



Certificación ISO 9001:2000 ‡
Laboratorios acreditados por EMA §

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS ACTUALES CONDICIONES DE COMPETENCIA Y COMPLEMENTARIEDAD ENTRE EL FERROCARRIL Y EL AUTOTRANSPORTE

Marco Antonio López Castro
Salvador Hernández García
Guillermo Torres Vargas

**Publicación Técnica No 261
Sanfandila, Qro. 2004**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Evaluación económica de las actuales
condiciones de competencia y
complementariedad entre el ferrocarril y el
autotransporte**

Publicación Técnica No 261
Sanfandila, Qro. 2004

Esta investigación se realizó en la Coordinación de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional del Instituto Mexicano del Transporte, y estuvo a cargo de Marco Antonio López Castro, Salvador Hernández García y Guillermo Torres Vargas.

Índice

| | Página |
|--|-----------|
| Índice | I |
| Resumen | V |
| Abstract | VI |
| Resumen ejecutivo | VII |
| Introducción | 1 |
| Antecedentes | 3 |
| 1 Análisis descriptivo | 7 |
| 2 Competencia y complementariedad | 17 |
| 2.1 Análisis de competencia | 17 |
| 2.2 Análisis de complementariedad | 30 |
| 2.2.1 Movimiento de carros cargados con contenedores | 30 |
| 2.2.2 Toneladas de carga transportada por contenedor | 31 |
| 2.2.3 Toneladas – kilómetro de carga transportada por contenedor | 33 |
| 3 Análisis de eficiencia | 37 |
| 3.1 Productividad | 37 |
| 3.2 Medición de la productividad | 58 |
| 3.3 Descomposición de la productividad | 61 |
| Conclusiones y recomendaciones | 65 |
| Bibliografía | 67 |
| Anexos | 71 |

Índice de cuadros

| | |
|---|----|
| Cuadro 2.1 Tasas promedio de inflación, antes y después del proceso de apertura de cada modo de transporte | 21 |
| Cuadro 2.2 Comportamiento de la tasa media de inflación del autotransporte, a partir de la liberalización del ferrocarril | 23 |
| Cuadro 3.1 Ejemplo de datos para cinco unidades productivas | 40 |
| Cuadro 3.2 Ejemplo de solución de un DEA por el enfoque del insumo | 41 |
| Cuadro 3.3 Ejemplo de distintos índices de eficiencia resueltos, utilizando el enfoque del insumo | 47 |
| Cuadro 3.4 Análisis de descomposición de la PTF para cada modo de transporte | 62 |

Índice de gráficas

| | |
|---|----|
| Gráfica 1.1 Evolución del transporte de mercancías terrestre, por ferrocarril | 7 |
| Gráfica 1.2 Evolución del tráfico de carga local e internacional, por ferrocarril | 9 |
| Gráfica 1.3 Evolución del transporte de mercancías terrestre, por autotransporte | 10 |
| Gráfica 1.4 Distancia media de recorrido del transporte terrestre de carga | 11 |
| Gráfica 1.5 Participación del ferrocarril en el movimiento terrestre de carga | 14 |
| Gráfica 2.1 Evolución de la tasa de inflación del Sector Transporte y Almacenaje y de los servicios prestados por el ferrocarril y el autotransporte (cambio porcentual promedio anual) | 18 |
| Gráfica 2.2 INPP, según tipo de mercado para cada modo de transporte (valor promedio del índice entre diciembre de 2003 y julio de 2004) | 24 |
| Gráfica 2.3 Ingreso medio por t-km recorrida: antes y después de la concesión del ferrocarril (pesos constantes del 2000) | 27 |
| Gráfica 2.4 Ingreso medio por t-km recorrida: TFM vs Ferromex (pesos constantes del 2000) | 28 |
| Gráfica 2.5 Movimiento de contenedores y plataformas, como porcentaje del total de carros cargados desplazados por ferrocarril | 31 |
| Gráfica 2.6 Movimiento de contenedores y remolques sobre plataforma, como porcentaje del total de toneladas transportadas por ferrocarril | 32 |
| Gráfica 2.7 Movimiento de contenedores y plataformas, como porcentaje del total de t-km recorridas por el ferrocarril | 34 |
| Gráfica 2.8 Crecimiento medio de la contenerización en el tráfico por ferrocarril (tasa media de crecimiento anual) | 35 |
| Gráfica 3.1 Enfoque de insumo vs enfoque de producto | 38 |
| Gráfica 3.2 Ejemplo gráfico de solución de un DEA por el enfoque del insumo | 42 |
| Gráfica 3.3 Ineficiencia técnica vs ineficiencia a escala | 45 |
| Gráfica 3.4 Ilustración del funcionamiento del índice M desde el enfoque del insumo | 49 |
| Gráfica 3.5 Ejemplo numérico del índice M | 54 |

Gráfica 3.6 Cambio en la PTF del ferrocarril y el autotransporte (1980 – 2007) 60

Resumen

Se dan a conocer algunos elementos de evaluación de la actual situación de los modos de transporte terrestre en México a través de indicadores de competencia y complementariedad.

A nivel mundial, la competencia entre el ferrocarril y el autotransporte ha favorecido a este último, aunque actualmente diversos países y regiones buscan promover un ambiente de competencia justa que permita más flexibilidad en las políticas de servicio de ambos modos, fomentando una mayor eficiencia en sus sistemas económicos.

En el caso de Norteamérica, las condiciones de coexistencia entre el autotransporte y el ferrocarril están conduciendo a una mayor competencia entre ambos modos de transporte, a la vez que una creciente complementariedad entre ellos.

En México, el autotransporte se benefició con la liberalización de la competencia antes que el ferrocarril, mejorando su posición en el mercado del transporte terrestre. El ferrocarril tuvo que esperar su concesión para revertir dicha tendencia, de tal suerte que esta forma privada de operación es el punto de referencia para analizar como evoluciona la oferta del transporte terrestre interurbano de carga en un ambiente de libre competencia.

Para conocer la evolución de la competencia se analizaron indicadores económicos, como el índice de inflación de precios y los ingresos por unidad de servicio; además de indicadores operativos tradicionales de participación porcentual de toneladas y toneladas-kilómetro atendidas por cada modo. La medición de la complementariedad se estudió a través de la evolución del movimiento de contenedores por ferrocarril.

Finalmente, con objeto de conocer cuáles son los factores que permitieron una mayor eficiencia en la generación del servicio, se realizó un análisis de descomposición de la productividad total de los factores de producción para los aspectos laboral, de equipo, y energética.

Abstract

This document analyzes the degree of competition and complementariness between rail and truck transport in the last years in México for interurban public freight service. This analysis is developed through several operative and economics indicators such as ton – kilometers moved and the revenue freight for ton-kilometers moved. The analysis confirmed that with the market aperture, of the last few years, competition and complementariness between both transport modes has increased. We also analyze Total Factor Productive (TFP) of rail and truck transport through the Malmquist Index. We find that since its privatization the rail sector has increased its TFP considerably meanwhile the truck sector has seen reduced its TFP mainly because poor performance of its labor productivity.

Resumen ejecutivo

En Norteamérica, la evolución del ambiente de competencia entre el ferrocarril y el autotransporte ha presentado diversos grados de regulación. A finales del siglo XX, en los tres países de la región se realizaron adaptaciones al marco regulatorio tendientes a permitir una libre competencia en el mercado del transporte interurbano terrestre, argumentando, que como consecuencia se produce una mejora del servicio a través de la disminución de precios e incorporación de nuevos servicios unificados, como el multimodal.

En México la libre competencia entre el ferrocarril y el autotransporte presenta una corta historia cuyo análisis a través de diversos indicadores permitió confirmar que al igual que en Estados Unidos y Canadá se presenta una mejora de eficiencia y complementariedad del servicio.

En el periodo 1991-2002 se detecta una mejora en los servicios del ferrocarril y el autotransporte, donde destaca la recuperación del transporte ferroviario, toda vez que este creció a un ritmo mayor que el autotransporte.

Las tasas de crecimiento anual en el movimiento de toneladas (t) fueron de 5,1 y 2,1% para el ferrocarril y el autotransporte respectivamente, mientras que en las toneladas – kilómetro fueron de 4,2 y 4,0%, nuevamente a favor del ferrocarril. Como consecuencia de este mayor crecimiento, el ferrocarril ganó participación (en el periodo 1991-2002) en el mercado de transporte interurbano de carga al pasar de 12,4 a 16,4% en el movimiento de toneladas y de 20,7 a 21,1% en las toneladas – kilómetro (t-km).

Contrasta el hecho de que el autotransporte presentó un crecimiento mayor en las t-km respecto las t movidas, caso contrario al ferrocarril. Esto llevo a que las distancias medias de recorrido para el autotransporte se incrementaran de 382 km por viaje en el año 1991 a 469 km en el año 2002, mientras que el ferrocarril disminuyó su recorrido medio de 705 a 642 km en el mismo periodo. Las cifras anteriores indican una mayor posibilidad para competir en mercados comunes.

De las cifras del movimiento de carga relacionada con el tráfico internacional, se establece que el movimiento de carga de comercio internacional fue el principal promotor del crecimiento operativo del ferrocarril, ya que su participación en el total de carga movida por ferrocarril pasó de 31 a 51% en el periodo comprendido de 1991 a 2002.

Se confirmó esta mayor dependencia del ferrocarril del tráfico internacional por el hecho de que al desacelerarse la economía mexicana en el año 1997, el ferrocarril no sufrió un retroceso en la carga transportada, mientras que el autotransporte presentó una caída de 10% en las t-km, caso contrario a lo ocurrido en el año 2001, cuando el ferrocarril sufre una caída más acentuada que el autotransporte

(3,6 contra 1,1%, respectivamente), esta vez, debido a la desaceleración de la economía estadounidense.

En general, la imagen que reflejan los indicadores operativos es la de un sistema ferroviario nacional en plena recuperación y un autotransporte público federal atravesando por un periodo de crecimiento errático y lento.

Para conocer con detalle la evolución de la competencia se analizó el índice de inflación de precios, para el caso del ferrocarril se encontró que desde 1997 presentó una inflación menor (2,7%) a la de la rama transporte y almacenaje (8,2%) debido, en parte, a las presiones competitivas en las que se encontraba por su proceso de apertura y desregulación.

El autotransporte presentó en el periodo 1990-1994 (periodo inmediato posterior a su apertura y desregulación) una tasa promedio de inflación menor a la de la rama transporte y almacenaje (12,0 contra 18,8%) mejorando su posición en el mercado de transporte terrestre, sin embargo, tras la liberalización del ferrocarril perdió nuevamente participación en el mercado al no ajustar sus incrementos tarifarios a los mismos niveles que el ferrocarril.

Por otra parte, se encontró que en el periodo 1980 - 1993 el promedio del ingreso real del ferrocarril por unidad de servicio t-km fue prácticamente idéntico al del periodo 1999 - 2003 (de 0,261 y de 0,258 pesos constantes del año 2000 respectivamente), es decir, que un usuario promedio del ferrocarril no apreció un incremento real de su costo por transportar sus mercancías. Sin embargo, de acuerdo con el Índice Nacional de Precios al Productor para el periodo diciembre de 2003 a junio de 2004 se halló que el nivel de precios del ferrocarril para el mercado nacional se incrementó cerca de 6% mientras que para el mercado de exportación se mantuvo sin cambios, esto significa que existe en el ferrocarril una política tarifaria diferenciada por tipo de mercado, por su parte, el autotransporte no presenta éste tipo de diferenciación dado que reportó un incremento generalizado de 3% tanto para el mercado nacional como el de exportación.

En el caso de la medición de la complementariedad se analizó a través del movimiento de contenedores por ferrocarril, el cuál muestra incrementos apreciables en su participación en las cifras totales del Sistema Ferroviario Mexicano (SFM). Las toneladas movidas en contenedor pasaron de una participación de 1,9% en 1992 a 3,9% en el año 2002, mientras, las t – km pasaron de 3,0 a 5,2% en el mismo periodo, haciendo evidente una mayor atención hacia el transporte multimodal.

Con respecto a la eficiencia y productividad, se confirmó que en la última década el ferrocarril ha sostenido un incremento, mientras el autotransporte presentó un ligero deterioro en la misma.

Finalmente, con objeto de conocer cuales son los factores que permitieron una mayor eficiencia en la producción del servicio se realizó un análisis de descomposición de la productividad total de los factores de producción (PTF) para

la productividad laboral, t-km transportadas por personal ocupado; la productividad del equipo de transporte empleado, t-km desplazadas por unidad, y la productividad energética, t-km trasladadas por unidad de energía consumida (medida en petajoules). De la comparación de estos factores para el ferrocarril y el autotransporte se puede señalar que las diferencias en la evolución reciente de la PTF entre el ferrocarril y el autotransporte se concentran en la racionalización del factor trabajo dentro del ferrocarril, dado que los coeficientes de los otros factores resultaron muy similares entre estos.

Introducción

Se presentan algunos elementos de evaluación de la actual situación de los modos de transporte terrestre en México.

Las condiciones de coexistencia entre el ferrocarril y el autotransporte en algunos países desarrollados, han llevado a incrementar la competencia entre ambos modos de transporte, así como su complementariedad.

Para comprender la evolución de la competencia entre el ferrocarril y el autotransporte es necesario contar con un análisis de indicadores económicos, como el índice de inflación de precios, los ingresos por unidad de servicio, y otros de tipo operativo. Por otra parte, la complementariedad entre ambos modos de transporte se analiza desde la perspectiva de eficiencia ferroviaria.

El estudio se divide en tres capítulos centrales, un apartado de antecedentes y otro en el cual se consignan las conclusiones a que se llegó.

En los antecedentes, se presenta cómo impactó al ferrocarril y al autotransporte el marco regulatorio impuesto en México por la autoridad pública. Asimismo, se incluyen las experiencias canadiense y norteamericanas, en este sentido, y las reformas que se llevaron a cabo en el marco regulatorio del transporte en Estados Unidos y Canadá con objeto de contar con una competencia justa entre el ferrocarril y el autotransporte y así garantizar un buen funcionamiento del mercado de transporte de mercancías.

Ante estas experiencias, y dado el poco tiempo que tienen en México conviviendo el autotransporte y el ferrocarril en un ambiente de apertura y desregulación, se generan expectativas sobre el comportamiento del mercado del transporte de mercancías a nivel nacional en el futuro inmediato.

En el capítulo 1, *Análisis descriptivo*, se lleva a cabo un análisis de la evolución de los principales indicadores del ferrocarril y el autotransporte, con el propósito de contar con un panorama general de la situación actual de estos dos modos de transporte.

El capítulo 2, *Competencia y complementariedad*, abarca el comportamiento reciente de los principales índices de precios tanto del autotransporte como del ferrocarril; esto con el fin de identificar posibles patrones de presiones competitivas que hayan contribuido a moderar el incremento en el nivel agregado de precios, que cada modo de transporte cobra por sus servicios. Asimismo, y debido a que en la estimación del grado de complementariedad modal (terrestre) interviene el movimiento de contenedores por vía férrea, se presenta un panorama del comportamiento reciente (1992-2002), considerando diversas perspectivas.

El capítulo 3, *Análisis de eficiencia*, muestra el desarrollo metodológico para medir la productividad total de los factores de producción del autotransporte y del ferrocarril en los últimos años. Se explica con cierto grado de detalle la técnica seleccionada para analizar la información, conocida como “análisis envolvente de datos”, resaltando sus principales características a través de varios ejemplos hipotéticos. Posteriormente, se emplea el índice de Malmquist, una derivación del “análisis envolvente de datos” para obtener el cambio en la productividad total de los factores de ambos modos de transporte, y con los resultados obtenidos a partir de dicho índice se descompone mediante una serie de análisis de regresión, con el fin de identificar los principales factores detrás de las variaciones en la productividad del ferrocarril y del autotransporte.

Finalmente, en el apartado de *Conclusiones* se hace una reflexión sobre el proceso de formación de precios en el autotransporte y en el ferrocarril, explicando cómo las presiones inflacionarias en ambos modos de transporte se redujeron de manera semejante a como disminuyó la inflación en la rama de servicios de transporte y almacenaje, observándose adicionalmente una reducción en la inflación de los servicios de carga prestados por el ferrocarril y el autotransporte en el periodo inmediato posterior a la apertura y desregulación de cada uno, lo cual puede ser un indicio de la influencia de presiones competitivas en el proceso respectivo de formación de precios.

La situación de complementariedad entre el ferrocarril y el autotransporte muestra cierto fortalecimiento de acuerdo con el volumen de carga contenerizada movida por vía férrea, ya que se detectó que las tasas de crecimiento para los diversos índices llegaron a una tasa anual de casi una quinta parte (20%) tanto en toneladas como en toneladas-kilómetro.

Además del análisis de productividad, se obtienen conclusiones interesantes sobre las medidas que deberán tomarse en cuenta para optimizar la utilización del personal ocupado en actividades directamente relacionadas con el autotransporte.

Antecedentes

A lo largo de la evolución histórica de la competencia entre el ferrocarril y el autotransporte se han presentado los siguientes factores (De Buen y Rico, 1988; Moore, 1993; y Thompson, 1993):

El papel del ferrocarril en el desplazamiento de mercancías ha ido decayendo paulatinamente ante la aparición del autotransporte.

El marco regulatorio impuesto por la autoridad pública sobre la actividad del transporte, ha tendido a perjudicar más al ferrocarril que al autotransporte.

Los fenómenos anteriores se han repetido en menor o mayor medida en varios países a través de la historia de sus respectivos modos de transporte terrestre. Por ejemplo, si se analiza el caso norteamericano continental se pueden observar varias similitudes en la evolución de este rubro en Canadá, Estados Unidos (EE.UU.), y México.

En Canadá, el ferrocarril jugó desde sus orígenes un papel preponderante debido principalmente a la extensión de territorio y a la importancia de la producción de materias primas en la economía de esta nación. No obstante, la competencia del autotransporte, intensificada por el comercio transfronterizo con EE.UU. a raíz de la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC) en 1988 entre ambos países, puso en evidencia la falta de competitividad del sistema ferroviario canadiense.

El Gobierno de Canadá ya había incorporado desde la década de los sesenta varios cambios al marco regulatorio del ferrocarril para permitirle mayor flexibilidad operativa. Sin embargo, las nuevas condiciones económicas originadas por el TLC demostraron la necesidad de cambios más profundos. Esta preocupación se vio reflejada en la promulgación del *National Transportation Act* de 1987 y del *Canadian Transportation Act* de 1996, las cuales sentaron las bases para una desregulación más profunda del sistema ferroviario canadiense.

Uno de los primeros pasos en este proceso de apertura fue la privatización en 1995 del ferrocarril estatal (Canadian National Railways) a través de una oferta pública de sus acciones. Gracias al nuevo marco regulatorio instituido en 1996, los ferrocarriles canadienses pudieron introducir una serie de medidas, como la racionalización de la red para mejorar su competitividad y rentabilidad.

Actualmente, las dos compañías ferroviarias de Canadá han conseguido competir en igualdad de circunstancias con el autotransporte, y la calidad del servicio ferroviario se ha incrementado considerablemente. No obstante, algunos usuarios cautivos (como las compañías mineras) consideran las prácticas de estas empresas como monopólicas. Esto ha llevado al Gobierno canadiense a iniciar un proceso de revisión del marco regulatorio del ferrocarril.

En el caso de EE.UU., la principal economía de la zona, la importancia de la competencia entre los dos modos de transporte se vio a principios del siglo XX, cuando la aparición de los primeros automotores hizo que el ferrocarril se viera amenazado al grado de pedir que el autotransporte fuera sometido al mismo régimen regulatorio (Moore, 1993; y Thompson, 1993).

Desgraciadamente para los operadores ferroviarios, la regulación del transporte carretero era más permisiva que la de ellos (a un segmento de los camioneros se le permitió operar bajo contrato, y los operadores agropecuarios no fueron regulados). Lo anterior, junto con la construcción de la red de autopistas federales, puso al ferrocarril en inferioridad de circunstancias. Esto influyó decisivamente en la crisis del transporte ferroviario a principios de los setenta.

Cuando el Gobierno estadounidense contempló la desregulación de ambos modos de transporte a finales de los setenta, se comprendió que era necesario garantizar condiciones de igualdad en la competencia, ya que si un sector gozaba de ventajas sobre el otro le sería relativamente fácil sacar del mercado a su competidor, y adoptar una posición monopolística (Gallamore, 1999; y Pustay, 1989). Por ejemplo, si al ferrocarril se le permitía fijar libremente sus precios, y en cambio a los camioneros se les seguían regulando las tarifas, los operadores ferroviarios podían llevar a cabo una política de precios depredatorios hasta hacer inviable el negocio para los camioneros, y obligarlos a salir del mercado o viceversa.

Tanto en el caso canadiense como en el estadounidense, las autoridades y los principales actores del sector comprendieron la necesidad de una competencia justa entre el ferrocarril y el autotransporte para garantizar el buen funcionamiento del mercado del transporte de carga. La desregulación de la actividad y la competencia entre ambos modos no sólo les ha garantizado a los consumidores de estos países una disminución de precios, sino también una nueva gama de servicios a través de la proliferación de acuerdos intermodales entre el ferrocarril y el autotransporte. Esto permitió reducir los tiempos de tránsito de mercancías, y ofrecer mayor flexibilidad a los clientes de los dos modos de transporte.

La experiencia de EE.UU. y Canadá demuestra cómo la competencia entre el ferrocarril y el autotransporte en igualdad de circunstancias favorece que se exploten al máximo los beneficios de la desregulación, pues previene que los operadores obtengan una ventaja monopolística, favorece el desarrollo de una sana competencia en precios y servicios, y promueve la búsqueda de soluciones innovadoras para ajustarse mejor a las necesidades del cliente.

En el caso de México, el país inició a mediados de la década de los ochenta un amplio proceso de apertura y desregulación de la economía nacional. Mientras el autotransporte se vio rápidamente involucrado en esta dinámica, la evolución del sistema ferroviario fue más lenta y paulatina. En efecto, en 1989 el autotransporte fue completamente desregulado con anticipación a la apertura comercial de México con sus dos vecinos del norte, proceso que culminó finalmente en el

Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) de 1994. Esto permitió al automotor nacional jugar un papel preponderante en el crecimiento del comercio transfronterizo que se dio a raíz del TLCAN¹.

En el mercado doméstico, la desregulación del automotor trajo consigo una reducción generalizada de tarifas debido a la entrada de nuevos prestatarios del servicio, y a la intensificación de la competencia, especialmente en los corredores de transporte considerados como más rentables.

El efecto de la apertura sobre la calidad del servicio no fue tan inmediato, debido en parte a las inercias y limitaciones estructurales propias del sector y en parte a la crisis de 1995, que retrasó los planes de inversión de las empresas de autotransporte. No obstante, este sector ha ido ofreciendo progresivamente a sus clientes un mejor servicio, encontrando nuevas formas de adaptarse a las necesidades de éstos².

A diferencia del autotransporte, el ferrocarril no despertó grandes expectativas durante las negociaciones del TLCAN. No obstante, Ferrocarriles Nacionales de México (Ferroviales), la empresa pública encargada del servicio ferroviario, inició a principios de los noventa un proceso de apertura, permitiendo la participación de la iniciativa privada en la prestación de servicios conexos, y realizando alianzas comerciales con varios ferrocarriles estadounidenses (Cortez, 1995). También se aplicaron reformas administrativas en Ferroviales, encaminadas a incrementar la productividad y la rentabilidad de la compañía (Campos, 2001). Sin embargo, el Gobierno mexicano consideró estas medidas insuficientes para eliminar los rezagos que el sistema ferroviario venía arrastrando desde hace décadas.

Debido a lo anterior, en 1995 se aprobó la Ley Reglamentaria de Servicios Ferroviarios donde se delineaban los parámetros para la segmentación de Ferroviales en varios bloques geográficos, los cuales posteriormente serían concesionados a la iniciativa privada. Así, en diciembre de 1996 se concesionó el primer bloque: el Ferrocarril del Noreste a un consorcio formado por una empresa mexicana y una estadounidense (Transportación Marítima Mexicana y Kansas City Southern Industries).

