sólo los flujos de transporte relevados (no se incluyen los estimados indirectamente). El grosor de las líneas es proporcional a la densidad de cargas.*

6. Principales orígenes y destinos

6.1. Los orígenes y los destinos

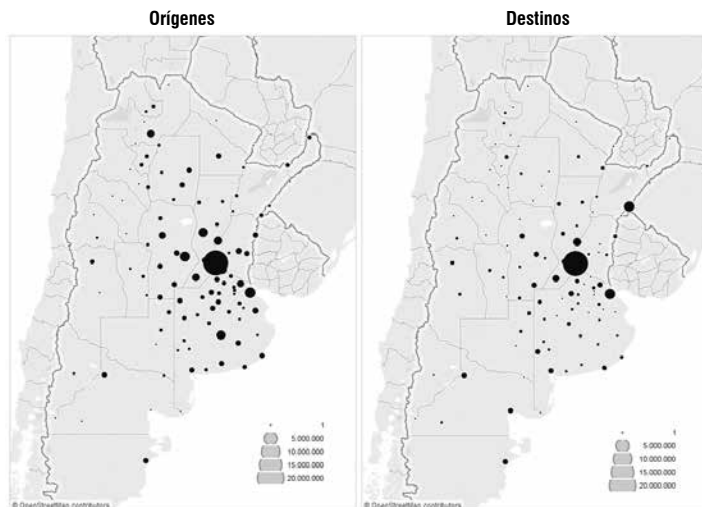
A pesar de poseer un territorio muy extenso, en nuestro país el movimiento de cargas se encuentra sumamente concentrado en algunas zonas. A continuación se muestran los orígenes y destinos de cargas para las 101 zonas del modelo según la magnitud de la carga generada.

Si agrupamos la carga por provincias, la mayor parte del tráfico generado pertenece a 4 distritos principales que son Santa Fe, Córdoba, la Provincia de Buenos Aires y la Ciudad de Buenos Aires.

Poco más de un 40% de la producción de tráficos corresponde a la provincia y la ciudad de Buenos Aires. Esta proporción prácticamente se duplica llegando al 77% si añadimos las provincias de Córdoba y Santa Fe que, sumadas a Buenos Aires, representan no más del 22% de todo el territorio nacional.

Gráfico 4.

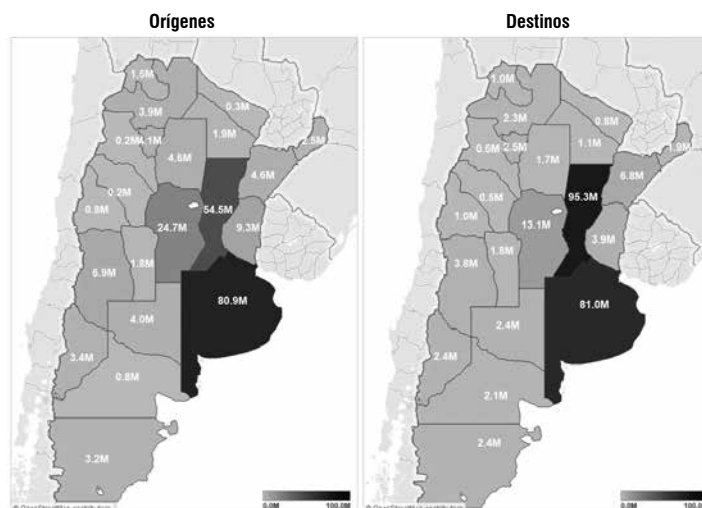
Nodos centroides productores y atractores de tráfico (orígenes y destinos)



Fuente: elaboración propia en base a Asociación de Fábricas de Automotores, Cámara Argentina del Acero, Dirección Nacional de Programación Económica Regional, Administración Fondo Especial del Tabaco (Gov. Salta), Censo Nacional Agropecuario 2002, Censo Económico Nacional 2004, Censo Nacional de Población 2010, Origen Provincial de las Exportaciones (INDEC), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Instituto Nacional de Vitivinicultura, Ministerio de Agricultura, Polo y Sanguinetti (2012), Secretaría de Energía, Subsecretaría de Programación Económica y UN Comtrade. // Nota: el diámetro de los puntos es proporcional a las cargas generadas.

Gráfico 5.

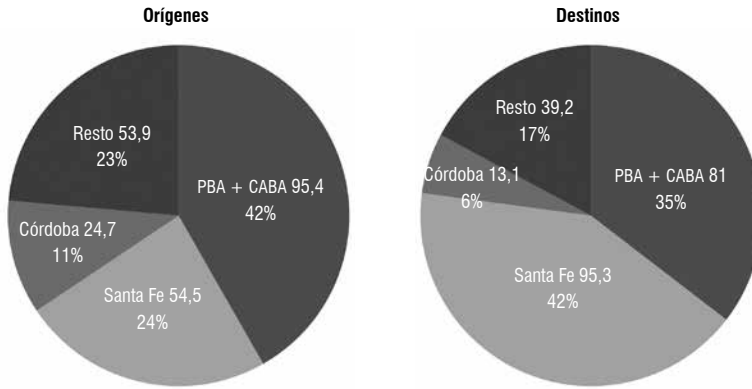
Orígenes y destinos provinciales



Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5. // Nota: el tono del color depende del volumen de cargas generado.

