

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES**

**FACTULTAD DE ECONOMÍA**

**DETERMINANTES DE LA DISTRIBUCIÓN MODAL DEL TRANSPORTE  
DE CARGA: ESTUDIO DEL CASO DE REACTIVACIÓN FLUVIAL DEL  
RÍO MAGDALENA**

**Asesor: Fernando Carriazo**

**Presentado por: Gustavo Alberto Zambrano**

**ga.zambrano32@uniandes.educo**

**Marzo de 2015**

## **Resumen**

Este trabajo examina la demanda modal de transporte de carga a través el Río Magdalena, motivado por los efectos que tendría un proyecto de rehabilitación de la navegabilidad en el Río. Utilizando información recogida en una encuesta realizada a 30 empresas importadoras y exportadoras, se construyen modelos elección discreta que estiman las probabilidades de utilizar la vía fluvial, así como las elasticidades ante cambios en tarifas de transporte, tiempos de trayecto, confiabilidad y regularidad. Se encuentra que la tarifa, el tiempo, y la confiabilidad del servicio que pueda ofrecer el transporte por el Río afectarían la probabilidad de utilizarlo, siendo las dos primeras variables las más importantes. Los resultados sugieren la necesidad de adelantar inversiones que permitan que el Río Magdalena no solo sea competitivo en costos, sino también en tiempos de viaje y puntualidad.

Palabras Clave: Transporte de Carga, Elección Modal, Río Magdalena.

JEL: R41, R42, H54.

## **Introducción**

El Río Magdalena es un corredor fluvial estratégico gracias a su privilegiada posición geográfica que permite conectar los principales centros de producción en el centro del país con puertos en la costa Caribe colombiana. Sin embargo, durante el siglo XX, la política de transportes de Colombia no prestó atención al desarrollo del río como vía de transporte. Esta situación tuvo como consecuencia un pronunciado declive del transporte de carga a través del corredor fluvial y la marginalización de su importancia económica. Las inversiones requeridas para que continuara siendo una alternativa factible para los transportadores de carga no fueron hechas.

Desde inicios del presente siglo la visión política sobre el papel del Río Magdalena ha cambiado y paulatinamente se ha fortalecido la opinión que considera que puede llegar a ser una vía relevante en el sistema de transporte de carga del país. En consecuencia, el gobierno ha formulado el Proyecto de Rehabilitación de la Navegabilidad en el Río Magdalena (PRNRM). Este proyecto hace parte de un plan para superar el atraso en que se encuentra Colombia en materia de infraestructura de transporte y también es una apuesta por reactivar el transporte multimodal, con el Río Magdalena como el principal eje de transporte alternativo al modo carretero predominante en el país.

En este sentido, la presente investigación tiene por objetivo estimar los principales determinantes de la elección modal para el transporte de carga, en Bogotá, entre las opciones de transporte fluvial y carretero, de cara al efecto que tendrá el PRNRM. Con la información recogida en una encuesta a empresas en Bogotá, se construyeron modelos de elección discreta que permiten calcular las elasticidades de la probabilidad de escoger el Río Magdalena como vía de transporte respecto a varias variables de interés como la tarifa del envío, el tiempo que demora y la confiabilidad. Los resultados pretenden asignar un orden de importancia a las diferentes variables tenidas en cuenta en el estudio y así servir de guía para la toma de decisiones futuras relacionadas con el transporte de carga a través del Río. Se encuentra que la tarifa del servicio y el tiempo de transporte son las variables más relevantes y se sugiere profundizar en el estudio de estos y otros determinantes puesto que puede generar grandes ganancias de eficiencia en la asignación de recursos de inversión.

El trabajo representa una contribución debido a que desarrolla un modelo que sirve para evaluar la importancia relativa de distintas variables que afectan la demanda de transporte de carga y, a partir del cual, es posible estimar curvas de demanda que pueden utilizarse en evaluaciones costo-beneficio de proyectos de transporte. Los responsables de la política de transporte deben tomar decisiones de inversión teniendo claro los efectos potenciales sobre la oferta y demanda de servicios de transporte. Solo así podrán asignar los recursos de inversión objetivamente y determinar la conveniencia económica y social de distintos proyectos.

El informe está compuesto de cinco secciones. La primera sección hace una descripción del estado actual y la historia del Río Magdalena como corredor fluvial. La segunda presenta una revisión de la literatura sobre métodos de elección discreta aplicados al transporte de carga por vía fluvial. La tercera sección contiene la metodología y las fuentes de información utilizadas en el modelo econométrico. La cuarta sección presenta los resultados del modelo. Finalmente la quinta sección discute los hallazgos del estudio y las conclusiones que se pueden formular.

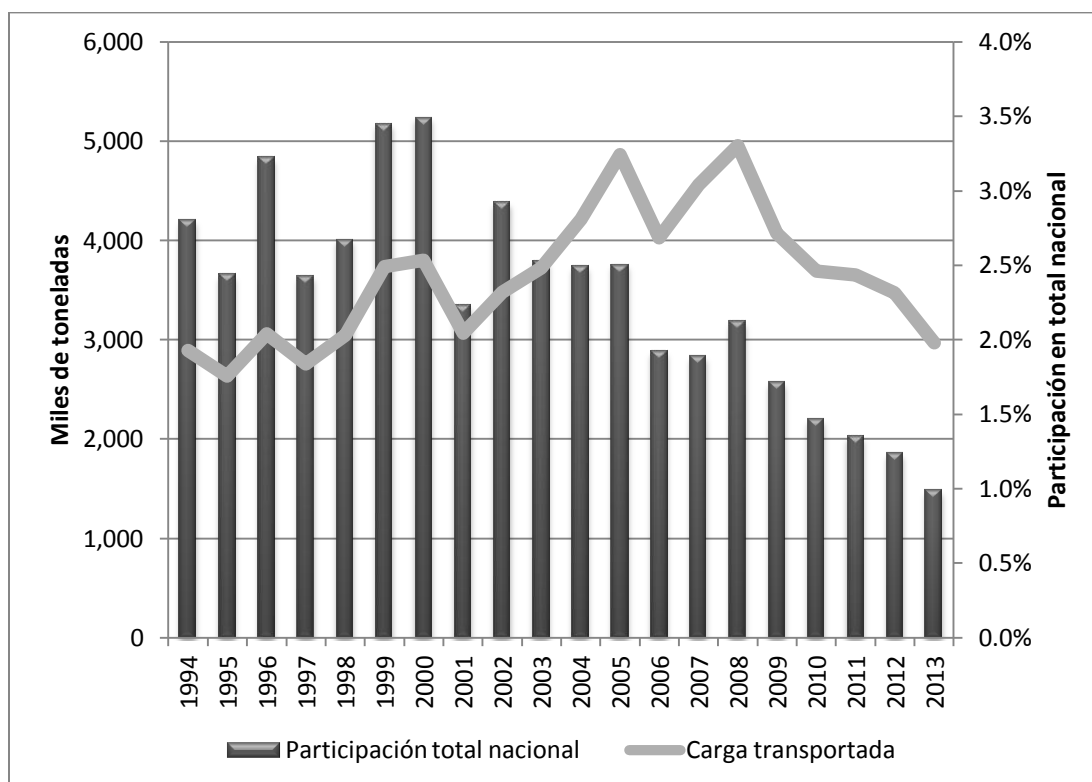
## 1. Antecedentes y estado actual del Río Magdalena

Como principal arteria fluvial de Colombia, el Río Magdalena concentra el 80% de la movilidad de la carga y de transporte de pasajeros por la vía fluvial en Colombia. Su posición geográfica lo convierte en una opción para complementar intermodalmente los otros ejes viales del país ya que conecta los principales centros de producción y consumo, como son Bogotá, Cundinamarca, Antioquia y el Magdalena Medio, con los puertos de la Costa Caribe (Cormagdalena, 2013) .

El transporte de carga, por el modo fluvial, ha tenido una participación de alrededor de 2% dentro del total de la carga movilizada en el país, a lo largo de las últimas dos décadas. Además, desde 2002, ha mostrado una tendencia decreciente, como puede verse en la Figura 1. La fotografía actual de la distribución modal del transporte de carga en Colombia se presenta en la Figura 2, donde se ilustra que el modo carretero tiene una participación del 71%, seguido del modo férreo con una participación de 27% y el modo fluvial, que apenas supera el 1%. Llama la atención que en el caso colombiano las cargas que se movilizan por vías fluviales y férreas solo sean representativas para una industria particular: la petrolera en el modo fluvial y la carbonífera en modo férreo.

La Figura 3 presenta los principales productos transportados por el Río Magdalena en 2011. El ACPM, el combustóleo, el nafta virgen y otros derivados del petróleo representan el 91% de la carga transportada por el río. Este hecho se debe a que en la actualidad el Río Magdalena es utilizado principalmente por Ecopetrol para el transporte de hidrocarburos entre el puerto de Barrancabermeja y la refinería de Cartagena. La navegabilidad en este tramo es limitada ya que solo es posible en épocas de lluvia, cuando la profundidad del río lo permite. En partes más altas del río los servicios de transporte de carga en grandes volúmenes no pueden prestarse, principalmente por el elevado nivel de sedimentación y las malas condiciones de los puertos. La Tabla 1 describe detalladamente las condiciones actuales de navegabilidad del río.

Figura 1. Transporte en Modo Fluvial (1994-2013)

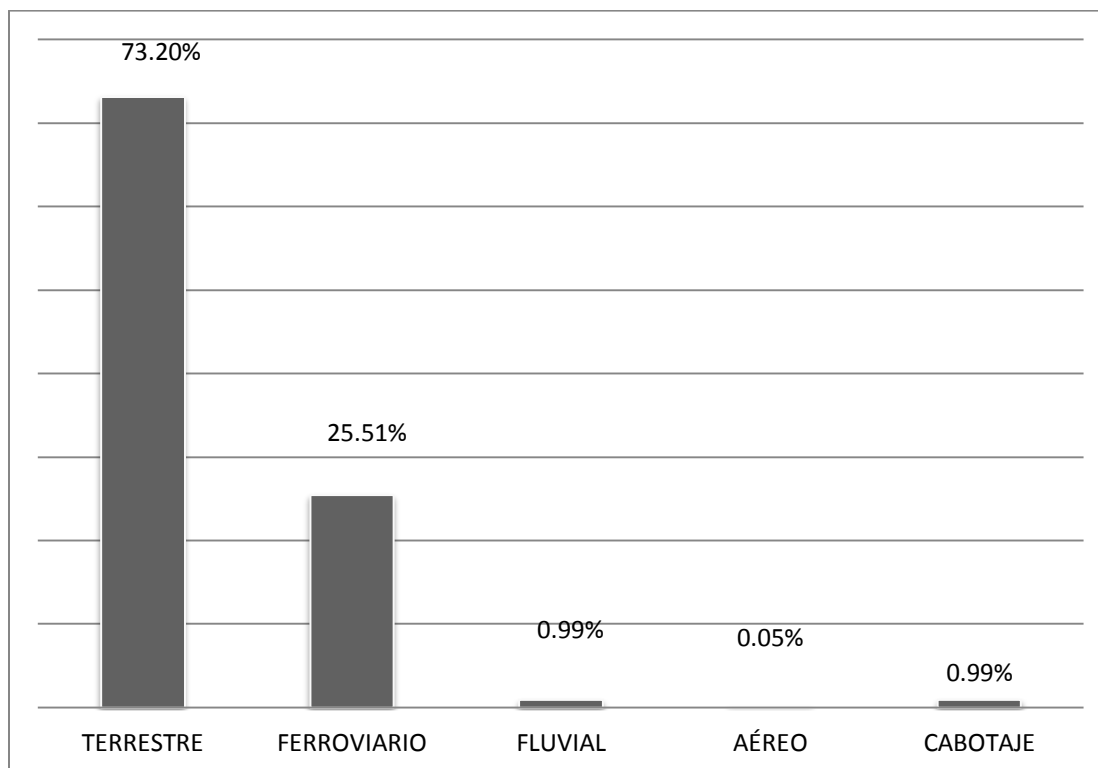


Fuente: Ministerio de transporte

El gobierno nacional le dio respaldo político a la idea de rehabilitar el Río Magdalena, tal como quedó consignado el Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014:

En el modo fluvial, se definirá la política nacional para impulsar el transporte de carga, la movilización de pasajeros en la red fluvial del país y promover la intermodalidad ... , el Gobierno nacional evaluará mecanismos para definir el mejor modelo de gestión y consolidación del Río Magdalena como un corredor logístico que incentive la entrada de nuevos operadores fluviales, así como generar el entorno para el desarrollo de servicios fluviales y la entrada de flota. Por otra parte, se promoverán acciones que generen sostenibilidad ambiental y mejores condiciones de navegación en el río Magdalena y el Canal del Dique (Departamento Nacional de Planeación, 2011, p. 109).