Paulatinamente se han ido concesionando y asignando las diferentes partes que conformaban Ferroviales, siendo la más reciente la de la línea corta Tijuana – Tecate al Gobierno de Baja California para la explotación de un servicio de carga y pasaje. El Gobierno federal decidió conservar solamente el Ferrocarril del Istmo de Tehuantepec por considerarlo estratégico a los intereses de la nación. Conjuntamente a la desincorporación de Ferroviales se sentaron las bases para la

¹ Sin embargo, su papel se ha visto limitado por las restricciones impuestas por el Gobierno de EE.UU. al cruce fronterizo de las unidades mexicanas, véase O. Rico (2001)

² Diversos autores y publicaciones técnicas del IMT han abordado el tema de la desregulación del autotransporte en México y sus consecuencias. Véase, por ejemplo, Cortez (1992 y 1993), Fernández (1993) y O. Rico (1995, 1998 y 2001)

desregulación del sector, permitiendo a los nuevos concesionarios fijar libremente las tarifas y las características del servicio.

El proceso de privatización de Ferronales y de apertura del sistema ferroviario nacional se ha analizado por diferentes autores y comparado favorablemente con los procesos de desincorporación ferroviaria de otros países con características similares a las de México, como Brasil (Campos, 2001).

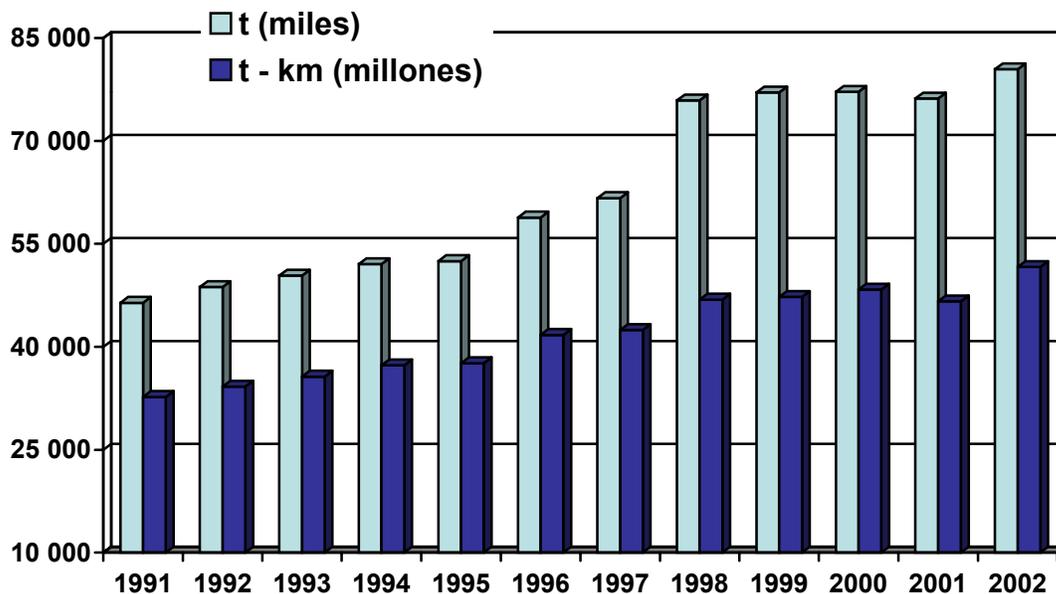
En comparación con sus dos socios comerciales del TLCAN, en México el autotransporte y el ferrocarril llevan relativamente poco tiempo conviviendo en un ambiente de apertura y desregulación. Lo anterior conduce a preguntarse cuáles serán las consecuencias de esta nueva situación para el mercado de transporte de mercancías. En particular si las condiciones de coexistencia entre el automotor y el ferrocarril está conduciendo a resultados similares a los observados en los países vecinos del Norte.

Si este tipo de evolución del mercado se ha presentado en México, debiésemos esperar no sólo una mayor competencia entre los dos modos de transporte, sino también un desarrollo de condiciones para una creciente complementariedad entre ambos, en una perspectiva multimodal. Esta sería la principal motivación de la presente investigación al analizar el lapso en el que tanto el autotransporte como el ferrocarril han operado en un ambiente de libre competencia, y cuáles son las consecuencias inmediatas y futuras para el mercado de transporte de carga nacional.

1 Análisis descriptivo

Se realizará un análisis de la evolución reciente de los principales indicadores del ferrocarril y el autotransporte con el fin de tener un panorama general de la situación actual de ambos modos.

El ferrocarril en los últimos años ha presentado un vigoroso repunte debido principalmente al cambio operativo-administrativo en el que se ha visto inmerso. En el periodo 1991 a 2002 las unidades de demanda³ atendida del ferrocarril presentan una tendencia al crecimiento como lo reflejan los indicadores operativos de toneladas (t) y toneladas – kilómetro (t-km) de la gráfica 1.1. Las toneladas proyectan una *tasa de crecimiento media anual* (TCMA) de 5,1%; esta fue mayor a la tasa de crecimiento de las toneladas – kilómetro, que fue de 4,2% para dicho periodo. El repunte se aprecia mejor a partir del proceso de apertura; tan sólo entre 1997 y 1998, las toneladas – kilómetro crecieron 10,4% y las toneladas 23,1%.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal (DGTTFyM)

Gráfica 1.1
Evolución del transporte de mercancías terrestre, por ferrocarril

³ Esta expresión se refiere a las toneladas transportadas y a las toneladas – kilómetro recorridas

El espectacular desempeño en el primer año tras la apertura y desregulación del ferrocarril permitió en años subsecuentes mantener una TCMA sostenida en las unidades de demanda atendidas por este modo de transporte hasta alcanzar en 2002 niveles históricos tanto en toneladas – kilómetro como en toneladas transportadas.

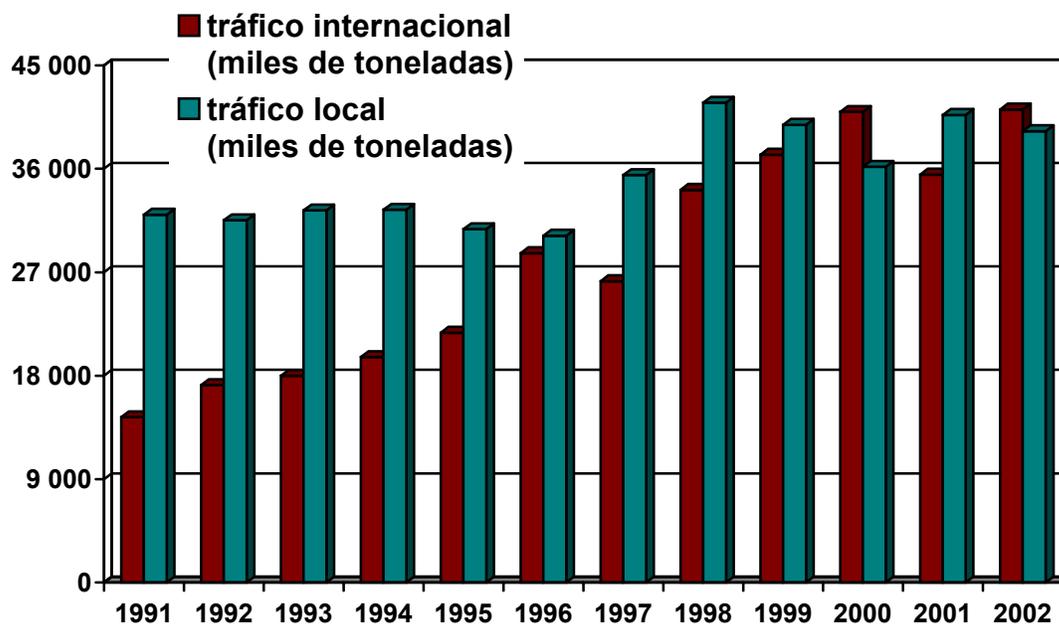
Tras el proceso de apertura, sólo en 2001 el ferrocarril experimentó un ligero decremento en sus operaciones de carga con respecto al año anterior. Esto se debió principalmente a la recesión de la economía norteamericana, la cual tuvo un impacto negativo en los flujos comerciales entre México y EE.UU. Este intercambio comercial es cada vez de mayor importancia para el ferrocarril,⁴ y una disminución en el mismo afecta los volúmenes de carga transportados por ese modo.

En la gráfica 1.2 se observa cómo el tráfico internacional (importaciones más exportaciones) por ferrocarril ha tenido un mayor dinamismo que el tráfico local; también es evidente la caída experimentada por el tráfico internacional en 2001, la cual contrarresta el crecimiento del tráfico local y ocasiona una disminución en el volumen total de toneladas transportadas en ese año.

Sin embargo, en 2002 la situación se revirtió, el tráfico internacional se recuperó mientras el local cayó. En esta ocasión el crecimiento del tráfico internacional fue suficiente para incrementar el total de toneladas transportadas con respecto a 2001. Así la vinculación del sistema ferroviario con el sector externo se está convirtiendo en el fiel de la balanza del desempeño de ese modo de transporte⁵.

⁴ A principio de la década de los noventa, el tráfico internacional (importaciones más exportaciones) por ferrocarril representaba tan sólo una tercera parte del total; para 2002 comprendía 51% del total de toneladas transportadas por el sistema ferroviario nacional

⁵ Esta vinculación se presenta a pesar de que el volumen de importaciones transportadas por ferrocarril es más del doble que el total de exportaciones, debido a que el comercio exterior de México con EE.UU. tiene un alto componente de bienes intermedios e insumos importados que a su vez son exportados como partes de un bien final. Por lo que la dinámica de la economía de EE.UU. también determina el flujo de las importaciones nacionales

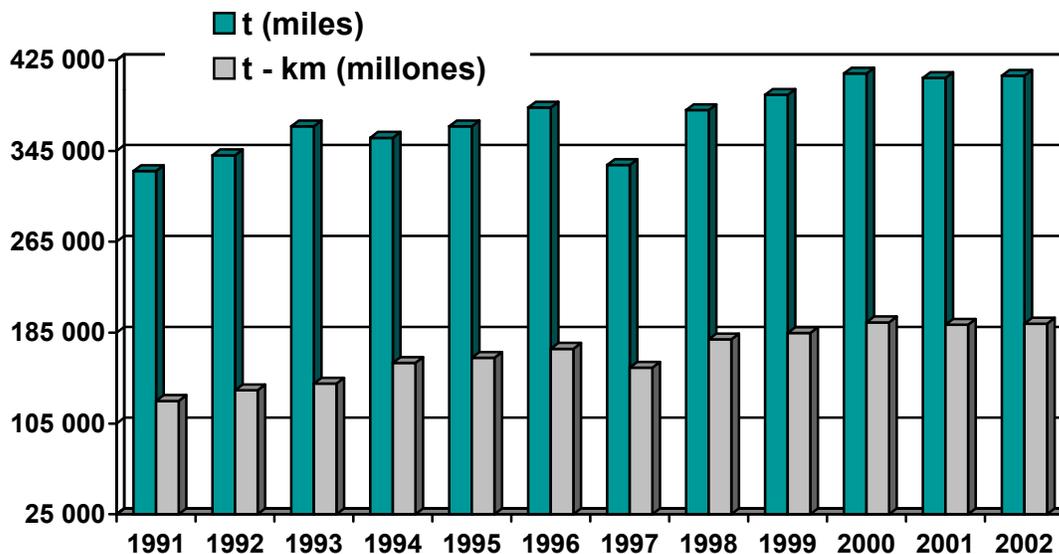


Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal

Gráfica 1.2
Evolución del tráfico de carga local e internacional, por ferrocarril

Por su parte, el autotransporte federal de carga presentó en general un crecimiento en su operación en términos relativos, menor al del ferrocarril y con un comportamiento menos estable o sostenido⁶. Como se puede observar en la gráfica 1.3, durante el mismo periodo el crecimiento de los indicadores operativos del autotransporte fue menor que los del ferrocarril. En el caso de las toneladas, su crecimiento resultó de 2,1% anual, y en toneladas-kilómetro se calculó una TCMA de 4,0%; como puede apreciarse estas últimas mostraron una mayor tasa de crecimiento que el indicador de toneladas, caso contrario a lo que sucedió en el ferrocarril. Posteriormente se verá cómo este comportamiento dispar entre las TCMA de las unidades de demanda atendidas por ferrocarril y autotransporte, se relaciona con las distancias medias de recorrido de cada modo de transporte.

⁶ La Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF) señala que las toneladas transportadas y toneladas-kilómetro publicadas para el autotransporte público federal son cifras estimadas en función al parque vehicular registrado, a los índices de producción o tráfico del mismo y el desarrollo de la economía. Este hecho, probablemente afecte la confiabilidad de los datos. Sin embargo, la DGAF es la única fuente oficial con respecto al autotransporte que existe en México



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Autotransporte Federal

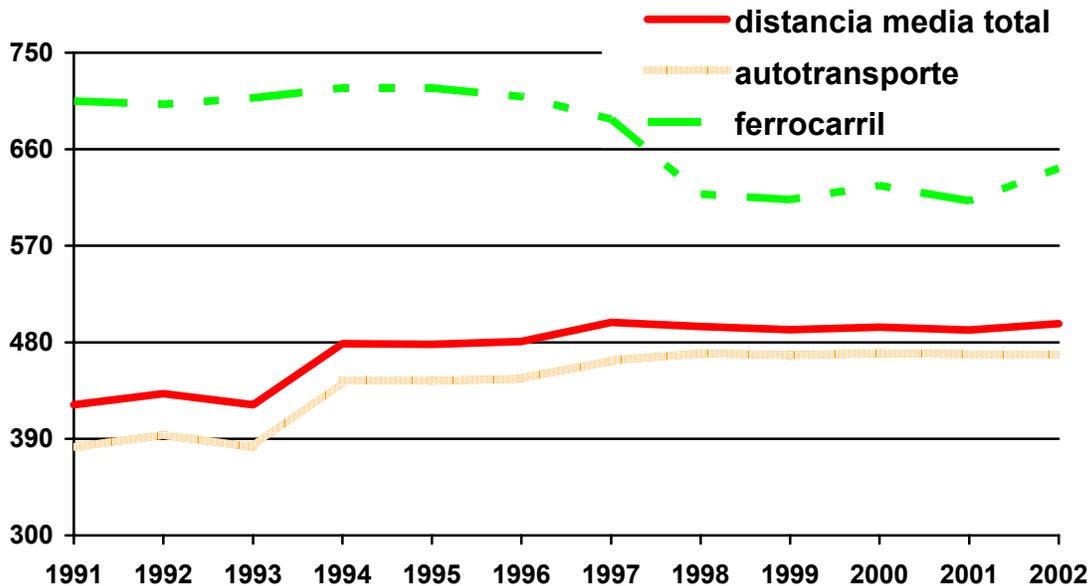
Gráfica 1.3
Evolución del transporte de mercancías terrestre, por autotransporte

A partir del proceso de apertura del autotransporte en 1989, éste ha presentado distintos periodos de expansión y recesión. De 1990 a 1993 las toneladas transportadas por autotransporte tuvieron una TCMA de 5,2%, mientras que las toneladas – kilómetro crecieron a una tasa media de 8,8%. No obstante, de 1993 a 1997 las toneladas movidas por este modo de transporte decrecen a una TCMA de -2,4%; por su parte las toneladas – kilómetro recorridas redujeron su ritmo de crecimiento promedio de 8,8% a tan sólo 2,4% en el periodo señalado. Finalmente, de 1997 a 2002 el autotransporte recuperó parte de su ritmo de crecimiento al alcanzar una TCMA de 4,3% en el tráfico de toneladas transportadas, y una TCMA de 4,6% con respecto a las toneladas – kilómetro desplazadas.

Aparentemente, la desaceleración de la economía norteamericana en 2001 tuvo un efecto marginal sobre los volúmenes de tráfico manejados por el autotransporte⁷ ya que tanto las toneladas como las toneladas – kilómetro disminuyeron tan sólo en 1%, sin embargo, a diferencia del ferrocarril, no se recuperó del todo al año siguiente. En 2002, las unidades de demanda atendidas por el autotransporte solamente crecieron 0,5%, dejando el total de toneladas transportadas y de toneladas – kilómetro desplazadas por debajo del nivel máximo histórico alcanzado en 2000. El poco impacto de las variaciones de la situación económica estadounidense sobre el autotransporte, probablemente se deba a las

⁷ Se carece de información sobre el tráfico internacional manejado por el autotransporte

restricciones impuestas por el Gobierno de este país a los operadores mexicanos⁸. Esto deja a este modo de transporte más ligado a los vaivenes del mercado interno que el ferrocarril⁹.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal y la Dirección General de Autotransporte Federal

Gráfica 1.4
Distancia media de recorrido del transporte terrestre de carga

La gráfica 1.4 muestra un fenómeno interesante con respecto a la distancia media recorrida por cada modo de transporte. De 1991 a 2002, el ferrocarril tuvo una reducción en su distancia promedio recorrida por viaje, pasando de 705 a 642 km; esto equivale a una TCMA de -0,85%. Por su parte, el autotransporte presentó un crecimiento sostenido en su desplazamiento promedio, pues en media recorría 382 km por viaje en 1991, mientras que en 2002 cubría una distancia de 469 km, lo cual significa una TCMA de 1,9%. Con respecto a la tendencia de la distancia media de recorrido del transporte terrestre en general, ésta correspondió a una TCMA de 1,5% en el periodo analizado.

⁸ No obstante si estas restricciones son removidas en un futuro cercano, es probable que la situación se revierta

⁹ Durante el 2002, la economía de EE.UU. empezó su proceso de recuperación, mientras la mexicana seguía mostrando signos de debilidad

Es notable cómo se concentra la reducción en el recorrido medio del ferrocarril después de 1997, inicio de la operación concesionada. De 1991 a 1996 el ferrocarril recorría en promedio una distancia de 707 km. En contraste, de 1998 a 2002 su distancia media fue de 622 km; esto equivale a una reducción de 13,6% con respecto al periodo anterior.

Por su parte, el autotransporte, a diferencia del ferrocarril, aumentó su distancia media recorrida, tras su proceso de apertura y desregulación en 1989. De 1980 a 1989 recorría una distancia media de 339 km; esta cifra se incrementó 28% entre 1990 y 2002 al alcanzar un desplazamiento promedio de 434 km.

Como se mencionó, el comportamiento de las distancias medias de recorrido afecta a las unidades de demanda de cada modo de transporte (gráficas 1.1 y 1.3). Por un lado, el ferrocarril al reducir su distancia media ocasiona que las toneladas transportadas crezcan más rápido que las toneladas – kilómetro recorridas (i.e. desplaza más carga a menor distancia). Por el otro, al incrementarse el desplazamiento promedio del autotransporte se produce exactamente el efecto contrario: las toneladas – kilómetro recorridas por el autotransporte crecen más que las toneladas transportadas (i.e. cada vez desplaza más carga a mayor distancia).

Pueden esgrimirse distintas explicaciones para el fenómeno descrito. Con respecto a la reducción en el recorrido medio del ferrocarril, se podría pensar que los nuevos operadores privados decidieron deliberadamente disminuir la distancia media de recorrido, como una medida para volverse más competitivos¹⁰. De ser este caso, se estaría frente a uno de los efectos positivos de la apertura del transporte, ya que el proceso de desregulación permitió al ferrocarril la flexibilidad necesaria para responder a los incentivos del mercado, y así reducir su desplazamiento promedio con el fin de mejorar su competitividad. De acuerdo con esta explicación, el incremento en la distancia media recorrida por el autotransporte sería una reacción a la estrategia reciente seguida por el ferrocarril y una medida para intentar capturar tráfico con mayores recorridos a los usualmente atendidos.

Otras explicaciones tendrían un carácter más negativo sobre la operación del ferrocarril tras su proceso de apertura y desregulación. Se podría argumentar que la disminución en la distancia media refleja más la incapacidad de los operadores concesionados para lograr un acuerdo con respecto al tráfico interlineal (i.e. la posibilidad de trasladar carga por las vías de dos o más operadores) que un esfuerzo deliberado de éstos por aumentar la competitividad del ferrocarril. De acuerdo con esta explicación, ante la imposibilidad de interlinear tráfico los operadores ferroviarios se verían confinados a captar carga en distancias cortas

¹⁰Por ejemplo, Ferrosur tiene una distancia media de recorrido de 400 km, lo cual convierte a este operador en un fuerte competidor del autotransporte dentro las rutas que maneja

dentro de sus propias redes, dejando los traslados más largos para el autotransporte.

Este razonamiento justificaría el incremento en el desplazamiento medio del autotransporte. De ser cierta la situación anterior, se estaría imponiendo un costo a los usuarios del transporte al obligarlos a recurrir al autotransporte en distancias largas, probablemente a un mayor costo que el del ferrocarril.

Es posible que la aclaración del comportamiento desigual de las distancias medias del ferrocarril y el autotransporte en los últimos años se relacione con las dos hipótesis esgrimidas. Sin embargo, sería necesario profundizar más para conocer las verdaderas razones. En especial para conocer el efecto de este comportamiento sobre el usuario final del transporte terrestre de mercancías.

Si la disminución en el desplazamiento promedio del ferrocarril y el incremento en la distancia media recorrida por el autotransporte están más ligados a una estrategia deliberada del ferrocarril por ganar competitividad, y a la consecuente reacción del autotransporte; entonces, el consumidor se estaría beneficiando. Por el contrario, si el fenómeno de divergencia en las distancias medias recorridas por cada modo se correlaciona con la incapacidad del ferrocarril de interlinear tráfico, entonces se estaría forzando a ciertos usuarios a utilizar el autotransporte en distancias largas cuando probablemente, el ferrocarril les resultaría más conveniente y menos costoso.

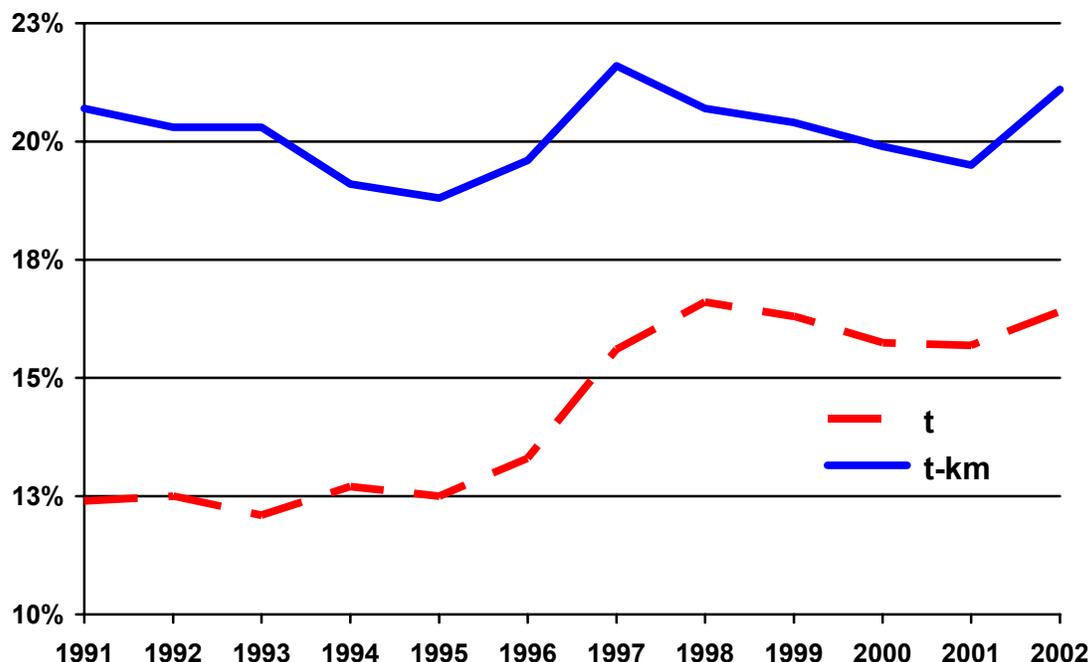
Como punto final es necesario mencionar que las dos hipótesis mencionadas ofrecen una explicación al crecimiento de la distancia media de recorrido del autotransporte entre 1996 y 1998, ya sea como respuesta a un comportamiento estratégico del ferrocarril, o por la incapacidad de éste de interlinear tráfico. No obstante, ambas no aclaran el incremento del desplazamiento promedio de este modo de 1993 a 1994, antes del inicio de la operación del ferrocarril por particulares.

Es probable que este aumento en la distancia promedio de recorrido, más pronunciado que el de 1996 a 1998 (gráfica 1.4), se relaciona con la entrada en vigor del TLCAN en enero de 1994. Este hecho debió haber repercutido en el tráfico de carga terrestre desde el centro del país hasta la frontera norte y viceversa, al ampliarse el flujo comercial entre México y EE.UU. Es indudable que el autotransporte tuvo que absorber la mayor parte de este nuevo tráfico de carga por vía terrestre¹¹, mismo que implicaba recorridos más largos por tonelada transportada.