Gráfico 6.

Orígenes y destinos provinciales (% del total)



Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5.

Como se puede ver, la predominancia de Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe incluso se acentúa cuando los consideramos como destinos (alcanzando un 83% del total) pero con una fuerte redistribución entre los distritos. Santa Fe casi duplica su participación en destinos, mientras que en los otros distritos la proporción disminuye en el orden de 5 puntos porcentuales cada uno. Esto caracteriza a la provincia de Santa Fe como neta receptora de cargas, lo que es consistente con el rol de principal zona exportadora de graneles. Según Barbero y Castro (2013), el complejo de puertos de Rosario–Paraná Medio procesa alrededor del 70% del volumen de carga exportada de la Argentina.

6.2. Pares origen–destino

Pero ¿cómo es el intercambio entre estos 4 distritos y el resto de las provincias? ¿Son éstos un subconjunto aislado del resto del país?

Casi el 70% de las cargas totales transportadas tiene como origen y destino alguno de estos 4 distritos principales. Por el otro lado, las cargas que no tienen ninguna de estas provincias como origen o destino representan menos del 10% del total.

El poco más de 20% restante del total de tráficos de cargas se mueve entre estos dos conjuntos de provincias: aquellos flujos que se originan en los 4 distritos principales y se destinan al resto de las provincias son la minoría (8,2%) mientras que en sentido inverso (desde el resto de las provincias hacia los 4 distritos principales) se puede encontrar al 14.6% del total del volumen de carga.

Si se restringe el análisis a las cargas que se transportan fuera de la jurisdicción de origen (entre provincias distintas) y se abre el conjunto de los 4 distritos principales, se puede observar cuáles son los flujos de transporte más importantes entre Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y el conjunto determinado por el resto de las provincias del país.

Destacan algunas situaciones como la escasez de tráficos destinados a Buenos Aires (Ciudad de Buenos Aires y Provincia de Buenos Aires) con origen en la provincia de Córdoba: poco más del 1% del total de tráficos interprovinciales. En parte esto probablemente refleja omisiones de los datos relevados para el estudio; pero la baja magnitud es llamativa de todas formas.

Cabe también señalar nuevamente el carácter de exportación del tráfico originado en la provincia de Santa Fe: a pesar de su talla, sólo el 7% de los tráficos interprovinciales generados en el país tienen origen en este distrito. Estos valores se alejan considerablemente de los correspondientes a Buenos Aires (35%) y Córdoba (20%), y el resto de las provincias tomadas en conjunto (alrededor de un 38%).

Por otro lado, se destaca la importancia de los flujos de transporte que se originan en el resto de las provincias menos importantes con destino a la provincia de Santa Fe (casi un quinto del total de tráfico interprovincial) y en segundo lugar a la provincia más la ciudad de Buenos Aires (casi un 15%).

Gráfico 7.

Matriz origen–destino entre el grupo de los 4 distritos principales en volumen de tráfico generado y el resto de las provincias

| | 4 distritos | Resto |
|-------------|-----------------|---------------|
| 4 distritos | 68.2% 155.9M | 8.2% 18.7M |
| Resto | 14.6% 33.5M | 9.0% 20.5M |

Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5.

Gráfico 8.

Matriz origen–destino entre los 4 distritos principales en volumen de tráfico generado (desagrupados) y el resto de las provincias (agrupadas), excluidos los pares OD intradistrito

| | Bs. As. + CABA | Santa Fe | Córdoba | Resto |
|-------------------|-------------------|----------|---------|-------|
| Bs. As. + CABA | | 17% | 2.2% | 16.1% |
| Santa Fe | 2.8% | | 1.0% | 3.1% |
| Córdoba | 1.5% | 16.4% | | 2.1% |
| Resto | 14.7% | 19.7% | 3.6% | |

Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5.

Nota: los porcentajes refieren al total de cargas generadas que se transportan fuera de los grupos definidos (se excluyen los transportes dentro de los grupos definidos en el gráfico).