Figura 2. Participación porcentual en la carga transportada a nivel nacional por modo de transporte 2013



Fuente: Ministerio de transporte

En este sentido, recientemente se adjudicó el contrato de asociación público privada (APP)<sup>1</sup> para el proyecto de recuperación de la navegabilidad del Río Magdalena (Cormagdalena & Navelena S.A.S., 2014), mediante un proceso de licitación. Otras tareas como la renovación de la flota de buques y la adecuación y modernización de los puertos no están contempladas en el PRNRM; no obstante, ya se adelantan acciones para entregar algunos puertos en concesión y hay varias empresas navieras interesadas en iniciar operaciones de navegación en el río (Higuera, 2014).

El PRNRM consiste en realizar obras de encauzamiento y dragado de modo tal que se aseguren unas condiciones óptimas para el tránsito de buques de hasta 7.200 toneladas, 24 horas al día, durante todo el año. Cormagdalena (2013) puntualiza el alcance del PRNR, el cual se desarrollará bajo esquema de APP donde un operador privado se encargará de la ejecución de obras de encauzamiento, dragado, señalización y mantenimiento entre Puerto Salgar/La Dorada y

<sup>1</sup> La Ley 1508 de 2012 (Presidencia de la República de Colombia, 2012) es el marco legal que rige para los contratos de APP en Colombia.

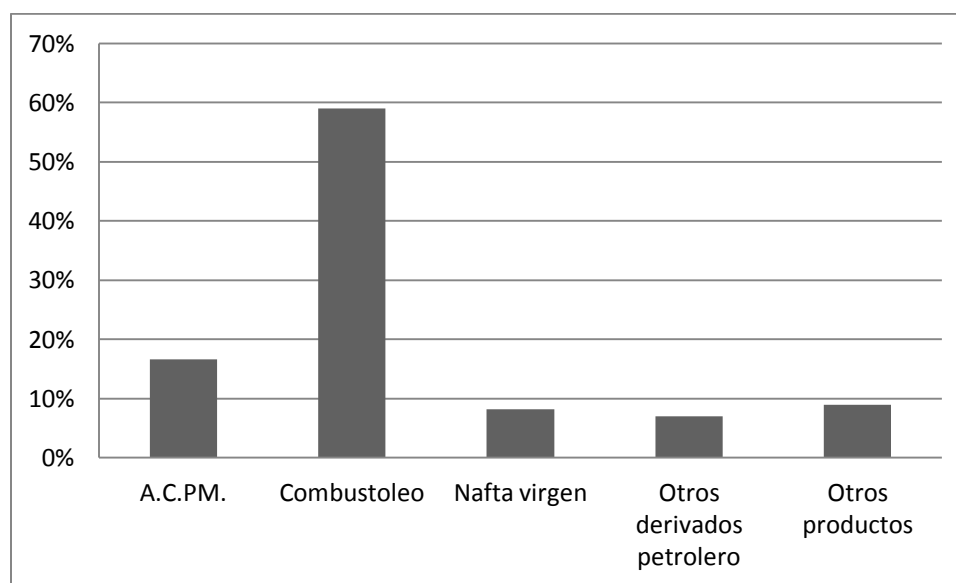
Bocas de Ceniza, para mantener una profundidad constante a lo largo de todo el año. El proyecto contempla un horizonte de 14 años, tiempo en el cual el operador privado se encargará de la construcción de las obras requeridas durante los primeros 7 años, para después administrarlas. Al finalizar el contrato, la administración será entregada al Estado, que determinará el mejor modelo para la explotación y el mantenimiento de la hidro-vía. El riesgo de construcción será asumido, en su totalidad, por la firma ganadora de la licitación; la cual será remunerada por el avance de las obras y por los niveles de calidad en el servicio de navegabilidad que brinde. El valor total de los recursos destinados por la nación para la remuneración de la firma contratista, en pesos constantes de 2012, es de alrededor de un billón trescientos diez y ocho mil ochocientos veinticuatro millones de pesos (\$1'318'824'000.000,00).

Otro tema relevante es el impacto ambiental del proyecto, que se puede dividir en dos componentes: La Construcción y la operación. Para la construcción, se debe tener en cuenta que la ley colombiana estipula que la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) debe aprobar la licencia ambiental del proyecto, como requisito para iniciar las obras (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Una de las exigencias para otorgar la licencia ambiental es la elaboración de un estudio de impacto ambiental, en donde se identifique el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, en los medios biótico, físico y socioeconómico; y se presente un plan de manejo ambiental, un plan de contingencias para la construcción y operación, y un plan de desmantelamiento y abandono. Esto con el fin de mitigar los efectos y riesgos, sobre el entorno, que se derivan del PRNM. Una vez la firma contratista, ganadora del proyecto de APP, entregó el plan de obras definitivo se espera que la ANLA se pronuncie sobre la necesidad, o no, de tramitar la licencia ambiental.

Durante la etapa de operación se espera un beneficio ambiental asociado a la disminución en los niveles de emisión de gases, ya que el transporte fluvial emite menos CO<sub>2</sub> que el transporte en camiones, y la minimización del impacto ambiental de futuras expansiones de la red vial (Cormagdalena, 2013). En cambio, un posible riesgo negativo es el vertimiento de materiales contaminantes en el río, tales como petróleo y carbón. Los efectos económicos de un evento de este tipo todavía no han sido estudiados para el río Magdalena, sin embargo, llama la atención que los municipios cercanos a la cuenca no identifican este riesgo como un problema importante. La Procuraduría General de la Nación realizó una caracterización social, económica y ambiental

de los municipios de la cuenca del Magdalena donde concluye que "se percibe un limitado cumplimiento de la normatividad ambiental, seguimiento y control de la misma por parte de las autoridades responsables de garantizar el acceso a agua potable, servicio de tratamiento de aguas residuales, bajo cumplimientos de parámetros de vertimientos, escasa prestación del servicio de barrido, recolección y disposición final de residuos sólidos" (Procuraduría General de la Nación, 2013, p. 263). Es así que actualmente los problemas ambientales de relevancia que los municipios asocian con el Río Magdalena son el vertimiento de aguas residuales y la deforestación de su cuenca; no obstante, en los últimos años, se hayan presentado derrames de crudo que alcanzan las aguas del Magdalena, debido a rompimiento de oleoductos.

Figura 3. Distribución porcentual de los productos transportados por el Río Magdalena 2011



Fuente: Ministerio de transporte

Por lo que se refiere a la decisión de habilitar el transporte fluvial hasta Puerto Salgar, sus fundamentos se basan en varios estudios que recomiendan esta opción, dada la importancia de este tramo del río como conexión intermodal de la carga proveniente de Bogotá y de las zonas productoras de petróleo y carbón en el interior del país y en el Magdalena Medio. Por ejemplo, (Steer Davies Gleeve & Hidroestudios, 2002) recomendó rehabilitar la navegación del río entre Puerto Salgar - La Dorada y Bocas de Ceniza - Canal del Dique, garantizando una profundidad mínima constante durante todo el año y la adecuación de varios puertos como nodos aptos para prestar servicios de intercambio intermodal. La Figura 4 muestra los puertos que tuvo en cuenta



el estudio; en verde están aquellos puertos en los que se sugirió realizar inversiones para la adecuación de servicios intermodales.

Tabla 1. Condiciones actuales de navegabilidad en el Río Magdalena

<b>Sector</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Profundidad</b>
Puerto Salgar/La Dorada - Puerto Berrío	Actualmente no hay navegación para el transporte de carga	Con dragado las condiciones de profundidad de este tramo del canal navegable son de 4,5 pies en época de estiaje
Puerto Berrío - Barrancabermeja	Este sector presenta restricciones de profundidad que impiden la navegación permanente y continúa durante los 365 días del año	Con dragado las condiciones de profundidad de este tramo del canal navegable son de 6 pies en época de estiaje
Barrancabermeja – Calamar – Puente Pumarejo	Este sector presenta restricciones en algunos tramos	Con dragado las condiciones de profundidad de este tramo del canal navegable son de 7 pies en época de estiaje
Canal de Acceso a Barranquilla	Cuenta con una longitud de 22 kilómetros desde la desembocadura del río hasta el puente Laureano Gómez	Con dragado las condiciones de profundidad de este tramo del canal navegable son de 40 pies
El Canal del Dique	Se desprende a la altura de la población de calamar y desemboca después de 115 km por el sitio Pasacaballos en la Bahía de Cartagena	Con dragado las condiciones de profundidad de este tramo del canal navegable son de 8 pies

Fuente: CORMAGDALENA 2013

En el caso de Bogotá, la potencialidad del PNRM se encuentra mayoritariamente en el sector de importaciones, que con un monto de \$32.948 millones de dólares, tiene una participación del 50% dentro del total nacional, siendo los refinados del petróleo, equipos de radio y equipos de transporte los productos más importantes. Por otro lado, las exportaciones llegaron a \$3.104 millones de dólares y representaron un 5% del total nacional. Los productos agrícolas e industriales, como textiles y químicos, son los más exportados (Secretaría de Distrital de Desarrollo Económico, n.d.). No hay información pública sobre los puertos marítimos que manejan la carga de la capital, pero es de esperarse que el Río Magdalena atraiga principalmente las cargas que se manejan a través de los puertos de la costa Caribe y, en menor medida, a través de Buena Aventura. Sin embargo, para que este potencial se concrete es necesario complementar

las obras del PRNRM con adecuaciones en los puertos fluviales que permitan manejar los productos de tipo industrial que comercia Bogotá, ya que actualmente las condiciones la capacidad portuaria en el Río son bastante precarias (Cárdenas, Gaviria, & Meléndez, 2005).

Los estudios de perfectibilidad relacionados con la parte económica del proyecto han estimado el nivel de cargas potenciales que serían transportadas por el río y el beneficio económico de distintos escenarios de inversión. En especial, el ya mencionado estudio de Steer Davies Gleave (2002) plantea varios escenarios para futuras inversiones en el río, tanto en navegabilidad como en capacidad de puertos e infraestructura. Parte del supuesto de navegabilidad aceptable desde Bocas de Ceniza hasta Barrancabermeja y luego plantea 6 escenarios posibles de mejora en puertos. Para cada escenario realiza un análisis de demanda esperada y una simulación de la oferta discriminando por tipo de carga en los corredores nacionales de carretera, ferrocarril y río. Tales pronósticos son traducidos en flujos de tráfico intermodales y, estos, en diseños operativos y funciones de servicios. Esta información permite cuantificar los costos e ingresos potenciales en cada escenario de inversión y llevar a cabo un análisis costo beneficio. Se concluye que el mejor escenario es rehabilitar la navegabilidad entre Bocas de Ceniza/ Canal del dique y Puerto Salgar, haciendo inversiones altas en los puertos de Barrancabermeja, Puerto Berrío y Puerto Salgar; con un esquema de participación conjunta del gobierno y operadores privados ya que el proyecto no es viable financieramente desde el punto de vista de un agente privado.

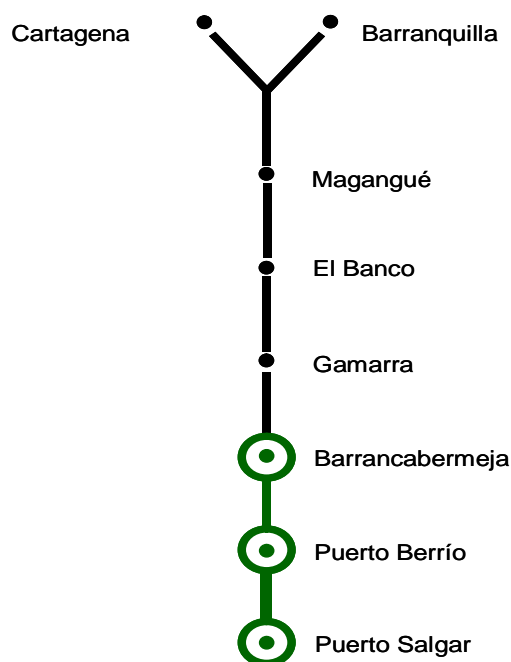
Una vez entre en operación el proyecto de APP para recuperar la navegabilidad del Río Magdalena, se proyecta un volumen de cargas potenciales para el tramo Puerto Salgar – Puerto Berrío de cerca de 3 millones de toneladas por año. Esta carga potencial se presenta como una posibilidad atractiva teniendo en cuenta los volúmenes transportados históricamente en el sector Barrancabermeja-Cartagena los cuales han sido de cerca de las 2 millones de toneladas anuales (EMDEPA, 2011).

