

## **ANÁLISIS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA GRANARIA DEL NORTE ARGENTINO MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

**M. Bortolato, N. Di Leo, S. Montico.**

Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Rosario – Campo experimental Villarino  
C.C. n°14 (S2125ZAA) – Zavalla – Santa Fe - Argentina  
Telefax. +54 0341 4970080 – [www.fcagr.unr.edu.ar](http://www.fcagr.unr.edu.ar) – e-mail: martikabortolato@hotmail.com

*Recibido: 09/08/12; Aceptado: 05/10/12*

**RESUMEN:** Este análisis contempla la compleja problemática de transporte y logística desde un enfoque espacial y restringido a un sector del territorio nacional. El objetivo fue determinar áreas de conveniencia de transporte de granos en base a los mínimos costos energéticos y económicos, contemplando las variables de cantidad y localización de la producción, la existencia y accesibilidad a puntos de carga, rutas y ferrocarril. Por medios computacionales, se simuló el transporte de granos de soja de la campaña 2007/2008 para las provincias de Catamarca, Chaco, Formosa, Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Tucumán. Se evaluaron dos sistemas de transporte, tren y camión, y un tercero en parte (barcazas) y cuatro puertos destino (Antofagasta, Formosa, Barranqueras y Rosario). Se analizaron bases de datos y bibliografía y se empleó un software específico para centralizar y posicionar geográficamente toda la información obtenida respecto a la producción de soja en la región y a las redes de transporte hacia los puertos. Los resultados mostraron que prácticamente en toda el área analizada, es el ferrocarril el medio más eficiente para transportar el grano de soja desde el sitio de producción hasta los puertos involucrados en el estudio, tanto en términos económicos como energéticos. Asimismo, si en los recorridos analizados se tiene en cuenta al transporte más eficiente, los puertos de Barranqueras, Formosa y Rosario resultaron ser más convenientes en general, que Antofagasta, en el sentido de derivar la producción a ellos.

**Palabras clave:** transporte, SIG, granos, costo energético.

### **INTRODUCCIÓN**

La competitividad de las empresas y de las economías nacionales y regionales se encuentra directamente asociada a la capacidad de adaptación que presenten en respuesta a las mayores demandas de productividad. En este sentido, adquiere especial relevancia el disponer de una red de transporte eficiente que permita el intercambio de grandes volúmenes de mercancías en un plazo menor de tiempo y a menor costo. Según estimaciones de la Secretaría de Transporte de los Estados Unidos (Slater, 2000), se prevé que en los próximos 25 años la participación del comercio internacional en la producción económica mundial aumentará aproximadamente 18%. Un incremento tan significativo del comercio internacional requiere de una cuidadosa planificación de los sistemas internacionales de transporte y los servicios nacionales intermodales. En caso contrario, tales servicios se verían indefectiblemente sobrecargados, obstaculizando el desarrollo económico y comercial. Roccatagliata (1998) sintetiza estos puntos diciendo que: “el transporte genera alianzas e intercambios entre sectores económicos y sociales, constituye un componente primordial en la apropiación del espacio y actúa como regulador del tiempo y del funcionamiento de los sistemas económicos al participar activamente (en el ámbito local y global), de la movilidad de bienes y personas y organización de los lugares”.

Por otro lado, es preciso evitar la creencia simplista de que a mayor infraestructura, mayor competitividad (Slater, 2000). La lógica geográfica de una red de infraestructura debe tener en consideración una visión estratégica de la geografía económica de un territorio. Esto es, que permita identificar la mejor de las opciones en las alternativas de vinculación entre los espacios con potenciales productivos y los espacios de la demanda actual o futura.

El traslado de bienes en el espacio requiere de servicios multimodo de transporte; es por ello, que todos los tipos de transporte desempeñan una función importante en la economía mundial, ya se trate de transporte de mercancías de larga distancia entre países y continentes o de movimientos más cortos entre terminales intermodales. La necesidad de desarrollar sistemas de transporte y logística eficientes que permitan la circulación de bienes en el mercado internacional constituye un desafío tanto para los países industrializados como para los que se encuentran en vías de desarrollo (Castro, 2002).

En el sector agrícola específicamente, la eficiencia del sistema de transporte es la que determina la posibilidad de producción de determinadas zonas, ya que el precio que recibe el productor agropecuario es el que define la frontera agrícola y del que debe deducirse el costo del flete. Otro factor influyente en el crecimiento de este sector es la posibilidad de retirar su producción a tiempo ante diferentes eventos climáticos (Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial, 2007). Para una administración eficaz del transporte, en términos de una profundización del conocimiento de la logística y la dinámica de la cadena de aprovisionamiento, es fundamental la visión global e interactiva de toda la información disponible, de manera de georreferenciar a escala real la compleja trama que define el éxito del transporte y la certidumbre en la toma de decisiones. Un recurso que cumple fielmente este objetivo son los sistemas de información geográfica (SIG), diseñados para la captura, almacenamiento, manipulación y análisis de información, en donde la ubicación espacial constituye el elemento fundamental. El análisis conjunto, derivado de la combinación de información gráfica en forma de mapas (información espacial) y atributos asociados (información no espacial), da a los SIG su particular potencial de aplicación a los sistemas de transporte (Leyva Castro et al., 2002). Utilizando los SIG, es posible comparar el patrón de distribución tanto en la red de comunicaciones como en la producción de cultivos en una región. Integrándolo con modelos de red del transporte y de optimización de la misma es posible ilustrar los flujos del grano basados en diferentes variables (Spearin, 2001).

En este trabajo, se abordó la problemática de transporte y logística desde un enfoque espacial y restringido a un sector del territorio nacional. El ámbito geográfico analítico fue el norte argentino comprendiendo a las provincias de Catamarca, Chaco, Formosa, Jujuy, Salta, Santiago del Estero y Tucumán. La situación en el norte argentino es heterogénea; diversas circunstancias intervienen para que el transporte por camión se transforme, en determinados lugares o en posiciones de mercado particulares, en el único medio viable o que gane posiciones sobre el ferrocarril. Lograr la adecuada articulación entre los distintos eslabones de toma de decisiones y comprender los condicionantes que determinan lo anterior es un primer paso (Santarelli, 2004).