7. Tipología de productos transportados

7.1. Composición general

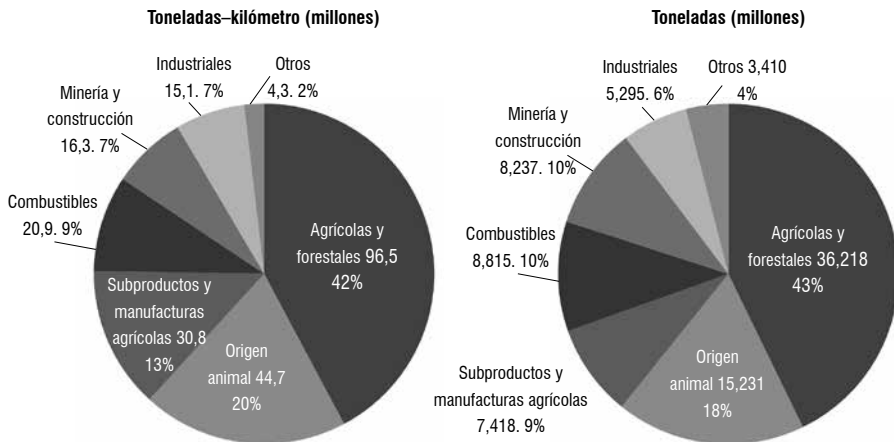
En cuanto al tipo de cargas que se transporta, el sector primario y sus derivados dominan la composición tanto en toneladas como en toneladas-kilómetro. Contando todos los productos de origen agropecuario (incluyendo las manufacturas de origen agropecuario) más de tres cuartos del tráfico de cargas viales en Argentina está relacionado con este sector. En toneladas-kilómetro esta proporción es algo menor debido a las bajas distancias medias se observan en los flujos del sector primario, con respecto al promedio de la red. Esto se ve especialmente en el transporte de subproductos como los aceites que prácticamente no se mueven de la zona donde se producen (se exportan desde la misma zona donde se producen).

Esta afirmación, sin embargo, debe tomarse como provisoria ya que existe una gran cantidad de cargas no relevadas cuya composición se desconoce. Las proporciones expuestas dan cuenta del 56% del total de la carga, que es la que pudo ser relevada (se remite al anexo B para una explicación más detallada al respecto).

Veamos ahora los flujos principales (por lo menos 10 mil toneladas) de transporte para cada uno de estos rubros de productos.

Gráfico 9.

Composición del volumen de cargas generado en toneladas y toneladas-kilómetro



Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5. // Nota: el cálculo no incluye las cargas no relevadas, de las que se desconoce el tipo de productos incluidos.

7.2. Dominancia del sector primario y sus derivados

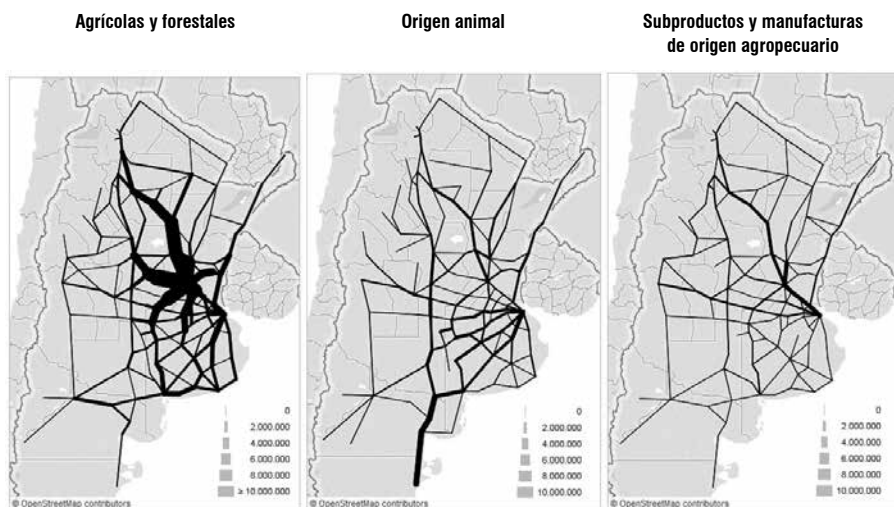
Los flujos de transporte principales de productos agrícolas y forestales provienen de las provincias del norte del país, Córdoba y el norte de la provincia de Buenos Aires y se dirigen hacia Rosario, que recibe más de la mitad de los flujos totales de este rubro. Le siguen la ciudad de Buenos Aires con un 11% y luego las zonas de Bahía Blanca, Necochea/Quequén y Santa Fe/Paraná con alrededor de un 15% en total, distribuido en partes similares.

Dentro de los productos de origen animal se incluyen los movimientos de ganado vacuno, pesca, carne faenada, ganado caprino y ovino, entre otros (estos últimos vienen principalmente de las provincias del sur, como se puede apreciar en el mapa, que están incluidas como una sola zona de tráfico con centroide en Trelew). Más de un 40% de la carga tiene origen en la provincia y la ciudad de Buenos Aires, seguidas de Santa Fe (17%), Córdoba (10%) y las provincias del Sur (7%). Las provincias de La Pampa, Corrientes y Entre Ríos tienen un 15% adicional repartido en partes similares.

Los flujos de transporte de subproductos y manufacturas de origen agropecuario tienen baja incidencia porque la mayor parte se procesa directamente en su lugar de exportación. En el mapa se pueden apreciar, sin embargo, los flujos de vinos provenientes de Mendoza y los de azúcar y té provenientes del norte.

Gráfico 10.

Flujos de transporte de productos agrícolas, forestales, ganaderos y derivados



Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5. // Nota: el grosor de las líneas es proporcional a la densidad de cargas.