En este nuevo escenario, las firmas del sector transportador contarían con una nueva alternativa para transportar sus productos entre el interior del país y la costa Caribe, adicional al tradicional modo carretero. Por ejemplo, en el caso de mercancías de exportación e importación, a la ya tradicional forma de transporte por carretera desde el punto de despacho hasta el puerto de exportación se le añadirá la opción de transporte intermodal, donde se utilizará la carretera para

llevar la mercancía del punto de despacho a un puerto fluvial, para que luego continúe su recorrido por el Río Magdalena hasta un puerto marítimo donde la dispongan para ser exportada. A esta alternativa multimodal donde se utiliza el Río Magdalena en una parte del trayecto la denominaremos de aquí en adelante la alternativa fluvial.

La alternativa que finalmente escoja la empresa o el transportador estará determinada por diversos factores a los cuales cada agente otorga distintos niveles de importancia. En particular, variables como el tipo de producto transportado, el costo del transporte, el tiempo y la confiabilidad de cada modo son variables que se tienen en cuenta al momento de realizar una elección. Otras variables que también pueden incidir en la elección son más difíciles de cuantificar. En este grupo podemos nombrar la existencia de acuerdos específicos y de larga duración entre empresas transportadoras y las firmas que contratan sus servicios, la diversidad de insumos o bienes producidos por una empresa, así como la variabilidad de la cantidad y tamaño de los pedidos y envíos de mercancías, entre otras .

**Figura 4. Mejor alternativa de inversión para la recuperación de la navegabilidad del Río Magdalena**



Fuente: (Steer Davies Gleeve & Hidroestudios, 2002)

## **2. Métodos de elección discreta en la estimación de la demanda de transporte de carga Fluvial**

El estudio de los determinantes de la elección de los agentes entre distintos modos de transporte ha sido una línea de investigación que ha recibido aportes considerables, tanto en sus desarrollos teóricos, como en sus aplicaciones empíricas. Desde el trabajo seminal de McFadden (1974), donde se sentaron las bases teóricas que vinculan el modelo de maximización de la utilidad de los individuos con los métodos econométricos de elección discreta, el estudio de las variables de elección que los individuos consideran para tomar decisiones de modo de transporte ha ganado continuamente mayor importancia y aceptación entre los profesionales de economía y planeación del transporte. El campo del transporte urbano de pasajeros concentra la mayor parte de estudios empíricos ya que los retos que plantea la introducción de nuevos sistemas de transporte masivo en áreas urbanas de rápido crecimiento han generado la necesidad de contar con modelos que predigan adecuadamente la demanda de tales proyectos. Es así que se ha vuelto usual que el proceso de planeación del transporte en las ciudades contenga estudios de demanda que analizan, entre otras cosas, la elección modal de los usuarios. Los estudios que se enfocan en el transporte de carga son escasos, en gran medida como consecuencia de la limitada disponibilidad de información a nivel desagregado (Quinet & Vickerman, 2004).

El Cuerpo de Ingenieros de la Armada de Estados Unidos (ACE, por sus siglas en inglés) ha desarrollado modelos de planeación de inversiones cuyo objetivo es evaluar los costos y beneficios de los proyectos fluviales que consideren emprender. Como parte de esta línea de trabajo se han realizado varias encuestas a nivel de firma con el objetivo de conocer las preferencias de las empresas por distintos modos de transporte que compiten con las vías fluviales a cargo de la ACE. Los resultados se han recogido en varios estudios (Train & Wilson, 2004, 2007, 2008) que utilizan modelos de elección discreta para estimar la respuesta de las firmas ante cambios en variables que determinan su demanda por modos de transporte y combinaciones origen/destino.

Train & Wilson (2004) analizan la incidencia de los costos de transporte y tiempos de viaje sobre la demanda y la elección modal de transporte de los productores de granos en la cuenca alta de los Ríos Mississippi e Illinois. Con este propósito, se realizó una encuesta entre centros de acopio de granos en la cual se recolectó información acerca de los modos de transporte

utilizados, así como los orígenes y destinos (O/D), el volumen de carga generado anualmente y la ubicación de las instalaciones. La encuesta fue diseñada para recoger información acerca las prácticas actuales de los transportadores (preferencias reveladas) y lo que harían en caso de que los costos o los tiempos del modo de transporte que utilizan aumentarían (preferencias declaradas). La información recolectada es utilizada en un modelo de elección discreta que estima elasticidades de la demanda del transporte fluvial ante cambios en la tasa cobrada por el servicio y el tiempo en ruta. Las elasticidad arco del modo y O/D de un envío de mercancía respecto al precio de la tarifa varía entre 1.38 y 0.62, para aumentos del 10% y 60% de la tarifa, respectivamente; mientras que la elasticidad arco respecto a cambios en la duración del envío varía entre 0.8, para aumentos del 10%, y 0.45, para aumentos del 60%.

En otro reporte, Train & Wilson (2007) utilizan una metodología similar para estimar la demanda por modos de transporte de firmas productoras y comercializadoras de commodities, distintos a los granos, para la misma cuenca fluvial. Ya que la tasa de respuesta fue baja utilizan, métodos de regresión para imputar valores a algunas de las observaciones. Los resultados muestran que la elasticidad del modo respecto a la tarifa varía entre 0.58 y 3.6 y la elasticidad del modo respecto al tiempo entre 2.98 y 0.39. También estiman la elasticidad arco del modo para la confiabilidad, que varía entre 0.58 y 1.55. Al igual que en el caso de los granos, pequeños aumentos en los precios y en el tiempo están asociados a una mayor elasticidad arco; aunque en este caso el guarismo es mucho mayor. No se encuentran diferencias significativas entre tipos de commodities, así como tampoco diferencias entre la elección de quienes usan el modo fluvial y quienes usan el modo carretero.

El trabajo de Train & Wilson (2008) se enfoca en describir un marco teórico que soporte modelos de elección discreta para lo que denominan la metodología de preferencias declaradas a partir de preferencias reveladas, así como en explicar los métodos de estimación de tales modelos. La idea central es que en encuestas donde se construyen escenarios hipotéticos para preguntas de preferencias declaradas en las que los atributos parten de preferencias reveladas surgen perturbaciones inobservables distintas para la etapa de preferencias reveladas y preferencias declaradas. Estos elementos aleatorios pueden ser aislados utilizando modelos econométricos tipo *mixed logit*. Para probar su propuesta metodológica los autores utilizan una encuesta realizada a firmas cercanas a la cuenca de los Ríos Columbia y Snake, principalmente

transportadores de granos. La encuesta tiene un formato similar a la utilizada en el trabajo de Train & Wilson (2004) y pregunta por las variables que determinan la elección de modo y ruta O/D del transporte de productos. En vez de calcular elasticidades se analiza la razón de los coeficientes de tarifa y tiempo y tarifa y confiabilidad que, para el modelo logit estándar con datos de preferencias reveladas, son 0.27 y 0.26, respectivamente. Estas razones se leen como que un día más de tránsito equivale USD 27 centavos por tonelada y que una reducción de 1 punto porcentual de la confiabilidad equivale a USD 26 centavos por tonelada, resultado que los autores encuentran contra intuitivo y contrario a resultados de otros estudios. Al utilizar los métodos de preferencias reveladas la razón para el tiempo pasa a ser 1.34 y para la confiabilidad 0.16, guarismos que parecen más razonables.

Por otra parte, un estudio de (Garcia-Menendez, Martinez-Zarzoso, & Pinero De Miguel, 2004) se pregunta por los determinantes de la elección entre los modos marítimo y carretero para cuatro sectores exportadores de la comunidad de Valencia en España. En este caso los autores recogen información de varias fuentes, las más importantes son entrevistas realizadas a firmas exportadoras y operadores logísticos, considerados los agentes decisorios en el modelo. Además solo se consideran firmas pequeñas de los cuatro sectores más representativos de la industria en Valencia: manufacturas de madera, cerámica, textiles y agroindustria. El modelo utilizado es un logit condicional y se analiza también un “weighted exogenous sample ML estimator”. Encuentran que los atributos más importantes en el proceso de elección modal son el costo, el tiempo de viaje y la frecuencia de envíos. Las elasticidades punto para el modo carretero respecto a la tarifa del transporte por carretera y por vía marítima son, respectivamente, 0.33 y 0.99. Además los resultados sugieren que el transporte marítimo es más sensible a cambios en estas variables que el transporte por carretera. Es notable que en este estudio los agentes consideran más importante el tiempo que toma el trayecto que la tarifa del mismo, resultado contrario a las conclusiones de otros estudios, como los comentados aquí sobre Estados Unidos.

El estudio de prefactibilidad de Steer Davies Gleeve & Hidroestudios (2002) realiza un análisis del flujo intermodal de carga basado en un modelo de elección modal, sin describir a fondo la metodología utilizada. Los resultados del modelo se muestran en la Tabla 2 donde todas las variables tienen el signo esperado, el tiempo de viaje es la variable con mayor poder explicativo, el resto tienen un coeficiente muy pequeño o no son significativas estadísticamente. Este es el

caso de la tarifa, variable cuyo coeficiente no es significativo, cuando habría de esperarse que un agente determinara el modo de transporte de sus productos teniendo en cuenta los costos de cada alternativa disponible. Esto puede deberse a errores recibidos en las respuestas a las preguntas de preferencias declaradas, que podrían ser corregidos siguiendo la metodología de Train & Wilson (2008).

Tabla 2. Modelo de distribución modal para el Río Magdalena 2002

Variable	Parámetros		
	Coef.	Test t*	Valor monetario de variable
Volumen (utiles/ton)	-0.00453	-3.25	0.41
Tiempo de viaje (utiles/día)	-0.243	-7.26	22
Tiempo de espera (frecuencia) (utiles/día)	-0.111	-1.22	10
Tarifa (utiles/Col\$)	-0.011	-1.08	
N° de casos incluidos (pseudoindividuos)	528		

Fuente: Construcción propia con datos de (Steer Davies Gleeve & Hidroestudios, 2002), La variable dependiente es "0: Alternativa fluvial más camión 1: Alternativa actual" \* Ya que es un modelo logit, la columna hace referencia al estadístico Z.

La Tabla 3 muestra un resumen de los resultados de los estudios mencionados hasta el momento, donde se presentan las elasticidades de precio y tiempo y/o la razón o ratio entre estas dos variables. En general, las elasticidades encontradas en los diferentes trabajos tienen un gran nivel de variación, hecho que hasta cierto punto puede deberse a que la definición de la variable dependiente es distinta de un estudio a otro. Incluso los trabajos de Train & Wilson (2004, 2007) que fueron realizados siguiendo la misma metodología arrojan elasticidades distintas. El trabajo de (Train & Wilson, 2008), que presenta sus resultados en términos de la razón tiempo-tarifa, muestra que tal indicador puede presentar grandes variaciones dependiendo del modelo utilizado. Por consiguiente, el investigador debe examinar muy bien la especificación del modelo para que se aproxime a una descripción acertada de las preferencias de los agentes.



Tabla 3. Resumen elasticidades encontradas en estudios de transporte de carga por el modo fluvial

Paper	Interpretación	Elasticidad precio	Elasticidad (ratio) tiempo
(Train & Wilson, 2004)	Porcentaje de firmas que cambiarían a su segunda mejor alternativa ante un incremento de 1% en la variable	0.62 a 1.38 dependiendo del cambio de la tarifa	0.45 a 0.8 dependiendo del cambio en el tiempo
(Garcia-Menendez et al., 2004)	Variación porcentual en la utilización del respectivo modo ante un aumento de 1% en la tarifa o el tiempo recorrido de la alternativa marítima	0.33 carretera y -3.2 marítima	0.99 carretera y -9 marítima
(Train & Wilson, 2007)	Porcentaje de firmas que cambiarían a su segunda mejor alternativa ante un incremento de 1% en la variable	0.58 a 3.6 dependiendo del cambio de la tarifa	0.39 a 2.98 dependiendo del cambio en el tiempo
(Train & Wilson, 2008)	Disponibilidad a pagar por un día menos de transito. Cifra en USD/tonelada-día		0.27 (logit) 0.71 (fixed coefficients logit) 1.34 (random coefficients logit)
(Steer Davies Gleeve & Hidroestudios, 2002)	Disponibilidad a pagar por un día menos de transito. Cifra en COP/hora		22

Fuente: elaboración propia

Para terminar, vale la pena citar un estudio de caso que puede servir de contexto sobre las posibilidades que ofrece la navegación fluvial. (Notteboom, 2012) analiza el potencial del Río Yangtze, en China, como motor del desarrollo para la región oeste del país. El delta del Río Yangtze está ubicado en las postrimerías de Shanghái y sirve de terminal logístico para las rutas de comercio internacional que allí se generan. Además es el tercer río más largo del mundo con un curso de 6300km. Chongqing es la ciudad más importante de la parte Alta del Río, cuenta con una población de 28.8 millones de habitantes, la provincia a la que pertenece tiene 110 millones de habitantes y ha sido beneficiaria de una política gubernamental (Go west policy) encaminada

a promover el desarrollo de las regiones interiores de China. En 2011, el tiempo de tránsito desde Chongqing hasta Shanghái era de 8 días río abajo y de 11 río arriba, mientras que la capacidad de los terminales portuarios del alto Yangtze era de 1.9 millones de TEU<sup>2</sup> y se esperaba que alcanzara 12 millones de TEU para 2020. La ciudad ha experimentado un crecimiento importante desde inicios de siglo, impulsada por una floreciente industria automotor, mecánica y química. Al compararla con Shanghái, sus ventajas comparativas son las cercanía a recursos naturales estratégicos para la producción industrial y los menores costos laborales. Sin embargo, disminuir los costos logísticos es el reto que enfrenta Chongqing para poder posicionarse como nodo industrial de las exportaciones hacia occidente. En este sentido, Notteboom identifica como una oportunidad atractiva el aumento de la eficiencia del transporte de carga por el río Yengtze, mediante la profundización en uso de contenedores en el río. Para acomodarse al desarrollo reciente de la cadena logística Chongqing necesita adelantar inversiones en contenerización, tanto en flota como en instalaciones portuarias; así mismo se debe organizar la oferta de transporte fluvial a lo largo del río pues operan muchas firmas pequeñas sin capacidad de inversión en tecnologías de navegación.