Independientemente si el ferrocarril ha instrumentado o no una estrategia deliberada para aumentar su competitividad, es indudable que en los últimos años

¹¹ Es poco probable que el ferrocarril hubiese podido atender satisfactoriamente la nueva demanda de transporte de carga provocada por el TLCAN, debido a que durante ese periodo Ferronales atravesaba por un profundo proceso de reestructuración

ha conseguido mejorar su posición dentro del tráfico de carga terrestre. Una primera idea de la evolución de la competitividad ferroviaria se puede obtener del indicador de su participación en el movimiento de carga terrestre. Como se puede observar en la gráfica 1.5, el ferrocarril muestra una tendencia a incrementar su participación tanto en las toneladas totales transportadas como en las toneladas – kilómetro recorridas.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal y la Dirección General de Autotransporte Federal

Gráfica 1.5
Participación del ferrocarril en el movimiento terrestre de carga

Dicha tendencia parece más evidente a partir de la liberalización de este modo de transporte. Principalmente con respecto a las toneladas transportadas, cuya participación presentó un incremento de más de tres puntos porcentuales entre 1996 y 2002, al pasar el ferrocarril de manejar 13,3% de las toneladas transportadas por medio terrestre en 1996 a 16,4% en 2002. El comportamiento de las toneladas-kilómetro recorridas por el ferrocarril en el mismo periodo de tiempo ha sido más errático. Esto se debe, como ya se ha mencionado, a una contracción de la distancia media de desplazamiento del ferrocarril tras su proceso de apertura y desregulación. A pesar de lo anterior, las toneladas – kilómetro recorridas aumentaron marginalmente su participación en el movimiento terrestre de mercancías al pasar de 19,6% en 1996, a 21,1% en 2002.

A lo largo del capítulo se ha descrito la evolución reciente de los principales indicadores de operación del ferrocarril y el autotransporte. La imagen general que reflejan es de un sistema ferroviario nacional en plena recuperación tras años de rezago productivo, y de un autotransporte público federal atravesando por un periodo de crecimiento errático y lento en las unidades de demanda atendidas por este modo de transporte. También se describieron fenómenos que merecen una especial atención, como el comportamiento opuesto de las distancias medias de recorrido del autotransporte y el ferrocarril en los años posteriores a la liberalización de este último. En las siguientes secciones se abordarán otros aspectos relacionados con las estrategias de competencia y complementariedad, seguidas por estos modos de transporte en los últimos años.

2 Competencia y complementariedad

2.1 Análisis de competencia

Se analiza el comportamiento reciente de los principales índices de precios tanto del autotransporte como del ferrocarril, esto con el fin de identificar posibles patrones de presiones competitivas que hayan coadyuvado a moderar el incremento en el nivel agregado de precios que cada modo de transporte cobra por sus servicios.

En la gráfica 2.1 se presenta la tasa de inflación promedio¹² que un productor representativo ha enfrentado en las últimas dos décadas al contratar servicios de transporte y almacenaje en general, y al utilizar los ofrecidos por el ferrocarril y el autotransporte de carga en particular.

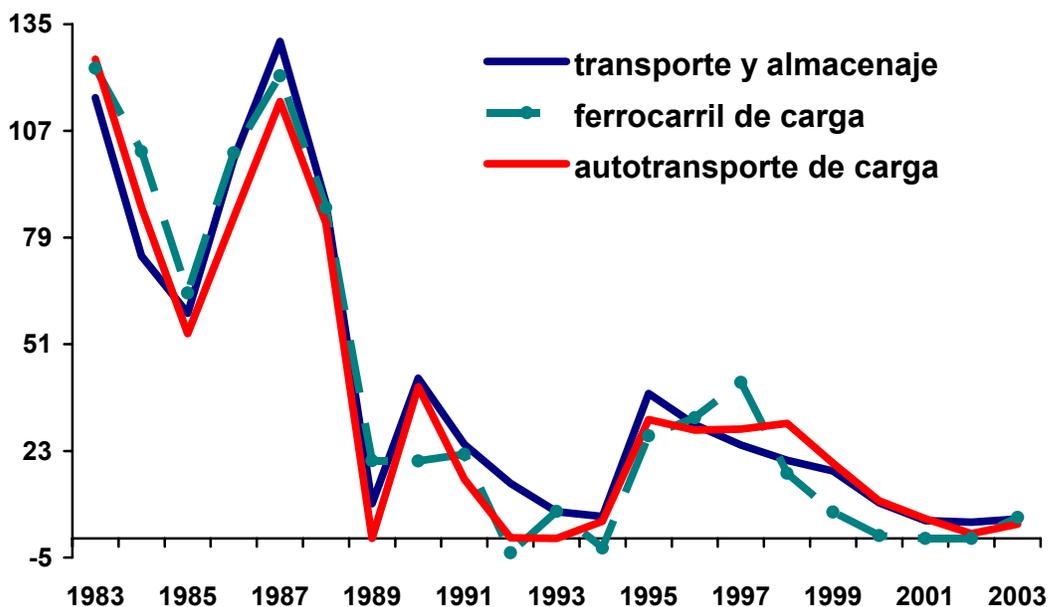
La tasa de inflación media de los servicios de transporte y almacenaje puede considerarse como la inflación relevante (i.e. la inflación más apropiada como punto de referencia) para comparar la evolución de los niveles agregados de precios del ferrocarril y el autotransporte.

Cómo se puede observar en la gráfica, durante la mayor parte de la década de los ochenta la inflación promedio de ambos modos de transporte se comportó prácticamente igual que la inflación media de los servicios generales de transporte y almacenaje. Al igual que la inflación relevante, la inflación promedio del ferrocarril y el autotransporte experimentó un máximo histórico en 1987. A partir de esa fecha, y en sincronía con lo observado para la inflación relevante, la tasa promedio de inflación de estos modos de transporte se redujo significativamente gracias a las políticas desinflacionarias llevadas a cabo por el Gobierno federal y el Banco de México.

La disociación entre la inflación relevante y la tasa de inflación media del ferrocarril se produjo a finales de los ochenta y abarcó toda la década de los noventa. Este fenómeno se remonta a 1989 cuando la inflación promedio de este modo de transporte fue superior en más de 11 puntos porcentuales a la inflación relevante (20,4% vs 9,1%). A partir de ese año y hasta 1995, la tasa de inflación media de este modo de transporte se mantiene sistemáticamente por debajo de la inflación relevante, e incluso en algunos años (1992 y 1994) el ferrocarril experimentó

¹² La tasa de inflación media se obtiene de calcular el cambio porcentual entre el promedio del índice de precios de un año determinado con respecto al anterior. En la gráfica 2.1 se emplea el promedio del índice de precios al productor (base diciembre de 2003 = 100) para los servicios de transporte y almacenaje en general, y para el ferrocarril y el autotransporte en particular

inflaciones promedio negativas¹³. Al analizar lo anterior es necesario recordar que de 1990 a 1996 el Gobierno federal todavía controlaba directamente el sistema ferroviario mexicano a través de Ferronales, por lo que no se puede descartar la existencia de un afán deliberado del Gobierno central de utilizar la política tarifaria de Ferronales con respecto al transporte de mercancías, para coadyuvar al esfuerzo desinflacionario de aquellos años. Esto ayudaría a explicar la menor inflación promedio del ferrocarril en relación con la inflación relevante durante ese periodo.



Fuente: Elaboración propia con datos de la página web del Banco de México <www.banxico.org.mx>

Gráfica 2.1
Evolución de la tasa de inflación del Sector Transporte y Almacenaje y de los servicios prestados por el ferrocarril y el autotransporte (cambio porcentual promedio anual)

En 1997, el primer año de la operación de parte del sistema ferroviario mexicano bajo un sistema de concesiones a particulares, se observó un incremento en la tasa de inflación media del ferrocarril superior al de la inflación relevante (41,0% vs 24,5%). Probablemente se debió a que el primer operador privado Transportación Ferroviaria Mexicana (TFM) consideró necesario un ajuste en el nivel de precios de los servicios de carga ofrecidos por su ferrocarril (Ferrocarril del Noreste), tras

¹³ Lo cual implica una reducción con respecto al periodo anterior en el nivel promedio de precios cobrados por el ferrocarril por sus servicios de transporte de carga

varios años de rezago con respecto a la inflación promedio de los servicios generales de transporte y almacenaje. No obstante, en los años subsecuentes a la apertura y desregulación del ferrocarril se observa una tendencia a la reducción de su tasa promedio de inflación.

En la gráfica 2.1 se aprecia como a partir de 1997 la inflación media del ferrocarril es inferior tanto a la inflación relevante como a la inflación promedio del autotransporte. De hecho, en 2001 y 2002 la tasa de inflación promedio de este modo de transporte fue de 0%, es decir, durante dos años no hubo en promedio, ningún incremento por parte del ferrocarril en el nivel de precios cobrados por sus servicios de transporte de mercancías.

El comportamiento de los operadores privados ferroviarios de mantener el nivel de sus tarifas sin variaciones significativas entre 1998 y 2002, probablemente se deba a la necesidad de éstos de atraer nuevos usuarios y así fortalecer su participación en el mercado de transporte terrestre de mercancías (como se aprecia en la gráfica 1.5 de la sección anterior), aun a riesgo de sacrificar en el corto plazo sus ingresos por transporte de carga. En 2003, se observó un repunte en la inflación promedio del ferrocarril. No obstante, este incremento permaneció en línea con el crecimiento de la inflación relevante (5,6% vs 5,1%).

Por otra parte, la inflación promedio del autotransporte se mantiene en línea con la tasa de inflación media de los servicios generales de transporte y almacenaje durante la mayor parte del periodo analizado. Sólo al inicio de los noventa, el comportamiento de la inflación media de este modo de transporte tendió a divergir del de la inflación relevante. Entre 1991 y 1994 la inflación promedio del autotransporte se mantuvo por debajo de la inflación relevante, llegando a ser en 1993 de 0%.

Este episodio de relativa baja inflación, al igual que en el caso del ferrocarril, pudo deberse a una estrategia del Gobierno central por disminuir el nivel agregado de precios de la economía (a través de los conocidos “pactos”) y en donde la tarifa media de los servicios de carga del autotransporte fue una herramienta más de la política desinflacionaria. Pero también pudo contribuir a lo anterior la liberalización de este modo de transporte en 1989. Probablemente el proceso de apertura del autotransporte contribuyó a moderar el ritmo de crecimiento de su inflación promedio ante el incremento en las presiones competitivas dentro de este modo de transporte. Este tema se abordará detenidamente al analizar el cuadro 2.1.

La tasa media de inflación del autotransporte repuntó en 1995 al igual que la inflación relevante ante los efectos negativos provocados por la abrupta devaluación de la moneda mexicana en diciembre de 1994. A partir de esa fecha, la inflación media de este modo de transporte se mantuvo, en términos generales, en sincronía con la inflación promedio de los servicios generales de transporte y almacenaje. Durante ese periodo (1996 – 2003), sólo en 1998 la tasa media de inflación del autotransporte superó por un amplio margen a la inflación relevante (30,2% vs 20,6%).

En los últimos años, la inflación promedio del autotransporte se ha mantenido por debajo de la inflación relevante, llegando incluso a ser de sólo 1,2% en el 2002 en comparación de una inflación media de 4,3% para el total del sector de transporte y almacenaje. En resumen, la gráfica 2.1 indica cómo la evolución del nivel agregado de precios del autotransporte y el ferrocarril ha seguido la pauta marcada por la inflación del sector de transporte y almacenaje, y al igual que ésta la inflación promedio de ambos modos ha entrado en la dinámica desinflacionaria que ha marcado a la economía mexicana desde finales de los ochenta.

En el cuadro 2.1 se analiza si los procesos de apertura y desregulación del autotransporte y el ferrocarril contribuyeron de manera adicional a la moderación del proceso inflacionario dentro de cada uno de los modos. En la primera columna se presenta la inflación promedio en el periodo inmediato anterior a la liberalización de los respectivos modos de transporte, mientras que en la segunda columna se muestra la tasa media de inflación durante los primeros años, bajo condiciones de libre competencia. En ambos casos se compara la inflación promedio con la tasa media de inflación de los servicios generales de transporte y almacenaje. Finalmente, en la última columna aparece la inflación promedio para el periodo analizado (1983 – 2003), tanto para el autotransporte y el ferrocarril como para el sector de transporte y almacenaje.

De acuerdo con la información del cuadro 2.1, se puede afirmar que la inflación promedio del autotransporte y el ferrocarril es menor tras el proceso de apertura y desregulación por el que ambos modos atravesaron. Sin embargo, se debe realizar un análisis más detallado que identifique en qué medida el cambio en la operación de estos modos de transporte coadyuvó a una moderación significativa en sus procesos de formación de precios, y en qué proporción la menor inflación se debe a una tendencia general en el sector de transporte y almacenaje. Por este motivo, se incluye la inflación media de los servicios de transporte y almacenaje, con el fin de comparar su evolución con la experimentada por la tasa promedio de inflación del ferrocarril y el autotransporte durante los distintos periodos analizados.

Cuadro 2.1
Tasas promedio de inflación, antes y después del proceso de apertura de cada modo de transporte

| | Periodo anterior (1984 - 1988) | Periodo posterior (1990 - 1994) | Periodo analizado (1983 - 2003) |
|--------------------------------|---|--|--|
| Autotransporte de carga | 84,5 | 12,0 | 36,5 |
| Transporte y almacenaje | 90,3 | 18,8 | 39,3 |
| | Periodo anterior (1993 - 1997) | Periodo posterior (1999 - 2003) | Periodo analizado (1983 - 2003) |
| Ferrocarril de carga | 20,9 | 2,7 | 37,8 |
| Transporte y almacenaje | 21,1 | 8,2 | 39,3 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la página web del Banco de México <www.banxico.org.mx>

Al comparar la tendencia de la inflación media del autotransporte y el ferrocarril antes y después de su proceso de liberalización, es posible apreciar como ésta se reduce más que la inflación relevante del sector de transporte y almacenaje. Con base en lo anterior se puede inferir que si bien la tasa promedio de inflación de ambos modos disminuyó a la par que la inflación relevante, sin duda existieron más elementos que indujeron una reducción adicional en la inflación media respectiva.

Sin lugar a dudas, uno de estos elementos fue el incremento en las presiones competitivas dentro de cada modo de transporte, tras la apertura y desregulación de éstos. Este factor debió haber influenciado significativamente el proceso de formación de precios de las nuevas compañías ferroviarias y de los operadores de autotransporte, los cuales es posible hayan ajustado sus niveles de precios a la realidad de la libre competencia y al posible impacto sobre su respectiva participación de mercado por un incremento desproporcionado en sus tarifas.

Como se mencionó, las nuevas condiciones de apertura y desregulación probablemente permitieron a los operadores ferroviarios seguir una política deliberada de mantener prácticamente sin variación su nivel agregado de precios, con el fin de aumentar su participación en el mercado de transportación terrestre de carga. Dado lo anterior, no es de extrañar que en el periodo inmediato posterior a la apertura del ferrocarril (1999 – 2003), la inflación promedio de este modo de

transporte sea significativamente inferior a la media de la inflación relevante (2,7% vs 8,2%).

Un fenómeno similar se puede observar en el caso del autotransporte, donde la presencia de nuevos operadores en el mercado probablemente debilitó la capacidad de varios gremios y asociaciones de fijar precios, permitiendo a la vez una baja en el ritmo de crecimiento de las tarifas aplicadas por este modo de transporte, tal y como se demuestra al comparar su inflación media en el periodo posterior a su liberalización (1990-1994) con la prevaleciente en el sector de transporte y almacenaje. De 1990 a 1994, la inflación promedio del autotransporte es prácticamente siete puntos porcentuales inferior a la tasa media de inflación relevante (12,0% vs 18,8%).

A partir de la evidencia presentada en el cuadro 2.1, se puede concluir que el proceso de formación de precios del autotransporte y el ferrocarril se vio afectado tanto por la dinámica desinflacionaria del sector (transporte y almacenaje), el cual a su vez se vio influenciado por una menor inflación en la economía en general, y por la presencia de otros factores, por ejemplo, la aparición de presiones competitivas tras la apertura y desregulación de estos modos de transporte como un elemento central en la moderación del ritmo de crecimiento en los precios de los servicios ofrecidos por el ferrocarril y el autotransporte. Esto contribuye al bienestar de los usuarios ya que disminuye su incertidumbre con respecto a futuros incrementos en las tarifas, y les permite una mejor planeación.

No obstante, esa evidencia no permite analizar cual fue la reacción del autotransporte ante la aparición del ferrocarril como una opción real en el movimiento terrestre de mercancías. En el cuadro 2.2 se presenta la evolución de la inflación promedio del autotransporte en el periodo inmediato posterior a la apertura y desregulación del ferrocarril.

Como se puede apreciar en el cuadro 2.2, el proceso de formación de precios del autotransporte en el periodo posterior al proceso de apertura y desregulación del ferrocarril, siguió prácticamente el mismo patrón que la inflación general del sector de transporte y almacenaje. Es decir, los operadores de autotransporte no percibieron una amenaza potencial por parte del ferrocarril y fueron ajustando sus tarifas de acuerdo con la inflación relevante; mientras, los nuevos concesionarios ferroviarios limitaban considerablemente sus incrementos de precios. Este fue probablemente uno de los factores que permitió al ferrocarril ir aumentando su participación en el total de toneladas transportadas en el medio terrestre a partir de 1997¹⁴.

¹⁴ Ver gráfica 1.5 del capítulo 1

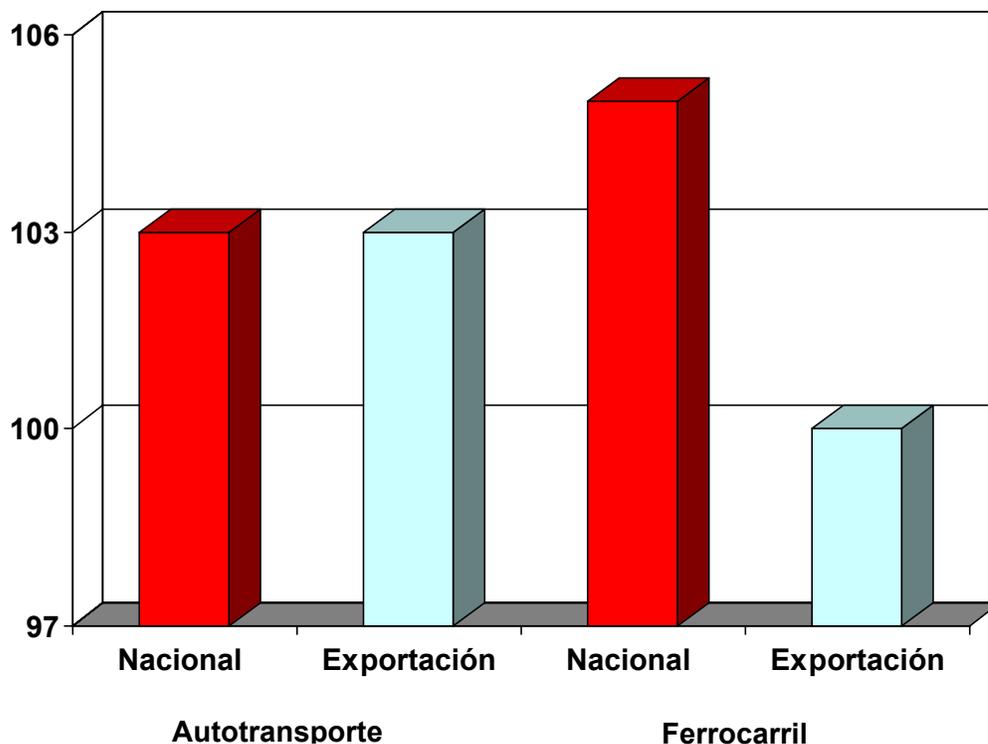
Cuadro 2.2
Comportamiento de la tasa media de inflación del autotransporte,
a partir de la liberalización del ferrocarril

| | Periodo anterior (1993 - 1997) | Periodo posterior (1999 - 2003) | Periodo analizado (1983 - 2003) |
|--------------------------------|---|--|--|
| Autotransporte de carga | 18,6 | 8,0 | 36,5 |
| Ferrocarril de carga | 20,9 | 2,7 | 37,8 |
| Transporte y almacenaje | 21,1 | 8,2 | 39,3 |

Fuente: Elaboración propia con datos de la página web del Banco de México <www.banxico.org.mx>

La estrategia ferrocarrilera de mantener su tasa media de inflación por debajo de la del autotransporte se fundamenta en que para los concesionarios ferroviarios la verdadera competencia por el mercado no se da entre ellos mismos sino con los operadores del autotransporte. Esto se debe a varias razones, entre las más importantes está el propio proceso de privatización del sistema ferroviario nacional y la incapacidad de las nuevas empresas ferroviarias de interlinear tráfico de carga de largo recorrido. Por un lado, el sistema de concesiones instituido a partir de la desincorporación de Ferronales implicó que cada operador recibiera un segmento geográfico de la red férrea (Norte, Noreste, Sur, etc.) que en la práctica iba a enfrentar pocas presiones competitivas por parte de otras compañías ferrocarrileras. Por el otro, la falta de acuerdos entre aquellos operadores ferroviarios con posibilidades de compartir sus líneas, ha llevado a éstos a concentrar sus esfuerzos de penetración en el mercado dentro de los límites de su propia concesión.

Otro punto de interés es cómo el ferrocarril y el autotransporte perciben el grado de competencia en el mercado nacional y el internacional; y cómo esto afecta el proceso de formación de precios. Para ilustrar lo anterior se utilizará una serie de índices de precios recientemente desarrollados por el Banco de México, permitiendo analizar la evolución de la inflación media del ferrocarril y el autotransporte de acuerdo con el tipo de mercado en el cual cada modo de transporte participa. En la gráfica 2.2 se ilustra el valor promedio del índice de precios de ambos servicios de carga de diciembre de 2003 a julio de 2004, según el tipo de mercado (nacional o de exportación) al que se destina la mercancía transportada.



Fuente: Elaboración propia con datos de la página web del Banco de México <www.banxico.org.mx>

Gráfica 2.2
INPP,¹⁵ según tipo de mercado para cada modo de transporte
(valor promedio del índice entre diciembre de 2003 y julio de 2004)

Como se observa en la gráfica 2.2, el índice de precios del autotransporte alcanza un valor promedio cercano a las 103 unidades tanto para el mercado nacional como el de exportación durante el periodo analizado. Es decir, que de diciembre de 2003 a julio de 2004 los operadores de autotransporte, en promedio, incrementaron sus tarifas en destinos de carga nacionales y foráneos cerca de 3%. Por su parte, el ferrocarril presentó una dinámica distinta en la formación de precios durante esos meses.

Mientras el nivel de precios de los servicios de las compañías ferroviarias no experimenta cambios con respecto al mercado de exportación (i.e., el índice de precios respectivo se mantuvo igual a 100), la tarifa media en los destinos nacionales de carga sufre un incremento de prácticamente 6% en siete meses. Así se puede concluir conforme a la información de la gráfica, que mientras el autotransporte no presenta ninguna diferenciación en su política de precios con

¹⁵ Índice Nacional de Precios al Productor (diciembre 2003 = 100)

respecto a si el mercado es nacional o extranjero, en el ferrocarril se aplican distintos niveles de tarifas de acuerdo al mercado en dónde presta sus servicios.

La razón detrás de este comportamiento entre el ferrocarril y el autotransporte, probablemente se deba a que las compañías ferroviarias tienen en varias zonas un mercado cautivo donde pueden ejercer una considerable presión al momento de determinar sus tarifas. Por lo que los operadores ferroviarios preferirán mantener sin cambios sus tarifas para los destinos de exportación, de los cuales dependen cada vez más¹⁶ y en dónde probablemente encontrarán mayor competencia por parte de empresas internacionales, mientras aprovechan su posición dominante en algunos segmentos del mercado nacional para ajustar sus niveles de precios.

Por su parte, en el autotransporte pocos operadores deben tener un poder de mercado significativo (i.e., a donde llega un operador, probablemente arriben varios más) y como ya se ha señalado, la participación de este modo de transporte en el mercado de exportación se ve limitada por las restricciones impuestas por el Gobierno norteamericano a los transportistas mexicanos. Dado lo anterior, resulta lógico que los operadores de autotransporte no sigan una política de discriminación de precios en cuanto a sí sus destinos son nacionales o foráneos.