En virtud de lo anterior, la simulación de diferentes escenarios constituye una vía para comprender, en toda su magnitud, al transporte como factor de integración de los lugares, distinguir con mayor certeza la vinculación e interrelacionamiento espacial entre puntos de oferta y demanda de granos, sea en términos actuales o potenciales. También, contribuye a orientar el comportamiento de los actores involucrados y colaborar, a partir de resultados cartográficos concretos, con la planificación oficial y la toma de decisiones.

Así, los objetivos de este trabajo fueron la determinación de áreas de conveniencia de transporte de poroto de soja de la región norte argentino en base al costo energético y/o económico, según destinos y medios de transporte utilizados. Para esto, se compararon dos vías de salida para la producción de soja del norte argentino: Antofagasta por vía terrestre y Rosario por vía terrestre en su totalidad o con trasbordo en puertos de Formosa y de Barranqueras a la Hidrovía Paraguay-Paraná y por ella hasta Rosario.

### DESARROLLO METODOLÓGICO

Se recopiló información de varias instituciones del sector agropecuario (SAGPyA, BCR, ONCCA, CNRT, IGM, etc.) y se procedió a la sistematización y el ordenamiento de los datos a los fines de construir un SIG. El software utilizado para ordenar los datos, construir un SIG y realizar la posterior simulación, fue ArcView, versión 3.2 (ESRI, 2000). Dentro de éste se utilizaron sub-rutinas propietarias (Network Analyst, Spatial Analyst) y sub-módulos libres (scripts) como "Multi-origin to multi-destination plus cost" (Jaffe, 2003). El "script" utilizado indicó el camino de cada origen a cada destino separadamente y permitió el cálculo de distancia y/o costo de múltiples orígenes a múltiples destinos, uno por vez, seleccionando automáticamente la mejor opción (menor distancia o menor costo, en este caso, menor distancia). Requiere que el usuario defina el/los puntos de origen y el destino del hipotético viaje, separados en sendas capas vectoriales. En suma, se debe proporcionar una red de vectores lineales que se constituya en los posibles caminos que pueden ser tomados para unir orígenes con destinos.

Una parte de la información que se incorporó al SIG fueron los datos proporcionados por la SAGPyA sobre superficie sembrada (ha) y producción de soja (Tn), concernientes a la campaña 2007/2008, discriminados por departamento de las respectivas provincias del área en estudio.

Para la definición de los puntos de carga u origen (PO), se tomó como referencia el listado oficial de empresas acopiadoras por localidad de la Oficina Nacional de Control Comercial Agropecuario (ONCCA), de acceso irrestricto a cualquier consultor a través de la página Web perteneciente al organismo. La producción total, en Tn de soja por departamento para cada una de las provincias, se distribuyó en forma ponderada a cada localidad según la cantidad de acopios inscriptos en cada una de ellas.

Los puntos destino (PD), se definieron en base a la opción de referencia en exportación de commodities argentinos, como es el área metropolitana de Rosario (Santa Fe). Asimismo, se tomó una opción contrastante de mayor cercanía relativa al norte argentino y de relacionamiento más directo con el mercado chino, el puerto de Antofagasta (Chile). Además, se sumó al análisis la posibilidad de utilización de la hidrovía Paraguay-Paraná, cuyos puertos de trasbordo, para el norte argentino, hacia el puerto de Rosario son Formosa (Formosa) y Barranqueras (Chaco).

El cálculo del costo de transportar la producción de soja 2007/2008 de la región bajo análisis, se efectuó en términos energéticos (litros de gasoil) y económicos (pesos) a partir de operaciones algebraicas realizadas sobre la magnitud de menor distancia entre PO y PD, determinada por la conformación de la red vial propia de cada modo de transporte involucrado. Se definieron estas operaciones de la siguiente manera:

$$\text{Costo energético: } G = \text{Dist} * \text{Vol} * \text{Cons} \quad (1)$$

Donde,

G: Litros de gasoil consumidos en el traslado de toda la carga desde el PO hacia alguno de los cuatro destinos, sólo vía terrestre.

Dist: km totales del mejor recorrido desde el PO al PD.

Vol: Tn de granos de soja asignados a cada PO.

Cons: consumo promedio de gasoil de un camión de porte medio o de una locomotora de porte medio (litros  $\text{km}^{-1} \text{Tn}^{-1}$ ).

$$\text{Costo económico: } T = \text{Dist} * \text{Vol} * \$ \quad (2)$$

Donde,

T: Pesos invertidos en el traslado de toda la carga desde el PO hacia alguno de los cuatro puerto/destino, sólo vía terrestre.

Dist: km totales del mejor recorrido desde el PO al PD.

Vol: Tn de granos de soja asignados a cada PO.

\$. tarifa ( $\$ \text{km}^{-1} \text{Tn}^{-1}$ )

Respecto de los puertos destino Formosa y Barranqueras, al costo de traslado de la producción por vía terrestre hasta ellos (sea por ferrocarril o camión), se le sumó el costo de traslado, ya sea energético o económico, por vía fluvial hasta el puerto de Rosario, recurriendo a la Hidrovía Paraguay-Paraná.

La Figura 1 muestra resumidamente, toda la información base utilizada para realizar la corrida del "script".

