



Certificación ISO 9001:2008 †

Inversión en infraestructura de transporte terrestre y productividad regional en México, 1980-2000 (un análisis DEA)

Víctor Islas Rivera

**Publicación Técnica No. 376
Sanfandila, Qro. 2012**

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Inversión en infraestructura de transporte terrestre
y productividad regional en México, 1980-2000
(un análisis DEA)**

Publicación Técnica No. 376
Sanfandila, Qro. 2012

Este reporte de investigación fue realizado en la Coordinación de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional del Instituto Mexicano del Transporte por Víctor Islas Rivera.

Índice

Resumen	iii
Abstractv
Resumen ejecutivo	vii
Introducción	1
1. Alcances en la medición de la productividad regional en México	3
2. Indicadores parciales de productividad	5
2.1 Variables para la estimación de la productividad regional	5
2.2 Cálculo de la productividad parcial de la infraestructura	10
3. Eficiencia técnica de la infraestructura de transporte	15
4. Medición de la eficiencia técnica	23
Conclusiones	33
Bibliografía	35
Anexo	39

Resumen

El objetivo del presente estudio es conocer en qué medida la inversión en infraestructura de transporte impacta la actividad económica en las regiones en que es construida. De la revisión bibliográfica se encuentra que, frecuentemente, no se usa esta variable para explicar el desarrollo de una región. Por ello, en este trabajo se realiza una medición de los indicadores parciales de productividad, tanto a nivel de las regiones económicas como de las entidades federativas que las conforman. Después, se realiza un análisis de la eficiencia técnica que mostrarían las entidades federativas del país. Para ello, se aplica el método de la envolvente de datos (“data envelopment analysis”, propuesto por Charnes, Cooper y Rodes), para estimar la eficiencia técnica que mostrarían las entidades federativas del país, en el uso de la infraestructura de carreteras y vías férreas para alcanzar los niveles de producción industrial y agrícola mostrados desde 1980 y hasta el año 2000. Así, al establecer comparaciones entre las entidades federativas, tomando el criterio de la mejor marca o frontera de producción eficiente, no se puede apreciar una tendencia que confirme que las entidades federativas con más infraestructura de transporte terrestre sean las más productivas, aún en términos relativos.

Palabras clave: Eficiencia productiva regional, Método de la envolvente de datos, Infraestructura de transporte.

Abstract

The objective of this paper is to explore the relationship between transport infrastructure investments and economic activity in the regions in which they are accumulated. Thus, we have carried out a measurement of partial productivity indicators, both in the economic regions as at the level of the states that form them. Later, we use information in a more disaggregated level not only in regard to productive activities, but also in the transport modes included in the stock of capital. Then, we show the analysis of technical efficiency of the transport infrastructure used by states of the country in relation with per cápita GDP. Thus, we apply the data envelopment analysis proposed by Charnes, Cooper and Rhodes, in order to estimate the technical efficiency that would show the states of the country, using infrastructure of roads and railways to reach the levels of industrial and agricultural production observed from 1980 to 2000. Thus, the model is used to make comparisons between states, using the criterion of the benchmarking or efficient production frontier. The conclusions indicate that there is no conclusive evidence to confirm that the regions or states with more land transportation infrastructure are the most productive, even in relative terms.

Keywords: regional productive efficiency, data envelopment analysis, transport infrastructure.

Resumen ejecutivo

El presente reporte contribuye con algunos elementos al debate sobre la aportación que puede realmente tener la inversión en infraestructura de transporte terrestre en el desarrollo regional de México. En particular, este trabajo realiza una revisión preliminar del estado actual de la investigación en la medición de la productividad regional en México, para después medir algunos indicadores parciales de productividad de dicha infraestructura. En contraste, el análisis subsecuente se basa en la medición de la eficiencia técnica, siguiendo el método de la envolvente de datos, el cual compara unidades productivas, basándose en el criterio de la mejor marca, para cuantificar la eficiencia técnica de cada una de ellas. Así, se realiza un análisis de la eficiencia técnica que mostrarían las entidades federativas del país en el uso de la infraestructura de carreteras y vías férreas para alcanzar los niveles de producción industrial y agrícola mostrados desde 1980 y hasta el año 2000. Las conclusiones preliminares de este análisis son muy similares a las obtenidas con los indicadores parciales de productividad.

Sobre el estudio del crecimiento económico regional en México, el presente estudio analizó los trabajos de los siguientes autores (véase la bibliografía): Lachler y Aschauer (1998), Gerardo Esquivel (2000), Messmacher (2000), Noriega y Fontenla (2005), Calderón y Servén (2005) y Eli Weiss (2010). Dos aspectos podrían concluirse de la revisión de estos estudios que consideramos que son representativos de otros que se pueden consultar sobre el tema de la desigualdad regional en México. Primero, que no parece haber una tendencia uniforme sobre la influencia de la infraestructura de transporte en el desarrollo regional. Segundo, en dichos estudios, la herramienta de análisis se ha centrado en los modelos econométricos o no se incluye explícitamente a la infraestructura de transporte como variable de análisis. Por lo tanto, ambas cuestiones permiten asumir la pertinencia de un análisis con el enfoque que se presenta en este trabajo.

Introducción

La realización de este trabajo obedece al interés en investigar la aportación que puede tener la inversión en infraestructura de transporte terrestre en el desarrollo regional de México. En ese sentido, se parte de la idea básica de que dicha infraestructura puede desempeñar un papel muy importante para la integración de regiones y países. Sin embargo, para que ello se cumpla, dicha infraestructura debe ser construida y operada con plena eficiencia, aprovechando al máximo los recursos materiales, tecnológicos y humanos. Incluso, desde el momento de decidir su ubicación, deben existir todas las condiciones de mercado para que su construcción esté realmente justificada.

No obstante lo evidente del anterior razonamiento, no es difícil encontrar infraestructura de transporte con unos niveles de utilización que podrían poner en duda su justificación económica. En México, es frecuente encontrar argumentos de orgullo regional como base para decidir la construcción y operación de caminos y vías férreas. En el otro extremo del debate, y coincidiendo con el cambio operado en la política económica del gobierno mexicano a partir de la segunda mitad de los años noventa, se ha cambiado la orientación de los objetivos de la política de infraestructura de transporte, haciendo que predomine la lógica financiera de la inversión. Así, frecuentemente se rechaza el argumento del desarrollo regional para la inversión pública en infraestructura o el uso de subsidios o alguna otra forma de ayuda gubernamental. Así, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público postula que, para una mejor utilización de los recursos públicos, ésta se garantiza sólo si la infraestructura de transporte disminuye los costos de operación y los tiempos de traslado. Sin embargo, en el estudio de costos y beneficios económicos se rechazan argumentos ambientales, accidentes y contribución al desarrollo económico regional. Así, proyectos de infraestructura de transporte que, aparentemente, pueden tener un impacto importante en regiones con alta incidencia de accidentes, impacto ambiental o bajo nivel de integración al desarrollo nacional no se verán beneficiados por recursos públicos para dichos proyectos, a menos que sean atractivos para la inversión privada o muestren una importante disminución en los costos de operación y en los tiempos de traslado.

Ante la importancia de este debate, el objetivo principal de este artículo es conocer en que medida los acervos (“stocks”) de inversión que se hacen en infraestructura de transporte impactan la actividad económica en las regiones en que son construidas.

Del anterior debate se destacan dos preguntas implícitas (pero poco atendidas con seriedad): primero, ¿qué nos señala el estudio del desarrollo regional en México?; y segundo, ¿qué importancia ha recibido la inversión en infraestructura carretera como variable explicativa del desarrollo económico regional?

Este trabajo está organizado de la siguiente manera: en la primera sección se realiza una revisión preliminar del estado actual de la investigación en la medición de la productividad regional en México, tomando en cuenta las limitaciones cuantitativas y cualitativas de la información que puede ser usada para dicho fin.

Después, para empezar por lo más básico en el objetivo deseado, la segunda sección muestra los resultados de la medición de los indicadores parciales de productividad, tanto a nivel de las regiones económicas como de las entidades federativas que las conforman. Así, esto no sólo sirve de marco de referencia para los diferentes modelos a aplicar para la medición mencionada, sino también para presentar la información que puede servir para la aplicación de los modelos.