De los párrafos anteriores se podría llegar a la conclusión de que las compañías ferroviarias disfrutaran de un indebido poder de mercado en sus concesiones. Sin embargo, es una práctica común en EE.UU. permitir a los ferrocarriles utilizar técnicas de discriminación de precios para asegurar su viabilidad financiera de largo plazo. Esto debido a que los operadores ferroviarios incurren en una serie de costos fijos, relacionados con el mantenimiento de infraestructura, los cuales deben ser asignados a sus distintos clientes. En EE.UU., los reguladores del sector dejan a los ferrocarriles asignar estos costos conforme a una técnica conocida como precios *Ramsey*.

Esta técnica consiste en asignar cierto porcentaje de los costos fijos de acuerdo con el grado de elasticidad de cada consumidor (i.e., su sensibilidad ante variaciones en el nivel de precios). Así, aquellos clientes con menor elasticidad (i.e., menos sensibles a un incremento tarifario) serán quienes absorban mayor proporción de los costos fijos del ferrocarril. Evidentemente, los consumidores más inelásticos serán los que conformen el mercado cautivo de los operadores ferroviarios. Es decir, aquellos que carecen de una opción real para transportar su mercancía aparte del ferrocarril.

En Estados Unidos, las autoridades reguladoras enfrentan el mismo dilema con respecto a la cuestión anterior. Por un lado, saben que si le prohibieran a los ferrocarriles utilizar la técnica de precios *Ramsey* éstos no podrían recuperar sus costos fijos de largo plazo, ni tendrían la capacidad de dar un adecuado mantenimiento a su infraestructura. Por el otro, conocen el peligro de que los

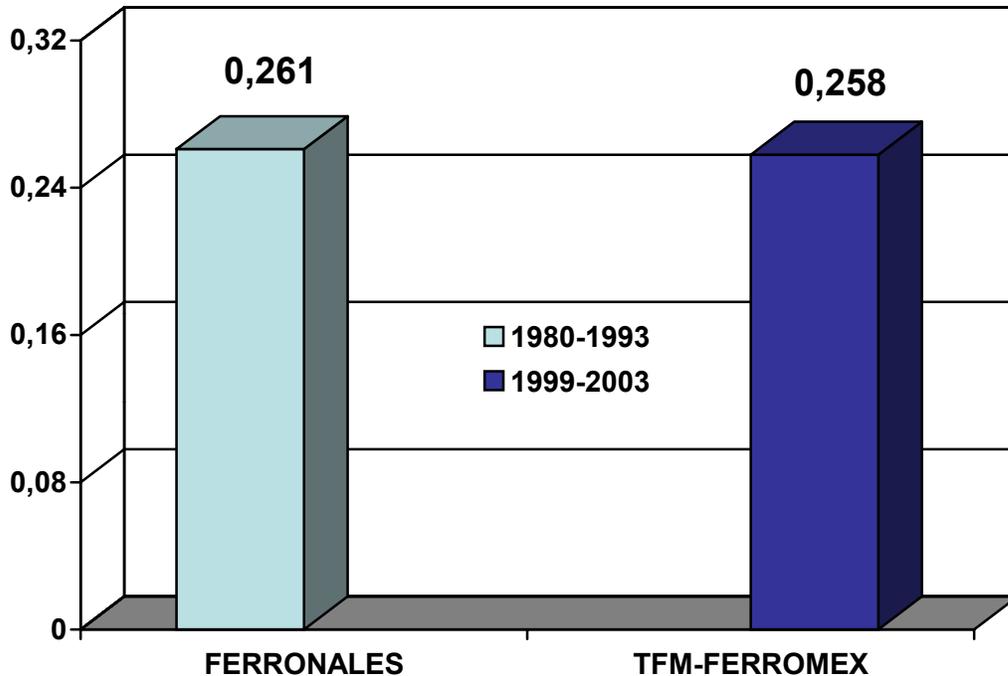
¹⁶ Ver Gráfica 1.2 del capítulo 1

ferrocarriles abusen de sus clientes cautivos cargándoles un mayor porcentaje de sus costos fijos de lo que se justificaría a través de los precios *Ramsey*. Esto sigue siendo tema de debate en ese país, dónde las autoridades han adoptado la postura de abordar caso por caso y dejar el proceso de determinación de tarifas a una negociación entre las partes interesadas, tan sólo interviniendo cuando consideran que se violan flagrantemente los derechos de los consumidores cautivos.

En el caso mexicano se podría pensar que los concesionarios ferroviarios emplean la misma técnica de precios *Ramsey* que sus contrapartes de EE.UU. Por lo que el comportamiento de discriminación de precios en el mercado nacional con relación al de exportación, podría explicarse en términos de la utilización de esta técnica. No obstante, es necesario remarcar que el reciente incremento en el índice de precios de los servicios ferroviarios se debe en parte a una serie de fenómenos coyunturales, como el incremento en el precio del diesel y la escasez aparente en el suministro de vagones y furgones de origen importado, lo cual ha propiciado un incremento en el costo de estos equipamientos¹⁷.

Aunque el aumento de tarifas ferroviarias en el mercado nacional puede explicarse a través de la técnica de los precios *Ramsey* y/o por las presiones originadas por factores coyunturales, vale la pena señalar que la incapacidad de los operadores para interlinear tráfico de carga agrava esta situación al crear más consumidores cautivos de los que habría si estos tuvieran la oportunidad de transportar su mercancía por un ferrocarril distinto al concesionario de su región. Es por esta razón que las autoridades reguladoras deben continuar con su esfuerzo de conseguir un acuerdo con las compañías ferroviarias para que interlinien tráfico de largo recorrido entre las distintas concesiones. A pesar de lo anterior, existe evidencia de que cuando menos los dos principales operadores ferroviarios del país (TFM y Ferromex) no han incrementado en términos reales la tarifa media de sus servicios. Esto se ilustra en la gráfica 2.3.

¹⁷ Celis Estrada (2004), varios artículos



Fuente: Elaboración propia con base en información del Banco Mundial y de los estados de resultados de TFM y Ferromex

Gráfica 2.3

Ingreso medio por t-km recorrida: antes y después de la concesión del ferrocarril (pesos constantes del 2000)

En la gráfica 2.3 se compara el ingreso medio real por t-km prevaleciente en los últimos años de operación de Ferronales (1980 – 1993)¹⁸ con el ingreso promedio ponderado conjunto de TFM y Ferromex¹⁹ en los años posteriores a la apertura y desregulación del sistema ferroviario mexicano (1999 – 2003). Como se puede apreciar en la gráfica no hay una diferencia significativa entre ambos. Esto significa que en términos absolutos, un usuario representativo del ferrocarril no ha visto incrementar el costo real de transportar su mercancía por este modo de transporte²⁰ en los últimos años.

Lo anterior se considera como un resultado satisfactorio de la liberalización del ferrocarril, pues dado el incremento en su tráfico de carga en los últimos años y las cuantiosas inversiones realizadas por los concesionarios para mejorar

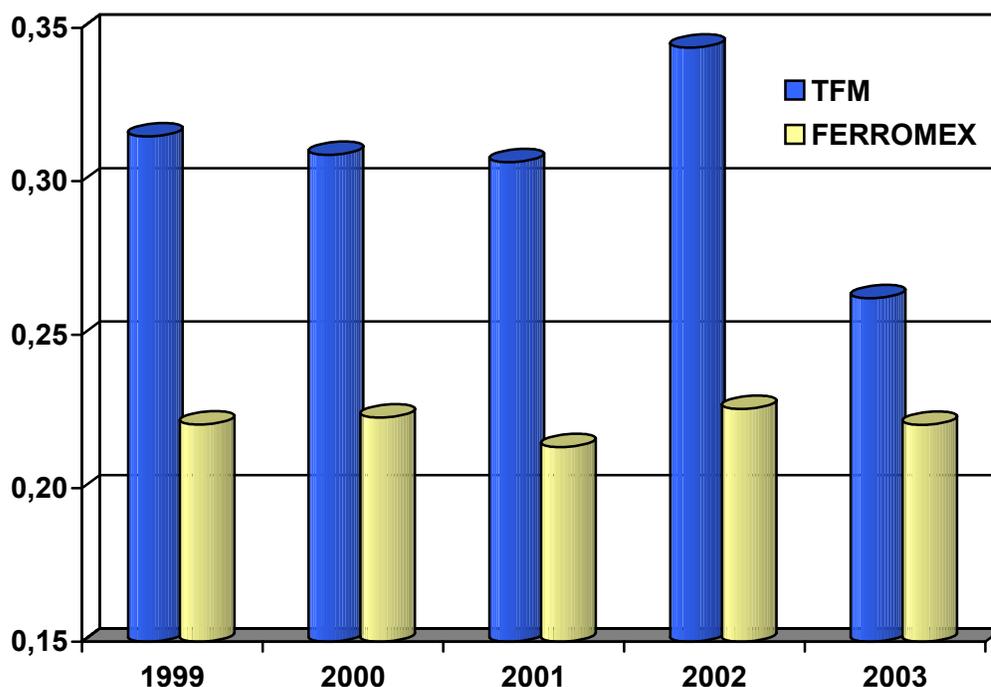
¹⁸ Periodo para el cual se consiguió información sobre los ingresos de Ferronales

¹⁹ Este ingreso medio ponderado por t-km se calculó con base en la participación de cada operador ferroviario en el total de t-km producido por ambos. Las operaciones conjuntas de TFM y Ferromex representan más de 80% del total de t-km del sistema ferroviario mexicano

²⁰ Esto si se considera que el ingreso medio por t-km recorrida es una buena aproximación a la tarifa promedio por t-km que enfrenta el consumidor

infraestructura y equipamiento²¹, se podría decir que los usuarios de este modo de transporte están recibiendo un mejor servicio, en términos de calidad, enfrentando prácticamente el mismo costo real que cuando el sistema ferroviario nacional estaba bajo el control de Ferronales.

Finalmente, como parte de la evidencia reciente de la evolución del ferrocarril se procedió a analizar por separado la política de precios de los dos principales concesionarios ferroviarios, TFM y Ferromex. Conforme la gráfica 2.4 se observan diferencias considerables entre ambos durante el periodo analizado (1999 –2003). En promedio, en estos años el ingreso medio por tonelada – kilómetro movida por TFM fue 39% superior en términos reales al de Ferromex. Esto se debe probablemente a la combinación de una serie de factores tales como el tipo de demanda que cada operador atiende y a la proporción de consumidores cautivos que cada compañía tiene en su área de influencia.



Fuente: Elaboración propia con base en los estados de resultados de TFM y Ferromex

Gráfica 2.4
Ingreso medio por t-km recorrida: TFM vs Ferromex
(pesos constantes del 2000)

²¹ Tan sólo TFM invirtió en su concesión ferroviaria 1 255 millones de dólares de 1997 a 2003; de este total más de 90% se dedicó a la construcción y mejora en vías, patios y terminales, y a la adquisición y renovación de locomotoras y carros (<http://www.tfm.com.mx/inversiones.htm>)

Por el lado de la clase de demanda que atiende cada compañía, aparentemente TFM maneja productos con un mayor valor agregado, especialmente los relacionados con la industria automotriz²², lo cual le permite captar mayores ingresos por tonelada transportada. Mientras Ferromex se enfoca principalmente en transportar materias primas (minerales, granos, etc.) de gran volumen pero con bajo precio unitario.

Con respecto al grado de mercado cautivo del que disfruta cada operador, TFM controla una de las principales rutas comerciales del país: la vía del TLCAN de la Ciudad de México a Nuevo Laredo; esto probablemente le otorga a esta empresa un poder de negociación en sus tarifas mayor del que podría ejercer cualquier otro concesionario, incluido Ferromex. Si los clientes de TFM tuvieran la opción de transportar sus productos a través de otros operadores, mediante un acuerdo para interlinear tráfico entre concesionarios, entonces el poder de mercado de esta compañía se vería reducido significativamente y por tanto su capacidad para determinar tarifas de sus servicios.

A lo largo de esta sección se ha analizado la evolución reciente del proceso de formación de precios en el autotransporte y ferrocarril. La evidencia presentada muestra cómo las presiones inflacionarias en ambos modos de transporten se han reducido a la par de la inflación de los servicios de transporte y almacenaje en general. Sin embargo, se observa una reducción adicional en la inflación de los servicios de carga por ferrocarril y autotransporte en el periodo inmediato posterior a su apertura y desregulación, lo cual puede ser un indicio de la influencia de presiones competitivas en el proceso de formación de precios. Por otra parte, no hay evidencia de que el autotransporte haya reaccionado reduciendo sus tarifas ante la amenaza de un sistema ferroviario nacional capaz de incrementar su participación en el mercado de carga terrestre, a partir de la liberalización de éste en 1997. Sin embargo, los nuevos concesionarios ferroviarios instrumentaron deliberadamente una política de contención de precios con el fin de captar una cuota de mercado a expensas del autotransporte. Esta táctica, aparentemente le ha rendido frutos a los operadores ferroviarios.

Con respecto a la discriminación de precios, el autotransporte no hace ninguna diferencia si su carga tiene como destino final el mercado nacional o el de exportación; a diferencia del ferrocarril, el cual mantiene sin cambios sus tarifas en los destinos foráneos mientras aplica incrementos de precios en los destinos nacionales. Esto probablemente se deba a una combinación de factores, entre ellos la mayor importancia que ha cobrado en los últimos años para el ferrocarril, el mercado de exportación y la posibilidad de aplicar una técnica de precios

²² La misma compañía menciona que en 2003 la caída en el tráfico de carga de este tipo de productos afectó negativamente sus ingresos de operación. Esto podría explicar la significativa reducción en el ingreso medio real por t-km de TFM ocurrido entre 2002 y 2003, e ilustrado en la gráfica 2.4

Ramsey en las tarifas. En este último factor influye decididamente el grado de mercado cautivo que disfrutaban los operadores ferroviarios.

Con respecto a este último punto, probablemente el número de consumidores cautivos en el sistema ferroviario nacional sea mayor al que habría en una situación donde se pudiera interlinear tráfico de largo recorrido entre las distintas compañías concesionarias. No obstante lo anterior, se puede considerar que el usuario representativo de los servicios de carga por ferrocarril se encuentra actualmente en una mejor situación que cuando Ferronales controlaba todas las operaciones ferroviarias del país. Esto debido a que en términos reales la tarifa promedio por tonelada – kilómetro recorrida no se ha incrementado en los últimos años y es muy similar a la prevaleciente en tiempos de Ferronales.

Asimismo, en los últimos años los nuevos operadores privados han realizado cuantiosas inversiones para mejorar su infraestructura y equipamiento ferroviario. Por lo que se puede concluir que hoy por hoy, los ferrocarriles ofrecen un mejor servicio al consumidor prácticamente al mismo costo real que cuando Ferronales era la única compañía ferroviaria en México.

Tras haber estudiado las condiciones actuales de competencia en el autotransporte y el ferrocarril y cómo éstas impactan los precios de estos modos. En la siguiente sección se analizará y se presentará evidencia de las estrategias de complementariedad seguidas por el ferrocarril y el autotransporte en los últimos años.

2.2 Análisis de complementariedad

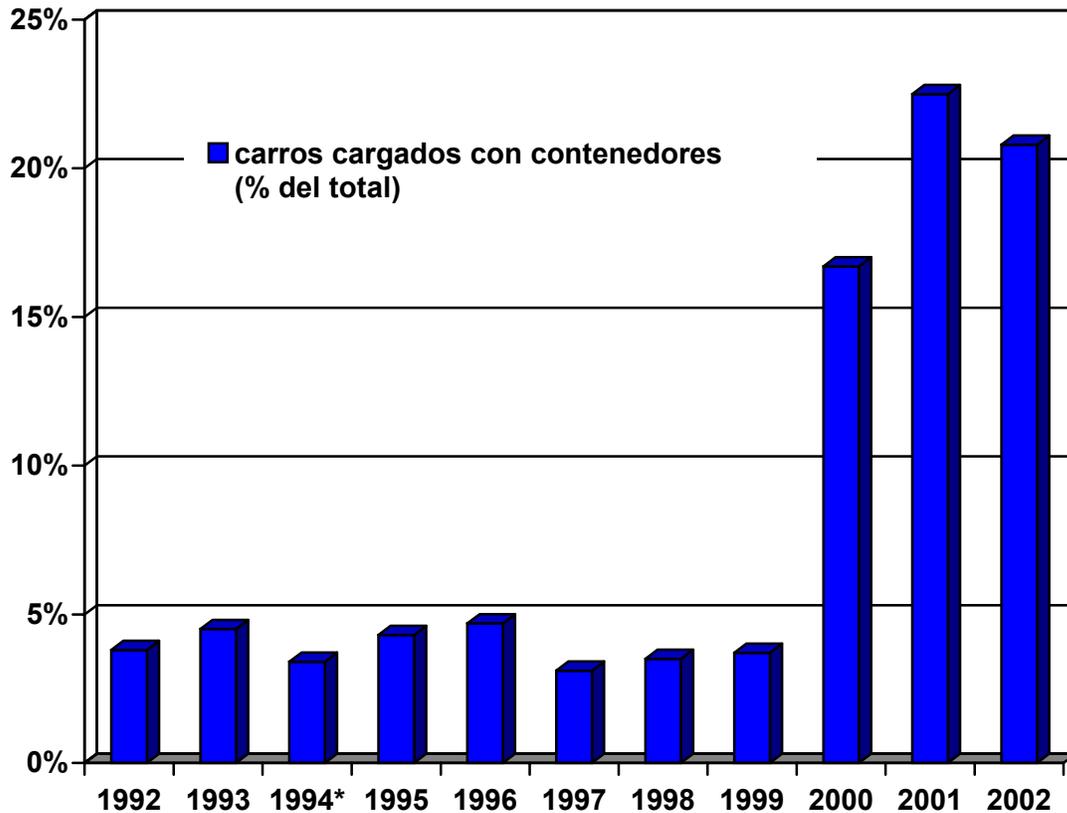
Uno de los indicadores del grado de complementariedad entre el ferrocarril y el autotransporte es el movimiento de contenedores por vía férrea. En esta sección se presenta un panorama del comportamiento reciente (1992-2002) del movimiento de contenedores desde diversas perspectivas: el movimiento de carros cargados, las toneladas movidas, y las toneladas-kilómetro producidas.

2.2.1 Movimiento de carros cargados con contenedores

El análisis general de las cifras totales de los carros cargados con contenedores en el sistema ferroviario mexicano (SFM), muestra como en los últimos años, la importancia del movimiento de contenedores por ferrocarril se ha incrementado sustancialmente. De esta forma, pasa de un promedio de participación de 4% entre 1992 y 1999 a 17% en el 2000, 22% en 2001 y 21% en 2002, véase gráfica 2.5.

Esta alta participación de los carros cargados de contenedores por ferrocarril, indicaría no sólo una gran atención hacia la demanda de carga contenerizada sino

un enorme incremento de cuatro veces la participación de los contenedores en el sistema ferroviario, sin embargo, ésta afirmación debe tomarse con reserva y ratificarse con información complementaria, como se realiza en las siguientes secciones.



* Para 1994, la cifra de carros cargados con contenedores y plataformas se tomó del informe E2-1994 de FNM

Fuente: Elaboración propia con datos de las Series Estadísticas de Ferronales y de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal

Gráfica 2.5

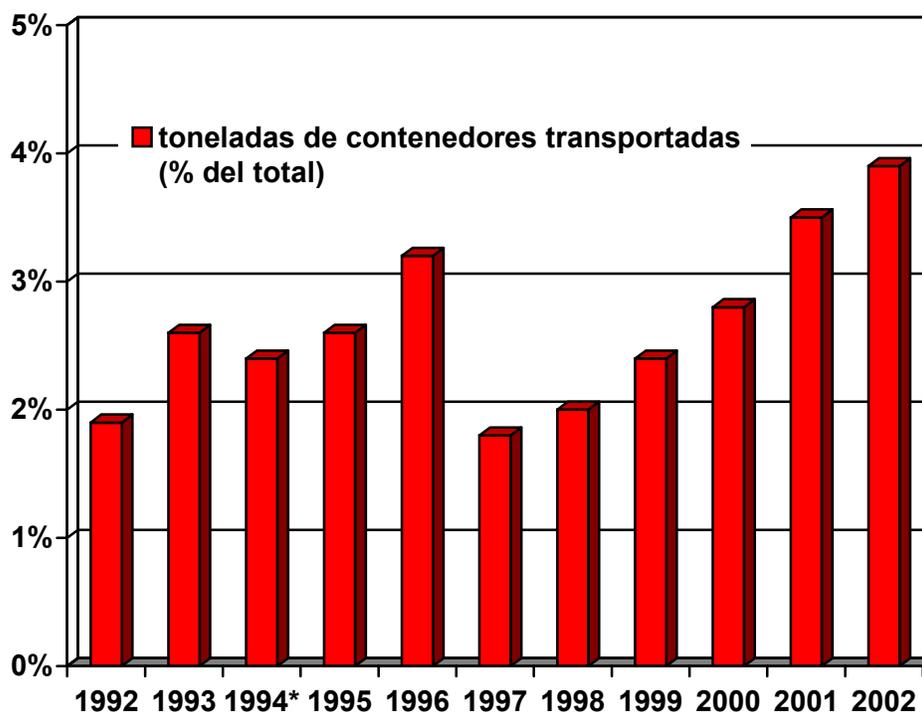
Movimiento de contenedores y plataformas, como porcentaje del total de carros cargados desplazados por ferrocarril

2.2.2 Toneladas de carga transportada por contenedor

El tonelaje transportado por contenedores en el SFM presenta una creciente importancia (gráfica 2.6), ya que con excepción de 1994 y 1997 se presenta una clara tendencia de incrementar su participación, pasando de 1,9% en 1992 a 3,9% en el 2002, es decir, creció al doble su importancia en 10 años. Asimismo, se

puede inferir que la privatización del sistema incrementó la atención al transporte contenerizado, dado que antes de la privatización se encontró que la TCMA de su participación fue de 14% (1992-1996), y después de la concesión (1998-2002) fue de 19%, considerando 1997 y 1998 como años de transición y adaptación de los nuevos operadores.

Cabe resaltar que la brusca caída de 1997 se debió en parte al cambio de administración en el ferrocarril del Noreste ya que hubo un periodo de adaptación para los nuevos operadores; asimismo, se presentaron problemas operativos de capacidad en el paso por la aduana de Nuevo Laredo, de ahí que las operaciones tardaran cuatro años para retomar la magnitud reportada en 1996.



* Para este año, el dato de toneladas de contenedores y plataformas transportadas se tomó del informe E2-1994 de FNM

Fuente: Elaboración propia con datos de las Series Estadísticas de Ferronales y de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal

Gráfica 2.6
Movimiento de contenedores y remolques sobre plataforma, como porcentaje del total de toneladas transportadas por ferrocarril

En este punto se analiza otro indicador de la producción ferroviaria, como es el de toneladas transportadas por carro (t/carro). En general, el SFM señala un ligero decremento en las toneladas por carro al pasar de 59 a 55 t/carro entre 1992 y

2002, lo que permite creer que a pesar del enorme crecimiento en el número de carros cargados, no se afectaron significativamente las cuestiones operativas en el aspecto de t/carro, sin embargo, sería deseable conocer qué costos y beneficios trae utilizar un mayor número de carros.

Para el caso exclusivo de t/carro en el movimiento de carga contenerizada, se presenta una drástica caída, pasando de un promedio de 35 t/carro entre 1992 y 1999 a menos de 10 t/carro entre 2000 y 2002; esto sugiere un cambio en la cuantificación de carros cargados con contenedores, que bien puede deberse a un conteo múltiple de un mismo viaje por parte de los diversos operadores.