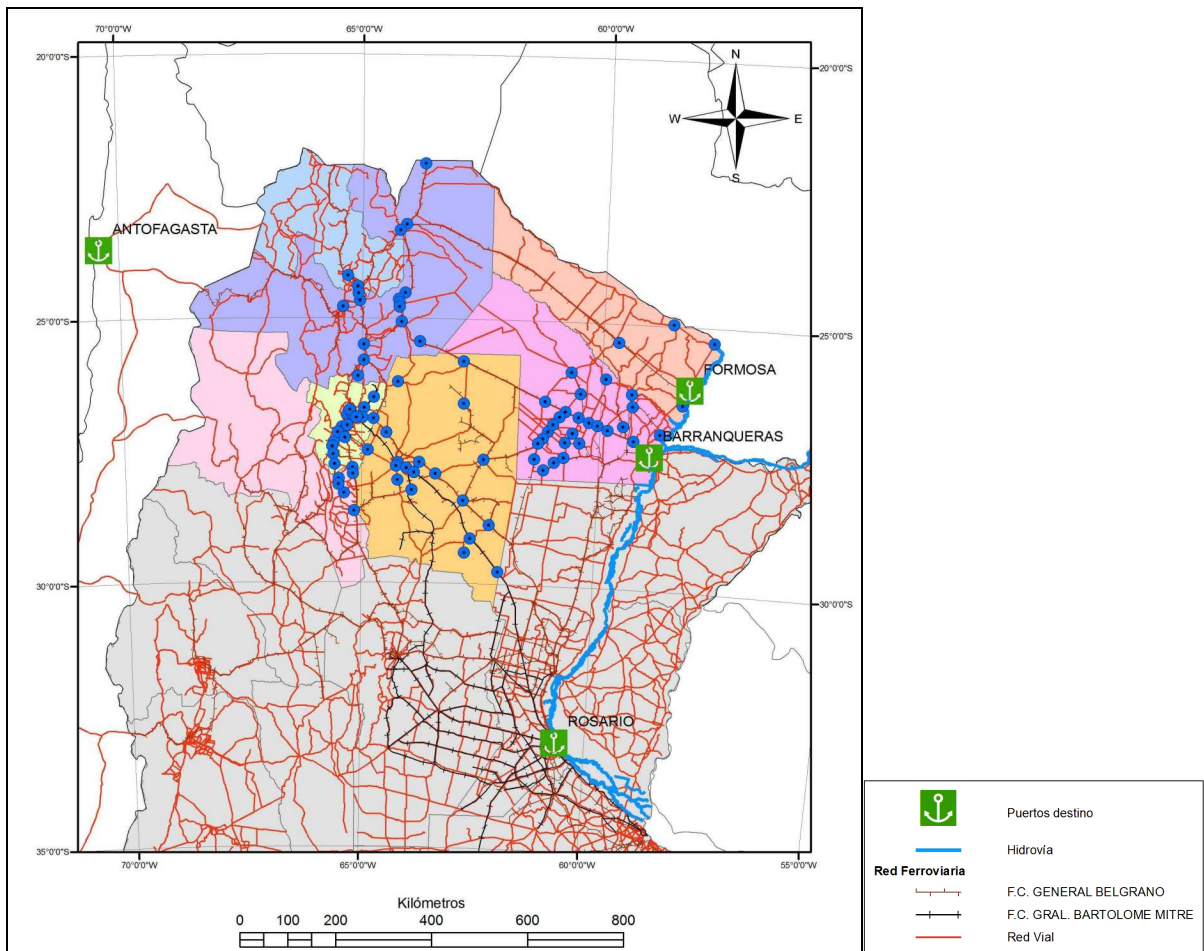


Figura 1: Red vial, red ferroviaria e hidrovia. Puntos de origen y puntos de destino.

Depurando la base de datos original, considerando situaciones particulares, finalmente se obtuvieron un total de 94 puntos de carga/localidades, tal que las localizaciones espaciales de éstos se constituyeron en los **PO** requeridos para realizar la modelización ulterior. Las redes de vectores lineales fueron la red caminera y la red ferroviaria de la zona en estudio. Estas capas proceden del Instituto Geográfico Militar (I.G.M) y consisten en la digitalización y vectorización de la cartografía oficial.

Primeramente, se generaron mediante la corrida del "script" empleado, las distintas combinaciones entre **PO** y **PD**, los caminos de menor distancia de cada una estas combinaciones, y para ambas vías de circulación terrestre (ferrovías y rutas). Simplificadamente, se obtuvieron los recorridos de menor distancia desde cada una de las 94 localidades de origen a los 4 puertos de destino para ferrocarril y camión, arrojando un total de 710 vínculos. La diferencia entre los 752 valores teóricos que deberían obtenerse en base a la combinatoria de factores intervinientes (Tabla 1) y los 710 reales se debió a que cuando el **PO** se situó a más de 23 km de la vía férrea, se asumió que en esas condiciones el modo ferroviario no es conveniente debido a complicaciones operativas por demasiada lejanía.

km	M <sub>1</sub> = FFCC				M <sub>2</sub> = CAMIÓN			
	PD <sub>1</sub>	PD <sub>2</sub>	PD <sub>3</sub>	PD <sub>4</sub>	PD <sub>1</sub>	PD <sub>2</sub>	PD <sub>3</sub>	PD <sub>4</sub>
PO <sub>1</sub>	PO <sub>1</sub> xPD <sub>1</sub> xM <sub>1</sub>	.....	.....	.....	PO <sub>1</sub> xPD <sub>1</sub> xM <sub>2</sub>	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
PO <sub>94</sub>	.....	.....	PO <sub>94</sub> xPD <sub>4</sub> xM <sub>1</sub>	.....	.....	.....	.....	PO <sub>94</sub> xPD <sub>4</sub> xM <sub>2</sub>

Tabla 1. Combinatoria de factores. Referencias: PO (Puntos de Origen) = 1, ..., 94. PD (Puntos Destino) = 1, 2, 3, 4. M (Modos de transporte) = 1, 2. PO x PD x M = 752 valores de distancia posibles.

Posteriormente, se calcularon los costos del transporte asociados al traslado de la producción de soja 2007/2008, en términos energéticos (litros de gasoil) y económicos (pesos), a los cuatro puertos de destino, como se detallara precedentemente. En el cálculo de costo energético se asumió un consumo promedio de gasoil de un camión de porte medio de 1 litro de gasoil Tn<sup>-1</sup> cada 23 km (Dimeagro, 2004 y 2007) y de una locomotora de porte medio de 1 litro de gasoil Tn<sup>-1</sup> cada 90 km (Dimeagro, 2004 y 2007).