### **3. Metodología y fuentes de información**

Basándose en la literatura mencionada, se pueden formular dos hipótesis sobre la demanda potencial por el servicio de transporte que habilitará el PRNRM. Primero, que los determinantes más relevantes de la elección modal en el Río Magdalena son el costo, tiempo de transporte, el nivel de servicio y el precio del transporte en el modo carretero. El artículo se concentra en la estimación del efecto que tienen las variables mencionadas sobre la elección modal.

Segundo, el PRNRM beneficia especialmente el transporte de cierto tipo de productos a través del Río Magdalena; a saber, aquellas "cargas que tienen como características ser altamente perdurables, moverse en grandes volúmenes a grandes distancias y representar un bajo costo unitario, es de esperarse se vean beneficiados tanto los productores como los comercializadores de productos como: aceites vegetales, biocombustibles e hidrocarburos (gránulos líquidos), abonos y fertilizantes (gránulos sólidos), carbón, contenedores vacíos y minerales" (Cormagdalena, 2013, p. 17). No se puede profundizar en el estudio de esta hipótesis puesto que

---

<sup>2</sup> Twenty-foot Equivalent Unit.

no se pudo recoger suficiente información para estimar efectos por tipo de producto o tipo de estiba. Aunque es de esperarse que el transporte multimodal por el río Magdalena beneficie más a los productos mencionados, es necesario estudiar a profundidad en qué medida responderán las empresas que transportan estos y otros tipos de productos. Al respecto, Train & Wilson (2007) encuentran que la madera, el papel, el carbón, químicos, plásticos y combustibles tienden a ser más elásticos en precios y menos en tiempos que otras materias primas, aunque con diferencias mínimas. También hay que resaltar que el estudio de Cormagdalena identifica bienes y servicios producidos fuera de Bogotá y es necesario tener en cuenta el potencial que tiene el transporte multimodal para las operaciones logísticas de la capital.

### **3.1. La encuesta**

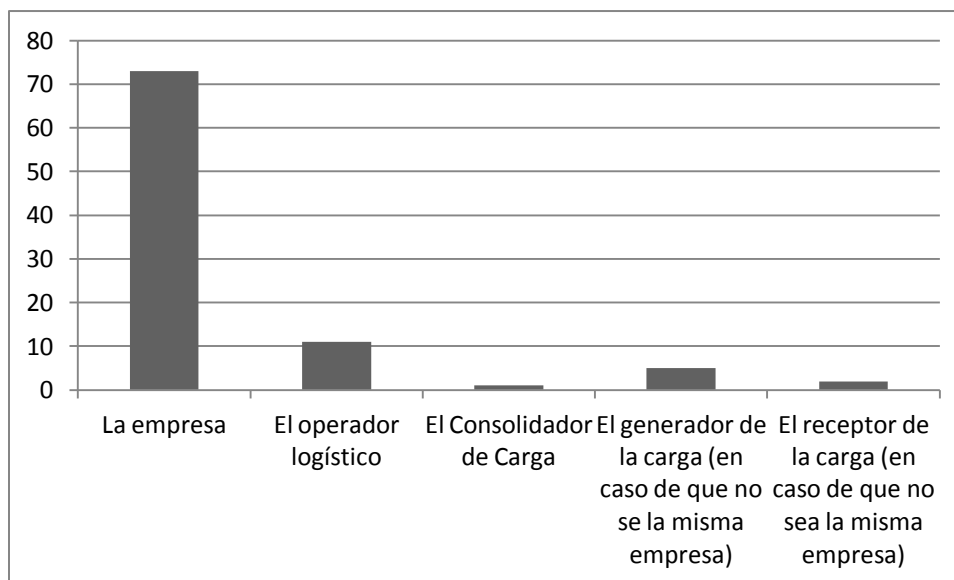
La encuesta fue dirigida a empresas que realizaron operaciones de importación o exportación en 2012 y están registradas ante la Cámara de Comercio de Bogotá (CCB). Además, El universo de la muestra se restringió a empresas cuyas exportaciones superaron los USD 200.000 en términos CIF, o cuyas importaciones superaron los USD 200.000 en términos FOB, con el objetivo de asegurar que las operaciones de comercio exterior fuera hechas de manera regular y las empresas estuvieran familiarizadas con las variables que inciden en la logística y el transporte de sus mercancías.

En la metodología utilizada se contacto telefónicamente a cada empresa y se le solicitó al encargado de comercio exterior o logística el favor de responder la encuesta vía email. En primera instancia se realizó una prueba piloto con 10 empresas que contestaron un borrador de la encuesta y a las que se les hizo una llamada de seguimiento para aclarar y refinar las preguntas. Luego, se recibieron respuestas entre el 11 de Agosto y el 15 de Septiembre de 2014. Contestaron un total de 92 empresas.

La encuesta constó de una sección de preguntas sobre características de la firma y sobre los atributos del último envío de exportación o importación que fue realizado (preferencias declaradas). Luego otra sección pidió comparar el último envío con varios escenarios hipotéticos que describían las condiciones de navegabilidad por el Río Magdalena (preferencias declaradas) y elegir si cambiaría la alternativa escogida para el envío (alternativa actual) por la alternativa de transporte multimodal que combina la carretera con el Río Magdalena (alternativa fluvial). El

Anexo 1 muestra los 12 escenarios construidos. Cada escenario está descrito por la tarifa del envío, el tiempo que demora el trayecto, la confiabilidad del servicio, y la regularidad con la que podría usarlo. Para cada atributo se definieron niveles de eficiencia altos y bajos<sup>3</sup> y se partió de un escenario base donde todos los atributos tienen un nivel de eficiencia alto. En el resto de escenarios se cambia el nivel de algunos de los atributos de la alternativa fluvial.

Figura 5. Agente que toma las decisiones de transporte



Fuente: elaboración propia

Un tema importante en el estudio del transporte de carga es sobre cuál agente recae la responsabilidad de elegir el modo y la ruta de transporte. La diversidad de actores que intervienen en la cadena logística y las características propias de esta industria propician que esta decisión no esté a cargo únicamente del generador de la carga (Ortúzar, Juan de Dios & Willumsen, 2011). En especial, la información privilegiada y el grado de especialización que posee el operador logístico inciden en que, en algunos casos, sea él quien elija la ruta y modo de transporte. Feo-Valero et al. (Feo-Valero, García-Menéndez, & Garrido-Hidalgo, 2011) presentan una discusión sobre la aproximación metodológica que han tomado diversos estudios de elección modal respecto al tema. Sus hallazgos sugieren que el debate está abierto y hay, tanto artículos que identifican al operador logístico como el agente decisorio, como artículos que hacen lo mismo con la firma productora o distribuidora; siendo estos últimos más numerosos. Así mismo, encuentran que quienes encuestan a operadores logísticos argumentan que es más

<sup>3</sup> La frecuencia y la confiabilidad tienen dos niveles de variación, el tiempo tiene tres y la tarifa cuatro.

fácil obtener una muestra representativa y que de esta forma obtienen información sobre varios tipos de empresas; que quienes encuestan generadores de carga son consientes de que solo empresas de cierto tamaño tienden a elegir el modo de transporte, sobre todo para la operación nacional y en menor medida para la internacional; y quienes encuestan a ambos agentes encuentran diferencias en los parámetros estimado para uno y otro.

Es así que en la encuesta se pregunto quién decidía el modo y la ruta de transporte del último envío realizado. Las empresas que expresaran tomar las decisiones de transporte de carga por cuenta propia ascienden a 73; el 79% de la muestra. El resto de empresas, como lo muestra la Figura 5, deja esto tipo de decisiones en otros agentes del sector transportador. La encuesta completa se aplicó a aquellas empresas que contestaron que ellas elegían el modo de transporte. Como ya se mencionó, se debe tener en cuenta que son empresas suficientemente grandes para exportar o y importar más de USD200.000 en 2013. La intuición del autor es que para las empresas que asuman los costos del transporte a nivel nacional será racional evaluar los costos y beneficios de cambiar de modo. La navegabilidad en el Río Magdalena significa la entrada en escena de un modo de transporte que actualmente no es viable para las empresas ubicadas en Bogotá y sus alrededores y, por lo tanto, no es ofrecido por los operadores logísticos. Como utilizar el modo fluvial implicaría cambios capaces de afectar considerablemente las operaciones de una empresa, son estas las que terminarán escogiendo si mantener la ruta y modo actual o cambiarse a la alternativa del Río Magdalena. En esta etapa el operador logístico solo puede servir de apoyo, puesto que es el más capacitado para proporcionar la información sobre los niveles de servicio que ofrecen los distintos modos. Sin embargo, valdría la pena profundizar en el estudio de la dinámica que existe entre empresas y operadores ligísticos, en el contexto colombiano, en futuras investigaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, la decisión de dirigir la encuesta a las empresas exportadoras e importadoras se baso en que, en la literatura revisada, la mayoría de autores centra su análisis en este tipo de agentes. Así mismo, las empresas que transportan sus productos por vía aérea no formaron parte de la muestra debido a la dificultad para hacer comparables los costos de transporte de las empresas que utilizan este modo, para importar o exportar, con los costos en que incurrirían al utilizar el río Magdalena ya que la medida planteada en el estudio (tarifa del flete para el trayecto al interior de Colombia) es muy difícil de homogeneizar para envíos aéreos.

Adicionalmente, por datos errados o respuestas incompletas otras encuestas no pudieron usarse en el modelo econométrico<sup>4</sup>.

En conclusión, las empresas que se tendrán en cuenta en la regresión son 30, de las cuales 29 contestaron todos los doce escenarios alternativos planteados y 1 contestó únicamente dos escenarios. Por lo que se cuenta con un total de 350 pseudo-observaciones<sup>5</sup> (29 empresas x 12 escenarios + 1 empresa x 2 escenarios).

### 3.2. Estadísticas descriptivas

La Tabla 4 a la Tabla 6 muestran estadísticas descriptivas de distintas variables recogidas en la encuesta. El significado se muestra a continuación:

- Tarifa: Tarifa pagada por el último envío entre el lugar de origen y destino al interior de Colombia. Cifras en pesos corrientes.
- Tiempo: Duración en horas del último envío de comercio internacional realizado entre el lugar de origen y destino al interior de Colombia.
- Confiabilidad: Porcentaje de entregas a tiempo de la ruta utilizada en el último envío.
- Frecuencia: Número de servicios por semana que puede realizar utilizando la ruta y modos del último envío.
- Distancia: Km recorridos para el trayecto en Colombia del último envío realizado.
- Peso: Peso en toneladas del último envío realizado.
- Cost\_km\_ton: Costo por kilómetro por tonelada. Calculado mediante la operación  $(tarifa\_cop / (distancia * peso))$
- Ocasional: variable dummy. 1: realiza menos de un envío por semana. 0: realiza un envío o más por semana.

---

<sup>4</sup> De las 73 empresas que toman las decisiones de transporte, 32 no contestaron información esencial para poder utilizarlas en el modelo, 10 realizan las operaciones de comercio exterior por vía aérea y 1 tiene flota propia y, por esta razón, no utilizaría el modo fluvial.