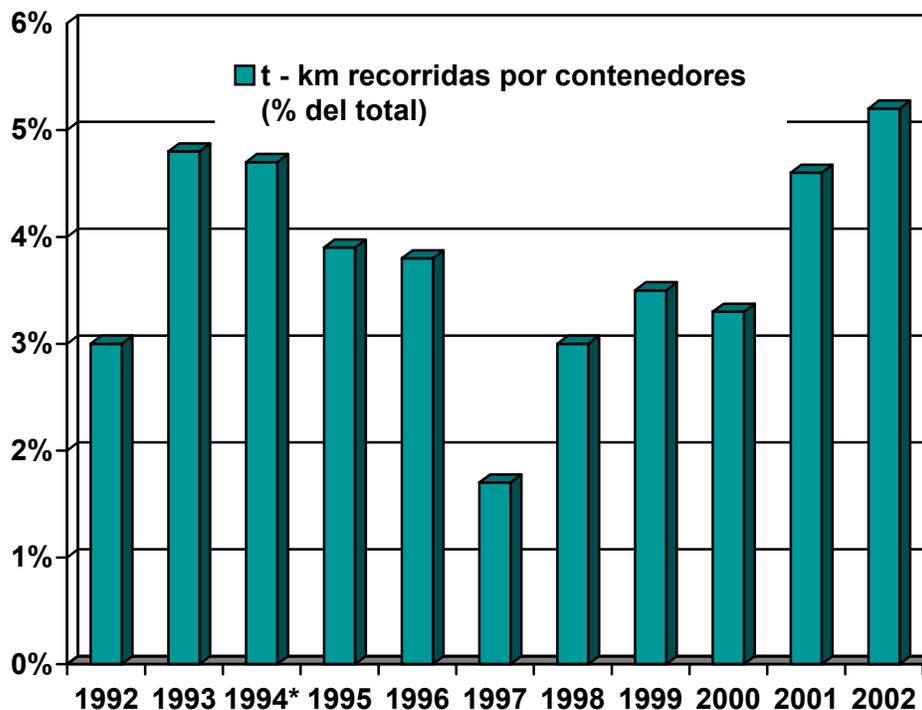
2.2.3 Toneladas – kilómetro de carga transportada por contenedor

Este índice muestra un comportamiento más errático que el de participación de las toneladas transportadas; no obstante, presentó una tendencia al alza después de la concesión del SFM, aunque también es cierto que únicamente en el 2002 se supera la participación alcanzada en 1993; éste parece ser el indicador más adecuado para medir la oferta y capacidad del SFM, pues no tiene distorsiones de distancia como sucede con los dos anteriores indicadores (debido a los cambios operativos que implica trasladar una misma cantidad de carros o toneladas a una distancia mayor), y refleja con mayor veracidad la cantidad de recursos que se invierte en la prestación del servicio, asimismo es más útil para estimar las probables tarifas e ingresos.

Es notorio que de 1993 a 1997, la participación de las toneladas – kilómetro por contenedor se redujeron, especialmente en 1997 cuando la baja operativa fue general para los indicadores del movimiento de contenedores, aunque en realidad la cantidad de toneladas - kilómetro seguía creciendo, pero a un menor ritmo que el SFM en su conjunto.

Con relación a las distancias recorridas promedio por los contenedores se tiene que en el periodo 1992-1996 se registró una cifra de 1 140 km en promedio, mientras que entre 1998 y 2002 se contabilizó una distancia de 850 km.

De esta manera, a pesar de las menores distancias recorridas por los contenedores, estos se utilizan con mayor intensidad, como lo muestra la TCMA de 13% de las toneladas movidas para 1992-2002.

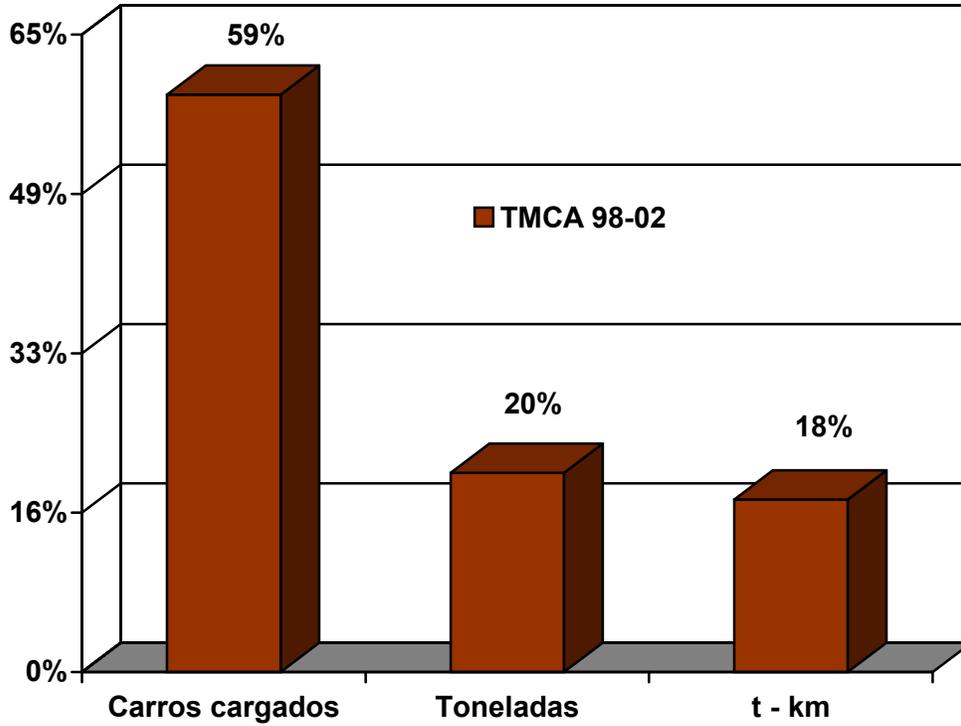


* Para este año, la cifra de t-km recorridas por contenedores y plataformas se tomó del informe E2-1994 de FNM

Fuente: Elaboración propia con datos de las Series Estadísticas de Ferronales y de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal

Gráfica 2.7
Movimiento de contenedores y plataformas,
como porcentaje del total de t-km recorridas por el ferrocarril

En general, las cifras de transporte de contenedores por vía férrea confirman la mayor atención que se le está dando al servicio, a partir de su concesión. En la gráfica 2.8 se puede ver que las tasas de crecimiento para los diversos índices van a un ritmo alto, casi una quinta parte (20%) anualmente para toneladas y toneladas-kilómetro; el caso de carros cargados, probablemente presente un crecimiento similar, ya que se considera que la tasa de 59% anual está inflada.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Dirección General de Tarifas, Transporte Ferroviario y Multimodal

Gráfica 2.8
Crecimiento medio de la contenerización en el tráfico por ferrocarril
(tasa media de crecimiento anual)²³

²³ Incluye remolque sobre plataforma (*Piggy Back*)

3 Análisis de eficiencia

Se procede a desarrollar una metodología para medir la productividad total de los factores de producción del autotransporte y el ferrocarril en los últimos años. En la primera sección de este apartado se explica a profundidad la técnica seleccionada para el análisis de la información, conocida como “análisis envolvente de datos”, mostrando sus principales características a través de varios ejemplos de carácter didáctico. Posteriormente, se emplea el índice de Malmquist, una derivación del “análisis envolvente de datos”, para obtener el cambio en la productividad total de los factores de ambos modos de transporte. Finalmente, los resultados a partir del índice de Malmquist se descomponen mediante una serie de análisis de regresión con el fin de identificar los principales factores detrás de las variaciones en la productividad del ferrocarril y el autotransporte.

3.1 Productividad

Existen diversas metodologías para analizar el cambio en la productividad total de los factores de producción (PTF); una de las más utilizadas es la desarrollada por Caves, et al. (1982), la cual se basa en el desarrollo de índices multilaterales de productividad. Uno de sus principales inconvenientes es su requerimiento de información. Para construir correctamente estos índices multilaterales es necesario conocer a detalle las principales variables de las unidades productivas (UP's) bajo análisis, tanto por el lado de sus ingresos como de sus costos.

Dada la limitación de información para estudiar el sistema ferroviario y el autotransporte federal, se decidió utilizar una metodología más acorde con los datos disponibles. La técnica seleccionada es conocida como “análisis envolvente de datos” o DEA por sus siglas en inglés. Ésta permite encontrar patrones de productividad para una serie de observaciones, requiriendo de ellas mucha menor información que la necesitada por los índices multilaterales.

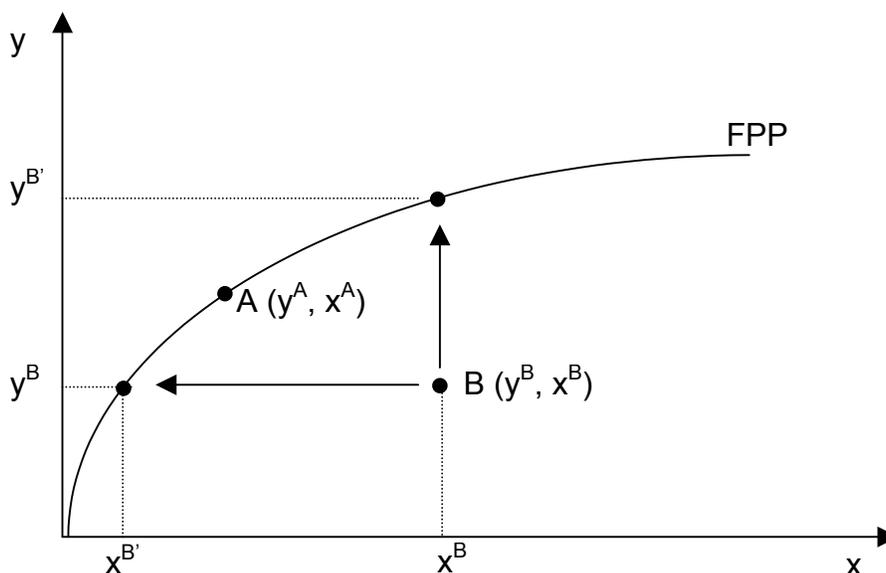
El DEA es un método de naturaleza no – paramétrica; es decir, no impone una forma funcional *a priori* sobre los datos bajo análisis, sino que procede a aplicar una serie de procedimientos para determinar un estándar de eficiencia máxima contra el cual evaluar el rendimiento de cada observación. El DEA, a diferencia de los modelos de frontera estocástica²⁴, considera cualquier desviación de una unidad productiva (UP) de su patrón óptimo de eficiencia como un resultado de ineficiencias internas en su operación, sin tomar en cuenta factores exógenos fuera de su control. En este sentido, el DEA es una técnica de carácter

²⁴Los modelos de frontera estocástica construyen fronteras eficientes a partir de la estimación de una función de costos, y utilizan el término de perturbación de esta estimación para modelar el efecto de factores aleatorios sobre los indicadores de eficiencia de las UP. No ha sido posible utilizar esta técnica debido a que se carece de información sobre costos

determinístico. A continuación se expondrán más detenidamente los mecanismos en que se basa el funcionamiento del DEA.

Esta metodología se basa en las medidas de eficiencia propuestas por Farrell (1957). Sin embargo, serían Charnes, et al. (1978) quienes aplicarían la teoría de Farrell para crear el análisis envolvente de datos tal y como se conoce ahora. En ella se procede a calcular una frontera óptima a través de resolver un conjunto de problemas de programación lineal para el patrón de utilización de insumos, y el nivel de producción de cada organización analizada. Al comparar cada UP con esta frontera se construyen los índices de eficiencia para cada observación, y con base en el comportamiento de estos índices es posible derivar el crecimiento de la productividad a lo largo del tiempo.

El DEA contempla dos enfoques de eficiencia productiva. El primero, se orienta en cómo minimizar el consumo de insumos manteniendo constante el nivel de producción actual (*input – oriented*). El segundo analiza cómo maximizar la producción conservando constante el patrón actual de utilización de insumos (*output – oriented*). Ambos enfoques se reflejan en la siguiente gráfica.



Fuente: Lovell, Knox "Measuring Efficiency in the Public Sector"

Gráfica 3.1
Enfoque de insumo vs enfoque de producto

En la gráfica 3.1 se muestra una frontera de posibilidades de producción (FPP), con las distintas combinaciones para producir el bien y a partir del insumo x . Como se puede apreciar, la UP A se encuentra sobre la FPP, lo cual indica que su comportamiento es óptimo. Es decir, su nivel de producción es el mayor posible

dada su actual utilización de x^A , y su nivel de empleo de insumos es el más eficiente para producir y^A .

En la misma gráfica también se presenta el caso de la UP **B**. Ésta se encuentra dentro de la FPP, indicando ineficiencias en su proceso productivo. Ante tal situación la UP **B** tendría dos opciones: aumentar su nivel de producción manteniendo constante su consumo de x^B o reducir su nivel de empleo del insumo sin variar el monto generado de y^B . En el primero de los casos se estaría abordando la ineficiencia de **B** desde un enfoque del producto, mientras que en el segundo se estaría proponiendo un enfoque del insumo.

Dentro del enfoque del producto, el cociente $(y^{B'}/y^B)^{-1}$ reflejaría la ineficiencia de **B**²⁵; y su inverso el incremento que podría alcanzar la producción sin alterar la actual cantidad de insumos x^B . Por otro lado, desde el enfoque del insumo, el grado de ineficiencia de **B** estaría representado por el cociente $(x^{B'}/x^B)$; y la disminución del consumo de insumos x por $(1 - x^{B'}/x^B)$, sin alterar la producción y^B . De lo anterior se observa que el DEA puede ser calibrado para medir la eficiencia productiva desde cualquiera de los dos enfoques mencionados.

La elección del enfoque más apropiado dependerá del tipo de UP's bajo análisis. Por ejemplo, en el caso de empresas de transporte público generalmente se usa el enfoque del insumo debido a que se considera que el nivel de producción, de estas UP's, está condicionado por factores fuera de su control (regulación, demografía, nivel de vida, etc.). No obstante, otras industrias pueden maximizar la cantidad producida partiendo de una dotación fija de insumos, la cual no pueden alterar (Coelli, 1996). Ante esta situación el enfoque del producto sería el más apropiado.

Para expresar matemáticamente los conceptos básicos del DEA comentados, se debe comenzar por definir cierta notación elemental (Coelli, 1996). Primero se asume un número **N** de empresas o UP's, las cuales consumen un conjunto de **K** insumos para obtener una cantidad **M** de productos y/o servicios. A partir de aquí se obtienen la matriz de insumos **X** ($X = K \times N$) y la matriz de productos **Y** ($Y = M \times N$), las cuales representan los patrones de consumo y producción de todas las UP's. A cada observación dentro de las matrices se les denominará como x_i y y_i , respectivamente, indicando su pertenencia a la *i*-ésima UP. El propósito del DEA es construir una frontera envolvente, de naturaleza no paramétrica, para todas las observaciones de las UP's, de tal forma que éstas se encuentren sobre la frontera eficiente o por debajo de ella. Lo anterior puede ser expresado a través del siguiente conjunto de problemas de programación lineal.

²⁵ La ineficiencia de B quedaría reflejada en un índice, cuyo valor estaría acotado entre 0 y 1

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} \theta \quad \text{sujeto a} \quad & -y_i + Y\lambda \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \quad i=1, \dots, N \end{aligned} \quad (1)$$

La expresión 1 es un DEA por el enfoque del insumo, ya que se busca minimizar la utilización del insumo x_i dada la producción actual de y_i , donde θ representa un escalar y λ es un vector de constantes de dimensión $N \times 1$. Este vector pondera la participación de cada UP dentro de las matrices X y Y . El valor de θ obtenido de resolver el problema de programación lineal representará el índice de eficiencia para la i ésima UP; θ estará acotado entre 0 y 1, tomando este último valor cuando la observación que represente se encuentre sobre la frontera eficiente. En este sentido θ sería el equivalente al cociente x^B/x^B presentado en la gráfica 3.1. El problema de programación lineal debe ser resuelto N veces para encontrar el valor de θ para cada UP. A continuación se presenta un sencillo ejemplo de solución de este tipo de problemas. En el cuadro 3.1 se presentan cinco UP's, las cuales utilizan dos insumos para obtener un sólo producto.

Cuadro 3.1
Ejemplo de datos para cinco unidades productivas

| UP | y | x_1 | x_2 | x_1/y | x_2/y |
|----|---|-------|-------|---------|---------|
| 1 | 1 | 2 | 5 | 2 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 |
| 3 | 3 | 6 | 6 | 2 | 2 |
| 4 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| 5 | 2 | 6 | 2 | 3 | 1 |

Fuente: Coelli, Tim. "A Guide to DEAP, Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Program"

Si se aplica la expresión 1 para construir una frontera eficiente a partir de los datos del cuadro 3.1, sería necesario resolver cinco problemas de programación lineal uno para cada UP. Por ejemplo, para la UP 3 la expresión 1 quedaría de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \min_{\theta, \lambda} \theta \quad \text{sujeto a} \quad & -y_3 + (y_1\lambda_1 + y_2\lambda_2 + y_3\lambda_3 + y_4\lambda_4 + y_5\lambda_5) \geq 0 \\ & \theta x_{13} - (x_{11}\lambda_1 + x_{12}\lambda_2 + x_{13}\lambda_3 + x_{14}\lambda_4 + x_{15}\lambda_5) \geq 0 \\ & \theta x_{23} - (x_{21}\lambda_1 + x_{22}\lambda_2 + x_{23}\lambda_3 + x_{24}\lambda_4 + x_{25}\lambda_5) \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (2)$$

donde $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5)'$

La expresión 2 debe resolverse conjuntamente para θ y λ , buscando encontrar el valor mínimo de θ que cumpla con las restricciones impuestas en el problema. En el caso de UP 3 el valor de θ que satisface estas condiciones es 0,833. Lo anterior indica la posibilidad para esta UP en particular, de reducir el consumo de sus insumos en 16,7% sin afectar su actual nivel de producción. En el cuadro 3.2 se presentan los valores de θ y λ para cada UP tras aplicarles el mismo problema de programación lineal utilizado con UP 3. Como se puede observar, sólo las UP's 2 y 5 tienen una θ igual a 1, lo cual significa que son las únicas observaciones sobre la frontera eficiente. Esto se puede apreciar mejor a través del análisis gráfico.

Cuadro 3.2
Ejemplo de solución de un DEA por el enfoque del insumo

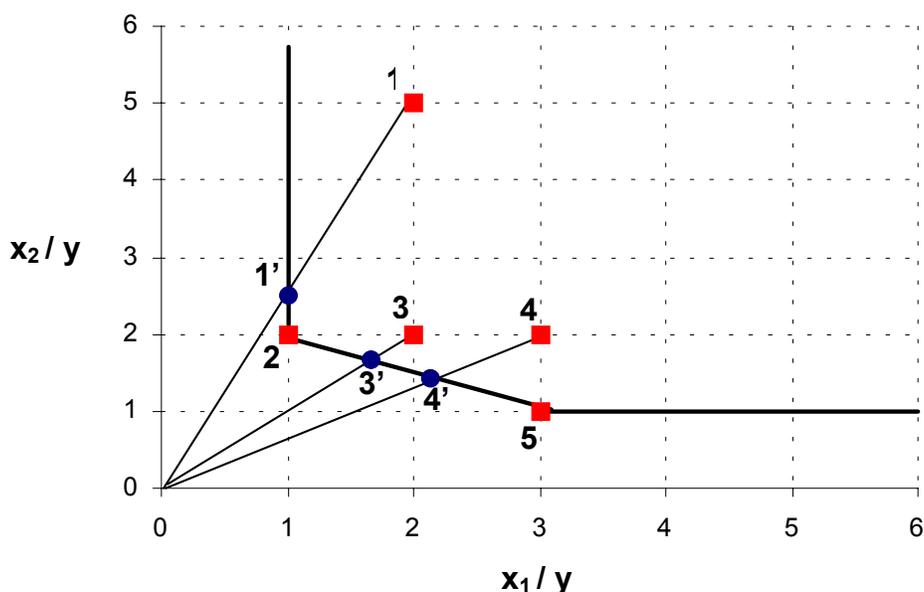
| UP | θ | λ_1 | λ_2 | λ_3 | λ_4 | λ_5 |
|----|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 | 0,500 | - | 0,500 | - | - | - |
| 2 | 1,000 | - | 1,000 | - | - | - |
| 3 | 0,833 | - | 1,000 | - | - | 0,500 |
| 4 | 0,714 | - | 0,214 | - | - | 0,286 |
| 5 | 1,000 | - | - | - | - | 1,000 |

Fuente: Coelli, Tim. "A Guide to DEAP, Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Program"

La gráfica 3.2 refleja la frontera eficiente encontrada para las cinco UP's tras aplicarle a cada una el correspondiente coeficiente θ del cuadro 3.2. Los puntos de referencia son las observaciones correspondientes a la UP's 2 y 5, dado que ambas definen la parte relevante de la frontera para el resto de las UP's. Si se retoma el ejemplo de la UP 3, su punto de producción eficiente sobre la frontera es 3', el cual es a su vez el resultado de una combinación lineal de los puntos 2 y 5, donde la ponderación de cada punto que define el valor de 3' se determina por el valor de λ_2 y λ_5 en el cuadro 3.2.

El punto 3' refleja la combinación eficiente del consumo relativo de insumos (x_i/y) de la UP 3, como resultado de multiplicar θ (0,833) por el valor de los cocientes

x_1/y y x_2/y (2 y 2 respectivamente) imperantes en el punto 3. Por tanto, la nueva relación insumo – producto representada en 3' es el producto de la siguiente operación: $0,833 \times$ el par ordenado (2 , 2) = (1,666 , 1,666). Para la UP 3, esto señala la posibilidad de generar sus tres unidades de y con tan sólo cinco unidades de x_1 y x_2 en lugar de las seis que actualmente consume²⁶. Esto representaría una disminución de 16,7% en su patrón de utilización de insumos tal y como se señaló anteriormente. Conclusiones similares se pueden derivar para el resto de las UP's representadas en la gráfica 3.2.



Fuente: Coelli, Tim. "A Guide to DEAP, Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Program"

Gráfica 3.2
Ejemplo gráfico de solución de un DEA por el enfoque del insumo

Si se observa el comportamiento de la UP 1, al moverse del punto de producción ineficiente (1) a su correspondiente punto de eficiencia sobre la frontera (1'), esta UP podría incrementar su productividad con respecto a su consumo relativo de x_2 si se trasladara de 1' al punto 2. Este fenómeno en la literatura anglosajona se le conoce como *input slack*²⁷, refiriéndose a una situación donde una UP sobre la

²⁶ Este resultado se obtiene de multiplicar el valor de y , en este caso 3, por el consumo relativo de insumos del punto 3' (1,666 , 1,666)

²⁷ También pueden presentarse *outputs slacks* cuando se utiliza el DEA por el enfoque del producto

frontera eficiente utiliza en exceso uno o más de sus recursos en relación con otras UP's que también han alcanzado su punto de máxima eficiencia.

Para el caso de la UP 1, la presencia de este *slack* o exceso, indicaría la posibilidad de reducir aun más su consumo de x_2 (al pasar de 2,5 a 2) en adición a la disminución original de 50% (al pasar de 5 a 2,5) prevista por el valor correspondiente de θ según el cuadro 3.2, con lo cual la UP 1 recortaría hasta en 60% la utilización de este insumo (mientras disminuye 50% su consumo de x_1) sin afectar su nivel actual de producción.

La presencia de *slacks* es inherente al proceso empleado por el DEA para construir la FPP. En la gráfica 3.2 el problema se origina porque algunas secciones de la frontera derivada por el DEA son paralelas a los ejes de las abscisas y de las ordenadas. Esta situación no se presenta cuando se obtiene la FPP a partir de métodos paramétricos tradicionales²⁸. Un ejemplo de lo anterior sería la gráfica 3.1, la cual bien pudo haberse construido a partir de una sencilla función Cobb – Douglas.

Los *slacks* son fáciles de observar y corregir cuando es posible representar la FPP en un espacio bidimensional. No obstante, si se involucran varios productos e insumos para determinar la FPP, la identificación de los *slacks* se convierte en una tarea mucho más compleja. Dependiendo del método computacional de programación a emplear, existen distintas técnicas dentro del DEA para minimizar el problema de los *slacks*. Se abundará más al respecto cuando se introduzca el *software* seleccionado en el análisis del DEA.

Antes de abandonar este punto es necesario mencionar que algunos autores consideran a los *slacks* como el indicativo de la presencia de una clase de ineficiencia distinta a la ineficiencia técnica detectada por el análisis, y no necesariamente como una anomalía dentro del DEA (Ferrier y Lovell, 1990). Hasta ahora sólo se ha mencionado la eficiencia *técnica*, la cual se refiere a la capacidad de una UP de obtener la mayor producción posible dada una cantidad predeterminada de insumos (enfoque del producto), o de racionalizar el uso de sus recursos ante un objetivo de bienes y/o servicios a generar (enfoque del insumo).