7.3. El resto de los productos

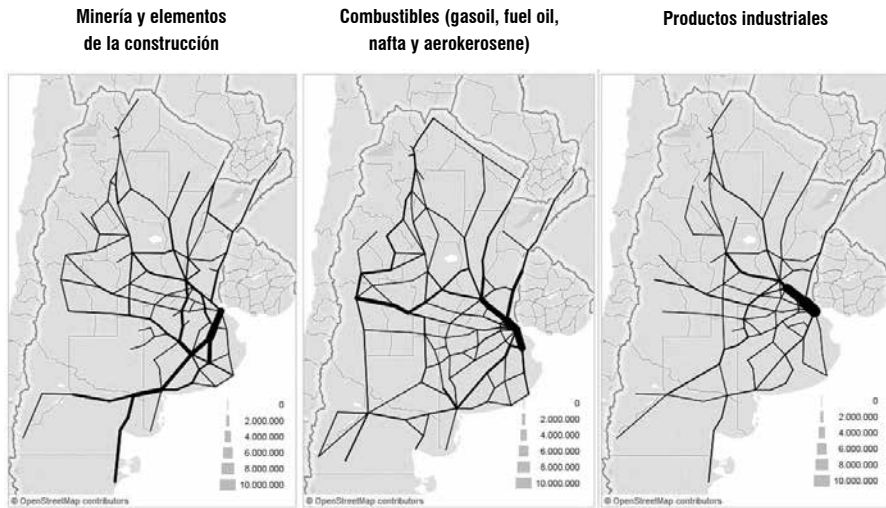
El producto predominante entre los flujos viales de minería y elementos de la construcción es el cemento, cuyo principal nodo productor es Olavarría en el centro de la provincia de Buenos Aires². Desde allí se abastece a la ciudad y a otras localidades de la provincia.

Los combustibles tienen el grueso de su producción en las provincias de Mendoza, Santa Fe y Buenos Aires, desde las que abastecen al resto del país.

Los flujos de productos industriales son los menos desarrollados en este trabajo debido a la enorme dificultad de conseguir datos georreferenciados de producción y de consumo. Adicionalmente debe tenerse en cuenta que se trata de productos que generan menores volúmenes de carga (bienes de gran densidad de valor por unidad de volumen), salvo en el caso del acero y derivados que es lo que resalta en los tramos entre San Nicolás, Zárate y Buenos Aires.

Gráfico 11.

Flujos de transporte de minería y productos para la construcción, combustibles y productos industriales



Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5. // Nota: el grosor de las líneas es proporcional a la densidad de cargas.

² Debe tenerse en cuenta que gran parte de los productos de la minería se transporta en ferrocarril, y por lo tanto no se registra en los datos de este estudio.

8. Perfil de distancias recorridas por la carga

8.1. Distancia media general

La distancia media de la matriz origen–destino de las cargas relevadas es de 370 km. Casi el 70% del volumen de carga transportado no recorre más de 400 km.

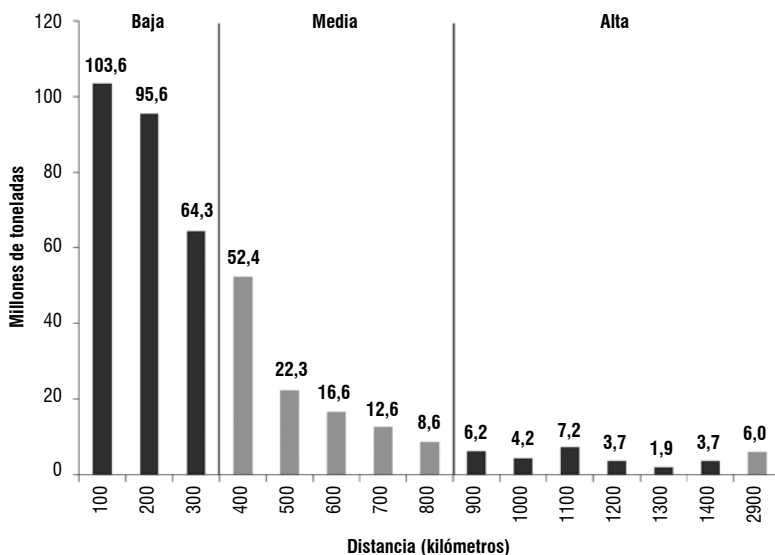
En base al histograma anterior, se proponen tentativamente tres segmentos de distancia media para clasificar las cargas:

- Baja: menor a 300 km (57,3% de las toneladas y 19,5% de las ton–km)
- Media: entre 300 y 800 km (29,5% de las toneladas y 38,4% de las ton–km)
- Alta: más de 800 km (13,1% de las toneladas y 42,1% de las ton–km)

Basados en esta clasificación, a continuación revisitamos la composición de tipos de productos transportados según el segmento de distancia recorrida.

Gráfico 12.

Histograma de volúmenes de cargas transportados según distancia recorrida, por rangos de 100 km



Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5. // Nota: la última barra reúne toda la carga generada que se transporta de 1401 km a 2900 km.