<sup>5</sup> Bajo estas condiciones, el tamaño de la muestra no alcanza a ser representativo y debe tenerse cuidado al extrapolar los resultados al universo muestral, que es de 5394 empresas. Así mismo, variables categóricas a nivel de empresa como el tipo de estiba y la partida arancelaria no pudieron ser utilizadas en las regresiones pues se presentan problemas de predictores cuasi-perfectos.

Como las empresas encuestadas se localizan principalmente en Bogotá y sus alrededores<sup>6</sup>, el viaje típico que describen las estadísticas de la Tabla 4 corresponde al realizado entre esta ciudad y uno de los puertos marítimos de Colombia, principalmente Buenaventura y Cartagena. El recorrido promedio toma cerca de 32 horas; se recorre una distancia de 778 km. La variabilidad es grande ya que la distancia por carretera entre Bogotá y Buenaventura es de alrededor de 500 km, mientras que hasta los puertos de la costa Caribe es de 950 km. El envío realizado tiene un peso promedio de 19.7 toneladas y un costo de poco menos de \$4 millones de pesos. El costo por kilómetro por tonelada, que es una medida usualmente utilizada para comparar el costo de transporte de carga, asciende a \$340, pero tiene una desviación estándar de \$182. La magnitud de la variación es una posible consecuencia de las dimensiones de la carga y la cantidad de operaciones de comercio exterior que realiza cada empresa, pues mientras algunas realizan movimientos de carga esporádicos, otras hacen más de 20 envíos semanales.

La Tabla 5 muestra el tipo de usuario de los servicios de transporte. La mayoría de las empresas (26) realiza importaciones, 16 empresas exportan y 1 es consolidador de carga. Puede resaltarse que 12 de las empresas que exportan también realiza operaciones de importación, seguramente de materias primas, maquinas y bienes intermedios necesarios para llevar a cabo su proceso de producción. La Tabla 6 muestra las tablas de frecuencias para un conjunto de variables categóricas. En la encuesta, la confiabilidad de la ruta utilizada en el envío podía tomar 3 niveles, siendo 75% y 95% los que concentran la mayoría de las respuestas, 16 y 13, respectivamente. 19 empresas transportan su carga en contenedores, 8 como carga general suelta y el resto como otros tipos de estiba. Además, 3 de las empresas encuestadas realizan operaciones de comercio internacional de forma ocasional.

Tabla 4. Estadísticas descriptivas principales variables utilizadas en el estudio

Variable	Obs	Mean	Std.Dev.	Min	Max
Tiempo	30	33.65	18.48	12	72
Distancia	30	807.1	246.6	226	1200
Peso	30	18.39	11.87	1	48
Frecuencia	30	4.79	5.99	1	25
Tarifa	30	3797428	2052498	150000	8900000
cost km ton	30	303.1	181.8	129.6	909.8

Fuente: elaboración propia

<sup>6</sup> En la muestra solo hay una empresa ubicada fuera de Cundinamarca, en el departamento de Risaralda.

Tabla 5. Tipo de usuario<sup>7</sup>

Exportador	Importador	Transportador de carga	Consolidador de Carga	Freq.
			Consolidador de carga	1
	Importador			14
Exportador				4
Exportador	Importador			12

Fuente: elaboración propia

Tabla 6. Tablas de frecuencias para la confiabilidad, tipo de estiba y usuario ocasional

Variable	Categoría	Freq.	%
Confiabilidad	50%	2	6,6
	75%	15	50
	95%	13	43,3
Total		30	100
Tipo de estiba producto más importante	Carga general suelta	8	26,6
	Contenedor	18	60
	Extradimensionado y todos los anteriores	1	3,3
	Granel líquido	1	3,3
	Refrigerado	2	6,6
Total		30	100
Ocasional	Realiza al menos un envío por semana	27	90
	Realiza menos de un envío por semana	3	10
Total		30	100

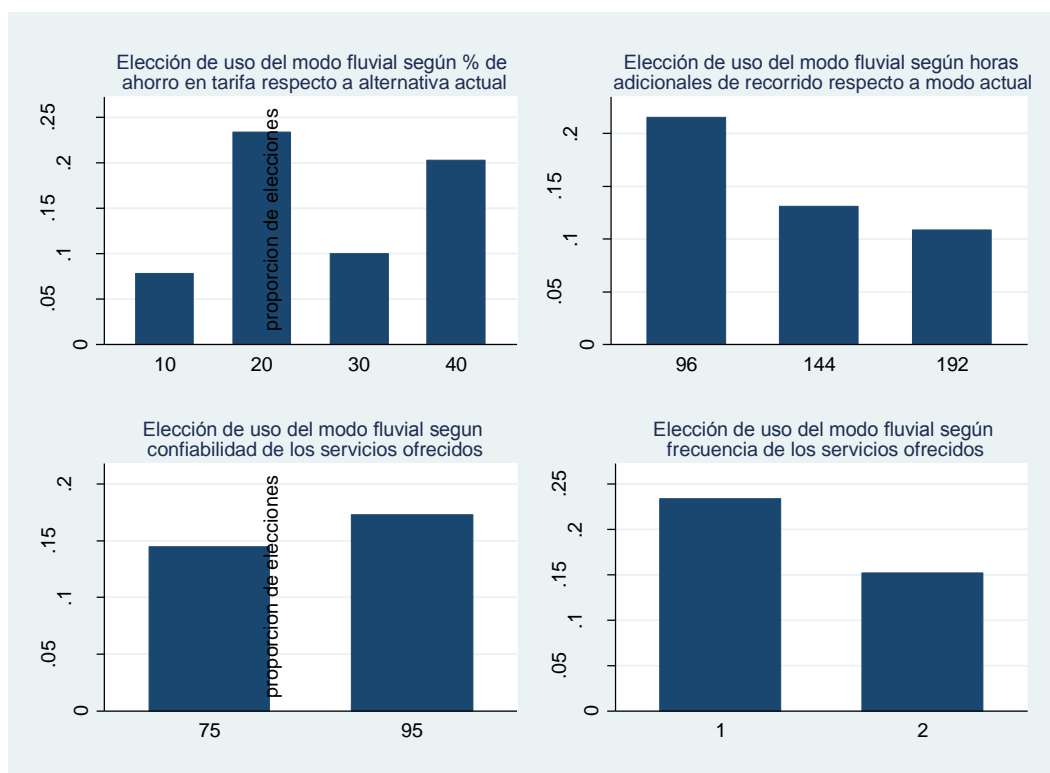
Fuente: elaboración propia

En la Figura 6 se muestra la proporción de respuestas donde se elegiría la alternativa fluvial respecto a las respuestas totales, para cada variable hipotética del servicio de transporte multimodal. Las variables de tarifa y confiabilidad muestran una tendencia creciente y el tiempo de recorrido una tendencia decreciente, según lo esperado. Llama la atención que la alternativa fluvial es más preferida cuando se dispone de un servicio por semana en contraste con los escenarios con dos servicios por semana, hecho que resulta contraintuitivo.

<sup>7</sup> La pregunta tenía respuesta de opción múltiple. La tabla muestra las combinaciones de cada tipo de usuario.



Figura 6



Fuente: elaboración propia

### 3.3. Los modelos de utilidad aleatoria

La investigación hace uso de modelos de utilidad aleatoria, empleando información desagregada a nivel de firma. La metodología se basa en el método de preferencias declaradas donde se proponen alternativas hipotéticas para el transporte de carga por el Río Magdalena y se comparan con el modo de transporte que actualmente utiliza el agente. Es así que con datos de las características, tanto de los distintos modos de transporte, como de la empresa, se definen funciones de utilidad derivadas del uso de cada modo de transporte, a partir de las cuales pueden construirse modelos de elección discreta.

El fundamento económico del modelo reposa en los siguientes supuestos<sup>8</sup>:

- Los individuos (en este caso empresas) pertenecen a una población homogénea  $Q$ , actúan racionalmente y poseen información perfecta.

<sup>8</sup> La formulación de esta sección sigue de cerca la de (Ortúzar, Juan de Dios & Willumsen, 2011)

- El conjunto  $A = \{A_1, \dots, A_j, \dots, A_N\}$  contiene las alternativas de elección disponibles para el individuo y el conjunto de vectores  $X$  describe los atributos propios del individuo y las alternativas observados por el investigador. Un individuo  $q$  posee un conjunto propio de atributos  $x \in X$ , un conjunto de alternativas  $A(q) \in A$ .
- Cada alternativa  $A_j \in A$  esta asociada a una utilidad  $U_{jq}$ , la cual se divide en dos componentes:

$$U_{jq} = V_{jq} + \varepsilon_{jq} \quad (1)$$

Siendo  $V_{jq}$  el componente no estocástico que representa las preferencias de la población y  $\varepsilon_{jq}$  un término de error idiosincrático.

- Con el propósito de distinguir entre aquellas covariables que varían entre alternativas y aquellas que únicamente varían entre individuos, el componente observado de la función de utilidad puede desagregarse como

$$V_{jq} = \sum_{k1} \delta_j x_{qj} + \sum_{k2} \theta x_{qj}. \quad (2)$$

Los  $\delta_j$  son parámetros que acompañan a variables independientes que describen atributos propios de los individuos; tales parámetros son distintos entre alternativas. Los  $\theta$  son parámetros que acompañan variables independientes que representan características propias de las alternativas y que también pueden variar entre individuos.  $k = k1 + k2$  es el número total de variables.

- El individuo  $q$  selecciona la alternativa que le reporta mayor utilidad. De esta forma, el individuo escoge  $A_j$  cuando

$$U_{jq} \geq U_{iq}, \forall A_i \in A(q) \quad (3)$$

Es decir:

$$V_{jq} - V_{iq} \geq \varepsilon_{jq} - \varepsilon_{iq} \quad (4)$$

- Definiendo una distribución para el componente aleatorio  $f(\varepsilon)=f(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_N)$  puede encontrarse la probabilidad de escoger la opción  $A_i$  como

$$P_{jq} = \text{Prob}\{\varepsilon_{iq} \leq \varepsilon_{jq} + (V_{jq} - V_{iq}), \forall A_i \in \mathbf{A}(q)\} \quad (5)$$

- El modelo más general asume que los errores siguen una distribución IID de valor extremo tipo 1; es decir, un modelo logit. Así que la función de probabilidad es descrita por

$$P_{jq} = \frac{\exp(\beta V_{jq})}{\sum_{A_j \in \mathbf{A}(q)} \exp(\beta V_{iq})} \quad (6)$$

El parámetro  $\beta$  no puede ser estimado independientemente de  $\theta$ , así que en la práctica se normaliza a 1.

El presente estudio parte el modelo logit con funciones de utilidad lineales y aditivas para dos alternativas: La primera es el modo de transporte que actualmente utiliza el agente y, la segunda, es la alternativa de transporte multimodal a través del Río Magdalena y la carretera. Las funciones de utilidad están descritas por

$$U_{qa} = \theta_1 time_{qa} + \theta_2 fee_{qa} + \theta_3 conf_{qa} + \theta_4 freq_{qa} + \delta_a X_a + \varepsilon_{qa} \quad (7)$$

$$U_{qr} = \theta_0 + \theta_1 time_{qr} + \theta_2 fee_{qr} + \theta_3 conf_{qr} + \theta_4 freq_{qr} + \delta_r X_r + \varepsilon_{qr} \quad (8)$$

Donde el subíndice  $a$  corresponde a la alternativa actual, el subíndice  $r$  corresponde a la alternativa multimodal del Río Magdalena y el subíndice  $q$  hace referencia a una empresa particular.  $time$  es la duración del recorrido de transporte,  $fee$  es la tarifa pagada por el servicio

de transporte,  $conf$  es el nivel de confiabilidad,  $freq$  es la frecuencia de los envíos,  $X$  es un vector de atributos propios de la firma<sup>9</sup>, con sus respectivos coeficientes  $\delta$ , y  $\varepsilon$  es el error idiosincrático.

Cabe anotar que la interpretación del modelo requiere definir una alternativa como base. Aquí la alternativa de transporte actual será considerada la base y sus coeficientes serán normalizados a cero. Por tanto, los parámetros estimados medirán el cambio de la utilidad relativa de escoger la alternativa multimodal del Río Magdalena respecto a la alternativa de transporte actual.