En cuanto a los datos tarifarios, los mismos fueron tomados de la base de datos de CATAC (Confederación Argentina del Transporte Automotor de Cargas) y de la CNRT (Comisión Nacional de Regulación del Transporte), para el caso del transporte por camión y por FFCC, respectivamente, año 2008. Es así que, en el cálculo del costo económico, para el transporte por ferrocarril se consideró una tarifa media de 0,082 \$ Tn<sup>-1</sup> km<sup>-1</sup>. En el caso del transporte por camión la tarifa fue asignada según recta de regresión entre los valores en \$ Tn<sup>-1</sup> y su distancia correspondiente. La función de ajuste obtenida para el año 2008 fue “ $y=0,2002*x+14,876$ ” con un R<sup>2</sup> de 99,7%; siendo “ $x$ ” la distancia a recorrer en km e “ $y$ ” el resultado expresado en \$ Tn<sup>-1</sup>. Es decir, la tarifa que se obtuvo para ese año fue de 0,2002 \$ Tn<sup>-1</sup> km<sup>-1</sup> más un costo fijo (en este caso de 14,876 \$ Tn<sup>-1</sup>). Entonces, la menor distancia obtenida entre PO y PD, se introdujo en la ecuación de ajuste como variable independiente y luego se multiplicó por las Tn de soja para obtener **T**.

Los costos (energético y económico) del traslado de la producción de soja por vía fluvial hasta el puerto de Rosario, recurriendo a la Hidrovía Paraguay-Paraná, desde los PD Formosa y Barranqueras, se obtuvieron empleando los valores detallados a continuación: la distancia en km se calculó siguiendo la línea de vaguada que coincide con los límites provinciales sobre el río Paraná, arrojando valores de 1.157,4 km entre los puertos Formosa-Rosario y de 825,6 km entre los puertos de Barranqueras-Rosario. Se asumió una tarifa constante de uso de barcasas de 0,0325 \$ Tn<sup>-1</sup> km<sup>-1</sup> (Giménez, 2007) y un consumo de gasoil medio de 1 litro de gasoil Tn<sup>-1</sup> cada 275 km recorridos (Dimeagro, 2007). Multiplicando el consumo de gasoil y la tarifa por los km que separan a cada puerto del puerto de Rosario y por las Tn de soja a transportar correspondientes a cada **PO** se obtuvieron los costos del transporte por vía fluvial para cada puerto de trasbordo (Formosa y Barranqueras) que se sumó a las magnitudes surgidas del análisis del tramo terrestre (**G** y **T**).

Como resultante de la aplicación del procedimiento descrito se obtuvieron un total de ocho (8) opciones para cada punto de carga (**PO**). Esto surgió de la combinación de los cuatro posibles destinos y los dos modos de transporte. De los 8 resultados, se seleccionó aquel de menor costo (tanto energético como económico). De acuerdo con el criterio de elección de los resultados, se determinó la asignación de ciertos atributos a cada uno de los 94 **PO**, y a partir de lo anterior, fue posible extender espacialmente este criterio a los fines de establecer áreas de conveniencia.

Cada **PO** constituye un centro de acopio de producción que conceptualmente ejerce cierto grado de "atracción" sobre su área circundante. Bajo esta hipótesis, el área total comprendida por los departamentos que poseen producción de soja para la campaña 2007/2008 se dividió en las áreas de influencia de cada uno de los 94 puntos de carga. En definitiva, se trató de discretizar el espacio en función de la distribución de los puntos de carga. En el entorno SIG, esta tarea se realizó mediante la construcción de polígonos de *Thissen-Voronoi*, consistente en el trazado de las fronteras entre polígonos originados en cada **PO** teniendo en cuenta la distancia euclidiana entre los mismos. Las reunificaciones de estos polígonos en base a los criterios de selección de los resultados antedichos, permitió la definición de las áreas de conveniencia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los costos totales en términos de litros de gasoil y pesos, discriminados por provincia, para transportar la producción de soja de toda la región analizada, hacia los mejores destinos y utilizando el modo más conveniente. Estos costos son los resultantes de la selección del menor valor entre las 8 posibles combinaciones (PD x M) para cada PO. Se hace la salvedad de que estos valores llevan implícitos la producción de soja de cada provincia, por lo que los mayores desembolsos están intrínsecamente vinculados a la mayor producción de soja por departamento/provincia. Ordenando de mayor a menor por litros de gasoil consumidos o pesos invertidos, las provincias se ubican de la siguiente manera: Salta, Santiago del Estero, Chaco, Tucumán, Catamarca, Jujuy, Formosa.

Se advierte que para transportar la totalidad de la producción de soja del territorio norte hacia los puertos destino, bajo la condición de selección de la mejor combinación modo-destino, se invierten aproximadamente 53 millones de litros de gasoil y/o 400 millones de pesos.

PROVINCIA	Producción SOJA (Tn)	Costo energético (litros gasoil)	Costo económico (\$)
Catamarca	150.000	3.414.044	19.015.238
Chaco	1.749.998	10.892.630	86.808.290
Formosa	12.132	96.560	770.989
Jujuy	16.501	166.729	1.230.460
Salta	1.467.520	15.669.397	120.273.019
Santiago del Estero	1.549.998	15.119.819	103.869.391
Tucumán	803.925	7.826.219	57.757.494
<b>TOTAL</b>	<b>5.750.074</b>	<b>53.185.398</b>	<b>389.724.881</b>