En la tercera sección se establece el marco teórico de la metodología empleada para el análisis subsecuente que se basa en la medición de la eficiencia técnica, siguiendo las ideas de Farrell (1957). Para realizar nuestro análisis, se empleará el método de la envolvente de datos (DEA, por sus siglas en inglés), desarrollado por Charnes, Cooper y Rodes en 1978, el cual compara unidades productivas, basándose en el criterio de la mejor marca para cuantificar la eficiencia técnica de cada una de ellas. Este método ha sido empleado de manera recurrente en trabajos similares, dada la facilidad que presenta para un análisis multi insumo y multi producto.

Después, en la cuarta sección se analizan los resultados de la aplicación de dicha metodología. Así, se realiza un análisis de la eficiencia técnica que mostrarían las entidades federativas del país en el uso de la infraestructura de carreteras y vías férreas para alcanzar los niveles de producción industrial y agrícola mostrados desde 1980 y hasta el año 2000. Las conclusiones preliminares de este análisis son muy similares a las obtenidas con los indicadores parciales de productividad.

Finalmente, se presentan las conclusiones obtenidas.

1 Alcances en la medición de la productividad regional en México

El estudio del crecimiento económico regional en México ha recibido recientemente importantes contribuciones. Para el propósito del presente trabajo, destacan las siguientes:

Según las evidencias empíricas que presentan Lachler y Aschauer (1998) en un documento de trabajo publicado por el Banco Mundial, el crecimiento económico de México empezó a desplomarse al mismo tiempo que lo hizo la inversión pública. Sin embargo, aunque dicho decrecimiento parece estar coincidiendo, en particular, con la disminución en la inversión de capital para la infraestructura de tres sectores estratégicos -electricidad, transporte y comunicaciones-, ello no se sustenta de manera contundente. Así, al realizar una modelación econométrica (mediante series de tiempo) de la relación observada en México, entre la productividad total de los factores y el cociente de la inversión pública entre la inversión privada, estos autores apenas encuentran coeficientes de correlación que van de 0.21 a 0.43 (Lachler y Aschauer, 1998).

Gerardo Esquivel (2000) desarrolló un estudio en el que explora las causas del desarrollo económico de las regiones de México. Aunque incluye algunas variables como representativas de la infraestructura (acceso al agua, al alcantarillado y a la electricidad) a las que no les encuentra mucha significancia estadística, no incluye la infraestructura de transporte, pero concluye que son el clima y la vegetación las que determinan las diferencias observadas entre las entidades federativas sobre sus niveles y las tasas de crecimiento del ingreso per cápita.

En el mismo año de 2000, Messmacher realizó una investigación para conocer los efectos del TLC en la desigualdad regional en México, aplicando regresiones de convergencia e indicadores de dispersión. Entre sus conclusiones principales destaca no sólo la corroboración de que se está incrementando la desigualdad regional que ha favorecido a los estados del norte del país, sino que son las actividades manufactureras, el transporte y las comunicaciones las que explican el dinamismo de los estados que más han crecido. Así, aunque no analiza propiamente la infraestructura de transporte, esta conclusión podría apoyar la idea de que el sector transporte no podría estar creciendo sin una adecuada infraestructura. Por lo tanto, indirectamente se podría inferir que las entidades federativas que más han invertido en carreteras, por ejemplo, han apoyado más el crecimiento de sus actividades manufactureras. Por supuesto, esas son precisamente temas dentro de la agenda de investigación del desarrollo regional.

En contrapartida, Noriega y Fontenla (2005) sí encuentran que hay una complementariedad entre la inversión pública en infraestructura y la inversión privada en México. En particular, estos autores revisan los efectos de largo plazo

que han tenido los incrementos de infraestructura eléctrica, carretera y telefónica, en el crecimiento del PIB real. Cabe destacar que estos autores encuentran que el efecto del incremento de kilómetros de carreteras tiene su resultado perceptible sólo después de siete u ocho años.

De hecho, también en el año de 2005, Calderón y Servén (2005) realizaron un estudio para medir el impacto del stock de infraestructura de transporte terrestre en el crecimiento y la distribución del ingreso. Aunque sus resultados son derivados de un análisis de cifras agregadas de más de 100 países y no es realmente un estudio a nivel regional, es importante destacar que encuentra una relación robusta entre dichos stocks de infraestructura y el crecimiento del PIB e incluso encuentran una relación inversa con la desigualdad en la distribución del ingreso en los países con mayor cantidad y calidad de infraestructura.

Por el contrario, un estudio del Banco Mundial -realizado por Weiss y Rosenblatt (2010), orientado a buscar el impacto que puede tener la corrupción en el desarrollo regional mexicano, lleva a cabo un análisis de regresión-, el cual incluyó como variable a la densidad de carreteras (relación entre cantidad de carreteras y el tamaño el estado) como parte de las variables explicativas del crecimiento promedio del PIB per cápita. Sin embargo, encontró que dicha densidad sí es significativa pero sólo a un nivel de significancia estadística del 10%, quedando por detrás de otras cinco variables con mucho mayor poder explicativo.

Dos aspectos podrían concluirse de estos estudios que se consideran representativos de otros más que se pueden consultar sobre el tema de la desigualdad regional en México.

Primero, que no parece haber una tendencia uniforme sobre la influencia de la infraestructura de transporte en el desarrollo regional. En efecto, al margen de las posibilidades de comparación de los fundamentos teóricos de ambos modelos, lo que se puede enfatizar, por el momento, es la existencia de un debate que esta distante de estar cerrado. De hecho, una posibilidad de contribución al análisis de estos investigadores es, precisamente, la consideración del ámbito geográfico. Así, una posible vertiente de análisis es el estudio de la respuesta de la productividad en un nivel menor de agregación. Es decir, en lugar de usar las cifras nacionales, se realizará el análisis con información a nivel regional, hasta donde lo permita la disponibilidad de información.

Segundo, en dichos estudios, la herramienta de análisis se ha centrado en los modelos econométricos o no se incluye explícitamente a la infraestructura de transporte como variable de análisis. Por lo tanto, ambas cuestiones nos permiten asumir la pertinencia de un análisis con el enfoque que se presenta en este trabajo.

2 Indicadores parciales de productividad

La productividad es un indicador del uso que se da de una serie de insumos para lograr la producción de un bien o servicio determinado. Por supuesto, el cálculo de dicho indicador puede hacerse de diferentes maneras, con las implicaciones conceptuales y metodológicas correspondientes. Conscientes de ello, en el presente capítulo sólo se determinará la productividad económica de cierto tipo de insumos. La definición de la forma como se puede medir el producto y sus insumos se expresa a continuación.

2.1 Variables para la estimación de la productividad regional

Para realizar la medición del efecto que tiene la distribución de la infraestructura de transporte en la productividad regional se puede considerar la producción industrial y agropecuaria, así como el producto interno bruto per cápita de cada entidad federativa (véanse los cuadros 2.1 y 2.2).

Se han tomado en cuenta varios años para analizar, no sólo qué entidades federativas tienen mayor importancia en la variable analizada, sino también con qué dinamismo cambian las variables.

Después, los cuadros 2.3 y 2.4 señalan la forma en que se ha incrementado el acervo de infraestructura de las entidades federativas de México.

A partir de los cuadros 2.1 y 2.2 se elaboró el cuadro 2.5, que señala el orden de importancia de los estados según las variables que se usan para diseñar los indicadores de distribución de los recursos de transporte. Dicho cuadro permite comprobar que no puede haber distribución regional de recursos de transporte capaz de satisfacer un determinado orden (por ejemplo, de acuerdo con la producción agrícola) sin contraponerse al otro. Además, se puede apreciar que, entre 1980 y el año 2000, ha cambiado el orden de importancia de los estados.