La probabilidad de que la empresa  $q$  escoja utilizar el Río para transportar la carga es:

$$P_{qr} = \frac{\exp(V_{qr})}{\exp(V_{qr}) + \exp(V_{qa})} \quad (9)$$

La elasticidad de la probabilidad de escoger una alternativa respecto a alguna variable  $x$  puede medirse, por un lado, como pequeñas variaciones porcentuales respecto a un valor dado para  $x$  y cada una de las demás variables, y por el otro lado, como la variación porcentual total de la diferencia entre dos valores distintos de  $x$ . El segundo método es conocido como elasticidad arco y será el utilizado para evaluar el impacto de cambios de las variables de interés sobre la probabilidad de utilizar la alternativa fluvial. La razón es que los niveles de las variables tenidas en cuenta en los escenarios de la encuesta presentan diferencias considerables entre un nivel y otro, por lo que el cálculo de elasticidades punto o efectos marginales es inapropiado en este contexto. Formalmente, la elasticidad arco del transporte de carga por el Río con respecto al cambio de  $x^0$  a  $x^1$  se calcula como

$$E_{qrx} = \frac{\frac{P_{qr}^1 - P_{qr}^0}{P_{qr}^0}}{\frac{x^1 - x^0}{x^0}} \quad (10)$$

Un supuesto adicional utilizado en el cálculo de las elasticidades arco es que  $P_{qr}^0 = 0$ . Lo que significa que se considera que la alternativa multimodal no es usada actualmente por ninguna firma; hecho que no es lejano a la realidad del transporte de carga de Bogotá.

Otra medida utilizada en la literatura son los indicadores de disponibilidad a pagar, que asignan un valor monetario a la utilidad que proporciona el cambio en alguna de las variables

---

<sup>9</sup> Para la estimación se consideraron las variables, peso, distancia y ocasional. La variable  $cost\_km\_ton$  no era significativa en varias especificaciones así que se decidió no incluirla.

explicativas. En el caso de los estudios de transporte, el indicador más analizado mide la disponibilidad a pagar por ahorros en el tiempo de transporte, mediante el cociente de los coeficientes asociados a la variable de tiempo y a la variable de tarifa  $\left(\theta_1/\theta_2\right)$ , según la especificación de la ecuaciones (7) y (8). Otra interpretación alternativa para el cociente es entenderlo como la tasa marginal de sustitución entre el tiempo y la tarifa de transporte.

### 3.4. Modelo Mixed Logit

El mixed logit es un refinamiento econométrico que elimina algunos problemas del modelo logit estándar. Train (2009) explica que los mixed logit tienen en cuenta diferencias en gustos individuales, patrones de sustitución no restringidos y correlación entre factores no observados a lo largo del tiempo. En el mismo sentido McFadden & Train (2000) muestra que cualquier modelo de elección discreta generado a partir del esquema de maximización de la utilidad aleatoria puede ser emulado por una correcta especificación de un mixed logit. La utilizada en el presente estudio se presenta más adelante. A continuación se explicará de forma sucinta la formulación econométrica del modelo, que es descrita por:

$$P_{jq} = \int L_{jq}(\theta)f(\theta)d\theta \quad (11)$$

Donde  $L_{jq}(\theta)$  es la probabilidad del logit evaluada en los parámetros  $\theta$  y  $f(\theta)$  es una función de densidad. Es así que la probabilidad del mixed logit es la media ponderada de la fórmula del logit evaluada en diferentes niveles de los parámetros  $\theta$ . Si la utilidad es lineal en los  $\theta$ , entonces la probabilidad es descrita por:

$$P_{jq} = \int \left( \frac{\exp(\theta'X_{jq})}{\sum_{A_j \in A \in (q)} \exp(\theta'X_{iq})} \right) f(\theta)d\theta \quad (12)$$

El principal atractivo del mixed logit es que permite relajar el supuesto de independencia de alternativas irrelevantes (IAI), a partir de un modelo de utilidad aleatoria más cercano a la manera en que los individuos toman sus decisiones. Por ejemplo, en el caso de experimentos de preferencias declaradas, como el que se maneja en este estudio, es difícil conservar el supuesto de errores independientes puesto que un mismo individuo responde a varios escenarios de

elección y habría de esperarse que sus preferencias individuales afecten la forma en que se evalúa sus alternativas en cada escenario, violando así el supuesto de (IAI) (Hesner & Greene, 2001). Pero si se reformula el modelo de comportamiento individual de la siguiente manera:

$$U_{jqt} = \sum_k \theta_q x_{jqt} + \varepsilon_{jqt} \quad (13)$$

Donde  $U_{jqt}$  representa la utilidad del individuo  $q$  derivada de la alternativa  $j$  para el escenario  $t$ ,  $x_{jqt}$  representa atributos de las alternativas o características del individuo,  $\varepsilon_{jqt}$  son errores aleatorios iid y, a diferencia del modelo logit,  $\theta_q$  son parámetros aleatorios que se pueden representar mediante  $\theta_q = \theta + \eta_q$ . Siendo  $\theta$  la media y  $\eta_q$  la desviación de la media causada por las preferencias individuales, (13) pasa a ser

$$U_{jqt} = \sum_k \theta x_{jqt} + (\eta_q x_{jqt} + \varepsilon_{jqt}) \quad (14)$$

Debido a que  $\eta_q$  está correlacionado entre alternativas y entre escenarios de decisión, es necesario tener en cuenta la covarianza entre estos términos para obtener estimadores insesgados. El modelo mixed logit supone una distribución específica,  $f(\theta)$ , y mediante técnicas de simulación extrae distintos valores para los parámetros aleatorios. De esta manera se puede estimar la media, la desviación estándar (SD) y las covarianzas entre parámetros generadas por los componentes aleatorios  $\eta_i$ , al mismo tiempo que se tiene en cuenta la heterogeneidad presente en las preferencias de los agentes.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en el modelo mixed logit del estudio se supone distribuciones aleatorias para los parámetros del tiempo, la tarifa, la confiabilidad y la frecuencia, por lo que las ecuaciones (7) y (8), que describen el modelo logit, se transforman de la siguiente manera:

$$U_{qa} = \theta_{1q} time_{qa} + \theta_{2q} fee_{qa} + \theta_{3q} conf_{qa} + \theta_{4q} freq_{qa} + \delta_a X_a + \varepsilon_{qa} \quad (15)$$

$$U_{qr} = \theta_0 + \theta_{1q} time_{qr} + \theta_{2q} fee_{qr} + \theta_{3q} conf_{qr} + \theta_{4q} freq_{qr} + \delta_r X_r + \varepsilon_{qr} \quad (16)$$

Aquí la diferencia conceptual radica en que la hipótesis de comportamiento supone explícitamente que el efecto de cambios en las variables mencionadas arriba es distinto para cada

empresa, característica que en la literatura se conoce como heterogeneidad individual. En el modelo econométrico, esto se traduce en que a  $\theta_{1q}$ ,  $\theta_{2q}$ ,  $\theta_{3q}$  y  $\theta_{4q}$  se les asigna una distribución de probabilidad y el procedimiento estadístico permite estimar parámetros de la media y de la distribución estándar (SD) de los efectos individuales para cada variable. De esta forma se contrarresta el sesgo que las preferencias individuales pueden generar sobre los estimadores en este experimento de preferencias declaradas.

#### 4. Resultados

El modelo econométrico que se deriva de las ecuaciones (7) y (8), para el logit, y (15) y (16), para el mixed logit arroja los coeficientes mostrados en la Tabla 7. El modelo mixed logit fue formulado definiendo los coeficientes de tarifa, tiempo y confiabilidad como aleatorios, con una distribución lognormal, y el coeficiente de frecuencia con una distribución normal<sup>10</sup>. La distribución lognormal asegura que el signo del coeficiente sea el mismo para todos los individuos de la muestra, que es algo deseable en los coeficientes a los que se aplicó esta distribución. Además, en la tabla 7 se han transformado los coeficientes con distribución lognormal del mixed logit para hacerlos comparables con los coeficientes del logit. En los resultados del modelo mixed logit se presentan los parámetros estimados para la media del efecto individual, en la columna de *Coef.*, y la desviación estándar del mismo, que representa la heterogeneidad de las preferencias, en la columna *SD*. Los estimadores miden el efecto del cambio de las variables sobre la utilidad del individuo, por lo que su interpretación no es directa y solo sirven para determinar el signo del efecto, evaluar la significatividad estadística y comparar el tamaño del efecto entre un modelo y otro.

En este sentido, tanto en el modelo logit como en el mixed logit los coeficientes de la tarifa, el tiempo, y la confiabilidad son significativos a un nivel del 5%. Al aumentar la tarifa o el tiempo de trayecto en un modo de transporte es de esperarse que la utilidad percibida por usarlo disminuya y la probabilidad de utilizarlo también lo haga, por lo que el signo del coeficiente en estas variables es negativo. Al contrario, cuando las empresas ganan confianza en la puntualidad

---

<sup>10</sup> Para estimar el modelo mixlogit se utilizó un comando de Stata escrito por un usuario y descrito en (Hole, 2007). Además de la especificación descrita, se intentó estimar un modelo con distribuciones normales para los coeficientes de tiempo, tarifa y confiabilidad. Sin embargo, tal modelo no convergió. Se presentan los resultados para el modelo con 500 iteraciones.

con la que su carga se desplaza por un modo de transporte aumenta la probabilidad de utilizarlo y el signo del coeficiente es positivo.

El signo de la frecuencia es negativo en el modelo logit, hallazgo extraño y difícil de explicar puesto que indica que aumentar la frecuencia de la alternativa fluvial en un servicio más por semana disminuye la probabilidad de que la empresa la escoja; hecho que seguramente está relacionado con los datos a disposición, tal como lo muestra la figura 6. En el modelo mixed logit, el coeficiente de la frecuencia pasa a ser positivo, no significativo y con una elevada variabilidad entre individuos; lo que sugiere que ciertas empresas no consideran la regularidad una variable importante. También cabe anotar que en el estudio de (Steer Davies Gleeve & Hidroestudios, 2002) el signo de frecuencia es no significativo, lo que refuerza la idea de que es la variable menos importante en el proceso de decisión de las alternativas de transporte modal.

La Tabla 7 también muestra dos test de significatividad conjunta vale la pena explicar. En la columna del modelo logit se presenta el estadístico del test de Wald con siete grados de libertad que evalúa la significatividad conjunta de todas las variables utilizadas en ese modelo, siete en total. Por el contrario, en la columna del modelo mixed logit se presenta un estadístico del test de razón de verosimilitud que compara el modelo mixed logit y el modelo logit. La hipótesis nula que se intenta probar es que los estimadores de las desviación estándar (SD) son iguales a 0, de aquí se desprende que los grados de libertad son cuatro. De esta manera, el modelo no restringido sería la especificación mixed logit y el modelo restringido la especificación logit. Tanto el test de Wald como el de razón de verosimilitud ratifican la significatividad conjunta de los parámetros a un nivel de confiabilidad del 1%. Este hecho además sugiere que el modelo mixed logit tiene mejor bondad de ajuste, como también lo indica un valor más elevado del indicador pseudo-R<sup>2</sup> respecto al del modelo logit.

El cociente entre los coeficientes del tiempo y la tarifa es 309677, en el modelo logit, y 453368, en el modelo mixed logit. Para este último modelo, esta cifra representa la disponibilidad a pagar por el tiempo de transporte, también conocida como valor monetario del tiempo, y significa que la empresa promedio está dispuesta a pagar \$435.368 pesos más si el tiempo que demora el transporte de su carga disminuye en un día. Esto equivale al 12% del precio promedio pagado por un envío, que es de \$3.797.428. Tomando el peso promedio de un envío, que es de 18.4



toneladas, la disponibilidad a pagar sería de \$24.640 por tonelada. Hacer una comparación con los resultados de (Steer Davies Gleeve & Hidroestudios, 2002) no es conveniente pues se debería tener en cuenta el cambios regulatorios y en el nivel de precios.

Al comparar los coeficientes del resto de variables entre los dos modelos se nota que los parámetros del mixed logit son más grandes, indicando efectos marginales mayores para una empresa con características promedio, tal como se puede ver más adelante en el análisis de elasticidades. En el caso del tiempo y la tarifa, el modelo mixed logit arroja una heterogeneidad individual relativamente alta. Por ejemplo, en el caso de la tarifa el coeficiente es -0.193 y la desviación estándar de casi 0.1 implica que el efecto marginal entre distintas empresas perfectamente puede variar 50%. Puede intuirse que uno de los factores determinantes de tal grado de heterogeneidad entre empresas son los distintos tipos de productos que transportan, algunos más susceptibles de ser transportados a través del Río Magdalena que otros.