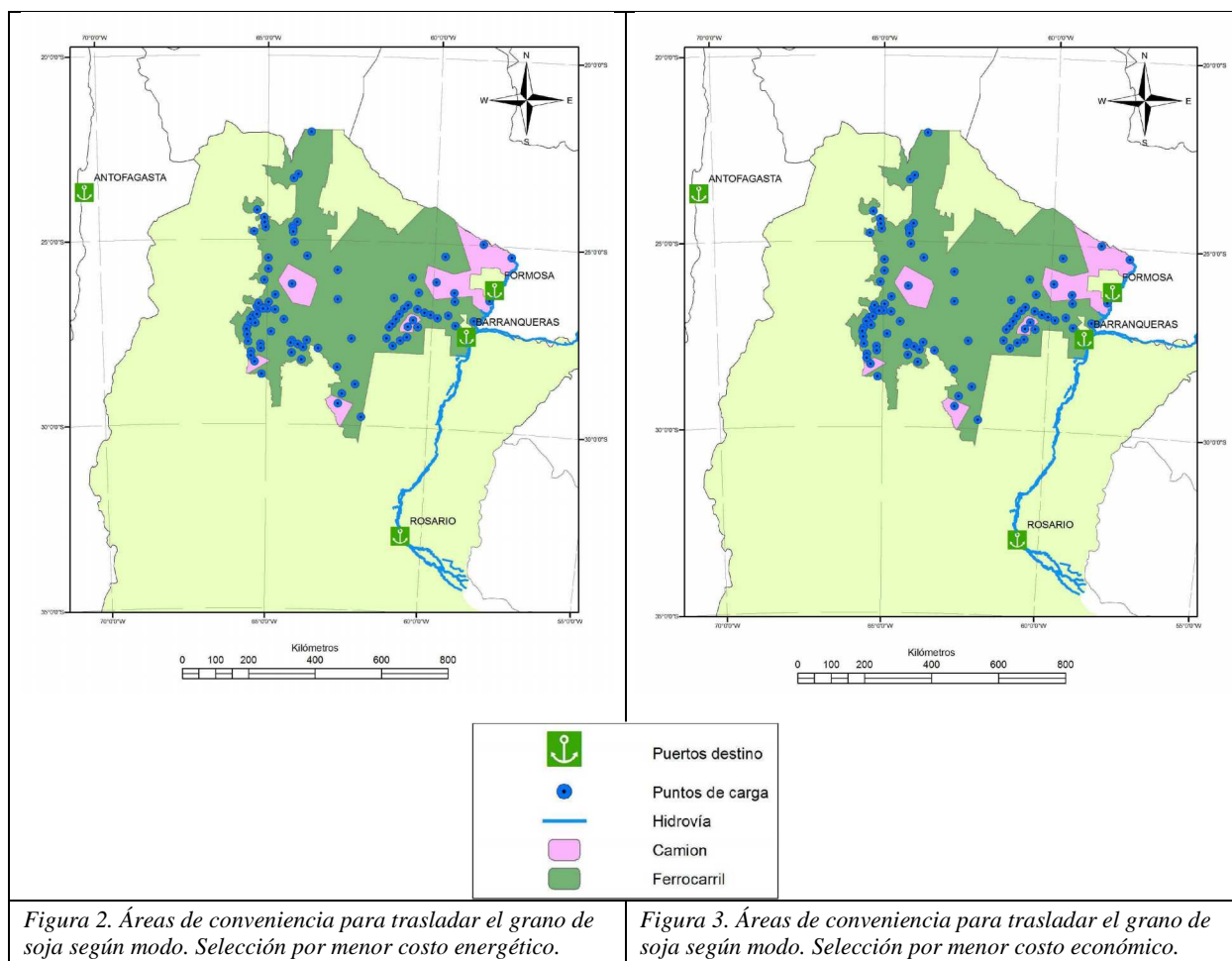
Tabla 2: Costos energético y económico adjudicados al transporte de la producción de soja de cada provincia del norte argentino. Selección de la mejor combinación modo-destino, entre 8 opciones.

Asimismo, el análisis del conjunto de mejores combinaciones modo-destino en cuanto a costo energético o económico permitió la construcción en el entorno SIG de las áreas de conveniencia para trasladar el poroto de soja a uno u otro destino empleando alguno de los dos modos terrestres involucrados en la simulación. Estas áreas fueron delimitadas por los departamentos que tuvieron producción de este cultivo para la campaña seleccionada.

Las Figuras 2 a 5 muestran la selección del mínimo costo entre las 8 posibilidades que presentó cada PO. En las Figuras 2 y 3 están representados los modos de transporte que resultaron ser los más convenientes para cada PO y en las Figuras 4 y 5 los puertos de destino más convenientes. Como se presuponía, los resultados muestran que prácticamente en toda el área es el ferrocarril el medio más eficiente, en base a los parámetros aquí evaluados, para transportar el grano de soja desde el área bajo estudio hacia alguno de los puertos involucrados, sin diferenciarse los resultados ya sea se evalúe con parámetros energéticos o económicos (Figuras 2 y 3, respectivamente). En esta oportunidad, como ya fue expresado, no se representa al mejor destino, entendiéndose que para ambos modos los destinos que están implícitos en el recorrido, son los de menor inversión. Aquellas áreas donde el transporte por camión ha ganado posición frente al ferrocarril se corresponden con las localidades de carga donde las líneas férreas se encuentran a una distancia que torna poco operativa su utilización. Si no ocurriera esto, probablemente en el 100% de los casos la selección hubiera sido preferencial hacia el ferrocarril.

Esto refuerza el concepto expresado por la Cámara Argentina de la Construcción (2006), entre otros tantos organismos, de que el ferrocarril presenta una serie de ventajas comparativas en la movilización de determinados tráficos de cargas y mercaderías que justifican la importante, necesaria y cuantiosa masa de recursos financieros que deben asignarse para que este medio se torne realmente operativo como lo es en países de mayor desarrollo y de similar extensión que Argentina.