Cuadro 2.1 Producción industrial y agrícola por entidad federativa

Entidad federativa	Producción industrial (millones de pesos de 1993)			Producción agrícola (millones de pesos de 1993)		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000
Aguascalientes	845.3	1 334.1	5 477.2	571.1	488.7	338.2
Baja California Norte	3 667.4	3 596.5	13 860.0	1 806.0	1 479.9	1 454.4
Baja California Sur	285.3	279.8	792.9	385.2	352.1	244.9
Campeche	450.9	442.1	1 154.3	205.6	198.9	256.8
Coahuila	6 517.2	6 391.2	16 357.1	955.4	1 055.7	698.3
Colima	331.3	324.9	1 398.6	588.9	522.5	792.9
Chiapas	2 611.7	2 561.2	6 123.8	2 972.6	3 530.2	2 683.3
Chihuahua	3 870.6	3 795.8	22 695.4	1 777.0	2 618.7	1 897.5
Distrito Federal	61 731.9	60 538.2	37 187.2	154.7	176.4	229.0
Durango	1 970.9	1 932.7	3 690.5	1 277.7	1 101.6	703.5
Guanajuato	4 987.2	4 890.8	17 447.3	2 384.2	3 553.7	2 080.1
Guerrero	842.8	826.5	3 391.5	1 392.1	2 008.8	1 718.5
Hidalgo	4 583.4	4 494.8	7 897.5	1 177.4	1 187.2	921.1
Jalisco	13 958.1	13 688.2	21 991.1	4 992.8	5 962.6	3 680.7
México	37 877.7	37 145.2	39 088.1	3 668.1	3 598.2	2 708.8
Michoacán	2 696.4	2 644.2	4 522.1	2 734.0	4 285.3	3 566.7
Morelos	2 205.5	2 162.9	5 885.1	999.2	994.5	625.2
Nayarit	1 317.0	1 291.6	1 308.9	1 372.1	1 326.8	946.1
Nuevo León	19 087.2	18 718.1	31 234.7	562.8	428.3	732.8
Oaxaca	1 990.0	1 951.5	6 634.9	2 209.7	2 945.8	2 435.4
Puebla	7 922.3	7 769.1	17 421.2	2 455.8	2 461.6	1 644.8
Querétaro	2 957.2	2 900.0	7 986.4	446.7	376.8	245.4
Quintana Roo	116.8	114.5	1 134.4	53.5	127.3	130.0
San Luis Potosí	2 876.6	2 821.0	6 818.2	835.8	1 102.9	1 197.0
Sinaloa	2 166.0	2 124.1	3 549.5	3 574.3	4 963.3	4 317.6
Sonora	2 684.0	2 632.1	8 421.7	3 375.9	3 689.6	2 198.4
Tabasco	1 139.6	1 117.5	5 475.4	731.7	746.0	536.1
Tamaulipas	3 780.9	3 707.7	12 592.6	2 958.6	2 224.2	1 357.6
Tlaxcala	999.1	979.8	3 209.6	426.3	740.1	330.0
Veracruz	11 046.6	10 833.0	16 947.8	4 237.2	4 463.4	3 853.5
Yucatán	1 761.9	1 727.8	3 842.2	511.5	332.9	448.0
Zacatecas	299.1	293.4	1 878.5	1 110.5	3 965.8	1 661.7
TOTAL	209 577.2	205 524.5	337 415.6	52 904.5	63 010.0	46 634.4

Fuentes: los datos de la producción industrial se obtuvieron del "Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos", INEGI, 2003, y para la producción agrícola se tomaron del sistema SICORI, de la SAGARPA, página web, 2010.

Cuadro 2.2 Evolución del PIB per cápita en las entidades federativas

Entidad federativa	PIB per cápita (miles de pesos de 1993)		
	1980	1990	2000
Aguascalientes	11.79	14.17	16.43
Baja California Norte	19.15	16.52	17.79
Baja California Sur	18.92	17.16	18.68
Campeche	11.33	23.33	21.34
Coahuila	17.1	16.03	19.94
Colima	13.61	13.56	14.11
Chiapas	13.02	5.74	6.65
Chihuahua	14.09	17.65	20.37
Distrito Federal	28.51	32.71	35.19
Durango	10.79	10.41	12.26
Guanajuato	9.69	9.04	9.94
Guerrero	7.91	7.62	7.33
Hidalgo	9.78	8.69	9.32
Jalisco	15.04	12.98	13.71
México	14.48	10.83	10.92
Michoacán	8.27	7.02	8.41
Morelos	11.43	13.32	11.49
Nayarit	10.6	8.52	8.33
Nuevo León	23.51	21.75	23.98
Oaxaca	5.94	5.84	6.02
Puebla	9.7	8.24	9.52
Querétaro	12.8	13.94	17.02
Quintana Roo	34.79	24.9	22.52
San Luis Potosí	8.7	9.51	10.05
Sinaloa	11.3	11.18	10.76
Sonora	16.18	15.78	16.14
Tabasco	37.4	9.04	8.54
Tamaulipas	15.34	13.43	15.47
Tlaxcala	8.22	6.98	7.79
Veracruz	10.8	7.99	8.43
Yucatán	10.68	10.55	11.06
Zacatecas	7.02	7.2	7.53
TOTAL	14.98	13.12	13.35

Fuente: Messmacher L., M. (2000) Desigualdad regional en México, el efecto del TLCAN y otras reformas estructurales. Dirección General de Investigación Económica, Banco de México.

Cuadro 2.3 Distribución de carreteras por entidad federativa

Entidad federativa	Total de carreteras (kilómetros)				
	1960	1970	1980	1990	2000
Aguascalientes	533	625	2 052	2 109	2 273
Baja California Norte.	1 222	1 355	3 504	6 804	11 727
Baja California Sur	1 561	1 729	5 003	5 781	5 269
Campeche	837	1 208	2 664	3 388	4 747
Coahuila	2 791	3 052	9 692	10 081	8 401
Colima	363	495	1 552	1 590	2 118
Chiapas	1 814	3 086	9 907	10 324	21 558
Chihuahua	2 074	2 845	9 651	9 453	12 699
Distrito Federal	153	498	152	151	150
Durango	1 739	2 271	8 945	8 702	12 962
Guanajuato	1 589	2 718	6 034	6 066	11 231
Guerrero	1 834	2 369	8 991	8 817	12 451
Hidalgo	1 695	2 463	6 144	6 233	9 226
Jalisco	2 739	3 535	10 027	10 135	25 206
México	2 988	3 757	7 762	8 755	9 944
Michoacán	2 843	3 673	10 093	10 274	13 347
Morelos	771	886	2 304	2 358	2 029
Nayarit	1 014	1 235	2 968	2 898	5 596
Nuevo León	1 847	2 621	5 901	6 501	7 183
Oaxaca	2 304	3 899	11 552	11 650	15 947
Puebla	2 185	2 325	7 334	7 389	8 588
Querétaro	601	972	3 431	3 478	3 204
Quintana Roo	452	830	3 499	3 725	5 060
San Luis Potosí	1 590	1 965	6 961	7 109	10 847
Sinaloa	2 052	2 372	9 929	10 681	16 403
Sonora	2 918	3 873	11 533	11 230	32 848
Tabasco	1 102	1 860	5 086	5 089	8 622
Tamaulipas	1 816	2 844	10 586	11 811	13 445
Tlaxcala	818	688	3 058	2 969	2 535
Veracruz	3 019	5 341	11 493	11 818	22 572
Yucatán	1 185	1 661	5 513	5 812	12 256
Zacatecas	1 698	2 322	9 148	9 772	10 013
TOTAL	50 925	71 373	212 626	222 935	340 457

Fuentes: los datos de las carreteras fueron tomados de varios documentos; para 1960 fue de "Vías Generales de Comunicación", SCT, 1964; para 1970 se tomó de "Caracterización y funcionalidad de la red vial", Secretaría de la Presidencia, 1976; para, 1980 del "Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos", en su edición de 1982. Para 1990 y 2000 los datos se tomaron del "Anuario Estadístico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes", en sus ediciones de 1991 y 2001.

Cuadro 2.4 Distribución de las vías férreas en las entidades federativas

Entidad Federativa	Total de vías férreas (kilómetros)				
	1960	1970	1980	1990	2000
Aguascalientes	197	206	212	226	223
Baja California Norte	181	190	200	213	223
Baja California Sur	-	-	-	-	-
Campeche	375	393	391	394	416
Coahuila	2 009	2 103	2 121	2 163	2 218
Colima	167	175	192	218	239
Chiapas	515	539	547	547	557
Chihuahua	2 517	2 635	2 581	2 679	2 655
Distrito Federal	419	439	343	294	274
Durango	1 095	1 146	1 215	1 204	1 153
Guanajuato	950	995	1 050	1 063	1 085
Guerrero	99	104	104	94	94
Hidalgo	620	649	743	905	865
Jalisco	904	947	1 010	1 075	1 108
México	818	856	1 177	1 134	1 284
Michoacán	852	892	1 127	1 172	1 242
Morelos	314	329	337	266	259
Nayarit	309	324	384	393	394
Nuevo León	903	945	1 055	1 089	1 092
Oaxaca	616	645	672	683	634
Puebla	950	995	993	1 017	1 057
Querétaro	273	286	298	503	476
Quintana Roo	-	-	-	-	-
San Luis Potosí	1 107	1 159	1 159	1 142	1 235
Sinaloa	1 095	1 146	1 175	1 237	1 195
Sonora	1 776	1 860	1 879	2 009	2 008
Tabasco	277	290	305	298	300
Tamaulipas	823	862	864	898	932
Tlaxcala	308	323	353	347	352
Veracruz	1 559	1 632	1 765	1 783	1 807
Yucatán	549	575	600	610	609
Zacatecas	791	828	658	678	671
TOTAL	23 369	24 468	25 510	26 334	26 656

Fuentes: los datos de la red férrea fueron tomados de varias fuentes. Para 1960 y 1970 se basó en la información del Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1973. Los datos de 1980 se tomaron de la misma publicación, pero del año 1982. Para 1990 y 2000 los datos se tomaron del "Anuario Estadístico de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes", en sus ediciones de 1991 y 2001.