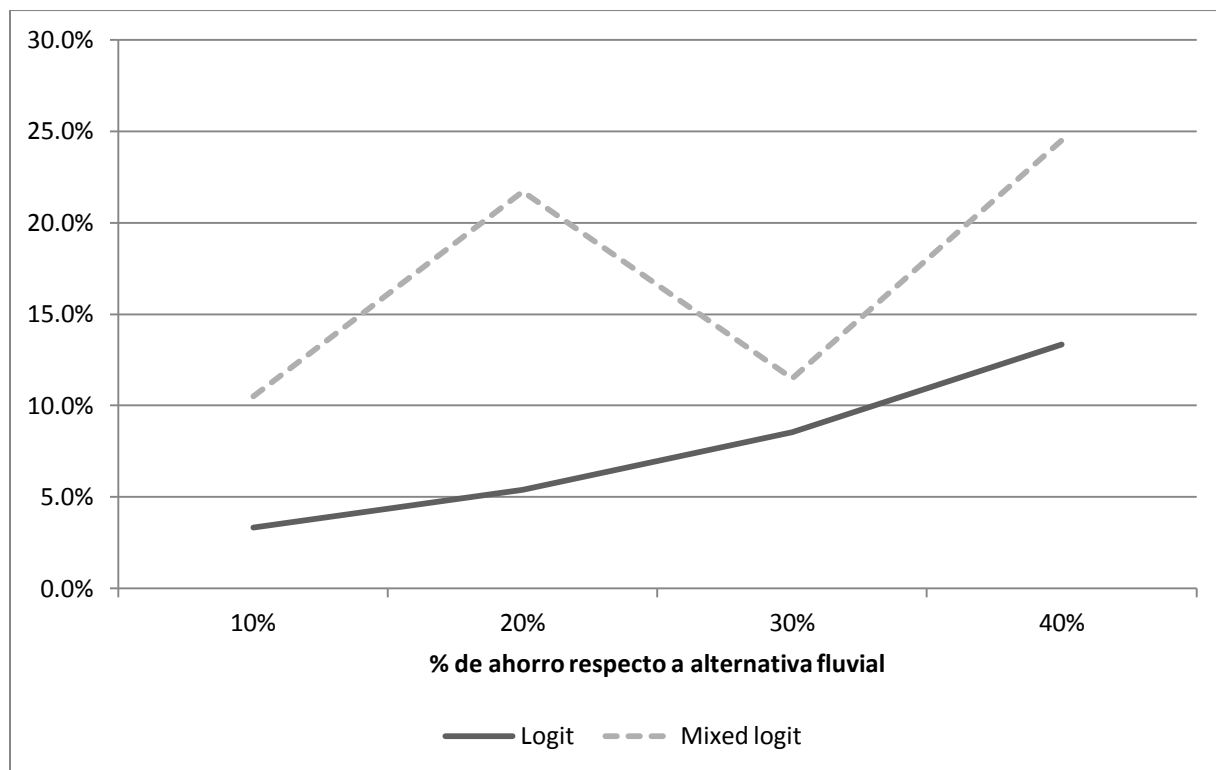
Tabla 7. Coeficientes modelos de elección discreta

Variable	Logit	Mixed logit	
	Coef.	Coef.	SD
Tarifa <sup>1</sup>	-0.124*** (0.025)	-0.193*** (0.05)	0.099
Tiempo <sup>2</sup>	-0.384*** (0.099)	-0.875*** (0.23)	0.409
Confiabilidad	0.028** (0.012)	0.055** (0.024)	0.004
Frecuencia	-0.151*** (0.035)	0.028 (0.152)	0.544
Number of cases	350	350	
Number of firms	30	30	
Wald chi2(7)/LR chi2(4)	49.86***	50.84***	
Psuedo-R2	0.2473	0.4058	

Fuente: elaboración propia. Nota: Errores estándar en paréntesis. 1. Tarifa en cientos de miles de pesos. 2. Tiempo en días. \*\* Significativo al 5% \*\*\* significativo al 1%.

Pasando al cálculo de elasticidades, la Tabla 8, la

Figura 7. Probabilidades predichas para la alternativa fluvial ante cambios en la tarifa



Fuente: elaboración propia

Tabla 9, la Tabla 10, la Figura 7 y la Figura 8 muestran las probabilidades predichas de los modelos y las elasticidades arco para cada nivel de los atributos de tarifa, tiempo y confiabilidad. El primer hallazgo que se debe analizar es que las probabilidades predichas del modelo mixed logit son mucho más altas que las del logit, para todos los atributo. Por ejemplo, si las probabilidades se interpretan como participaciones modales, el escenario más desfavorable para la alternativa fluvial sería aquel en que el la tarifa es 10% más baja que la de la alternativa actual. En este escenario el modelo logit predice una participación de la alternativa fluvial del 3.3% de las empresas, mientras que el modelo mixed logit predice una participación de 10.5%. Del mismo modo, si el tiempo del trayecto por la alternativa fluvial tomase 6 días más que en la alternativa actual, el logit predice una participación de la alternativa fluvial del 8.2% y el mixed logit del 16.2%. Las diferencias tan grandes en los resultados motivan la discusión sobre la especificación del modelo y también una comparación con el estado actual del transporte por el Río.

Las probabilidades predichas, comparativamente más elevadas del modelo mixed logit, permiten ver la importancia que tienen los supuestos de comportamiento a la hora de hacer predicciones. Hesner & Greene (Hesner & Greene, 2001) resaltan que la aproximación del mixed logit ofrece grandes oportunidades para enriquecer los conocimientos sobre las preferencias y la elección individual y así poder brindar respuestas más potentes a muchos problemas y desafíos que el Estado, las organizaciones y las personas deben enfrentar. Las ecuaciones 13 y 14 ponen de manifiesto como este tipo de modelos pueden ayudar a mejorar la precisión de la estimación, ante posibles problemas de sesgo, en un experimento de elección que captura preferencias declaradas, como es el caso en la presente investigación. No obstante, subraya que los resultados satisfactorios en modelos mixed logit dependen, en gran medida, de la buena calidad de la información utilizada. Sobre este punto, las estadísticas descriptivas sugieren que algunas preguntas relacionadas con la variable frecuencia y la variable tarifa, para el nivel de 20% de ahorro, pudieron ser contestadas de forma errónea por algunas empresas y, dado que la muestra es pequeña, sesgar un poco los resultados.

Ahora bien, el transporte fluvial a reducido su participación desde 3.5% a finales de la década de los 90, a menos del 1% en la actualidad. Así que es factible pensar que una vez se concluya con éxito el PRNRM será fácil que se vuelva a captar la cifra de finales de siglo y un poco más, por

lo que una participación del 10% podría no ser extraña. Sin embargo, participaciones de más del 20% en el Río serían muy difíciles de alcanzar, puesto que se requieren grandes inversiones, adicionales al PRNRM, para alcanzar niveles de servicio que ofrezcan 4 días adicionales de recorrido y ahorros del 40% en costos de transporte. Por lo tanto, los resultados del modelo mixed logit pueden ser factibles, aunque deben ser tomados con precaución.

Al comparar las elasticidades arco de la tarifa y el tiempo para la alternativa fluvial puede verse que los guarismos de la primera son mucho mayores. La elasticidad de la tarifa está en un rango entre -0.27 y -0.33 en el modelo logit y -0.38 y -1.09 en el modelo mixed logit. Por su parte, la elasticidad del tiempo no supera el -0.08. El bajo impacto que tiene un cambio porcentual del tiempo de transporte merece ser puesto en contexto. El valor de -0.08 para la elasticidad del tiempo significa que un aumento del 1% en el tiempo de viaje por la alternativa fluvial, respecto a la media del modo carretero en la muestra, disminuye la probabilidad de escoger la alternativa fluvial 0.08%. El 1% de aumento en el tiempo de viaje es equivalente a 19 minutos, variación que no es significativa en términos prácticos. La mayoría de las empresas entrevistadas piensan en términos de días; para ellos un envío se demora día y medio o 2 días, por lo que una variación de, por ejemplo, 2 horas tiene poca relevancia. Adicionalmente, la elasticidad del tiempo encontrada aquí está muy por debajo de las elasticidades encontradas en otros trabajos. Esto puede ser un indicador del bajo nivel de desarrollo de la operación logística en Colombia ya que mientras en el país las empresas pueden estar acostumbradas a lidiar con demoras de unas cuantas horas en la entrega y recepción de envíos, en otros países estas variaciones pueden ser más determinantes al momento de escoger el modo y la ruta de de transporte. En el índice de desempeño logístico de 2014 (Arvis et al., 2014) Colombia se ubica en el puesto 97 entre 160 países, siendo la puntualidad el área de peor desempeño comparativo, donde ocupa el puesto 111.

La elasticidad arco de la tarifa que se muestra en la Tabla 8 puede interpretarse como el cambio porcentual de la probabilidad de utilizar la alternativa fluvial ante un aumento del 1% en el ahorro que se deriva de utilizar esta alternativa en vez de la alternativa actual. Es así que para un nivel de ahorro del 40%, el modelo mixed logit predice que un aumento del ahorro en tarifa de 1% aumenta la posibilidad de utilizar la alternativa fluvial en 0.61%. Además, mientras en el modelo logit la elasticidad permanece relativamente estable o con variaciones pequeñas para los

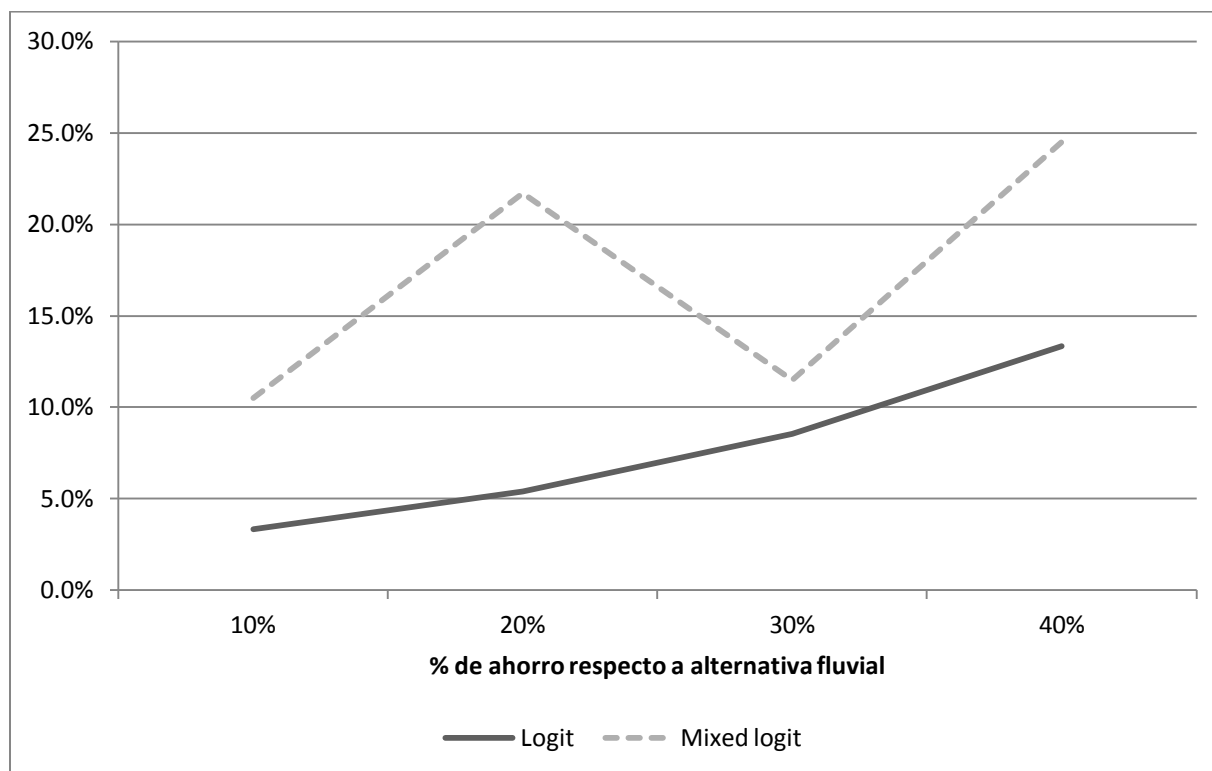
diferentes niveles de ahorro, en el modelo mixed logit tiende a disminuir a medida que aumenta el ahorro en la tarifa fluvial; fenómeno que también está presente en los resultados de Train & Wilson (2004 & 2007). Además, los valores del modelo mixed logit se encuentran dentro del rango de los encontrados por los mencionados autores.