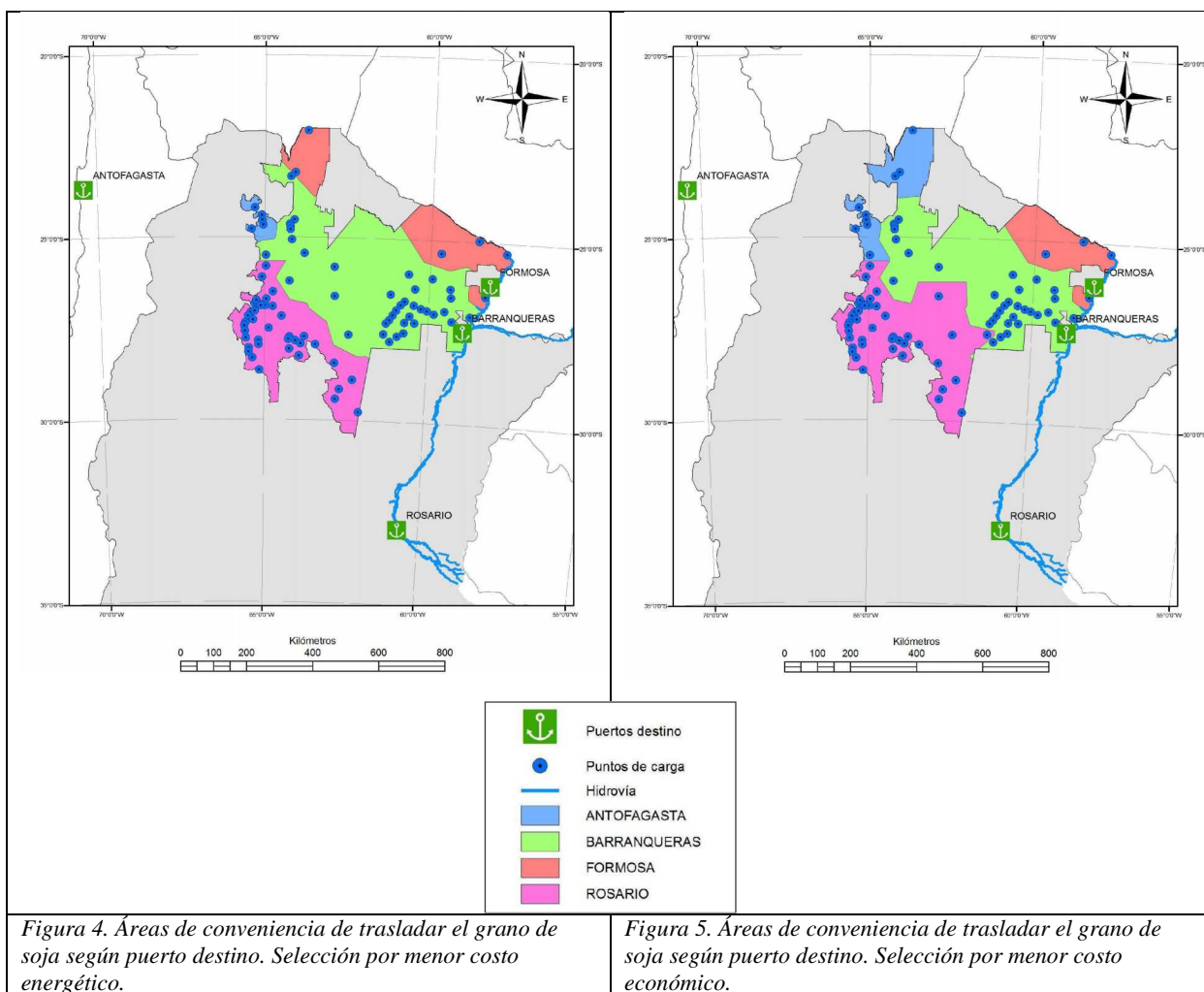
Se ponderó también para cada celda o grilla del mapa, la conveniencia de enviar la producción de soja al puerto de Antofagasta o Rosario, en este último caso ya sea directamente o a través de la hidrovía, según los costos que representa su traslado utilizando el medio de transporte que resultó ser el más conveniente (Figuras 2 y 3). Es decir, aquí, de las 8 combinaciones destino-modo posibles para cada PO se tienen, al igual que en las Figuras 2 y 3, las de mínimo G y T; pero, en este caso, se representa en el mapa las áreas relativas a los puertos destino de menor costo.



De esta manera, se delimitaron cuatro áreas de conveniencia desde donde es más apropiado trasladar la producción hacia uno u otro puerto ya sea en términos energéticos y/o económicos (Figuras 4 y 5, respectivamente). Los resultados obtenidos y mapeados permiten afirmar que la influencia del puerto de Rosario (tren y camión juntos, utilizando o no la hidrovía) es superior a Antofagasta. Si además se tuviera en cuenta, de alguna manera en el cálculo de costos, el paso por la cordillera seguramente esta área de influencia del puerto de Rosario sería aún mayor. Esto refuerza lo expresado por Zuidwijk (2005)

quien sostiene que “una decisión política de desviar cargas de puertos argentinos hacia puertos extranjeros dentro de programas de los corredores bioceánicos, puede tomarse únicamente después de efectuar un estudio serio para demostrar que esta política tendrá como resultado reales economías en el transporte. Los productos a granel enviados al norte de Asia pueden tener ventajas con una salida por el Pacífico, pero supeditado a que no haya un aumento del costo del transporte terrestre, vía los Andes, que sea mayor que la reducción del costo del transporte marítimo.” Zuidwijk (2005) utilizó un caso práctico para comparar los costos del transporte de montaña con el llano. Concluyó que, es mucho más caro el transporte de Salta – Antofagasta de 900 Km. (opera Ferronor chileno, con un convenio con el Belgrano Cargas pasando a 4200 m sobre el nivel del mar) que 1600 Km. de Salta – Buenos Aires (opera N.C.A.). Con este ejemplo, intentó demostrar que en muchos casos con distancias menores por el Pacífico los costos totales de origen a destino son mayores.