Cuadro 2.5 Orden de importancia de las entidades federativas

Orden	Producción industrial		Producción agrícola		PIB per cápita	
	1980	2000	1980	2000	1980	2000
1°	Distrito Federal	México	Jalisco	Sinaloa	Quintana Roo	Distrito Federal
2°	México	Distrito Federal	Veracruz	Veracruz	Distrito Federal	Nuevo León
3°	Nuevo León	Nuevo León	México	Jalisco	Nuevo León	Quintana Roo
4°	Jalisco	Chihuahua	Sinaloa	Michoacán	B. C. Norte	Campeche
5°	Veracruz	Jalisco	Sonora	México	B. C. Sur	Chihuahua
6°	Puebla	Guanajuato	Chiapas	Chiapas	Sonora	Coahuila
7°	Coahuila	Puebla	Tamaulipas	Oaxaca	Tamaulipas	B. C. Sur
8°	Guanajuato	Veracruz	Michoacán	Sonora	Jalisco	B. C. Norte
9°	Hidalgo	Coahuila	Puebla	Guanajuato	México	Querétaro
10°	Chihuahua	B. C. Norte	Guanajuato	Chihuahua	Chihuahua	Aguascalientes

Fuente: elaboración propia con base en los cuadros 1 y 2.

2.2 Cálculo de la productividad parcial de la infraestructura

Los indicadores parciales de productividad relacionan precisamente el nivel de un cierto producto o resultado de la actividad económica con un determinado insumo de la misma. Así, un criterio que puede emplearse para analizar si la construcción de carreteras se ha hecho en relación con la demanda de transporte, es el que considera la cantidad de miles de pesos de valor agregado en la producción industrial en relación con la cantidad de kilómetros (véase el cuadro 2.6). En ese sentido, destaca la región Centro del país ya que muestra la cifra más alta de productividad industrial en el año 2000 (casi 1,267 pesos de producción industrial por cada kilómetro de carretera).

Sin embargo, es la región Centro-Occidente la que cuenta con el mayor crecimiento en el período 1980-2000, llegando casi a cuadruplicar la productividad industrial de su infraestructura de transporte carretero (las cifras del cuadro están en precios de 1993).

En el aspecto de la productividad industrial de la infraestructura ferroviaria, el mismo cuadro 2.6 muestra que si bien la región Sureste se mantiene con la mayor cantidad (9,371) de miles de pesos de producción industrial por cada kilómetro de vías férreas, en el año 2000, nuevamente es la región Centro-Occidente la que muestra un uso cada vez más eficiente de su infraestructura ferroviaria.

**Cuadro 2.6 Productividad industrial de la infraestructura terrestre
(por regiones económicas)**

Región	Productividad industrial					
	Miles de pesos / km. de carretera			Miles de pesos / km. de vía férrea		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000
Noroeste	293.7	250.2	401.9	2 705.2	2 495.7	7 771.0
Noreste	101.8	96.1	307.7	581.9	556.7	5 816.1
Centro-Occidente	227.5	218.2	1 010.3	1 952.1	1 801.9	9 204.1
Centro	434.6	409.4	1 266.4	2 946.9	2 877.5	8 972.2
Sureste	255.3	242.5	567.4	3 419.0	3 333.8	9 371.5

Fuente: elaboración propia con base en datos de los cuadros anteriores.

Estos resultados dejan de ser tan relativamente parecidos cuando se realiza la medición de la productividad industrial de la infraestructura de transporte terrestre al nivel de entidades federativas. Así, como muestra el cuadro 2.7, el mayor índice lo tiene el Distrito Federal que casi alcanza, en el año 2000, la cifra de 248 millones de pesos por cada kilómetro de carretera. Separando este caso por su alto nivel de urbanización, destacan los estados de Nuevo León, México, Morelos, Querétaro, Aguascalientes y Puebla, que superan en dicho año los dos mil pesos de producción industrial por cada kilómetro de carretera. Similarmente, los estados de Baja California Norte, México, Guerrero, Nuevo León y Querétaro destacan por su productividad ferroviaria.

Por otra parte, cuando se analiza el índice de productividad agrícola de la red carretera es la región Centro-Occidente la que señala el valor más alto para el año 2000 (412 mil pesos por cada kilómetro), aunque en la productividad agrícola de la red ferroviaria esta región es superada por la región Sureste (véase el cuadro 2.8). En todo caso, es claro que estos indicadores de productividad parcial no muestran un comportamiento uniforme o con alguna tendencia. Tampoco parecen tener ninguna relación con el comportamiento de los indicadores de productividad industrial.

**Cuadro 2.7 Productividad industrial de la infraestructura terrestre
(por entidad federativa)**

Entidad federativa	Productividad industrial					
	Miles de pesos / km. de carretera			Miles de pesos / km. de vía férrea		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000
Aguascalientes	411.9	632.6	2 409.7	4 291.0	6 476.4	25 836.0
Baja California Norte	1 046.6	528.6	1 181.9	20 262.1	18 929.1	69 300.0
Baja California Sur	57.0	48.4	150.5	--	--	--
Campeche	169.2	130.5	243.2	1 202.3	1 125.0	2 952.1
Coahuila	672.4	634.0	1 947.0	3 244.0	3 039.1	7 712.0
Colima	213.5	204.3	660.3	1 983.7	1 856.4	7 284.4
Chiapas	263.6	248.1	284.1	5 071.3	4 751.8	11 195.2
Chihuahua	401.1	401.5	1 787.2	1 537.8	1 440.5	8 793.3
Distrito Federal	406 131.0	400 915.0	247 914.4	147 331.5	137 900.1	108 417.4
Durango	220.3	222.1	284.7	1 799.9	1 686.5	3 037.5
Guanajuato	826.5	806.3	1 553.5	5 249.7	4 915.4	16 616.5
Guerrero	93.7	93.7	272.4	8 512.8	7 946.8	32 610.5
Hidalgo	746.0	721.1	856.0	7 392.6	6 925.7	10 629.2
Jalisco	1 392.0	1 350.6	872.5	15 440.4	14 454.2	21 773.4
México	4 879.9	4 242.7	3 930.8	46 305.2	43 393.9	33 209.9
Michoacán	267.2	257.4	338.8	3 164.8	2 964.4	4 012.5
Morelos	957.3	917.3	2 900.5	7 024.0	6 574.1	17 463.1
Nayarit	443.7	445.7	233.9	4 262.2	3 986.3	3 408.6
Nuevo León	3 234.6	2 879.3	4 348.4	21 137.6	19 807.5	29 606.3
Oaxaca	172.3	167.5	416.1	3 230.5	3 025.6	9 873.4
Puebla	1 080.2	1 051.4	2 028.6	8 339.3	7 808.2	17 544.0
Querétaro	861.9	833.8	2 492.6	10 832.4	10 140.0	26 800.0
Quintana Roo	33.4	30.8	224.2	--	--	--
San Luis Potosí	413.2	396.8	628.6	2 598.6	2 434.0	5 882.8
Sinaloa	218.1	198.9	216.4	1 978.0	1 853.5	3 020.8
Sonora	232.7	234.4	256.4	1 511.3	1 415.1	4 482.0
Tabasco	224.1	219.6	635.1	4 114.0	3 853.6	17 952.2
Tamaulipas	357.2	313.9	936.6	4 594.0	4 301.3	14 574.7
Tlaxcala	326.7	330.0	1 266.1	3 244.0	3 033.5	9 092.4
Veracruz	961.2	916.7	750.8	7 085.7	6 637.9	9 602.2
Yucatán	319.6	297.3	313.5	3 209.3	3 004.9	6 403.7
Zacatecas	32.7	30.0	187.6	378.2	354.3	2 854.8
TOTAL	985.7	921.9	991.1	8 968.2	8 399.7	13 226.8

Fuente: elaboración propia con base en datos de los cuadros anteriores.