Tabla 8. Elasticidad de la tarifa para alternativa fluvial

Tarifa (% de ahorro respecto al último envío)	Logit		Mixed logit	
	Probabilidad alternativa fluvial	Elasticidad	Probabilidad alternativa fluvial	Elasticidad
10%	3.3%	0.33	10.5%	1.05
20%	5.4%	0.27	21.7%	1.09
30%	8.6%	0.29	11.5%	0.38
40%	13.3%	0.33	24.5%	0.61

Fuente: elaboración propia

Figura 7. Probabilidades predichas para la alternativa fluvial ante cambios en la tarifa



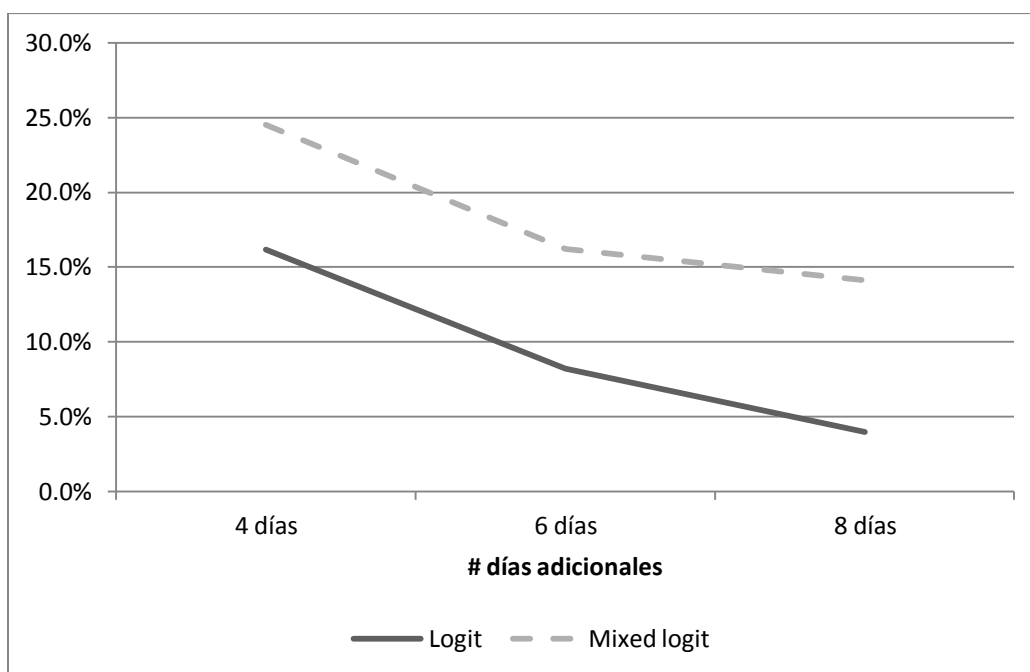
Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Elasticidad del tiempo para alternativa fluvial

Tiempo (# días adicionales)	porcentaje aumento tiempo de viaje	Logit		Mixed Logit	
		Probabilidad alternativa fluvial	Elasticidad	Probabilidad alternativa fluvial	Elasticidad
		4 días	300%	16.2%	-0.05
6 días	458%	8.2%	-0.02	16.2%	-0.04
8 días	609%	4.0%	-0.01	14.1%	-0.02

Fuente: elaboración propia

Figura 8. Probabilidades predichas para la alternativa fluvial ante cambios en el tiempo



Fuente: elaboración propia

Tabla 10. Cambio en la probabilidad de elección de la alternativa fluvial ante un cambio en la confiabilidad

Confiabilidad	Logit	Mixed logit
	Probabilidad alternativa fluvial	Probabilidad alternativa fluvial
75%	6.2%	16.2%
95%	10.4%	20.8%

Fuente: elaboración propia

En términos absolutos, también pueden compararse los escenarios de baja y alta eficiencia para cada una de las variables. En el caso de la confiabilidad, esta es la mejor forma de evaluar su variación debido a que la encuesta solo consideró atributos para dos niveles de la variable; razón por la que termina comportándose de forma dicotómica. Su probabilidad predicha al pasar del escenario de baja eficiencia (75% de confiabilidad) a uno de alta eficiencia (100% de confiabilidad) aumenta 4.6 puntos porcentuales. En el caso de la tarifa, pasar de 10% a 40% de ahorro aumenta la probabilidad predicha en 14 puntos porcentuales. En el caso del tiempo, pasar de 8 a 4 días adicionales de duración aumenta la probabilidad predicha en 10.4 puntos porcentuales.

A la luz de estos resultados, la tarifa de los servicios de carga por la alternativa intermodal que combina la carretera y el Río Magdalena sería el factor más importante para los transportadores. Así mismo, el tiempo que demora el recorrido sigue teniendo una importancia alta.

## **5. Discusión y conclusiones**

El Proyecto de Rehabilitación de la Navegabilidad en el Río Magdalena propiciará el desarrollo de la oferta de servicios de transporte de carga multimodal en Colombia. Es de esperarse que se genere cierto nivel de competencia entre el modo carretero y el modo fluvial para algunos tipos de productos transportados desde y hacia el interior del país, especialmente para comercio exterior. En el caso de Bogotá, la demanda de transporte fluvial estará determinada principalmente por el nivel de servicio que las operaciones a través del río ofrezcan, especialmente en cuanto a tarifas, tiempos de viaje y confiabilidad. En este aspecto, las obras contempladas en el PRNRM únicamente son el punto de partida para una serie de inversiones adicionales que deberán hacerse en los puertos a lo largo del río para agilizar las operaciones de cargue, descargue y almacenamiento de mercancías. Sobre este último punto, el gobierno nacional adelanta una estrategia de concesiones para construcción y modernización de puertos cuyos impactos esperados todavía no son claros.

La reducción en los costos logísticos que genera el proyecto, si bien es un componente muy importante del PRNRM, no es el único determinante en la decisión de cambiarse al modo fluvial, para muchas empresas. Las inversiones que se hagan en reducción de la duración del recorrido,

tanto en tiempo de espera como de viaje, también incidirán de manera notable en la decisión del modo de transporte de mercancías que tomen las empresas.

Finalmente, los modelos de elección discreta que utilizan información desagregada a nivel de firma son una herramienta con gran potencial para evaluar la demanda de carga que generan proyectos e inversiones en el sector transporte. Un elemento clave para poder utilizar estos modelos es asegurar que la información que captura las preferencias sea de alta calidad. La encuesta que se llevo a cabo para el presente estudio revela algunas inconsistencias que sugieren que la precisión de los coeficientes estimados y las probabilidades predichas no es la mejor y las conclusiones que se derivan se deben tomar con precaución. Sin embargo, el modelo mixed logit matiza un poco estos resultados y muestra que hay bastante heterogeneidad en las preferencias de las firmas y que esta metodología describe mejor el proceso de elección individual; dejando la puerta abierta para continuar aplicándola en estudios de demanda.

A futuro, desarrollar un modelo general que sirva para estimar curvas de demanda para distintas vías y modos de transporte haría más eficiente las decisiones de asignación de recursos que se tomen en el sector.

## **Bibliografía**

- Arvis, J.-F., Saslavsky, D., Ojala, L., Shepherd, B., Busch, C., & Raj, A. (2014). *Connecting to compete 2014: Trade logistics in the global economy*. World Bank.
- Cárdenas, M., Gaviria, A., & Meléndez, M. (2005). *La infraestructura de transporte en Colombia*.
- Cormagdalena. (2013). Bases de preclasificación No. 01 de 2013. Anexo 2.
- Cormagdalena, & Navelena S.A.S. Contrato de Asociación Público Privada para el Proyecto de Recuperación de la Navegabilidad del Río Magdalena, Pub. L. No. Contrato de APP No. 001 de 2014 (2014).
- Departamento Nacional de Planeación. (2011). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010 - 2014: Prosperidad para todos*. Departamento Nacional de Planeación.



- EMDEPA. (2011). Diseño de las obras de encauzamiento del Río Magdalena entre Puerto Salgar - Puerto Berrio.
- Feo-Valero, M., García-Menéndez, L., & Garrido-Hidalgo, R. (2011). Valuing freight transport time using transport demand modelling: A bibliographical review. *Transport Reviews*, 31(5), 625–651. <http://doi.org/10.1080/01441647.2011.564330>
- García-Menéndez, L., Martínez-Zarzoso, I., & Pinero De Miguel, D. (2004). Determinants of Mode Choice between Road and Shipping for Freight Transport: Evidence for Four Spanish Exporting Sectors. *Journal of Transport Economics and Policy*, 38(3), 447–466.
- Hesner, D., & Greene, W. (2001). The mixed logit model: The state of practice and warnings for the unwary.
- Higuera, E. (2014, April). Río Grande de la Magdalena: Arteria para la integración del país. *Revista ANDI*, (245), 28–33.
- Hole, A. R. (2007). Fitting mixed logit models by using maximum simulated likelihood. *The Stata Journal*, 7(3), 388–401.
- McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis for qualitative choice behavior. In P. Zarembka (Ed.), *Frontiers in econometrics* (pp. 105–142). Academic Press. Retrieved from <http://eml.berkeley.edu/reprints/mcfadden/zarembka.pdf>
- McFadden, D., & Train, K. (2000). Mixed MNL models for discrete response. *Journal of Applied Econometrics*, 15(5), 447–470. [http://doi.org/10.1002/1099-1255\(200009/10\)15:5<447::AID-JAE570>3.0.CO;2-1](http://doi.org/10.1002/1099-1255(200009/10)15:5<447::AID-JAE570>3.0.CO;2-1)
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 2820 de 2010, Colombia (2010).
- Notteboom, T. (2012). Challenges for container river services on the Yangtze River: A case study for Chongqing. *Research in Transportation Economics*, 35(1), 41–49.
- Ortúzar, Juan de Dios, & Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport*. Oxford: Wiley-Blackwell. Retrieved from <http://site.ebrary.com/id/10510502>
- Presidencia de la República de Colombia. Ley 1508 de 2012 (2012).
- Procuraduría General de la Nación. (2013). *Río Magdalena: Informe social, económico y ambiental*.
- Quinet, E., & Vickerman, R. W. (2004). *Principles of transport economics*. Cheltenham ; Northampton, MA: Edward Elgar.

- Secretaría de Distrital de Desarrollo Económico. (n.d.). *Comercio Exterior*. Retrieved from <http://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/portal/tema.sbi?idPalabraSeleccionada=54>
- Steer Davies Gleeve, & Hidroestudios. (2002). Estudio de demanda y plan para la recuperación del Transporte Fluvial en el Río Magdalena. No publicado.
- Train, K. (2009). *Discrete choice methods with simulation* (2nd ed). Cambridge ; New York: Cambridge University Press.
- Train, K., & Wilson, W. (2004). *Shippers' responses to changes in transportation rates and times: The Mid-America Grain Study*. US Army Corps of Engineers.
- Train, K., & Wilson, W. (2007). *Transportation demands for the movement of non-agricultural commodities pertinent to the Upper Mississippi and Illinois River basin*. US Army Corps of Engineers.
- Train, K., & Wilson, W. W. (2008). Estimation on stated-preference experiments constructed from revealed-preference choices. *Transportation Research Part B: Methodological*, 42(3), 191–203. <http://doi.org/10.1016/j.trb.2007.04.012>

## Anexos

**Anexo 1. Escenarios alternativos para la alternativa fluvial preguntados en la encuesta**

<b>Escenario</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Confiabilidad</b>	<b>Regularidad</b>
1	40% menos que a. a.	96 horas (4 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	2 servicios/semana
2	40% menos que a. a.	144 horas (6 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	2 servicios/semana
3	40% menos que a. a.	192 horas (8 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	2 servicios/semana
4	30% menos que a. a.	192 horas (8 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	2 servicios/semana
5	20% menos que a. a.	96 horas (4 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	2 servicios/semana
6	10% menos que a. a.	96 horas (4 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	2 servicios/semana
7	10% menos que a. a.	144 horas (6 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	2 servicios/semana
8	40% menos que a. a.	96 horas (4 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	1 servicio/semana
9	40% menos que a. a.	192 horas (8 días) más que a. a.	95% entregas a tiempo	1 servicio/semana
10	40% menos que a. a.	96 horas (4 días) más que a. a.	75% entregas a tiempo	2 servicios/semana
11	40% menos que a. a.	192 horas (8 días) más que a. a.	75% entregas a tiempo	2 servicios/semana
12	10% menos que a. a.	96 horas (4 días) más que a. a.	75% entregas a tiempo	2 servicios/semana

**Anexo 2. Coeficientes de correlación entre variables independientes y dummy de elección de modo de transporte**

Correlaciones	uso_rio
tiempo	-0,19*
distancia	-0,18*
peso	0,01
frecuencia	0,02
tarifa_cop	0,11
confiabilidad	-0,1
cost_km_ton	0,17
ocasional	0,22
cost_rio	0,12
time_rio	-0,13
conf_rio	0,03
freq_rio	-0,08*
* signo no esperado	