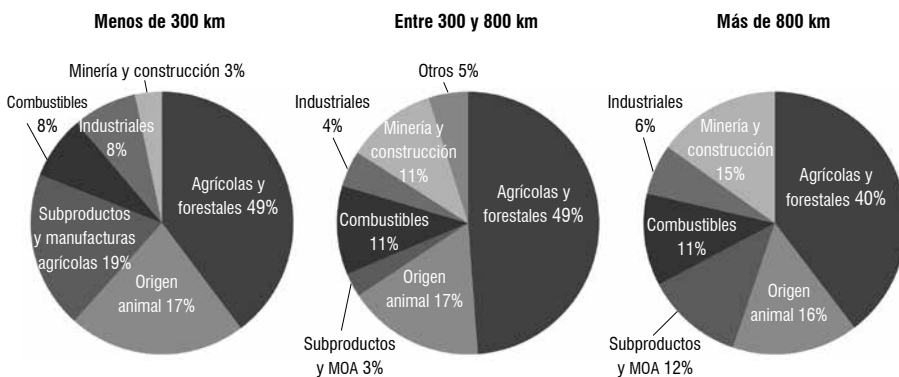
8.2. Composición por producto según segmento de distancia media

Observando la composición de las cargas de media distancia, lo más destacable es la gran caída de la participación de los subproductos y manufacturas agrícolas (del 13% al 4%) entre los segmentos de baja y media distancia recorrida. Esta participación se recupera e incluso aumenta en el segmento de larga distancia (19%). En cuanto a los subproductos y manufacturas agrícolas de baja distancia, casi el 90% se trata de los transportes intrazona que se comentan en la sección anterior. De estos, casi la totalidad corresponde a la zona de tráfico de Rosario (más del 95%). Este es el caso de la soja que llega a proximidades del puerto para ser exportada luego de transformarse en aceite y otros subproductos, así como sucede también con todos los subproductos de la molienda de trigo y de oleaginosas.

En el segmento de alta distancia se encuentran principalmente, como dijimos, el azúcar (Tucumán, Salta y Jujuy) y los vinos (Mendoza y San Juan). En menor medida también incide el transporte de té (Misiones).

La presencia de los productos agrícolas y forestales es destacable en los tres segmentos de distancia, siendo especialmente importante en el segmento medio entre los 300 y los 800 km (casi 50%). En baja distancia, los orígenes provinciales más importantes de esta categoría de productos son Buenos Aires y Santa Fé (casi el 70% del total de baja distancia) seguidas por Córdoba y Entre Ríos. En media distancia, Buenos Aires y Córdoba producen más del 70% del total seguidas por Santiago del Estero, Entre Ríos y La Pampa.

Gráfico 13. Composición de las cargas según distancia media, por rubro (millones de toneladas)



Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5. // Nota: el cálculo no incluye las cargas no relevadas, de las que se desconoce el tipo de productos incluidos.

En alta distancia hay varias provincias relevantes en la producción agrícola y forestal. Salta es la más importante, seguida por Tucumán, Neuquén, Chaco y Santiago del Estero. Estas 5 provincias reúnen casi el 70% de la producción del rubro que se transporta a más de 800 km de distancia.

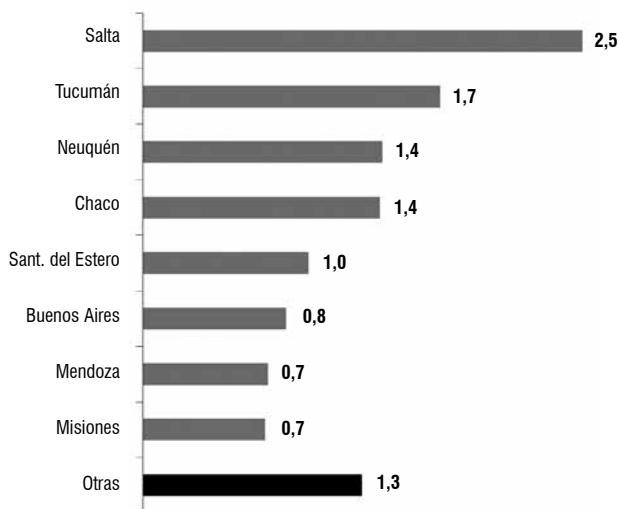
El caso de minería y construcción debe observarse teniendo en cuenta que el rubro no contiene una parte importante de la actividad minera del país que se transporta por ferrocarril. Este es el caso, de los minerales extraídos por la minera Bajo de la Alumbreira (Provincia de Catamarca), que son transportados desde Tucumán.

Los productos de este rubro que se transportan por la red vial están destinados principalmente a la construcción (cemento, piedra, canto rodado, etc.) y generalmente se extraen en las proximidades de su lugar de consumo. Esto se observa en la participación sobre el total de toneladas transportadas que cae 4 puntos entre los segmentos de baja (15%) y media distancia (11%), y casi desaparece en el segmento de alta distancia (3%).