Algo similar sucede cuando se considera la productividad agrícola de la infraestructura de transporte terrestre a nivel de las entidades federativas (véase el cuadro 2.9). Las entidades que tienen los mayores índices de productividad industrial son (en 2000, y con bastantes cambios respecto de los años anteriores): Colima, Morelos, México, Michoacán y Sinaloa, para el caso de las carreteras, y Guerrero, Baja California Norte, Chiapas, Oaxaca y Colima, para el caso de la infraestructura ferroviaria.

Como resultado del anterior análisis de los indicadores de productividad parcial de la infraestructura de transporte terrestre se puede concluir que estos indicadores no muestran una evidencia que apoye la hipótesis central del presente trabajo de investigación. Es decir, no parece que la mayor cantidad de infraestructura de transporte sea una condición suficiente (aunque pudiera ser necesaria) para explicar el crecimiento de la producción industrial o agrícola de las regiones económicas de México o de las entidades que las conforman. Por supuesto, este resultado del análisis no puede tomarse como el hallazgo central, puesto que aún faltan análisis por realizar.

**Cuadro 2.8 Productividad agrícola de la infraestructura terrestre
(por regiones económicas)**

Región	Productividad agrícola					
	Miles de pesos / km. de carretera			Miles de pesos / km. de vía férrea		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000
Noroeste	305.0	303.9	124.0	2 809.3	3 031.2	2 397.9
Noreste	168.2	159.6	104.7	961.1	924.7	1 978.4
Centro-Occidente	287.7	404.0	412.0	2 469.0	3 336.2	3 753.4
Centro	332.0	328.8	243.7	2 250.8	2 310.9	1 726.9
Sureste	209.8	236.8	247.3	2 808.8	3 255.5	4 083.7

Fuente: elaboración propia con base en datos de los cuadros anteriores.

**Cuadro 2.9 Productividad agrícola de la infraestructura terrestre
(por entidad federativa)**

Entidad federativa	Productividad agrícola					
	Miles de pesos / km. de carretera			Miles de pesos / km. de vía férrea		
	1980	1990	2000	1980	1990	2000
Aguascalientes	278.3	231.7	148.8	2.7	2.2	1.5
Baja California Norte	515.4	217.5	124.0	9.0	6.9	6.5
Baja California Sur	77.0	60.9	46.5	--	--	--
Campeche	77.2	58.7	54.1	0.5	0.5	0.6
Coahuila	98.6	104.7	83.1	0.5	0.5	0.3
Colima	379.4	328.6	374.4	3.1	2.4	3.3
Chiapas	300.1	341.9	124.5	5.4	6.5	4.8
Chihuahua	184.1	277.0	149.4	0.7	1.0	0.7
Distrito Federal	1 018.0	1 168.5	1 526.6	0.5	0.6	0.8
Durango	142.8	126.6	54.3	1.1	0.9	0.6
Guanajuato	395.1	585.8	185.2	2.3	3.3	1.9
Guerrero	154.8	227.8	138.0	13.4	21.4	18.4
Hidalgo	191.6	190.5	99.8	1.6	1.3	1.1
Jalisco	497.9	588.3	146.0	4.9	5.5	3.3
México	472.6	411.0	272.4	3.1	3.2	2.1
Michoacán	270.9	417.1	267.2	2.4	3.7	2.9
Morelos	433.7	421.8	308.1	3.0	3.7	2.4
Nayarit	462.3	457.8	169.1	3.6	3.4	2.4
Nuevo León	95.4	65.9	102.0	0.5	0.4	0.7
Oaxaca	191.3	252.9	152.7	3.3	4.3	3.8
Puebla	334.9	333.1	191.5	2.5	2.4	1.6
Querétaro	130.2	108.3	76.6	1.5	0.7	0.5
Quintana Roo	15.3	34.2	25.7	--	--	--
San Luis Potosí	120.1	155.1	110.4	0.7	1.0	1.0
Sinaloa	360.0	464.7	263.2	3.0	4.0	3.6
Sonora	292.7	328.5	66.9	1.8	1.8	1.1
Tabasco	143.9	146.6	62.2	2.4	2.5	1.8
Tamaulipas	279.5	188.3	101.0	3.4	2.5	1.5
Tlaxcala	139.4	249.3	130.2	1.2	2.1	0.9
Veracruz	368.7	377.7	170.7	2.4	2.5	2.1
Yucatán	92.8	57.3	36.6	0.9	0.5	0.7
Zacatecas	121.4	405.8	165.9	1.7	5.8	2.5
TOTAL	248.8	282.6	137.0	2.1	2.4	1.7

Fuente: elaboración propia con base en datos de los cuadros anteriores.

3 Eficiencia técnica de la infraestructura de transporte

En esta parte del trabajo se aplicará el método de la envolvente de datos (data envelopment analysis) propuesto por Charnes, Cooper y Rodes en 1978 (modelo DEA-CCR), para estimar la eficiencia técnica con la que las regiones económicas de México están usando los recursos de infraestructura de transporte para alcanzar los niveles observados en su producción agrícola e industrial. En realidad, también se utilizará el modelo modificado por Banker, Charnes y Cooper en 1984, quienes encontraron una extensión del modelo de DEA-CCR tal que permite tomar en cuenta la posibilidad de la existencia de rendimientos crecientes a escala. Así, el modelo DEA-BCC nos permite establecer comparaciones entre un conjunto de regiones, tomando el criterio de la mejor marca o frontera de producción eficiente.

Definición de la eficiencia técnica

Las medidas de eficiencia nos indican una relación entre lo que se produce, y lo que se debe producir. Es decir, para saber si se está produciendo de manera eficiente, debe existir un marco de comparación. Para ello, Farell (1957) propuso que dicha comparación debería estar en función de la mejor marca (o lo que hoy conocemos como *benchmarking*) observada entre un conjunto de empresas o DMU¹, a las que se desee equiparar. Además de ello, identificó dos formas en las que se produce de manera ineficiente. La primera de ellas ocurre cuando se utilizan más insumos de los que se requieren en el proceso de producción de acuerdo con la tecnología existente, mientras que la segunda resulta de no contar con la mejor combinación de insumos, dados los costos de estos. A la primera se le conoce con el nombre de ineficiencia técnica, y a la segunda se le nombró ineficiencia de asignación. El presente trabajo de investigación se enfoca sólo en la estimación de la eficiencia técnica. Por ello, sólo es necesario contar con las cantidades utilizadas de insumos y de producción.

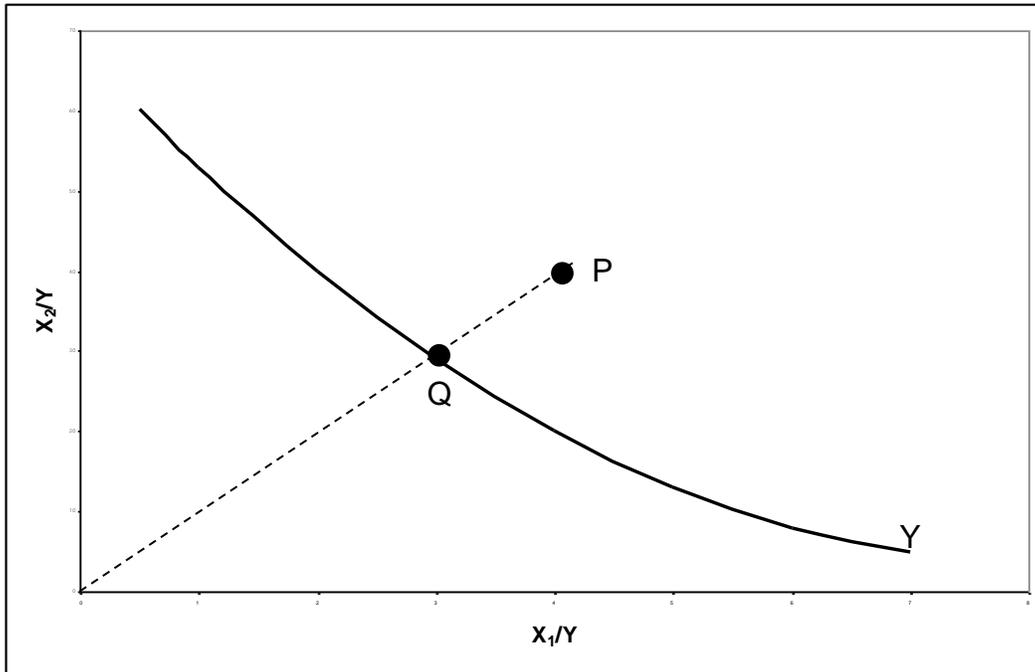
Farell definió la eficiencia técnica como la distancia existente entre la mejor marca y la marca real de la empresa o DMU, que se desea comparar. Lo anterior se aprecia en la figura 1, donde se tiene un producto que requiere de los insumos X_1 y X_2 , para su elaboración.