A este concepto se podría agregar el de la eficiencia *asignativa*, el cual se relaciona con la habilidad de una UP de utilizar sus insumos en proporciones óptimas una vez observados sus respectivos niveles de precios. La eficiencia *asignativa*, generalmente asume un comportamiento minimizador de costos por parte de las UP's, con lo cual éstas deberán tomar en cuenta el precio de sus principales materias primas con el fin de alcanzar este objetivo. Por tanto, si para lograr la eficiencia *técnica* tan sólo es necesario alcanzar la FPP, para la eficiencia

²⁸ Debe tenerse en cuenta que para los propósitos de este trabajo se carece de la información necesaria (especialmente en materia de costos de operación) para construir una FPP a partir de métodos paramétricos

asignativa se requiere operar sobre un punto específico de dicha frontera; en este caso, aquel que garantice la minimización de costos.

Volviendo al ejemplo anterior, el exceso relativo en el consumo de x_2 por parte de la UP1, bien podría deberse a una deficiente utilización de este recurso ante su nivel de precios. Esto implicaría que el patrón de utilización de insumos de esta UP no sería el apropiado para alcanzar un objetivo de minimización de costos; de ahí que la reducción en el consumo de x_2 al pasar del punto 1' al 2 en la gráfica 3.2 podría interpretarse como la ganancia en eficiencia *asignativa* para la UP 1, por ajustar su mezcla de insumos a un patrón de minimización de costos.

El DEA también tiene la capacidad de discernir entre la eficiencia a *escala* y la *técnica*. Esto se consigue mediante dos análisis distintos de DEA sobre la misma muestra de datos. En el primero se lleva a cabo un DEA tradicional asumiendo rendimientos constantes a escala (RCE)²⁹; en el segundo se modifica el análisis para permitir la presencia de rendimientos variables a escala (RVE). Si ambos análisis conducen a resultados distintos, la diferencia entre ellos suele deberse a la presencia de ineficiencias a *escala* en una o varias UP's. Sin este procedimiento, las ineficiencias a *escala* y *técnica* llegarían a confundirse.

La eficiencia a *escala* debe entenderse como la divergencia entre la escala de producción óptima actual y la de largo plazo. Este equilibrio de largo plazo comúnmente se representa cuando la producción exhibe rendimientos constantes a escala, bajo condiciones de competencia perfecta. Si el presente patrón de producción de una UP coincide con el de su equilibrio competitivo de largo plazo, se puede decir que ésta es eficiente a *escala*. Por tanto, la ineficiencia a *escala* ocurre cuando una UP no opera a su escala óptima de largo plazo³⁰, ya sea porque se enfrenta a condiciones de competencia imperfecta, o debido a la presencia de factores externos (i.e. restricciones financieras), cuya influencia impide ampliar su capacidad productiva.

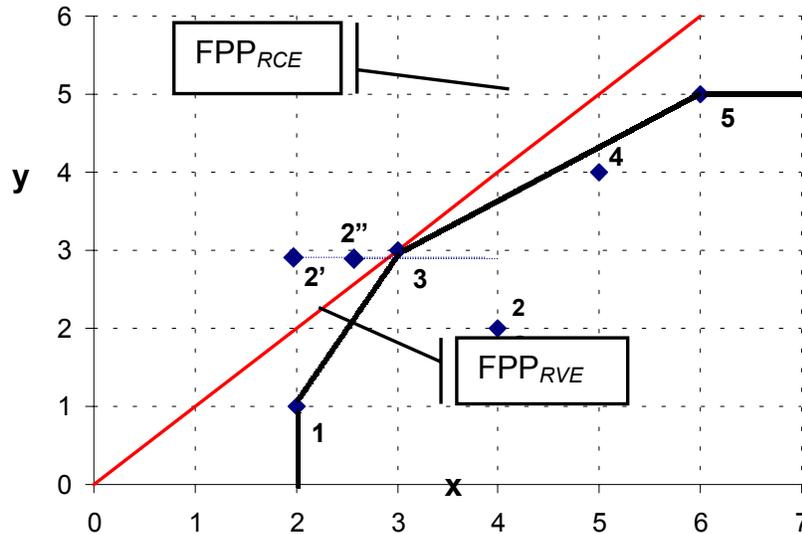
La gráfica 3.3 presenta un ejemplo de cómo el DEA identifica y distingue las ineficiencias a *escala* y *técnica*; refleja una situación donde cinco UP's elaboran solamente un producto (y) a partir de un solo insumo (x). Teniendo como punto de partida el patrón de consumo de x y de producción de y de estas UP's, se han construido dos fronteras eficientes de producción; una bajo el supuesto de RCE, y la otra asumiendo RVE³¹. La línea ascendente a 45° representa la FPP, bajo RCE

²⁹Los rendimientos constantes a escala se presentan cuando un incremento proporcional en los insumos utilizados ocasiona un crecimiento en la misma proporción en la producción. Los rendimientos crecientes (decrecientes) a escala se dan cuando un incremento proporcional en los insumos ocasiona un crecimiento más (menos) que proporcional en el (los) bien(es) producido(s)

³⁰Esta escala óptima de producción ocurre cuando la UP se encuentra operando en la parte horizontal de su curva de costos de largo plazo, una situación generalmente asociada a condiciones de competencia perfecta

³¹ En orden de introducir el supuesto de RVE en la programación del DEA, tan sólo es necesario incorporar la siguiente restricción a la expresión (1); $\sum \lambda_i = 1$

(FPP_{RCE}); mientras, la FPP en condiciones de RVE (FPP_{RVE}) está representada por la curva convexa formada a través de la unión de los puntos 1, 3 y 5.



Fuente: Coelli, Tim. "A Guide to DEAP, Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Program"

Gráfica 3.3
Ineficiencia técnica vs ineficiencia a escala

Cómo se puede apreciar, sólo el punto 3 yace sobre ambas fronteras; esto señala a la UP 3 como la única observación de la muestra capaz de conseguir tanto la eficiencia *a escala* como la *técnica*. El resto de las UP's pueden carecer de ambos tipos de eficiencia (UP 2 y UP 4), o solamente son técnicamente eficientes (UP 1 y UP 5). A continuación se desarrollará el caso de la UP 2 para ilustrar la medición y las diferencias entre la eficiencia *a escala* y la *técnica*.

En la gráfica 3.3 se aprecia cómo la UP 2 produce actualmente dos unidades de y utilizando cuatro unidades de x . Si se analiza la situación de esta UP desde el enfoque del insumo, es evidente la factibilidad de reducir considerablemente el consumo de x sin afectar el nivel de producción de y . La magnitud de la ineficiencia *técnica* de la UP 2 dependerá de la FPP utilizada como referencia para medir ésta. Si se emplea la FPP_{RCE} , el índice de eficiencia *técnica* (IET) de esta UP equivaldría al cociente conformado por los valores de x en los puntos 2' y 2 ($2/4$), lo cual arrojaría un IET de 0,5. Si se calcula el IET en relación con la FPP_{RVE} , el punto de referencia sería 2'' en lugar de 2'; el IET en este caso sería igual a 0,625 (resultado de dividir 2,5 unidades de x entre las cuatro actualmente consumidas).

Con base en los IET anteriormente calculados es posible diferenciar entre la eficiencia *a escala* y la eficiencia *técnica* “pura”. El grado de ineficiencia *técnica* de la UP 2 se mide directamente a través del valor del IET obtenido para la FPP_{RVE}, el cual se puede denominar como IET_{RVE}. La medición de la ineficiencia *a escala* puede ser abordada en dos formas: la primera opción es comparar los puntos de producción eficiente sobre ambas fronteras (2' y 2''), y calcular el cociente entre uno y otro. El resultado de esta operación (2/2,5 = 0,8), se denomina índice de eficiencia *a escala* (IEE)³².

La segunda opción es derivar el índice a partir de los dos IET obtenidos para cada FPP. Esto se consigue dividiendo el índice de eficiencia *técnica* de la FPP bajo RCE, al cual se identificará desde ahora como IET_{RCE}, entre el IET_{RVE}. Este cociente (0,5/0,625) arroja el mismo resultado de 0,8 para el IEE que el método de comparar los puntos de producción eficiente para la UP 2 en las dos FPP. Un sencillo procedimiento aritmético demuestra la equivalencia entre ambos:

$$IEE_{UP2} = \left(\frac{0,5}{0,625} \right) = \left(\frac{2/4}{2,5/4} \right) = \left(\frac{2}{2,5} \right) = 0,8 \quad (3)$$

De la expresión (3) se pueden obtener las siguientes relaciones de carácter general para derivar y diferenciar la eficiencia *a escala* de la *técnica*:

$$IEE = \frac{IET_{RCE}}{IET_{RVE}}$$

$$IET_{RCE} = IEE \times IET_{RVE} \quad (4)$$

$$IET_{RVE} = \frac{IET_{RCE}}{IEE}$$

³² Uno menos el valor de este índice (1-IEE) indica la reducción necesaria en el consumo de *x* para alcanzar la FPP_{RCE} a partir de la FPP_{RVE}. En este caso, si la UP 2 desea alcanzar la eficiencia *a escala* debe reducir en 20% su utilización de este recurso (i.e. utilizar dos unidades de *x* en lugar de 2,5)

En la segunda ecuación de la expresión 4, la eficiencia *técnica* bajo condiciones de RCE (IET_{RCE}), se descompone en dos elementos; el primero captura el efecto de la eficiencia *a escala* (IEE) y el segundo refleja la eficiencia *técnica* “pura” (IET_{RVE}). A este índice, también se le suele denominar *índice de eficiencia total* ya que es el resultado conjunto de medir la eficiencia *a escala* y la eficiencia *técnica* en condiciones de RVE.³³ Por último, con base a las formulaciones presentadas en la expresión 4, es posible estimar la eficiencia *a escala* y *técnica* del resto de las UP's en la gráfica 3.3. Los cálculos se muestran en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3
Ejemplo de distintos índices de eficiencia resueltos,
utilizando el enfoque del insumo

| UP | IET_{RCS} | IET_{RVS} | IEE |
|-----------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 0,500 | 1,000 | 0,500 |
| 2 | 0,500 | 0,625 | 0,800 |
| 3 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 4 | 0,800 | 0,900 | 0,889 |
| 5 | 0,833 | 1,000 | 0,833 |
| Promedio | 0,727 | 0,905 | 0,804 |

Fuente: Coelli, Tim. “A Guide to DEAP, Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Program”

Como se mencionó al principio de esta sección, uno de los principales atractivos de recurrir al DEA es su capacidad de medir, sin necesidad de un elevado nivel de información, cambios en el patrón de eficiencia y productividad de una UP a lo largo del tiempo. Al finalizar este capítulo se procederá a detallar los mecanismos empleados por el DEA para analizar el desempeño de una serie de UP's a través de los años.

La técnica empleada para estimar las variaciones en la productividad de un conjunto de UP's durante un periodo es conocida como el índice de Malmquist (índice M), mismo que combina el resultado de más de un DEA para construir fronteras de posibilidades de producción con distintos horizontes temporales, su expresión matemática es la siguiente:

³³ La denominación del IET_{RCE} como índice de eficiencia total debe de analizarse desde una óptica de un equilibrio competitivo de largo plazo, en donde una UP buscará alcanzar la FPP_{RCE} . En el corto plazo es preferible medir el grado de eficiencia de una UP con respecto a la FPP_{RVE} , e interpretar la ineficiencia *a escala* en relación con un objetivo de producción de largo plazo

$$M(y_{t+1}, x_{t+1}, y_t, x_t) = \left[\left(\frac{D^t(x_t, y_t)}{D^t(x_{t+1}, y_{t+1})} \right) \left(\frac{D^{t+1}(x_t, y_t)}{D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

La expresión 5 representa el cambio en la productividad del punto de producción (x_{t+1}, y_{t+1}) con respecto al punto de producción (x_t, y_t) . Un resultado mayor o menor a la unidad del índice M indicaría un incremento o decremento respectivamente en la productividad entre el periodo $t + 1$ y el t . Como se puede apreciar, el índice M está integrado por dos cocientes, los cuales a su vez se componen de cuatro tipos distintos de DEA, cada uno de ellos representan funciones de distancia con respecto a una frontera eficiente en un periodo de tiempo determinado.

En el periodo t esta frontera se denomina FPP_t , mientras la frontera del periodo $t + 1$ a su vez se identifica como FPP_{t+1} . Los límites de estas FPP se definen por el entorno tecnológico prevaleciente en cada horizonte temporal. Este último punto se refleja en el índice M a través de sus dos cocientes. El cociente dentro del paréntesis del lado izquierdo emplea la tecnología de la FPP_t para comparar los puntos de producción prevalecientes en t y $t + 1$. Por su parte, el cociente del paréntesis derecho utiliza como referencia la tecnología de la FPP_{t+1} , para medir las diferencias entre (x_t, y_t) y (x_{t+1}, y_{t+1}) .

Uno de los atributos más importantes del índice M , es su capacidad para desagregar las variaciones en la productividad entre el cambio tecnológico de un periodo a otro, (i.e. el crecimiento de la FPP_{t+1} en relación con la FPP_t), y la ganancia o pérdida en el nivel de eficiencia de cada UP a lo largo del periodo analizado.

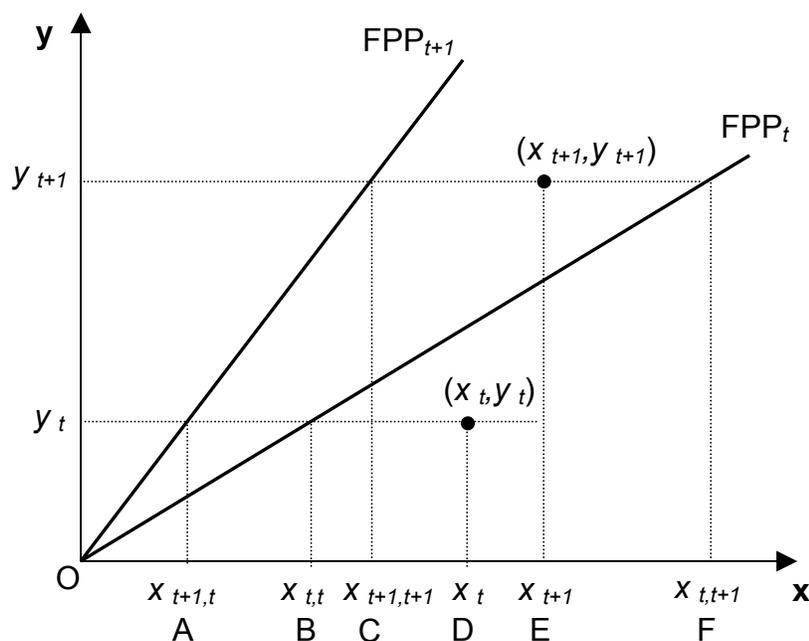
Después de reordenar y despejar los términos de la expresión 5 es posible identificar y diferenciar el elemento tecnológico del índice M de su componente de eficiencia. Como resultado de este procedimiento se obtiene la expresión:

$$M(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \frac{D^t(x_t, y_t)}{D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})} \left[\left(\frac{D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^t(x_{t+1}, y_{t+1})} \right) \left(\frac{D^{t+1}(x_t, y_t)}{D^t(x_t, y_t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

El primer componente de la ecuación 6 es un cociente situado al lado izquierdo cuyo resultado refleja el cambio en la eficiencia relativa entre los periodos $t + 1$ y t para cada UP analizada en ese lapso de tiempo. El segundo elemento es la raíz cuadrada de la multiplicación de los dos cocientes enmarcados en los paréntesis al lado derecho. Esta última operación puede interpretarse como una media geométrica de ambos cocientes. El valor de esta media geométrica representa el

efecto en la productividad del desarrollo tecnológico conseguido entre $t + 1$ y t . A continuación se presenta un ejemplo gráfico con el fin de ilustrar el funcionamiento del índice M .

La gráfica 3.4 contiene una situación donde una UP provee un bien o servicio y , durante el lapso comprendido entre t y $t + 1$, a partir de la utilización del recurso x . El horizonte temporal de producción se delimita por la FPP_t y la FPP_{t+1} , representadas en la gráfica por dos líneas cuyo origen es el punto O . Estas fronteras eficientes reflejan distintos grados de desarrollo tecnológico para t y $t + 1$.



Fuente: Cantos, P., Pastor, J. y L. Serrano, "Productivity, efficiency and technical change in the European railways: A non-parametric approach"

Gráfica 3.4

Ilustración del funcionamiento del índice M desde el enfoque del insumo

En este ejemplo en particular, el índice M se emplea desde el enfoque del insumo con el fin de evaluar la utilización de x en la obtención de y durante los periodos t y $t + 1$. El desarrollo requiere comparar los distintos puntos representados sobre el eje de las abscisas (A,B,...,F). El punto **D** ilustra el patrón de producción prevaleciente en el periodo t (x_t, y_t). Como se puede apreciar este punto no es eficiente, ya que se podría generar la misma cantidad de y a partir de un menor consumo de x . El patrón de producción eficiente para el periodo t estaría dado por el punto **B**, ($x_{t,t}, y_t$). El índice de eficiencia (IE) en este caso, lo proporcionaría el cociente entre las distancias OB y OD (OB/OD), lo cual sería equivalente a dividir

$x_{t,t}$ entre x_t . En el periodo $t + 1$, la UP bajo análisis está produciendo en el punto **E** (x_{t+1}, y_{t+1}). No obstante, el patrón de producción nuevamente es ineficiente por lo que si se desea conseguir la eficiencia productiva en $t + 1$, sería necesario reducir el empleo del recurso x de x_{t+1} a $x_{t+1,t+1}$. Esto representaría alcanzar el punto **C** ($x_{t+1,t+1}, y_{t+1}$), situado sobre la FPP $_{t+1}$. Dado lo anterior, el IE en el periodo $t + 1$ sería igual al resultado del cociente: $OC/OE = x_{t+1,t+1} / x_{t+1}$.

Las funciones de distancia necesaria para estimar el primer componente del índice M mostrado en la ecuación 6 son equivalentes a la inversa de los dos IE calculados. Esta equivalencia se muestra a continuación en la expresión 7³⁴:

$$(7a) \frac{OB/OD}{OC/OE} = \frac{[D^t(x_t, y_t)]^{-1}}{[D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1}} \quad \therefore \quad (7b) \frac{OD/OB}{OE/OC} = \frac{D^t(x_t, y_t)}{D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}$$

Donde :

$$\begin{aligned} [D^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \min_{\theta\lambda} \theta_t & [D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \min_{\theta\lambda} \theta_{t+1} & (7) \\ \text{sujeto a } -y_{i,t} + Y_t\lambda &\geq 0 & \text{sujeto a } -y_{i,t+1} + Y_{t+1}\lambda &\geq 0 \\ \theta_t x_{i,t} - X_t\lambda &\geq 0 & \theta_{t+1} x_{i,t+1} - X_{t+1}\lambda &\geq 0 \\ \lambda &\geq 0 & \lambda &\geq 0 \\ i &= 1, \dots, N & i &= 1, \dots, N \end{aligned}$$

Como se puede apreciar, el primer componente del índice M es equivalente a la ecuación 7b dentro de la expresión 7. El resultado del cociente representado por la ecuación 7b proporciona directamente el cambio en la eficiencia relativa de un periodo a otro. Si la UP bajo análisis mejora su nivel de eficiencia en $t + 1$ con respecto al periodo t (i.e. si la UP está más cerca de alcanzar o se encuentra sobre la FPP en $(t + 1)$), el resultado de 7b será mayor a la unidad. Por el contrario, si la UP redujo su eficiencia relativa en relación con el periodo anterior (i.e. si comparativamente se alejó más de la FPP en $(t + 1)$), el valor final de 7b será menor a la unidad.

La expresión 7b sólo tomará el valor *uno* cuando no se presente variación en el grado de eficiencia operativa de un periodo a otro ($OD/OB = OE/OC$, o $\theta_t = \theta_{t+1}$). En este último caso, el cambio en la productividad se deberá únicamente al

³⁴ Los DEA representados en la expresión 7 ilustran el caso general para N UP's. En el ejemplo desarrollado a partir de la gráfica 3.4, N es igual a la unidad

desarrollo o retroceso tecnológico acontecido entre t y $t + 1$ (i.e. a la magnitud del desplazamiento entre FPP_{t+1} y FPP_t).

Para construir el segundo componente del índice M es necesario definir patrones de producción con respecto a tecnologías pertenecientes a diferentes periodos. Por ejemplo, si en la gráfica 3.4 se deseara lograr una cantidad equivalente a y_{t+1} con la tecnología prevaleciente en el periodo t sería necesario incrementar el consumo del recurso x hasta alcanzar el punto $F(x_{t,t+1}, y_{t+1})$, situado sobre la FPP_t .

Sin embargo, gracias al progreso tecnológico entre t y $t + 1$ en este último periodo es posible obtener el mismo monto del bien y (y_{t+1}) a partir de un menor empleo del insumo x . Esto permite a la UP representada en el gráfico alcanzar el punto $E(x_{t+1}, y_{t+1})$ cuando traslada su horizonte de producción de t a $t + 1$.

El ahorro en el consumo de x ocasionado por este cambio tecnológico se refleja en el valor del cociente $OE/OF = x_{t+1}/x_{t,t+1}$. El resultado de esta división equivale a la función de distancia $D^t(x_{t+1}, y_{t+1})$ ³⁵. Como se puede apreciar en la ecuación 6, esta función de distancia es el denominador del primer cociente del componente tecnológico del índice M .

Para completar la definición del componente tecnológico del índice M es necesario utilizar la tecnología prevaleciente en $t + 1$ para identificar un patrón de producción en el periodo t . Lo anterior estaría representado en la gráfica 3.4 por el punto $A(x_t, y_{t+1,t})$ sobre la FPP_{t+1} , reflejando el ahorro potencial en el consumo del insumo x si la tecnología de producción imperante en $t + 1$ estuviera disponible en el periodo t .

Si la UP bajo análisis pudiera acceder a la tecnología de $t + 1$ en el periodo t , estaría en posibilidad de trasladar su actual patrón de producción del punto $D(x_t, y_t)$, al punto A . Esto le permitiría reducir considerablemente su grado de utilización del recurso x (al pasar de x_t a $x_{t+1,t}$) manteniendo el mismo nivel de producción del bien y (y_t). La ganancia potencial para la UP de realizar tal movimiento estaría dada por el resultado de la división de $x_{t+1,t}$ entre x_t , el cual equivale al valor del cociente OA/OD .

³⁵ Para resolver esta función de distancia con respecto al caso de N UP's, es necesario expresarla en términos de su inversa y solucionarla con el método del DEA:

$$\begin{aligned} [D^t(x_{t+1}, y_{t+1})]^{-1} &= \min_{\theta, \lambda} \theta_{t,t+1} \\ \text{sujeto a} \quad & -y_{i,t+1} + Y_t \lambda \geq 0 \\ & \theta_{t,t+1} x_{i,t+1} - X_t \lambda \geq 0 \\ & \lambda \geq 0 \\ & i = 1, \dots, N \end{aligned}$$

El cociente OA/OD corresponde, a su vez, a la función de distancia $D^{t+1}(x_t, y_t)^{36}$. Como se puede observar en la ecuación 6, esta función de distancia es el numerador del segundo cociente dentro del componente tecnológico del índice M . Tras haber definido anteriormente las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned}
 (8a) \quad \frac{OD}{OB} &= D^t(x_t, y_t) & (8b) \quad \frac{OE}{OC} &= D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1}) \\
 (8c) \quad \frac{OE}{OF} &= D^t(x_{t+1}, y_{t+1}) & (8d) \quad \frac{OA}{OD} &= D^t(x_t, y_t)
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

Es posible expresar el componente tecnológico del índice M , presentado en la ecuación 6, en la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 \left[\left(\frac{D^{t+1}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D^t(x_{t+1}, y_{t+1})} \right) \left(\frac{D^{t+1}(x_t, y_t)}{D^t(x_t, y_t)} \right) \right]^{\frac{1}{2}} &= \left[\left(\frac{OE/OC}{OE/OF} \right) \left(\frac{OD/OA}{OD/OB} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \\
 &= \left[\left(\frac{OF}{OC} \right) \left(\frac{OB}{OA} \right) \right]^{\frac{1}{2}}
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

En la expresión 9 el componente tecnológico del índice M se reduce a la raíz cuadrada de la multiplicación de los cocientes OF/OC y OB/OA. Las distancias representadas por estos cocientes en la gráfica 3.4 reflejan directamente la magnitud del desplazamiento de la frontera de posibilidades de producción entre un periodo y el siguiente.