En el caso de los productos industriales, la incidencia del costo de transporte es significativamente menor en el valor total ya que se trata de productos de gran densidad de valor con respecto a su volumen. No sorprende entonces observar que la participación de bienes industriales que se transportan más de 800 km es comparativamente alta en relación a los segmentos de baja y media distancia (5% y 3%, respectivamente).

Gráfico 14.

Productos agrícolas y forestales transportados a más de 800 km, por origen provincial (millones de toneladas)



Fuente: elaboración propia en base a fuentes del gráfico 5.

9. Reflexiones finales

No existe aún en Argentina un impulso suficiente a la producción de estadísticas georreferenciadas. Si bien el análisis espacial ha cobrado relevancia últimamente y suscitado el interés de investigadores de diversas áreas del conocimiento, aún estamos ante los comienzos de una incorporación sistemática de la «dimensión espacial» en la generación de estadísticas.

Esta es indispensable para el análisis del transporte, que depende de conocer con la mayor exactitud posible dónde se ubica la producción y el consumo en el territorio. Las fuentes de información secundaria existentes con datos de producción, consumo y comercio exterior raramente ofrecen una buena desagregación geográfica codificada en términos de la cartografía oficial o de algún otro tipo de referencia geográfica oficial. Probablemente la mejor fuente de datos (en términos de su desagregación geográfica así como de cobertura temporal) sea el Sistema Integrado de Información Agropecuaria del Ministerio de Agricultura.

De todas maneras, esto tampoco resolvería del todo la pregunta planteada, ya que existe el problema de conocer a dónde se destina lo que se produce y por dónde se transporta. Sólo una encuesta de amplio alcance puede proporcionar los datos necesarios para un análisis más completo y confiable de los flujos de transporte de cargas en el país.

Creemos que la matriz origen–destino estimada en el estudio es un primer paso en la dirección correcta. Como se ha señalado al comienzo de este artículo, en el proyecto UBACyT se expone en mayor detalle la metodología seguida para estimar la matriz origen–destino de cargas viales y los resultados obtenidos, además de las advertencias del caso respecto de la confiabilidad de los mismos. Sin embargo, existen numerosas posibilidades de análisis sobre la base de datos construida que aún no han sido explotadas, y el lector del documento podría tener una forma diferente y enriquecedora de acercarse a los datos³.

El autor espera que este trabajo estimule la discusión, el análisis y la investigación del transporte en la Argentina, así como de las actividades productivas en general, desde una perspectiva que incorpore cada vez más la dimensión territorial.

³ En el blog del Centro de Estudios de la Situación y Perspectivas de la Argentina (<http://blogdelcespa.blogspot.com.ar/>) se encuentra disponible la versión web del documento en la que los gráficos son manipulables por el lector y todas las tablas pueden ser descargadas, así como la base de datos completa de la matriz origen–destino y la red en formato preparado para graficar mapas con el software gratuito Tableau Public.

Registro bibliográfico

A. Benassi
«Una matriz origen–destino para el transporte de cargas en Argentina». *Pampa. Revista Interuniversitaria de Estudios Territoriales*, año 11, n° 12, 2do. semestre, Santa Fe, Argentina, UNL (pp. 307–329).

Bibliografía y fuentes

Asociación de Fábricas de Automotores – ADEFA (2010). Estadísticas. Recuperado en 2013 de <http://www.adefa.com.ar/v2/index.php?Itemid=77>

Barbero, J. y Castro, L. (2013). Infraestructura logística. Hacia una matriz de cargas para la competitividad y el desarrollo sustentable. *Documento de Políticas Públicas/ Análisis* N° 123. Buenos Aires: CIPPEC. Recuperado en 2014 de <http://www.cippec.org/documents/10179/51825/123+DPP+IGyDP+Infraestructura+log%C3%ADstica,%20Barbero,%20Castro.pdf/dcf9b117-bb88-46b1-9418-ff02fedac5a0>

Cámara Argentina del Acero (2013). Estadísticas locales. Recuperado en 2013 de <http://www.acero.org.ar/>

Consejo Vial Federal (2014). Red vial nacional. Recuperado en Julio 2014 de http://www.cvf.gov.ar/red_vial_nacional.php

——— (2014). Red vial provincial. Recuperado en Julio 2014 de http://www.cvf.gov.ar/red_vial_provincial.php

Dirección Nacional de Programación Económica Regional, Ministerio de Economía (2011). Complejo ganadería bovina: lácteos. Recuperado en 2013 de www.mecon.gov.ar/peconomica/docs/Complejo_Lacteo.pdf

Dirección Nacional de Vialidad (2010). TMDA Año 2010. Recuperado en 2013 de http://transito.vialidad.gov.ar:8080/SelCE_WEB/intro.html

Gobierno de la Provincia de Salta (2013). Administración fondo especial del tabaco. Recuperado en 2013 de <http://www.fetsalta.gov.ar/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos – INDEC (1997). Matriz insumo producto 1997. Recuperado en 2013 de <http://www.indec.gov.ar>

——— (2002). Censo Nacional Agropecuario 2002. Recuperado en 2013 de <http://www.indec.gov.ar>

——— (2004). Censo Económico Nacional 2004. Recuperado en 2013 de <http://www.indec.gov.ar>

——— (2010). Censo Nacional de Población 2010. Recuperado en julio 2014 de <http://www.indec.gov.ar>

——— (2011). Anuario estadístico 2011. Buenos Aires: INDEC.