En efecto, la curva $Y-Y'$, muestra la combinación de insumos necesaria para producir una unidad de producto en condiciones de máxima eficiencia. Es decir, que cualquier punto situado fuera de dicha curva estará produciendo de manera ineficiente. Tal es el caso del punto P, en el cual se produce la misma cantidad

¹ En la literatura sobre el tema se identifica como DMU a cada una de las unidades tomadoras de decisiones (DMU = "Decision Making Unit").

que en el punto Q, pero con mayor utilización de insumos. Así, si se mide la distancia existente entre los puntos P y Q, se obtiene la cantidad que puede reducirse el consumo de insumos, sin alterar la cantidad producida, obteniendo el índice de eficiencia técnica como:

$$ET = \frac{\overline{OQ}}{\overline{OP}} \quad - [1]$$



Fuente: Coelli et al, 1998.

Figura 1 Eficiencia técnica según Farrell

Una vez definida la eficiencia, lo importante es determinar la frontera de la misma, es decir, la curva Y-Y' en la figura 1. Para ello, en los últimos años se han desarrollado dos enfoques principales para determinar la frontera y medir la eficiencia. El enfoque paramétrico consiste en determinar, a través de técnicas econométricas, una función frontera utilizando una representación paramétrica de la tecnología junto con un término de error compuesto. En cambio, el método no paramétrico se resuelve mediante técnicas de programación lineal, y se calcula la frontera productiva directamente de los datos, sin imponer restricciones a priori a dicha función frontera.

En este trabajo de investigación se empleará el método de la envolvente de datos desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes, el cual es un método de programación lineal, en el que la función de producción está definida por el máximo nivel de producción alcanzable, con una cierta combinación de insumos (Bonilla y otros, 2002).

El método DEA implica el uso de métodos de programación lineal para “construir” una superficie (o frontera) no paramétrica envolvente de los datos. El modelo asume retornos constantes a escala. Para la formulación matemática, Coelli y otros (1978) recurren a una interpretación intuitiva. Suponiendo que hay datos sobre K diferentes insumos y M diferentes productos para cada una de las N empresas, se parte del hecho de que para cada empresa analizada podemos obtener la relación de los productos (y_i) entre la cantidad de insumos (x_i), donde tanto x_i como y_i son vectores columna. Se tendría así una matriz de insumos ($K \times N$), y una matriz de productos ($M \times N$). Para cada industria se desea conocer una medida de la relación de todos los productos a todos los insumos, es decir,

$$\frac{u' y_i}{v' x_i} \quad - [2]$$

donde u' y v' son vectores de “pesos” o ponderadores de los productos e insumos respectivamente. La obtención del valor óptimo de esos ponderadores se obtiene al resolver el siguiente problema de programación lineal (Coelli et al, 1998):

$$\begin{aligned} & \max_{u,v} \left(\frac{u' y_i}{v' x_i} \right) \\ & \text{sujeto a:} \\ & \frac{u' y_j}{v' x_j} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, N, \\ & u, v \geq 0 \end{aligned} \quad - [3]$$

Al resolver este problema, se encuentran los valores de u y v , tales que la eficiencia de la i -ésima DMU, sean maximizados, sujetos a las restricciones de que todas las medidas de eficiencia deben ser menores o iguales a uno. Un problema detectado en este planteamiento, es que tiene un infinito número de soluciones. Para evitar eso, se puede imponer la restricción $v' x_i = 1$, quedando:

$$\begin{aligned} & \max_{\mu,v} (\mu' y_i), \\ & \text{sujeto a:} \\ & v' x_i = 1, \\ & \mu' y_j - v' x_j \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, N \\ & \mu, v \geq 0 \end{aligned} \quad - [4]$$

Debe notarse que en la expresión 4 se ha dado un cambio de notación para los ponderadores, de (u, v) a (μ, ν) , para enfatizar que se trata de un problema de programación diferente al inicial.

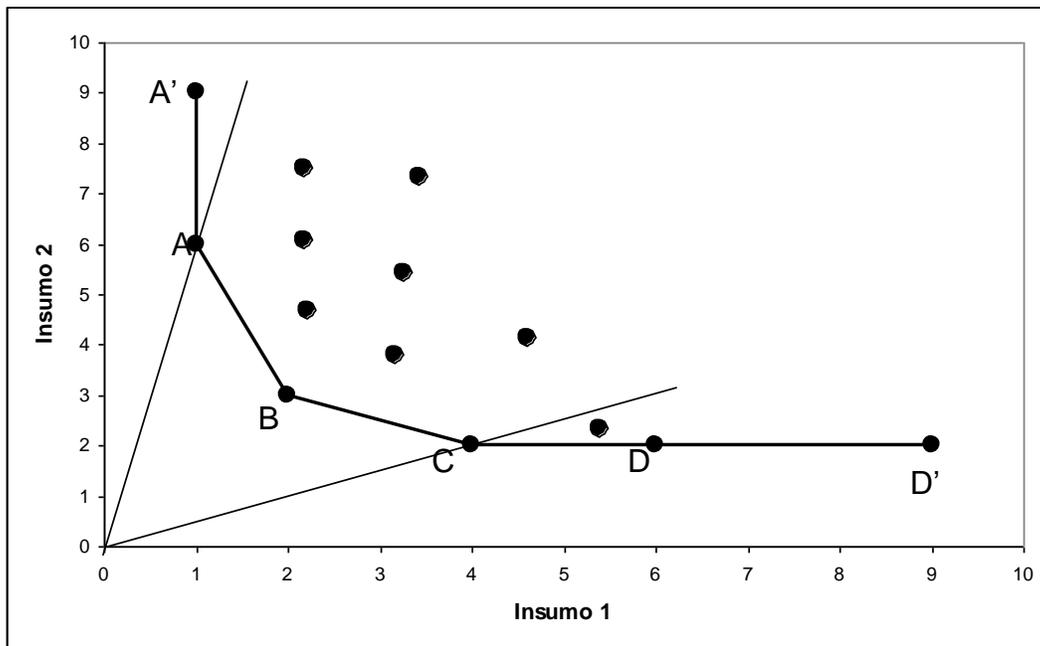
Ahora disponemos de un problema de optimización lineal estándar, de $N + 1$ restricciones lineales y $n + m$ restricciones de no negatividad. Este planteamiento es conocido como la forma del multiplicador del problema de programación lineal del DEA.

El problema dual asociado se puede formular en una forma envolvente similar:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{sujeto a:} & \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad \text{- [5]}$$

En la expresión 5, θ es un escalar y $\lambda \in \mathfrak{R}^{N \times 1}$ un vector de constantes, $X \in \mathfrak{R}^{n \times N}$ es la matriz de insumos con tantas filas como insumos y tantas columnas como DMU e $Y \in \mathfrak{R}^{m \times N}$, la matriz de productos con tantas filas como productos y columnas como DMU haya. En este caso habrá $n + m$ restricciones lineales y N de no negatividad, es decir, una cantidad menor de restricciones que en la representación primal. Así, es generalmente la forma preferida para resolver. El valor de θ obtenido será la marca de eficiencia para la i -ésima región, con lo que este problema nos permite determinar las DMU a partir de las cuales se construirá la empresa "virtual" con la que se compara al resto de las DMU. Para conocer las unidades "eficientes" asociadas a las demás, se debe resolver un problema similar; por esta razón el ejercicio debe repetirse N veces (una vez para cada DMU). Cabe notar que los valores encontrados para θ representan el valor de la eficiencia técnica, por lo que serán identificados como TECRS para mantener la notación que predomina en la literatura sobre este tipo de modelos (donde la indicación CRS significa que se están asumiendo rendimientos constantes a escala). Igualmente, se debe hacer mención que un resultado igual a 1, indica que esa DMU es técnicamente eficiente, mientras que los resultados menores a 1, nos indican el porcentaje respecto a la DMU eficiente al que se está operando.