³⁶ Para resolver esta función de distancia con respecto al caso de N UP's, es necesario expresarla en términos de su inversa, y solucionarla con el método del DEA:

$$\begin{aligned}
 [D^{t+1}(x_t, y_t)]^{-1} &= \min_{\theta, \lambda} \theta_{t+1,t} \\
 \text{sujeto a} \quad &-y_{i,t} + Y_t \lambda \geq 0 \\
 &\theta_{t+1,t} x_{i,t} - X_t \lambda \geq 0 \\
 &\lambda \geq 0 \\
 &i = 1, \dots, N
 \end{aligned}$$

El valor del cociente OF/OC mide el efecto del cambio tecnológico en la producción óptima de y_{t+1} . En el periodo t , la producción eficiente de esta cantidad del bien y se representa con el punto $F(x_{t,t+1}, y_{t+1})$, sobre la FPP $_t$. Sin embargo, en el periodo $t + 1$ el progreso tecnológico hace posible la producción óptima de y_{t+1} a partir de un menor empleo del insumo x . Este nuevo patrón eficiente de producción se representa con el punto $C, (x_{t+1,t+1}, y_{t+1})$, sobre la FPP $_{t+1}$. El cociente OB/OA refleja una situación similar con respecto al punto de producción óptimo de y_t .

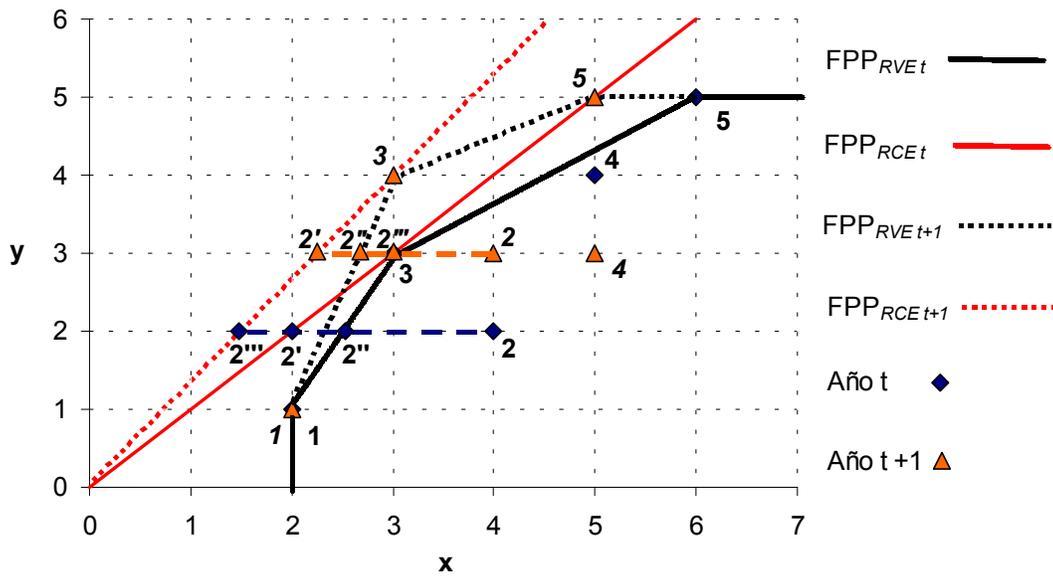
La multiplicación de los cocientes OF/OC y OB/OA proporciona el efecto combinado del cambio tecnológico en la producción óptima de y_t y y_{t+1} . Al calcular la raíz cuadrada de esta multiplicación se obtiene su media geométrica³⁷, la cual mide el impacto promedio de la conjunción de ambos efectos, dando como resultado la magnitud del desplazamiento de la FPP entre t y $t + 1$. Si el valor de la media geométrica es mayor a la unidad, se ha experimentado progreso tecnológico durante el lapso analizado, si por el contrario, este valor es menor a la unidad se presenta un retroceso tecnológico. Esta media sólo tomará el valor *uno*, cuando la frontera de producción eficiente no haya variado entre un periodo y el siguiente (i.e. FPP $_t =$ FPP $_{t+1}$). En este último caso, el valor del índice M se determina exclusivamente por el cambio en la eficiencia relativa entre t y $t + 1$.

Una vez definido tanto el componente de eficiencia relativa como el elemento de cambio tecnológico del índice M , es posible reescribir éste en función de lo presentado en las expresiones 7 y 9:

$$M(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \underbrace{\left[\frac{(OD/OB)}{(OE/OC)} \right]}_{\text{Cambio en la eficiencia relativa}} \underbrace{\left[\left(\frac{OF}{OC} \right) \left(\frac{OB}{OA} \right) \right]^{1/2}}_{\text{Cambio tecnológico}} \quad (10)$$

La expresión 10 se aplicó para resolver un ejercicio numérico, el cual se ilustra a través de la gráfica 3.5:

³⁷ Esta media geométrica se convierte en una media móvil cuando en el desarrollo, el índice M se ve involucrado en más de dos periodos ($t, t+1, t+2, \dots, T$)



Fuente: Coelli, Tim. "A Guide to DEAP, Version 2.1: A Data Envelopment Analysis Program"

Gráfica 3.5
Ejemplo numérico del índice M

La gráfica 3.5 refleja la misma situación presentada en la gráfica 3.3. No obstante, en este nuevo esquema se ha añadido un periodo adicional denominado como $t + 1$. El progreso tecnológico en el año transcurrido entre t y $t + 1$ se refleja en una expansión tanto de la frontera, bajo rendimientos constantes a escala (al pasar de $FPP_{RCE t}$ a $FPP_{RCE t+1}$) como de la frontera que exhibe rendimientos variables a escala (al trasladarse de $FPP_{RVE t}$ a $FPP_{RVE t+1}$). Como en el caso de la gráfica 3.3, nuevamente se analizará el desempeño de la UP 2 para desarrollar el ejemplo numérico del índice M a partir de la gráfica 3.5.

El primer componente del índice M , representado en la ecuación 10 por el cociente $[(OD/OB)/(OE/OC)]$, mide el cambio en la eficiencia relativa entre un periodo y el siguiente. Construir este indicador para la UP 2 implicaría comparar su patrón de producción en t y $t + 1$ con respecto a sus correspondientes puntos de producción eficiente sobre la $FPP_{RCE t}$ y la $FPP_{RCE t+1}$. En el periodo t equivaldría al cociente conformado por los valores de x en los puntos 2 y 2' ($4/2$); mientras que en el periodo $t + 1$ lo anterior sería dado por el resultado de dividir las cuatro unidades de x consumidas en el punto 2 entre las 2,25 unidades representadas por el punto 2'. A partir del resultado de estos dos cocientes se puede obtener la variación en la eficiencia relativa entre t y $t + 1$ de acuerdo con lo indicado en la ecuación 10.

$$\underbrace{\left[\frac{(OD/OB)}{(OE/OC)} \right]}_{\text{Cambio en la eficiencia relativa}} = \left[\frac{(2/2')}{(2/2')} \right] = \left[\frac{(4/2)}{(4/2,25)} \right] = 1,125 \quad (11)$$

La expresión 11 indica un incremento en términos porcentuales de 12,5%³⁸ en la eficiencia relativa de la UP 2 en el año transcurrido entre t y $t + 1$. Lo anterior se confirma al comparar los índices de eficiencia total³⁹ de esta UP en t y $t + 1$. El valor del índice de eficiencia total en el periodo t (IE_t) es de 0,50 (2/4). Mientras en $t + 1$, aumenta a 0,5625 (2,25/4). Al dividir IE_{t+1} entre IE_t se obtiene el mismo resultado de la ecuación 11, 1,125. Lo anterior señala como en $t + 1$ la UP 2 está más cerca de su frontera eficiente de producción de lo que estaba en el periodo t .

El incremento en la eficiencia relativa de la UP 2 tiene dos componentes; uno, con respecto a la variación en el grado de su eficiencia *técnica*, y otro, con relación al cambio en su nivel de eficiencia *a escala*. Como se menciona en el ejemplo de la gráfica 3.3 la eficiencia *técnica* se mide con respecto a la frontera eficiente, bajo rendimientos variables a escala. En la gráfica 3.5 esto correspondería a la FPP_{RVE_t} y a la $FPP_{RVE_{t+1}}$. Para el periodo t , el índice de eficiencia *técnica* (IET_t) es igual al cociente que resulta de dividir las 2,5 unidades de x consumidas en el punto 2'', situado sobre la FPP_{RVE_t} , entre las cuatro unidades de este insumo utilizadas en el punto 2, cuyo valor es 0,625.

En el año $t + 1$, el índice de eficiencia *técnica* (IET_{t+1}) se construye a partir del cociente formado por los valores de x en los puntos 2'' y 2 (2,667/4), lo cual arroja un IET_{t+1} de 0,667. Como se puede apreciar, la eficiencia *técnica* de la UP 2 ha mejorado entre t y $t + 1$ (i.e. $IET_{t+1} > IET_t$). Para obtener el cambio en la eficiencia *técnica* entre un periodo y el siguiente, es necesario comparar el valor de la inversa de cada IET, como se ilustra a continuación:

$$\underbrace{\left[\frac{(IET_t)^{-1}}{(IET_{t+1})^{-1}} \right]}_{\text{Cambio en la eficiencia técnica}} = \left[\frac{(2/2'')}{(2/2'')} \right] = \left[\frac{(4/2,5)}{(4/2,667)} \right] = 1,0667 \quad (12)$$

³⁸ $[(1,125-1)*100] = 12,5\%$

³⁹ La inversa de los cocientes calculados en (11)

La expresión 12 señala una variación positiva de 6,67% en la eficiencia *técnica* de la UP 2 durante el año transcurrido entre t y $t + 1$. Con respecto al cambio en la eficiencia *a escala*, este se obtiene comparando los puntos de producción óptima en la $FPP_{RVE\ t}$ y la $FPP_{RVE\ t+1}$ con los prevalecientes en la $FPP_{RCE\ t}$ y la $FPP_{RCE\ t+1}$, respectivamente. Así en el año t , el índice de eficiencia *a escala* (IEE_t) se da por el cociente de los valores de x en los puntos 2' y 2'' (2/2,5). El valor de este cociente arroja un IEE_t igual a 0,80. Para el periodo $t + 1$, el índice de eficiencia *a escala* (IEE_{t+1}) es resultado de dividir las 2,25 unidades del recurso x utilizadas en el punto 2' entre las 2,667 unidades de este insumo empleadas en el punto 2''. Esta operación produce un IEE_{t+1} con valor de 0,844. Como en el caso de la eficiencia *técnica*, la UP 2 mejora su nivel de eficiencia *a escala* al pasar de un IEE de 0,80 a uno de 0,844 al año siguiente. Finalmente, para obtener el cambio en la eficiencia *a escala* entre t y $t + 1$, se divide la inversa del IEE_t entre la inversa del IEE_{t+1} , tal y como se muestra en la ecuación 13.

$$\underbrace{\left[\frac{(IEE_t)^{-1}}{(IEE_{t+1})^{-1}} \right]}_{\text{Cambio en la eficiencia a escala}} = \left[\frac{(2''/2')}{(2''/2')} \right] = \left[\frac{(2,5/2)}{(2,667/2,25)} \right] = 1,0547 \quad (13)$$

Como lo indica la expresión 13, el grado de eficiencia *a escala* de la UP 2 se incrementó 5,47% entre t y $t + 1$. A partir de lo visto anteriormente es posible reescribir la expresión 11 para expresar el cambio en la eficiencia relativa de esta UP en términos de la variación de sus niveles de eficiencia *a escala* y *técnica*. En la expresión 14 se muestra esta descomposición del componente de eficiencia relativa del índice M para la UP 2.

$$\underbrace{\left[\frac{(IE_t)^{-1}}{(IE_{t+1})^{-1}} \right]}_{\text{Cambio en la eficiencia relativa}} = \underbrace{\left[\frac{(IET_t)^{-1}}{(IET_{t+1})^{-1}} \right]}_{\text{Cambio en la eficiencia técnica}} \underbrace{\left[\frac{(IEE_t)^{-1}}{(IEE_{t+1})^{-1}} \right]}_{\text{Cambio en la eficiencia a escala}} = (1,0667)(1,0547) = 1,125 \quad (14)$$

Una vez calculado el primer componente del índice M para la UP 2, se procederá a obtener el cambio tecnológico de esta UP conforme a lo establecido en la ecuación 10. Para entender este cambio a partir de la gráfica 3.5, es necesario

medir el desplazamiento de la FPP, bajo rendimientos constantes a escala⁴⁰ en el año transcurrido entre t y $t + 1$. Lo anterior se consigue comparando los puntos de producción óptimos sobre la $FPP_{RCE t}$ y la $FPP_{RCE t+1}$. El punto 2', sobre la $FPP_{RCE t}$, refleja la producción eficiente de dos unidades del bien y a partir de la utilización de dos unidades del insumo x . No obstante, gracias al progreso tecnológico entre t y $t + 1$, en este último periodo es posible obtener la misma cantidad del bien y consumiendo menos del recurso x . Esta situación se presenta en el punto 2''', sobre la $FPP_{RCE t+1}$, donde se producen dos unidades de y empleando solamente 1,5 unidades de x . El cociente entre los puntos 2' y 2'''⁴¹ representa el primer componente del cambio tecnológico acontecido en el año transcurrido entre t y $t + 1$ para la UP 2.

El segundo componente esta conformado por el cociente entre los puntos 2''' y 2'⁴². El punto 2''', sobre la $FPP_{RCE t}$, representa la producción óptima de tres unidades del bien y en el periodo t , mientras el punto 2', sobre la $FPP_{RCE t+1}$, señala la cantidad del insumo x necesaria para producir eficientemente esas mismas tres unidades del bien y en el año $t + 1$.

Como se puede apreciar en la gráfica 3.5, la tecnología permite reducir el recurso x de tres unidades en el punto 2''' a sólo 2,25 unidades en el punto 2'. La combinación de los dos anteriores cocientes permite calcular el componente tecnológico del índice M para la UP 2, como se muestra a continuación.

$$\underbrace{\left[\left(\frac{OF}{OC} \right) \left(\frac{OB}{OA} \right) \right]^{1/2}}_{\text{Cambio tecnológico}} = \left[\left(\frac{2'''}{2'} \right) \left(\frac{2'}{2'''} \right) \right]^{1/2} = \left[\left(\frac{3}{2,25} \right) \left(\frac{2}{1,5} \right) \right]^{1/2} = 1,333 \quad (15)$$

La expresión 15 muestra una expansión tecnológica de 33,3% en el año transcurrido entre t y $t + 1$ ⁴³. Una vez establecidos los dos componentes del índice M , se procederá a estimar el cambio en la productividad total de la UP 2,

⁴⁰ Para medir el cambio tecnológico entre un periodo y el siguiente, generalmente se utiliza la FPP_{RCE} en lugar de la FPP_{RVE} debido a que la primera refleja la producción óptima de largo plazo. Es decir, aún cuando el efecto tecnológico también desplace a la FPP_{RVE} , las UP's bajo análisis, en la mayoría de los casos, estarán en condiciones de mejorar su grado de eficiencia al trasladarse de un punto de producción sobre la FPP_{RVE} a uno sobre la FPP_{RCE}

⁴¹ El equivalente al cociente (OB/OA) de la ecuación 10

⁴² El equivalente al cociente (OF/OC) de la ecuación 10

⁴³ Esta expansión tecnológica tiene el mismo efecto sobre todas las UP's de la gráfica 3.5. Debido a que todas se benefician por igual del progreso tecnológico entre t y $t + 1$, y pueden aprovecharlo en la misma proporción para mejorar sus procesos productivos (i.e. no existe un monopolio sobre las ganancias tecnológicas)

sustituyendo los valores encontrados en (11) y (15) en la ecuación 10. Este procedimiento se presenta en la expresión 16.

$$M(x_{t+1}, y_{t+1}, x_t, y_t) = \underbrace{\left[\frac{(OD/OB)}{(OE/OC)} \right]}_{\text{Cambio en la eficiencia relativa}} \underbrace{\left[\left(\frac{OF}{OC} \right) \left(\frac{OB}{OA} \right) \right]^{1/2}}_{\text{Cambio tecnológico}} = \underbrace{(1,125)}_{\text{Cambio en la eficiencia relativa}} * \underbrace{(1,333)}_{\text{Cambio tecnológico}} = 1,50 \quad (16)$$

El resultado de (16) indica un incremento de 50% en la productividad total (o PTF) de la UP 2 en el periodo transcurrido entre t y $t + 1$. Como se puede apreciar, la mayor parte del crecimiento en la PTF se debe al cambio tecnológico, es decir a la expansión en las posibilidades de producción de las UP's representadas en la gráfica 3.5. Una menor proporción del aumento en la PTF de la UP 2 se puede acreditar a una mejora interna en sus procesos productivos, lo cual se refleja en un mayor grado de eficiencia para esta UP.

Tras haber delineado y explicado los principales fundamentos detrás de la metodología seleccionada en el trabajo, en la próxima sección se procederá a aplicar ésta para medir la PTF del ferrocarril y el autotransporte en los últimos años.

3.2 Medición de la productividad

La gráfica 3.6 presenta el resultado de calcular el índice M para el autotransporte y el ferrocarril a través del software estadístico DEAP 2.1⁴⁴. Este programa fue desarrollado originalmente en 1996 por el profesor Tim Coelln, del Centro para el Análisis de la Productividad y la Eficiencia (CEPA por sus siglas en inglés)⁴⁵, adscrito en aquella época a la Universidad de NuEva Inglaterra en Australia.

Este software es de libre distribución y se considera uno de los mejores paquetes estadísticos para análisis de eficiencia y productividad. El DEAP 2.1 es capaz de medir y distinguir entre la eficiencia a escala y la técnica, y de realizar el análisis de productividad desde el enfoque del insumo o del producto, según las necesidades del usuario. Además, mediante una técnica iterativa minimiza el problema de los *sdacks* que se suele presentar al momento de calcular índices de

⁴⁴ Las variables empleadas como insumos para la elaboración del índice M para cada modo de transporte se presentan en el cuadro A.1 del Anexo

⁴⁵ Este Centro se localiza actualmente en la Universidad de Queensland en Australia:
<http://www.uq.edu.au/economics/cepa/index.htm>

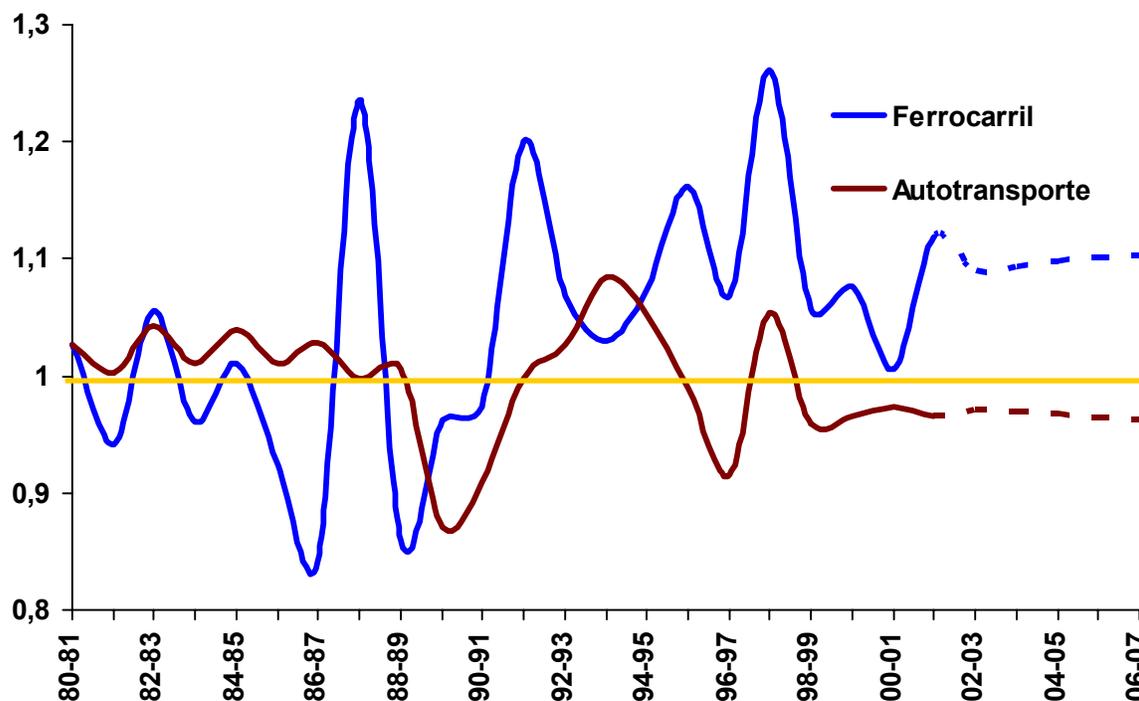
eficiencia mediante el análisis envolvente de datos, como se vio en la parte metodológica de este apartado.

En la gráfica 3.6 el índice M se calculó con respecto al enfoque del insumo para ambos modos de transporte, buscando minimizar, el número de *inputs* necesarios para transportar una cantidad dada de t-km. El índice M graficado se interpreta directamente como el cambio en la PTF en un periodo con respecto al anterior. Este cambio se representa en la gráfica 3.6: cualquier punto por arriba (debajo) de la unidad, remarcada por una línea horizontal, representa una tasa de crecimiento positiva (negativa) en la PTF con respecto al periodo anterior. Como se puede apreciar, el cambio en la PTF de ambos modos de transporte ha sido muy diferente en los últimos años.

Mientras el ferrocarril ha experimentado tasas de crecimiento positivas (aunque volátiles) en su productividad desde principios de la década de los noventa, el autotransporte ha mantenido un comportamiento irregular en esos mismos años, con breves periodos de incrementos positivos en su productividad seguidos por lapsos de reducción pronunciados en la tasa de cambio de su PTF.

La gráfica 3.6 también incluye una proyección lineal del crecimiento de la PTF de ambos modos de transporte hasta el 2007 (representada por dos líneas discontinuas a partir del periodo 2001 – 2002). Este pronóstico se basa en una ecuación de tendencia del comportamiento histórico de la tasa de crecimiento de la PTF del ferrocarril y el autotransporte en los últimos años⁴⁶.

⁴⁶ La ecuación de tendencia para el ferrocarril es: $y_i = 0,0034x_i + 0,9775$. Mientras que la ecuación del autotransporte es $y_i = -0,0021x_i + 1,0211$. En ambos casos $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N$



Fuente: Elaboración propia con datos de la DGTTfM, DGAF y el IMT

Gráfica 3.6
Cambio en la PTF del ferrocarril y el autotransporte (1980 – 2007)

Los valores obtenidos con estas proyecciones pueden interpretarse como el crecimiento probable de la PTF de ambos modos de transporte en caso de que no hubiera alteraciones significativas en el medio ambiente de operación, ni en las prácticas internas administrativas del ferrocarril y el autotransporte en los próximos años. Como se puede observar en la gráfica 3.6, bajo este escenario de *status quo* el ferrocarril mantendría una tasa de crecimiento de su PTF de aproximadamente 10% en el futuro inmediato (equivalente a un valor de 1,10 en la gráfica); mientras que el autotransporte presentaría decrementos en su productividad de alrededor de -3% hasta el 2007 (equivalente a un valor de 0,97 en el gráfico).

En conclusión, de continuar las inercias actuales prevalecientes en ambos modos de transporte, el ferrocarril continuaría eliminando ineficiencias e incrementando su productividad en los próximos años; en tanto que el autotransporte mantendría un pobre desempeño en su PTF, cuando menos en el futuro previsible. Sin embargo, es necesario tener presente que cualquier variación en el *status quo* actual, como es la incorporación de tecnologías revolucionarias o un incremento abrupto en el precio de cualquier insumo, podría alterar significativamente estas

predicciones tendenciales de crecimiento en la PTF para ambos modos de transporte.

3.3 Descomposición de la productividad

Cómo se mencionó, los resultados de aplicar una metodología como la del índice *M* no permite analizar cuáles son las verdaderas causas detrás de las variaciones en la PTF.

Con el fin de superar la limitante del índice *M* se llevó a cabo un análisis de descomposición de éste a través del método de regresión lineal con datos de panel. La metodología consiste en conjuntar los valores del índice *M* para el autotransporte y el ferrocarril, y obtener sus regresiones con respecto a un grupo de variables explicativas o independientes. Esto por un lado, permite solventar el número limitado de observaciones que se cuenta para cada modo de transporte por separado⁴⁷, y por el otro, analizar el efecto de cada variable explicativa en la evolución reciente de la PTF tanto en el ferrocarril como en el autotransporte. Para ello se empleó la técnica de regresión conocida como “SUR” por sus siglas en inglés (Seemingly Unrelated Regression) a fin de estimar los parámetros de las variables independientes; esta técnica permite obtener coeficientes consistentes para un sistema de ecuaciones como el conformado por los datos de panel utilizados.