Continuando con el análisis de los resultados en términos de áreas de conveniencia de traslado a alguno de los cuatro puertos sea se evalúe energéticamente (Figura 4) o económicamente (Figura 5), las áreas resultantes difieren entre figuras en una baja proporción a pesar de ser ambas provenientes de transformaciones lineales de los mínimos recorridos entre orígenes y destinos. Las áreas que pierden espacio frente a las otras, son las de conveniencia de trasladar la producción a Formosa y Barranqueras para luego llegar al puerto de Rosario recurriendo a la Hidrovía Paraguay-Paraná. El interrogante que plantea esta última cuestión es el de por qué ciertas localidades varían el destino preferencial según los recorridos se estimen en términos energéticos o económicos. Es decir, por qué desde ciertas localidades la combinación modo terrestre-modo fluvial se torna menos competitiva frente al modo terrestre exclusivo cuando se calculan los recorridos en términos económicos que cuando se lo hace en términos energéticos.



Las Figuras 6 y 7 son el resultado de interpolar, sobre toda el área geográfica en estudio, los datos obtenidos para cada localidad de consumo de gasoil y de pesos invertidos para transportar una Tn de grano de soja hacia el mejor destino y utilizando el mejor modo. El patrón de distribución de sectores más oscuros (asociados a mayores valores) es bastante similar entre parámetros calculados, costo energético y costo económico. En esta distribución, se pueden detectar aquellas áreas que presentan las mayores desventajas, en cuanto a costo en fletes se refiere, para trasladar la producción en bruto, sin ningún tipo de transformación previa, a los puertos de exportación y, lógicamente, son coincidentes con las áreas más continentales del norte argentino. Es así, que se delimitan zonas fácilmente distinguibles en el mapa, donde sería conveniente instalar industrias, molinos, etc. para darle valor agregado a la producción y así aumentar los márgenes brutos, o donde abastecer el mercado interno para evitar los grandes desembolsos en flete para llegar a las terminales de exportación.

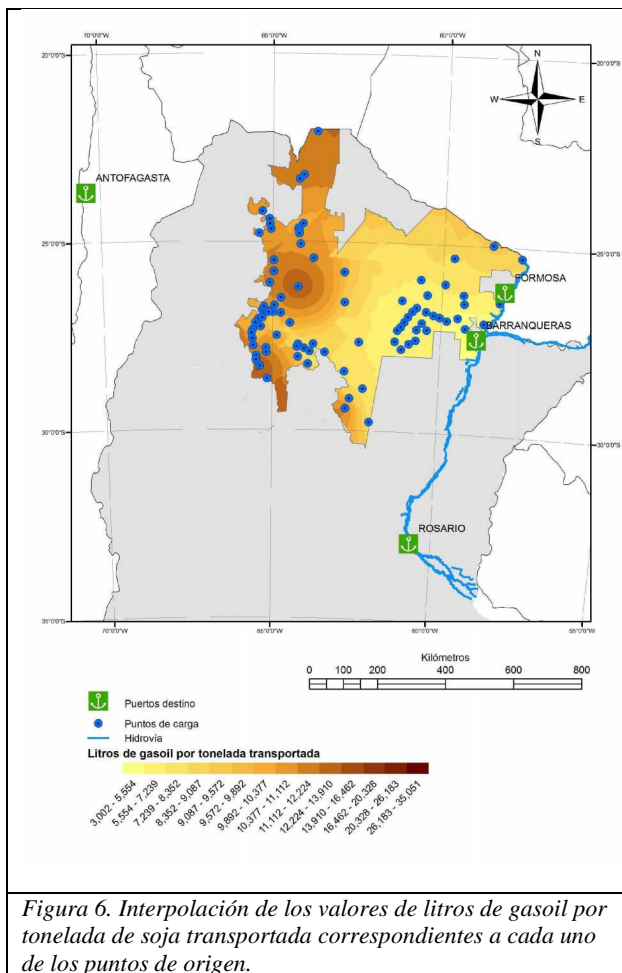


Figura 6. Interpolación de los valores de litros de gasoil por tonelada de soja transportada correspondientes a cada uno de los puntos de origen.

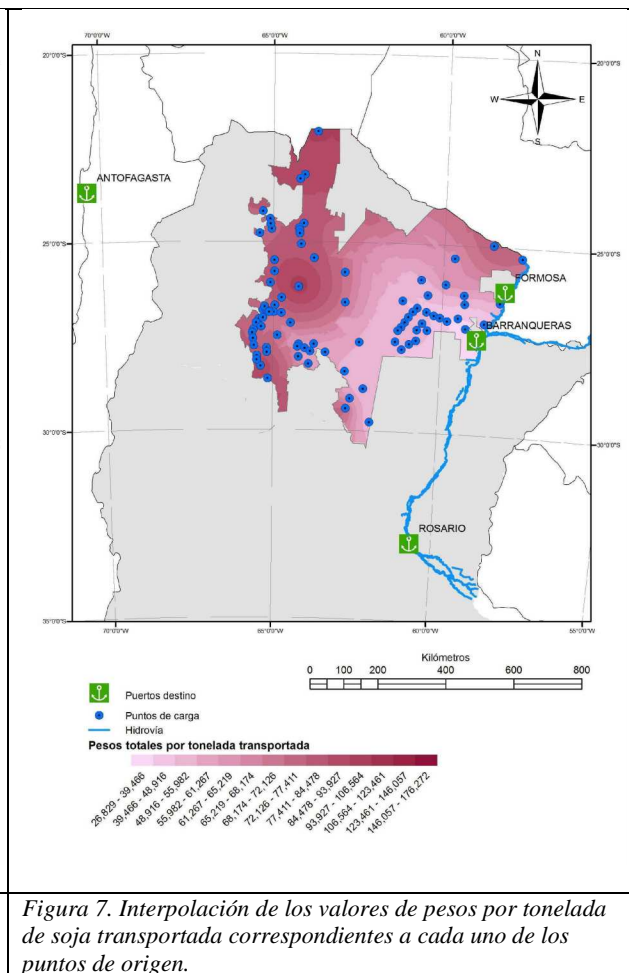


Figura 7. Interpolación de los valores de pesos por tonelada de soja transportada correspondientes a cada uno de los puntos de origen.