La representación gráfica del método es presentada en la figura 2, la cual nos muestra un conjunto de DMU, que emplean 2 insumos para producir la misma cantidad de producto, los puntos A, B y C representan las mínimas combinaciones de insumos necesarias. Para construir la frontera de eficiencia, se unen los puntos mencionados y se prolonga tanto vertical como horizontalmente, quedando la superficie A'ABCDD'. A partir de esa frontera se debe medir la distancia que existe entre ella y el resto de los puntos, tal como se realizó en la definición de la eficiencia técnica.



Fuente: Fried et al, 2008, (p.23).

Figura 2 Método DEA

Un elemento restrictivo y muy importante en la anterior expresión 5 es el supuesto de que se presentan rendimientos constantes a escala en la producción. Cabe mencionar que por ello se le identifica como el modelo DEA de rendimientos constantes a escala o como el modelo CCR, por referencia a los autores del modelo (Charnes, Cooper y Rhodes, 1978). Claramente, este supuesto sólo es válido cuando todas las DMU están operando a una escala óptima (esto es, correspondiente a la porción plana de la curva de costos promedios de largo plazo). La competencia imperfecta, restricciones en el financiamiento, entre otros, pueden causar que una DMU no esté operando a una escala óptima. Banker, Charnes y Cooper (1984) encontraron una extensión del modelo de DEA-CCR tal que permite la existencia de rendimientos crecientes a escala.

Para lo anterior, el problema de programación lineal es modificado al agregar una restricción de convexidad (esto es, $\sum \lambda = 1$), quedando la expresión matemática del modelo BCC como sigue:

$$\begin{aligned} & \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{sujeto a:} & \\ & -y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & \theta x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \sum \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad \text{- [6]}$$

Nuevamente, como en el caso de la expresión 5, los valores encontrados para θ representan el valor de la eficiencia técnica, y serán identificados como TEVRS para mantener la notación que predomina en la literatura sobre este tipo de modelos y donde VRS significa que se asumen rendimientos variables a escala.

Otro elemento a considerar en los anteriores modelos radica en que el modelo corresponde a las medidas que Farrell propuso para medir la ineficiencia técnica cuando hay una orientación a la reducción de los insumos que se utilizan. Sin embargo, es evidente la posibilidad de medir la ineficiencia técnica como un incremento proporcional en la producción considerando cantidades fijas de insumos. Éste es un caso muy frecuente en sectores como el del transporte donde no es posible reducir el tamaño de la infraestructura, por lo que la eficiencia podría estar orientada al producto y no necesariamente a los insumos. La implicación metodológica radica en que los resultados al medir la eficiencia varían cuando se considera la posibilidad de rendimientos variables a escala.

El modelo a optimizar tiene un desarrollo teórico muy similar al formulado en las expresiones 5 y 6 anteriores, pero se plantea como la siguiente maximización que asume rendimientos variables a escala (Coelli, 1998):

$$\begin{aligned} & \max_{\phi, \lambda} \Phi, \\ \text{sujeto a:} & \\ & -\Phi y_i + Y\lambda \geq 0, \\ & x_i - X\lambda \geq 0, \\ & \sum \lambda = 1 \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad \text{- [7]}$$

Por supuesto, ahora los valores encontrados para Φ representan el valor de la eficiencia técnica, y serán identificados como TEO_{VRS} , donde O,VRS significa que se asume orientación al producto así como rendimientos variables a escala. La notación para las demás mediciones de la eficiencia quedaría como sigue:

TEI_{CRS} = eficiencia técnica orientada a los insumos, con rendimientos constantes a escala.

TEI_{VRS} = eficiencia técnica orientada a los insumos, con rendimientos variables a escala.

TEO_{CRS} = eficiencia técnica orientada a los productos, rendimientos constantes a escala.

4 Medición de la eficiencia técnica

En esta parte del trabajo se aplicará el método de la envolvente de datos (data envelopment analysis) propuesto por Charnes, Cooper y Rodes en 1978 (modelo DEA-CCR), para estimar la eficiencia técnica con la que las regiones económicas de México están usando los recursos de infraestructura de transporte para alcanzar los niveles observados en su producción agrícola e industrial. En realidad, también se utilizará el modelo modificado por Banker, Charnes y Cooper en 1984, quienes encontraron una extensión del modelo de DEA-CCR, tal que permite tomar en cuenta la posibilidad de la existencia de rendimientos crecientes a escala. De hecho, el modelo DEA-BCC permite establecer comparaciones entre un conjunto de regiones, tomando el criterio de la mejor marca o frontera de producción eficiente.

De hecho, los datos consignados en los cuadros 2.1 a 2.4 no sólo son útiles para mostrar la importancia relativa de cada una de las entidades federativas o de las regiones en que son agrupadas. Las variables mostradas son también las que serán utilizadas para calibrar los modelos de eficiencia. Así, se está seleccionando a los niveles de producción industrial y agrícola como las variables explicadas, dependientes o, más precisamente en el contexto metodológico de este análisis, como el “producto” más relevante a ser generado en la actividad económica de las regiones del país, tomadas éstas como las DMU. Si bien hay otros “productos” que pueden resultar de interés particular para el desarrollo económico de ciertas regiones (por ejemplo, como en el caso de las exportaciones de manufacturas), hemos empezado por concentrarnos en la producción industrial y agrícola asumiendo que son las variables que, tradicionalmente, más contribuyen directamente a los ingresos de las empresas y la población.

Por supuesto, también es posible analizar la actividad del sector servicios. Sin embargo, este sector puede estar más relacionado con la productividad y el desarrollo económico al interior de las ciudades. Así, dado que estamos interesados por conocer el impacto económico regional de la infraestructura de transporte interurbano (que ciertamente, interesa más al gobierno federal como parte de la política de integración territorial y comunicación regional e internacional), inicialmente se asume a la producción industrial y agrícola como las variables explicativas de este modelo.

Sin embargo, y tomando en cuenta la posible emergencia de otros sectores económicos, también es posible usar, alternativamente, el PIB per cápita, como la variable que tradicional y globalmente mide la productividad de la región. De hecho, en este trabajo se comparan los resultados de utilizar estas dos fuentes de información.

Como variables explicativas hemos seleccionado la cantidad de kilómetros de carreteras y vías férreas. Ello obedece a dos motivos. Primero, porque representan una expresión del stock de capital de inversión acumulado no sólo por

la inversión inicial en dichas infraestructuras sino también por los gastos de mantenimiento y operación de la mismas. Además, estas variables no sólo son importantes per se, en la eficiencia de la inversión, sino que además pueden actuar como variables 'proxy' del consumo de recursos que demanda la atención de la demanda de movilidad de bienes y personas en una región.

Tomando en cuenta lo anterior, las hipótesis a comprobar, mediante la estimación del modelo de eficiencia basado en el Data Envelopment Analysis, son las siguientes:

Planteamiento de hipótesis 1:

Las regiones económicas de México que muestran una **mayor cantidad de producción industrial y agrícola** son los que tienen los índices de eficiencia más altos con relación a su infraestructura de transporte terrestre.

Bajo esta hipótesis, el modelo de la función de producción que se plantea, genéricamente, es el siguiente:

$$y_{(1,2)i} = f(C_i, F_i) \quad - [8]$$

donde:

- $y_{(1,2)i}$ es el volumen de producción industrial y agrícola de la región i -ésima, medido en miles de millones de pesos de 1993;
- C_i es la cantidad de kilómetros de carreteras; y,
- F_i es la cantidad de kilómetros de vías férreas.

Planteamiento de hipótesis 2:

Las regiones económicas de México que muestran un **mayor nivel de PIB per cápita** son los que tienen los índices de eficiencia más altos con relación a su infraestructura de transporte terrestre.

Bajo esta hipótesis, el modelo de la función de producción que se plantea, genéricamente, es el siguiente:

$$y_{(1)i} = f(C_i, F_i) \quad - [9]$$

donde:

- $y_{(1)i}$ es el nivel del PIB per cápita de la región i -ésima, medido en miles de miles de pesos de 1993;
- C_i es la cantidad de kilómetros de carreteras; y,
- F_i es la cantidad de kilómetros de vías férreas.