Como variables explicativas de este panel de datos se empleó una serie de medidas de productividad relacionadas únicamente con un insumo de producción, esto con el objeto de conocer la participación de cada índice individual de productividad en el crecimiento global de la PTF para cada modo de transporte en el periodo analizado (1980 – 2002). Los resultados de este ejercicio de regresión lineal con datos de panel se presentan en el cuadro 3.4.

Los indicadores de productividad individual utilizados en el cuadro 3.4 se introducen en el análisis de regresión tomando el logaritmo natural de los valores observados de éstos, con el fin de obtener directamente a través del coeficiente estimado la elasticidad de cada una de las medidas de productividad parcial con respecto a la PTF⁴⁸.

⁴⁷ Para cada modo de transporte se estimaron 21 índices *M* desde el periodo 1980 – 81 hasta 2001 – 02

⁴⁸ Esta elasticidad se define como la variación porcentual experimentada en la PTF al variar en 1% la tasa de cambio de uno de los índices de productividad parcial presentados en el cuadro 3.4, manteniendo constante el resto de ellos

Cuadro 3.4
Análisis de descomposición de la PTF para cada modo de transporte

| | | | | |
|---|---------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| Variables dependiente: | Log(PTF) | | | |
| Número de observaciones en el panel: | 44 | | | |
| Variable | Coefficiente | Error estándar | Estadístico t | Probabilidad |
| Log(productividad laboral ferrocarril) | 0,29967 | 0,02742 | 10,92830 | 0,00000 |
| Log(productividad laboral autotransporte) | -0,02266 | 0,09082 | -0,24956 | 0,80435 |
| Log(productividad equipo ferrocarril) | 0,37192 | 0,04332 | 8,58554 | 0,00000 |
| Log(productividad equipo autotransporte) | 0,37660 | 0,05260 | 7,15980 | 0,00000 |
| Log(productividad energética ferrocarril) | 0,35150 | 0,02782 | 12,63457 | 0,00000 |
| Log(productividad energética autotransporte) | 0,41237 | 0,08472 | 4,86732 | 0,00002 |
| Efectos Fijos | | | | |
| Constante ferrocarril | -0,00580 | | | |
| Constante autotransporte | -0,01270 | | | |
| Estadísticos de la regresión | | | | |
| R² | 0,94888 | | | |
| R² ajustado | 0,93894 | | | |
| Suma de errores de la regresión | 0,02091 | | | |
| Estadístico Durbin Watson | 2,44805 | | | |
| Media de la variable dependiente | 0,01545 | | | |
| Desviación estándar de la variable dependiente | 0,08463 | | | |
| Suma de cuadrados de los residuales | 0,01574 | | | |
| Logaritmo de máxima verosimilitud | 112,30397 | | | |

Fuente: Elaboración propia con datos de la DGTTfM, DGAF y el IMT

Las medidas de productividad parcial incluidas en la regresión del cuadro 3.4 son las siguientes⁴⁹: productividad laboral, t–km transportadas por personal ocupado; productividad equipo, t–km desplazadas por unidad de equipo de transporte empleada (unidades motrices, de arrastre, etc.); y productividad energética, t–km trasladadas por unidad de energía consumida (medida en petajoules⁵⁰). Se trató de incluir un cuarto índice de productividad parcial, el cual consiste en las t–km transportadas por kilómetro de infraestructura disponible (en el caso del ferrocarril se utilizaron los kilómetros de vías férreas y para el autotransporte los kilómetros de red carretera pavimentada). Sin embargo, este indicador no resultó significativo para ninguno de los dos modos, por lo que no se presenta en la regresión del cuadro 3.4.

El aspecto más relevante del análisis de descomposición de la PTF son las diferencias en el coeficiente de la productividad laboral para ambos modos de transporte⁵¹. Mientras que para el ferrocarril este parámetro es significativo y positivo, para el caso del autotransporte es negativo y no significativo. Dado que para el resto de los indicadores de productividad los coeficientes son muy similares en magnitud para ambos, además de ser significativos y tener el signo esperado, se puede señalar que las diferencias en la evolución reciente de la PTF entre el ferrocarril y el autotransporte se deben principalmente a la racionalización del factor trabajo dentro del ferrocarril. Este hecho ha permitido al ferrocarril incrementar su productividad laboral, lo cual a su vez ha contribuido a un mejor desempeño global de su PTF en comparación con el autotransporte.

Lo anterior podría justificar medidas encaminadas a optimizar la utilización del personal ocupado en actividades directamente relacionadas con el autotransporte. Una de ellas podría ser la paulatina consolidación de este modo de transporte en empresas con capacidad necesaria para absorber las funciones actualmente desempeñadas por la figura del hombre – camión, u hombre – unidad. Esto no sólo permitiría un empleo más racional del factor humano dentro del autotransporte, sino probablemente también le ofrecería al hombre – camión mejores condiciones de trabajo al ir incorporando su figura a empresas u organizaciones con capacidad de ofrecerle mejores prestaciones sociales y horarios laborales menos desgastantes de los que actualmente tienen que cumplir muchos de estos hombres-camión.

⁴⁹ Un resumen de la tasa de crecimiento de estas medidas individuales de producción durante el periodo relevante del estudio (1980 – 2002), se incluye en el cuadro A.2 del Anexo

⁵⁰ Petajoules = $1 \cdot 10^{15}$ joules

Conclusiones y recomendaciones

La evolución reciente de los principales indicadores de operación del ferrocarril y del autotransporte refleja un sistema ferroviario nacional en plena recuperación, tras años de rezago productivo, y un autotransporte público federal atravesando por un periodo de crecimiento errático y lento en las unidades de demanda atendidas. Se encontró un comportamiento opuesto en las distancias medias de recorrido, del autotransporte y ferrocarril en los años posteriores a la liberalización de este último.

De acuerdo con la evolución de precios en el autotransporte y ferrocarril, se muestra cómo las presiones inflacionarias en ambos modos se han reducido a la par de la inflación de los servicios de transporte y almacenaje en general. Sin embargo, se observa una reducción adicional en la inflación de los servicios de carga prestados por el ferrocarril y el autotransporte en el periodo inmediato posterior a la apertura y desregulación de cada uno de ellos, lo cual puede ser un indicio de la influencia de presiones competitivas en la formación de precios tanto del autotransporte como del ferrocarril.

Por otra parte, no hay evidencia de que el autotransporte haya reaccionado reduciendo sus tarifas ante la amenaza de un sistema ferroviario nacional capaz de incrementar su participación en el mercado de carga terrestre a partir de la liberalización de éste en 1997. Sin embargo, los nuevos concesionarios ferroviarios instrumentaron deliberadamente una política de contención de precios con el fin de capturar una cuota de mercado a expensas del autotransporte. Esta táctica, aparentemente ha rendido frutos a los operadores ferroviarios.

Con respecto a la discriminación de precios, para el autotransporte no hace ninguna diferencia si su carga tiene como destino final el mercado nacional o el de exportación. A diferencia del ferrocarril, el cual mantiene sin cambios sus tarifas en los destinos foráneos mientras aplica sus incrementos de precios en los destinos nacionales. Esto probablemente se deba a una combinación de factores; entre ellos, la mayor importancia que ha cobrado en los últimos años para el ferrocarril el mercado de exportación y la posibilidad de aplicar una técnica de precios Ramsey en la determinación de tarifas. Dentro de este último factor influye decididamente el grado de mercado cautivo que disfrutaban los operadores ferroviarios.

Con respecto a este último punto, probablemente el número de consumidores cautivos en el sistema ferroviario nacional sea mayor al que habría en una situación donde se pudiera interlinear tráfico de largo recorrido entre las distintas compañías concesionarias. No obstante lo anterior, es factible considerar que el usuario representativo de los servicios de carga proporcionados por el ferrocarril se encuentra en una mejor situación que cuando Ferrocarriles Nacionales de México (Ferroviales) controlaba todas las operaciones ferroviarias del país. Esto

debido a que en términos reales, la tarifa promedio por t-km recorrida no se ha incrementado en los últimos años y es muy similar a la prevaleciente en tiempos de Ferronales. Asimismo, en los últimos años los nuevos operadores privados han realizado cuantiosas inversiones para mejorar su infraestructura y equipamiento ferroviario; por lo que se puede concluir que este sistema ofrece un mejor servicio al consumidor, prácticamente al mismo costo real que cuando Ferronales era la única compañía ferroviaria en México.

La situación de complementariedad entre el ferrocarril y el autotransporte muestra señales de fortalecimiento de acuerdo con el movimiento de contenedores por ferrocarril, ya que se halló que las tasas de crecimiento para los diversos índices crecieron a una tasa anual de casi una quinta parte (20%) para t y t-km, el caso de los carros utilizados probablemente presente un crecimiento similar.

El aspecto más relevante del análisis de descomposición de la productividad total de los factores de producción (PTF), es la diferencia en el coeficiente de la productividad laboral para ambos modos. Mientras que para el ferrocarril este parámetro es significativo y positivo, para el autotransporte es negativo y no significativo. Dado que para el resto de los indicadores de productividad, los coeficientes son muy similares en magnitud para ambos modos, además de ser significativos y tener el signo esperado se puede señalar que las diferencias en la evolución reciente de la PTF entre el ferrocarril y el autotransporte se deben principalmente a la racionalización del factor trabajo dentro del ferrocarril. Este hecho le ha permitido al ferrocarril incrementar su productividad laboral, lo cual a su vez ha contribuido a un mejor desempeño global de su PTF en comparación con el autotransporte.

De acuerdo con el coeficiente de productividad laboral, se podrían justificar medidas encaminadas a optimizar la utilización del personal ocupado en actividades directamente relacionadas con el autotransporte. Una de estas medidas podría ser la paulatina consolidación de este modo de transporte en empresas con capacidad necesaria para ir absorbiendo las funciones actualmente desempeñadas por la figura del hombre – camión. Esto no sólo permitiría un empleo más racional del factor humano en el autotransporte, probablemente también ofrecería al hombre – camión mejores condiciones de trabajo al ir incorporando su figura a empresas u organizaciones con capacidad de ofrecer mejores prestaciones sociales y horarios laborales menos desgastantes.

Bibliografía

Baumol, W J y Willig, R D. Competitive rail regulation rules. Should price ceilings constrain final products or inputs, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 33, parte 1. (1999).

Campos, J. Lessons from railway reforms in Brazil and Mexico, *Transport Policy*, Vol. 8, pp. 85 – 95 (2001)

Cantos, P y Maudos, J. Efficiency, technical change and productivity in the european rail sector: A stochastic frontier approach, *International Journal of Transport Economics*, Vol. 27, No. 1. (2000).

Caves, D W, Christensen, L R y M W Tretheway. U.S. trunk air carries 1972 – 1977: A multilateral comparison of total factor productivity, en *Productivity Measurement in Regulated Industries*, Thomas G. Cowing y Rodney E. Stevenson (eds.), Academic Press, EE.UU. (1981).

Caves, D W, Christensen, L R y M W Tretheway. Productivity growth, scale economics, and capital utilization in U.S. railroads: 1955 - 1974”, *American Economic Review*, Vol. 71, No. 5. (1981b)

Caves, D W, Christensen, L R y W E Diewert. Multilateral comparisons of output, input and productivity using superlative index numbers, *The Economic Journal*, Vol. 92, No. 365. (1982).

Charnes, A, W W Cooper y E Rhodes. Measuring the efficiency of decision-making units, *European Journal of Operational Research* 2(6), pp. 429-444 (1978).

Christensen, L R y Jorgensen, D W y L J Lau. Transcendental logarithmic production frontiers, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 55, No. 1. (1973).

Coelli, T. A guide to DEAP Version 2.1: a data envelopment analysis (computer) program. CEPA Working Paper 96/08 (1996).

Cortez, C. Competitividad de las empresas de autotransporte de carga público federal ante las perspectivas del T.L.C. Instituto Mexicano del Transporte, *Publicación Técnica No. 37* (1996).

Cortez, C. Evolución reciente y tendencias del autotransporte de carga público federal estadounidense. Instituto Mexicano del Transporte, *Publicación Técnica No. 45* (1993)

Cortez, C. La revolución de los ferrocarriles y el transporte intermodal en América del Norte, Instituto Mexicano del Transporte, *Documento Técnico No. 16* (1995)

De Buen, O y Rico, A. El transporte terrestre y la descentralización. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 1 (1988).

Denny, M, Fuss, M y L Waverman. The measurement and interpretation of total factor productivity in regulated industries, with an application to Canadian telecommunications, en Productivity Measurement in Regulated Industries, Thomas G. Cowing y Rodney E. Stevenson (eds.), Academic Press, EE.UU. (1981).

Farrell, M J. The measurement of productive efficiency, Journal of the Royal Statistical Society, A, 120, pp. 253-281 (1957).

Fernández, A. Trucking deregulation in Mexico en Carbajo, J. (ed.), Regulatory Reform in Transport: Some recent experiences, World Bank Symposium, Washington, D.C. (1993).

Ferrier, G D y C A K Lovell. Measurement of cost efficiency in banking: linear programming evidence, Journal of Econometrics, 46(1/2), 229-245. (1990).

Gallamore, R E. Regulation and Innovation: lessons from the american railroad industry, en Gómez – Ibañez, Tye y Winston (ed.), Essays in Transportation Economics and Policy: A Handbook in Honor of John R. Meyer, Brookings Institution Press, Washington, D.C. (1999).

Gil, C Z, Mendoza, A y J M Trejo. Un análisis multiproducto a través de redes del transporte terrestre de carga entre México y Estados Unidos. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 137. (2000).

Hensher, D A. Total factor productivity growth and endogenous demand: establishing a Benchmark index for the selection of operational performance measures in public bus firms, Transportation Research B, Vol. 26B, No. 6. (1992).

Hensher, D A, Daniels, R e I De Mellow. A comparative assessment of the productivity of Australia's public rail system: 1971/72 – 1991/92", Journal of Productivity Analysis, Vol. 6, No. 3, (1995).

Jiménez, J E y Mendoza, A. Evaluación económica de mejoras a la infraestructura del sistema nacional ferroviario. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 82. (1996).

Lovell, C A Knox. Measuring efficiency in the public sector, in Public provision and performance, J L T Blank, Social & Culture Planning Office, Den Haag, The Netherlands (2000).

Mayoral, E, Mendoza, A y A Rico. Un análisis de reparto modal de carga entre carretera y ferrocarril. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 76. (1995).

Mayoral, E, Mendoza, A y A Rico. Identificación de las mercancías movidas por los principales corredores de transporte terrestre mexicanos. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 98. (1997).

Moore, G T. Regulatory reform of transport en Carbajo, J. (ed.), Regulatory reform in transport: some recent experiences, World Bank Symposium, Washington, D.C. (1993).

Moreno, E. Comparación de tres métodos de costeo de servicios de transporte de carga ferroviario. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 120. (1999).

Morrison, S A y Winston C. Regulatory reform of US intercity transportation, en Gómez – Ibañez, Tye y Winston (ed.), Essays in Transportation Economics and Policy: A Handbook in Honor of John R. Meyer, Brookings Institution Press, Washington, D.C. (1999).

Pustay, M W. Deregulation and the US trucking industry, en Button y Swann (ed.), The Age of Regulatory Reform, Clarendon Press, Oxford. (1989).

Rico, O. Impactos estructurales de la apertura económica en la industria del autotransporte de carga. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 65. (1995).

Rico, O. Evolución de la industria del autotransporte de carga en México en el periodo 1988 – 1993. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 100. (1998).

Rico, O. La integración del autotransporte de carga en el marco del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Instituto Mexicano del Transporte, Publicación Técnica No. 169. (2001).

Shepherd, R W. Cost and production functions, Princeton University Press, EE.UU. (1953)

Thompson, L. The evolution of railroad regulation in the United States en Carbajo, J. (ed.), Regulatory Reform in Transport: Some recent experiences, World Bank Symposium, Washington, D.C. (1993).

Tretheway, M W, Waters II, W G y A K Fok. The total factor productivity of the canadian railways: 1956 – 91”, Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 31, No. 1. (1997).

Waters II, W G. Productivity measurement, en Handbook of Transport Modelling, David A. Hensher y Kenneth J. Button (eds.), Pergamon, Gran Bretaña. (2000).

Anexos

| Cuadro A.1: Variables Utilizadas en la Elaboración del Índice Malmquist | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|----------------|
| Años | Toneladas - km (millones) | | Kilómetros de red | | Personal ocupado | | Equipo tractivo y de arrastre | | Consumo de energía ⁵ | |
| | Ferrocarril | Autotransporte | Ferrocarril ¹ | Autotransporte ² | Ferrocarril | Autotransporte | Ferrocarril ³ | Autotransporte ⁴ | Ferrocarril | Autotransporte |
| 1980 | 41 330 | 82 247 | 25 510 | 66 920 | 78 838 | 380 339 | 54 498 | 141 930 | 21 | 159 |
| 1981 | 43 512 | 93 396 | 25 498 | 68 412 | 79 998 | 399 069 | 55 999 | 153 850 | 21 | 176 |
| 1982 | 39 490 | 93 986 | 25 543 | 70 234 | 79 713 | 415 685 | 53 818 | 157 525 | 19 | 167 |
| 1983 | 43 718 | 94 278 | 25 800 | 70 754 | 78 845 | 427 013 | 52 798 | 159 341 | 21 | 145 |
| 1984 | 44 592 | 96 034 | 25 840 | 71 631 | 79 669 | 432 753 | 52 966 | 159 341 | 24 | 148 |
| 1985 | 45 307 | 99 997 | 25 908 | 73 927 | 79 676 | 437 285 | 53 247 | 156 273 | 25 | 146 |
| 1986 | 40 605 | 98 272 | 26 183 | 76 948 | 81 132 | 449 368 | 52 366 | 150 500 | 23 | 135 |
| 1987 | 40 475 | 101 482 | 26 287 | 79 283 | 81 670 | 466 286 | 57 305 | 152 337 | 33 | 130 |
| 1988 | 41 177 | 102 921 | 26 399 | 81 349 | 81 248 | 486 790 | 50 710 | 153 403 | 22 | 129 |
| 1989 | 38 570 | 107 243 | 26 361 | 81 961 | 82 928 | 509 490 | 48 923 | 164 010 | 28 | 135 |
| 1990 | 36 417 | 108 884 | 26 361 | 83 925 | 83 290 | 536 080 | 48 279 | 222 983 | 27 | 146 |
| 1991 | 32 698 | 124 924 | 26 334 | 85 931 | 78 114 | 557 120 | 45 703 | 276 925 | 22 | 160 |
| 1992 | 34 197 | 134 298 | 26 445 | 87 433 | 58 626 | 556 570 | 43 773 | 303 146 | 22 | 163 |
| 1993 | 35 672 | 140 229 | 26 445 | 88 371 | 55 664 | 553 800 | 40 280 | 313 510 | 23 | 167 |
| 1994 | 37 314 | 158 320 | 26 477 | 93 868 | 49 323 | 590 350 | 37 648 | 292 100 | 26 | 172 |
| 1995 | 37 613 | 162 827 | 26 612 | 95 916 | 46 283 | 536 080 | 36 442 | 300 755 | 23 | 155 |
| 1996 | 41 723 | 170 838 | 26 622 | 98 717 | 45 544 | 592 560 | 30 756 | 315 318 | 24 | 166 |
| 1997 | 42 442 | 154 083 | 26 622 | 102 250 | 35 583 | 632 440 | 29 593 | 271 331 | 28 | 182 |
| 1998 | 46 874 | 179 085 | 26 622 | 104 023 | 23 376 | 680 320 | 30 816 | 312 117 | 23 | 188 |
| 1999 | 47 273 | 184 637 | 26 622 | 108 086 | 17 465 | 725 180 | 37 100 | 335 911 | 22 | 196 |
| 2000 | 48 333 | 194 053 | 26 655 | 108 488 | 15 184 | 760 370 | 36 210 | 372 072 | 23 | 202 |
| 2001 | 46 615 | 191 901 | 26 655 | 110 910 | 14 208 | 764 020 | 35 181 | 388 108 | 21 | 194 |
| 2002 | 51 616 | 192 900 | 26 655 | 113 125 | 14 006 | 771 618 | 34 996 | 415 626 | 21 | 197 |

1 Longitud de vías ferroviarias principales y secundarias

2 Kilómetros de red carretera pavimentada

3 Locomotoras más vagones de carga

4 Unidades motrices más unidades de arrastre

5 Medido en petajoules (10^{15} joules)

Fuente: Elaboración propia con información de DGTTFM, DGAF, IMT, e INEGI

Cuadro A.2 : Índices de Productividad Parcial (1980 = 100)

| Años | Productividad Laboral ¹ | | Productividad equipo ² | | Productividad infraestructura ³ | | Productividad energética ⁴ | |
|------|------------------------------------|----------------|-----------------------------------|----------------|--|----------------|---------------------------------------|----------------|
| | Ferrocarril | Autotransporte | Ferrocarril | Autotransporte | Ferrocarril | Autotransporte | Ferrocarril | Autotransporte |
| 1980 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1981 | 104 | 108 | 102 | 105 | 105 | 111 | 107 | 102 |
| 1982 | 94 | 105 | 97 | 103 | 95 | 109 | 107 | 109 |
| 1983 | 106 | 102 | 109 | 102 | 105 | 108 | 106 | 126 |
| 1984 | 107 | 103 | 111 | 104 | 107 | 109 | 97 | 125 |
| 1985 | 108 | 106 | 112 | 110 | 108 | 110 | 94 | 132 |
| 1986 | 95 | 101 | 102 | 113 | 96 | 104 | 90 | 141 |
| 1987 | 95 | 101 | 93 | 115 | 95 | 104 | 63 | 151 |
| 1988 | 97 | 98 | 107 | 116 | 96 | 103 | 95 | 154 |
| 1989 | 89 | 97 | 104 | 113 | 90 | 106 | 72 | 154 |
| 1990 | 83 | 94 | 99 | 84 | 85 | 106 | 70 | 144 |
| 1991 | 80 | 104 | 94 | 78 | 77 | 118 | 76 | 151 |
| 1992 | 111 | 112 | 103 | 76 | 80 | 125 | 78 | 159 |
| 1993 | 122 | 117 | 117 | 77 | 83 | 129 | 81 | 162 |
| 1994 | 144 | 124 | 131 | 94 | 87 | 137 | 75 | 177 |
| 1995 | 155 | 140 | 136 | 93 | 87 | 138 | 86 | 203 |
| 1996 | 175 | 133 | 179 | 93 | 97 | 141 | 89 | 198 |
| 1997 | 228 | 113 | 189 | 98 | 98 | 123 | 79 | 164 |
| 1998 | 383 | 122 | 201 | 99 | 109 | 140 | 104 | 184 |
| 1999 | 516 | 118 | 168 | 95 | 110 | 139 | 111 | 182 |
| 2000 | 607 | 118 | 176 | 90 | 112 | 146 | 110 | 186 |
| 2001 | 626 | 116 | 175 | 85 | 108 | 141 | 116 | 191 |
| 2002 | 703 | 116 | 194 | 80 | 120 | 139 | 125 | 189 |

¹ t-km transportadas por personal ocupado

² t-km transportadas por unidad de equipo de transporte empleada

³ t-km transportadas por kilómetro de infraestructura disponible

⁴ t-km transportadas por unidad de energía consumida (medida en petajoules)

Fuente: Elaboración propia con información de DGTTFyM, DGAF, IMT, e INEGI



‡ **Certificación ISO 9001:2000 según documento No 03-007-MX, vigente hasta el 24 de octubre de 2006 (www.imt.mx)**

§ **Laboratorios acreditados por EMA para los ensayos descritos en los documentos MM-054-010/03 y C-045-003/03, vigentes hasta el 9 de abril de 2007 (www.imt.mx)**

CIUDAD DE MÉXICO

Av Patriotismo 683
Col San Juan Mixcoac
03730, México, D F
tel (55) 5598-5610
fax (55) 5598-6457

SANFANDILA

km 12+000, Carretera
Querétaro-Galindo
76700, Sanfandila, Qro
tel (442) 216-9777
fax (442) 216-9671

www.imt.mx
publicaciones@imt.mx