## CONCLUSIONES

El logro de los objetivos enunciados posibilitó la determinación de los puntos de carga en el espacio geográfico, a partir de datos de producción y la ubicación de las poblaciones donde se localizan los centros de acopio (Puntos de Origen). También, la determinación espacial precisa de los lugares donde se concentra la actividad portuaria de exportación y/o la agroindustria transformadora de la producción sojera (Puntos de Destino). La valoración y cuantificación de los costos, tanto en términos energéticos como económicos, de los diferentes medios de transporte de granos de acuerdo con la accesibilidad de cada sitio de origen hasta los puntos de destino.

Los algoritmos de geoprocetamiento y tratamiento de datos espaciales posibilitaron la simulación de escenarios agrologísticos, multimodales, pero estáticos, de tipo fotográfico (sólo aplicable a la campaña 2007/2008).

La creación de escenarios por simulación posibilitó determinar las áreas de conveniencia de transporte según costos (energéticos y/o monetarios) contemplando las variables de cantidad y localización de la producción, la existencia y accesibilidad a puntos de carga, rutas y ferrocarril y la localización de puertos contrastantes del área.

## REFERENCIAS

- Cámara Argentina de la Construcción (2006). La construcción como herramienta del crecimiento continuado – 54<sup>o</sup> Convención CAC. Documento disponible en: <http://www.camarco.org.ar/Lists/Publicaciones/AllItems.aspx>
- Castro J. (2002). Conferencia brindada en la Bolsa de Comercio de Rosario en las Jornadas Técnicas: “Transporte y Logística granaria. Presente y futuro” organizadas por APOSGRAN (Asociación Poscosecha de Granos).
- Centro Tecnológico de Transporte, Tránsito y Seguridad Vial (C3T) (2007). El Transporte Automotor de Cargas en la Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: edUTecNe (Editorial Universitaria de la U.T.N.). ISBN N° 978-950-42-0079-6. 256 páginas.
- Dirección de Mercados Agroalimentarios (Dimeagro) – SAGPyA (2004). Estadística de fletes marítimos cerealeros (incluye fletes terrestres y fluviales). Año 2002-2003. Documento disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/dimeagro/>
- Dirección de Mercados Agroalimentarios (Dimeagro) – SAGPyA (2007). Informe preliminar del transporte de granos en la Argentina. Documento disponible en: <http://www.sagpya.mecon.gov.ar/dimeagro/>. Último ingreso: junio de 2010.
- ESRI (2000). ArcView User’s Guide. ESRI Press. Redlands, Cal., USA.
- Giménez A. (2007). Los granos hacen fabricar barcasas. Diario semanal digital: infocampo.com.ar. [http://infocampo.com.ar/inicio.php?titulo=Los-granos-hacen-fabricar-barcasas&id\\_nota=9536&p=ver\\_nota](http://infocampo.com.ar/inicio.php?titulo=Los-granos-hacen-fabricar-barcasas&id_nota=9536&p=ver_nota). Último ingreso: julio 2010.
- Jaffe M. (2003). ArcView Script: Multiorigin to multideestination plus cost. ESRI Support Service. <http://arcscrips.esri.com/details.asp?dbid=13175>

- Leyva Castro J.R.; Mendoza Díaz A. y García Chávez A. (2002). Desarrollo de un SIG para valuar los costos de operación vehicular del autotransporte de carga en carreteras federales: SIGCOV MEX1. Publicación Técnica No. 205. Sanfandila, Qro.
- ONCCA. [http://www.oncca.gov.ar/principal.php?nvx\\_pagina=establecimientos\\_Vigentes.php&nvx\\_pseccion=266](http://www.oncca.gov.ar/principal.php?nvx_pagina=establecimientos_Vigentes.php&nvx_pseccion=266) – Último ingreso: agosto de 2009, acopios por localidades
- Roccatagliata J.A. (1998). Los ferrocarriles ante el siglo XXI. Buenos Aires: Editorial de Belgrano. 430 p.
- Santarelli S.A. (2004). Los S.I.G. y la selección de estrategias relativas al transporte de carga de cereal, Provincia de Buenos Aires. *Geo Crítica / Scripta Nova*. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales. Barcelona, Universidad de Barcelona. Vol. VIII, núm. 170 (55).
- Slater R.E. (2000). El Transporte, Clave de la Globalización. *Perspectivas Económicas*, Oficina de Programas de Información Internacional del Departamento de Estado de Estados Unidos. Volumen 5, N° 3.
- Spearin D. (2001). GIS applications in transportation. 2001: A transportation odyssey. Canadian transportation research forum. Proceedings of the 36th annual conference. Fecha: 6/5/2001 al 9/5/2001. ISSN: 1183-2770, p. 56-68.
- Zuidwijk A. (2005). Otra visión sobre los corredores bioceánicos. Artículo publicado en el Semanario de Comercio Exterior del día 06 de Diciembre de 2005.

**ABSTRACT:** This work examines the complex transportation and logistics problem from a spatial approach and it is restricted to a sector of the national territory. The objective was to determine the convenience areas of grain transportation based on minimum energetic and economic costs, considering variables such as quantity and location of production, existence and accessibility of the load points, routes and rail. The soybean transportation of campaign 2007/2008 was simulated by using computational means for provinces of Catamarca, Chaco, Formosa, Jujuy, Salta, Santiago del Estero and Tucumán. It was evaluated two transportation systems, train and truck, and a third in part (barges) and four destiny ports (Antofagasta, Formosa, Barranqueras and Rosario). It was analyzed databases and literature and an specific software was used to centralize and position geographically all the collected information about soy production in the region and transport networks towards the ports. The results showed that practically in all analyzed area, it is the railroad the most efficient medium to transport the soybean from the production site until involved ports in this study, both in economics terms as in energetic terms. Also, if it is taken in account inside the analyzed roads the most efficient transport, Barranqueras, Formosa and Rosario ports were in general more convenient than Antofagasta, in sense of deriving the production towards them.

**Keywords:** transportation, GIS, grains, energetic cost.