——— (2013). Origen provincial de las exportaciones. Recuperado en 2013 de <http://www.opex.sig.indec.gov.ar/comex/>

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria – INTA (2012). Informes regionales 2012. Recuperado en 2013 de <http://jujuyrural.com.ar/index.php/el-analisis/456-la-actividad-citricola-en-jujuy>

Instituto Nacional de Vitivinicultura (2013). Estadísticas cosecha 2010. Recuperado en 2013 de <http://www.inv.gov.ar/pevi.php>

Ministerio de Agricultura (2013). Sistema integrado de información agropecuaria. Recuperado en 2013 de <http://www.sii.gov.ar/series>

Müller, A. (1994). Tras la privatización: las perspectivas del medio ferroviario argentino. *Desarrollo Económico*, N° 134 (34), 243–262.

Müller, A. y Petelski, N. (2010). La industria petroquímica: concentración técnica, centralización económica, extranjerización. En Müller, A. (comp.). *Industria, desarrollo, historia. Ensayos en homenaje a Jorge Schvarzer* (pags. 121–220) Buenos Aires: Centro de Estudios de la Situación y Perspectivas de la Argentina.

Polo, C. y Sanguinetti, M. (2012). Requerimientos de transporte para la producción

agrícola, horizonte 2020. Trabajo no publicado realizado para el Plan Agrario y Agroalimentario Participativo y Federal.

Rus, G., Campos, J. y Nombela, G. (2003). Economía del transporte. España: Antoni Bosch SA.

Secretaría de Energía (2010). Producción de petróleo y gas (tablas dinámicas), SESCO. Recuperado en 2013 de <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3299>

——— (2010). Volúmenes en bocas de expendio (Res. S.E. 1104/2004). Recuperado en 2013 de <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3271>

Subsecretaría de Programación Económica (2013). Información económica al día, nivel de actividad. Recuperado en 2013 de <http://www.mecon.gov.ar/peconomica/basehome/infoeco.html>

UN Comtrade (2013). Base de datos anual. Recuperado en 2013 de <http://comtrade.un.org/>

Anexo metodológico

A. Asignación de orígenes y destinos

Como ejemplo de la metodología general seguida para la distribución de la carga en sus zonas de origen y destino (así como de la asignación de pares origen-destino) veremos el caso del transporte de cemento.

Para construir la matriz OD de cemento contamos con datos de consumo por provincia de la Asociación de Fabricantes de Cemento Portland pero no de producción (por lo menos a nivel de provincia o departamento). En su lugar utilizamos datos sobre la capacidad instalada de los polos cementeros, un rubro bastante concentrado en el país, provistos por el sitio web de la International Cement Review.

El cemento es mayormente un producto poco transable (si bien existe algo de exportación), dado que el valor del flete incide fuertemente en su precio en el lugar de utilización. Los datos de consumo fueron distribuidos entre los nodos de nuestra red según su proporción de población en el total provincial (destinos). La mayor parte del cemento se utiliza para la construcción de obras civiles y edificios que están estrechamente relacionados con la cantidad de población de manera que el procedimiento da lugar a escasas distorsiones para este caso.

Nuestra hipótesis luego para asignar la producción de cemento a cada nodo (orígenes) no fue la de asignar en forma completamente proporcional a la capacidad instalada. Olavarría es el mayor nodo productor de cemento (posee la mitad de la capacidad instalada total) y por lo tanto

lo tanto el que cubre los faltantes de la producción en los radios de cobertura de las otras cementeras más pequeñas. Sin embargo no deberíamos observar demasiado transporte de cemento de Olavarría a localidades muy distantes siendo que existen cementeras mucho más cercanas y que se trata de un producto que no suele recorrer grandes distancias desde sus centros de producción hasta los lugares de consumo.

Esto nos llevó a utilizar distintos factores de utilización de la capacidad instalada para cada cementera como forma de corregir en parte el excesivo transporte de cemento observado desde Olavarría hacia localidades lejanas. Una vez asignada la producción a las zonas cementeras de origen, los pares OD se generan de manera tal que minimicen la distancia media de la matriz.

La siguiente figura muestra la cobertura de las zonas productoras de cemento graficando las «líneas de deseo»⁴ desde cada una de ellas hasta los destinos que consumen su producción.

Si ahora representamos esta misma matriz origen-destino utilizando la red construida (esto es, la carga se transporta por los tramos que interconectan las zonas de tráfico) podemos observar la cobertura de cada zona cementera a través de los flujos de carga que genera entre todas las zonas de tráfico que deben atravesarse hasta llegar a destino.

Gráfico 15.
Orígenes y destinos del cemento, líneas de deseo



Fuente: elaboración propia en base a *International Cement Review* y *Asociación de Fabricantes de Cemento Portland*. // Nota: el grosor de las líneas es proporcional a la densidad de cargas.

Gráfico 16.
Flujos de transporte de cemento



Fuente: elaboración propia en base a *International Cement Review* y *Asociación de Fabricantes de Cemento Portland*. // Nota: el grosor de las líneas es proporcional a la densidad de cargas.

⁴ Se llama «línea de deseo» a aquella que representa un flujo de transporte uniendo un origen con su destino en forma directa (lineal) sin importar el recorrido que efectivamente hace la carga, que por supuesto casi nunca es lineal.

El supuesto de consumo proporcional a la distribución de la población es razonable en un caso como el cemento y en la mayoría de los alimentos; se trata de productos cuyo consumo tiene una estrecha relación con la localización de la población que los utiliza en forma bastante directa. Sin embargo, en el caso de insumos industriales como el acero, este método de estimación ya no es viable.

En pocos casos se contaba con información directa (el caso de los productos químicos y petroquímicos, por ejemplo, incluyó entrevistas a referentes del sector) de manera que la metodología general de distribución de los consumos para la mayor parte de las matrices OD se trató de alguna variante del caso del cemento modificada por las especificidades del producto que se tratara.

En el caso del acero se utilizaron datos de la Matriz Insumo Producto de 1997 para determinar cuáles eran las actividades productivas compradoras de este insumo industrial y luego se realizó una distribución de los destinos en base a la localización de estas actividades según datos del Censo Económico Nacional de 2004.

En el caso de los vinos, por ejemplo, se aplicó el supuesto de proporcionalidad del consumo según la población pero, al tratarse de un producto altamente diferenciado, la asignación se realizó desde cada zona productora hacia el total de las zonas del país. Como las distintas variedades de vino no son muy buenos sustitutos entre sí, no es dable suponer que los consumidores van a demandar exclusivamente o en mayor medida aquella variedad que se produzca más cerca de su lugar de residencia sino que demandarán a todas por igual.

Para una explicación más detallada de la metodología aplicada en la asignación de orígenes y destinos de cada producto, se remite al lector al documento de trabajo del proyecto UBACyT⁵.

B. Estimación de cargas no relevadas

El relevamiento realizado para el estudio reseñado cubre alrededor de un 56% (en toneladas) de la carga que, según estimaciones propias basadas en datos de tráfico de la Dirección Nacional de Vialidad y en los resultados del relevamiento realizado, se transporta en todo el territorio nacional.

Para el resto del tráfico «no relevado» se estimó una matriz origen–destino según una simulación basada en la asignación de carga genérica a distintos conjuntos de pares OD en búsqueda de configurar una matriz con determinada distancia media.

⁵ Véase UBACyT número 20020100100302. «El ferrocarril interurbano en la Argentina: historia reciente, perspectivas y políticas – Un ensayo diagnóstico y propositivo».

Para ello se utilizó una implementación del algoritmo simplex de programación lineal que asignó iterativamente un volumen de carga a cada par OD teóricamente posible de forma tal que la red «no relevada» así generada fuera consistente con la discrepancia entre el tráfico «relevado» y los datos de tráfico de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV).

Por supuesto no existe una única matriz OD que cumpla con el requisito de explicar estas discrepancias. En primer lugar se calculó aquella matriz de pares OD «no relevados» que minimizara la distancia media de la red. Esta coincide con aquella en que cada uno de los tramos de la red se convierte en pares OD a los que se asigna un volumen de carga equivalente a la discrepancia del tráfico «relevado» para ese tramo y los datos de la DNV. Es la matriz en la que la carga se desplaza la menor distancia posible.

En segundo lugar se calculó aquella matriz OD que maximizara la distancia media del conjunto. Es decir, dados los tráficos «no relevados» detectados por cada tramo, el algoritmo buscó asignar carga a los pares OD de mayor distancia posible de forma tal que se cumpliera la restricción de anular la discrepancia entre los datos de la DNV y el tráfico relevado.

Este procedimiento arrojó entonces una distancia media mínima y máxima para el conjunto de matrices OD de carga «no relevada» posibles. A falta de mayor información sobre esta carga, se optó a continuación por calcular como definitiva aquella matriz OD que tuviera una distancia media equivalente a la media simple entre la mínima y la máxima. Dado que el algoritmo sólo asegura un resultado óptimo local, el cálculo se repitió partiendo de diferentes condiciones iniciales para testear la robustez del resultado.

La matriz OD de cargas no relevadas así conseguida tiene una distancia media sustancialmente menor que la de cargas relevadas (232 km vs 370 km) de manera que reduce sensiblemente la distancia media de la matriz OD completa (aquella que contiene cargas relevadas y no relevadas) hasta los 309 km.

El procedimiento presentado se puede consultar en mayor detalle en el documento de trabajo del proyecto de investigación reseñado. Por supuesto, debe hacerse énfasis en que se trata de una estimación que debe ser leída con gran cautela, dado que la naturaleza y los verdaderos orígenes y destinos del tipo de cargas transportadas es desconocida.