Análisis de la eficiencia:

El modelo de eficiencia se resuelve empleando el software DEA-Solver Learning (Cooper et al, 2000), para ello se consideran como modelos de solución las cuatro opciones siguientes:

1. El CCRI, es decir, el modelo de Charnes, Cooper y Rhodes, que estima la TEI,CRS (la eficiencia técnica orientada a los insumos) al minimizar la cantidad de insumos utilizados dada la cantidad de producción y asumiendo rendimientos constantes a escala.
2. El CCRO, es decir, el modelo de Charnes, Cooper y Rhodes, que estima la TEO,CRS (la eficiencia técnica orientada a los productos) al maximizar la cantidad de producción dada la cantidad de insumos utilizados y asumiendo rendimientos constantes a escala.
3. El BCCI, es decir, el modelo de Banker, Charnes y Cooper, que estima la TEI,BRS (la eficiencia técnica orientada a los insumos) al minimizar la cantidad de insumos utilizados dada la cantidad de producción y asumiendo rendimientos variables a escala.
4. El BCCO, es decir, el modelo de Banker, Charnes y Cooper, que estima la TEO,BRS (la eficiencia técnica orientada a los productos) al maximizar la cantidad de producción dada la cantidad de insumos utilizados y asumiendo rendimientos variables a escala.

Por las razones ya apuntadas previamente, es posible plantear que es precisamente el último modelo planteado (el BCCO) el que representa mejor las condiciones de la infraestructura de transporte. Es decir, que no se puede ya cambiar la cantidad insumos utilizados y se asume la existencia de rendimientos variables a escala. Por tal motivo, el listado de salida de la corrida de dicho modelo, correspondiente al año de 2000, es presentado en extenso en el anexo 1. Para el resto de las opciones (años 1980 y 1990), sólo se incluirán los datos relevantes, debidamente resumidos.

Corridas para el año 2000:

El cuadro 4.1 (también tomado del listado de salida se muestra en el anexo 1), presenta un resultado importante. Bajo la hipótesis 1, de las 32 entidades federativas analizadas, 10 alcanzaron la calificación máxima (es decir, 1), mientras que 22 quedaron por abajo de dicho objetivo, es decir, son ineficientes. Esta predominancia de la ineficiencia, tal y como se midió en el presente trabajo, se refleja en que la calificación promedio es de apenas 0.69.

En cambio, bajo la hipótesis 2, sólo 2 de las entidades resultan con un nivel de eficiencia sobre la frontera de producción, las demás en su interior.

Cuadro 4.1 Resultados globales en la medición de la eficiencia

	Hipótesis 1	Hipótesis 2
Average of scores =	0.691363898	0.41370034
No. of efficient DMUs =	10	2
No. of inefficient DMUs =	22	30

El desglose de las calificaciones obtenidas por cada entidad federativa es presentado en el cuadro 4.2.

Como se puede observar, **bajo la hipótesis 1**, las diez entidades federativas que alcanzan la máxima calificación son (orden alfabético): Baja California Sur, Colima, Distrito Federal, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Quintana Roo, Sinaloa y Veracruz. Como se puede comprobar, algunos de estas entidades federativas están entre las más importantes por la producción industrial o agrícola pero otros son realmente poco productivos pero con una red vial y ferroviaria que, a resultas de este análisis, tiene una mayor eficiencia en su tamaño que el resto de las entidades federativas. Otras seis entidades federativas (que son Baja California Norte, Chiapas, Morelos, Nuevo León, Oaxaca y Puebla) muestran un desempeño superior al promedio (aunque Baja California Norte cercano al óptimo, mientras que Puebla apenas llega a una calificación de 0.69). Nuevamente, hay tres casos de entidades federativas que están entre las más industrializadas en México, pero los otros tres que no destacan mucho por su producción industrial o agrícola. Lo que si es innegable es que son pocas las entidades federativas que teniendo los niveles más altos de producción industrial (México, Jalisco y Veracruz) o agrícola (Sinaloa, Veracruz y Jalisco) se encuentran entre los mejor calificados. Con base en esto, es posible afirmar que no podemos aceptar la hipótesis planteada, esto es que "las regiones económicas de México que muestran una mayor cantidad de producción industrial y agrícola son los que tienen los índices de eficiencia más altos con relación a su infraestructura de transporte terrestre".

En cambio, **bajo la hipótesis 2**, se encuentra que sólo el Distrito Federal y Quintana Roo se encuentran en la frontera de eficiencia. Los demás estados que resultan eficientes bajo la hipótesis 1, no tienen, por lo general, ni siquiera un comportamiento cercano a la eficiencia. Esto implica que las dos hipótesis son incompatibles. Es decir, que el cumplimiento de una no implica a la otra. Es decir, no es equivalente, en términos analíticos, el uso de cualquiera de las dos hipótesis.

Cuadro 4.2 Resultados en la medición de la eficiencia técnica

DMU	Entidad federativa	Hipótesis 1		Hipótesis 2	
		Calificación 2000	Posición	Calificación 2000	Posición
1	Aguascalientes	0.52623785	22	0.50043075	9
2	Baja California Norte	0.98902056	11	0.54185411	8
3	Baja California Sur	1	1	0.8294849	3
4	Campeche	0.1842251	32	0.60642228	5
5	Coahuila	0.42169841	24	0.56663825	7
6	Colima	1	1	0.42029611	13
7	Chiapas	0.97723164	12	0.18897414	31
8	Chihuahua	0.64834231	19	0.57885763	6
9	Distrito Federal	1	1	1	1
10	Durango	0.203502	30	0.34839443	15
11	Guanajuato	0.70426999	16	0.28246661	21
12	Guerrero	1	1	0.27282903	22
13	Hidalgo	0.36601651	27	0.26484797	24
14	Jalisco	1	1	0.38959932	14
15	México	1	1	0.31031543	18
16	Michoacán	1	1	0.23898835	27
17	Morelos	0.82550675	14	0.33307836	16
18	Nayarit	0.63120572	20	0.23671498	28
19	Nuevo León	0.81019194	15	0.68144359	4
20	Oaxaca	0.8488067	13	0.17107133	32
21	Puebla	0.69097333	17	0.2705314	23
22	Querétaro	0.2467642	29	0.48366013	10
23	Quintana Roo	1	1	1	1
24	San Luis Potosí	0.40674854	25	0.2855925	20
25	Sinaloa	1	1	0.30576868	19
26	Sonora	0.56061895	21	0.45865303	11
27	Tabasco	0.3524722	28	0.24268258	25
28	Tamaulipas	0.50268208	23	0.43961353	12
29	Tlaxcala	0.37265255	26	0.22136971	29
30	Veracruz	1	1	0.23955669	26
31	Yucatán	0.20311593	31	0.31429383	17
32	Zacatecas	0.65136148	18	0.21398124	30

Para dilucidar cuál de las dos hipótesis es más pertinente, podemos analizar las matrices de correlación implicadas en cada una de estas opciones.

Así, tomando como punto de partida el caso de la hipótesis 1, podemos observar en el cuadro 4.3 que sólo hay una correlación parcial alta (más del 73%) entre la cantidad de producción agrícola (y_2), y la cantidad de kilómetros de carreteras (x_1), así como una mediana o baja correlación (casi 48%) entre la misma variable dependiente y la cantidad de kilómetros de vías férreas (X_2). En cambio, la

producción industrial (y1) tiene una casi nula correlación con la cantidad de carreteras (menos del 1%) y una mediana o baja correlación con la cantidad de vías férreas (40%). Asimismo, aunque existe una mediana correlación entre las variables independientes, esto no resulta muy relevante dado que se trata de un modelo de optimización y no de regresión.

Este resultado es congruente con los indicadores de productividad parcial analizados en la anterior sección de este mismo capítulo y representan un adelanto de los resultados que se muestran en cuadros posteriores.

Cuadro 4.3 Correlación entre las variables del modelo (hipótesis 1)

	x1	x2	y1	y2
x1	1	0.543257263	0.05747571	0.734356806
x2	0.543257263	1	0.402511186	0.479395609
y1	0.05747571	0.402511186	1	0.193047025
y2	0.734356806	0.479395609	0.193047025	1

En un resultado que es realmente interesante, en el cuadro 4.4 se puede apreciar que la correlación entre el PIB per cápita y la cantidad de kilómetros de carreteras (x1) es baja pero negativa, mientras que la correlación entre la misma variable dependiente y la cantidad de kilómetros de vías férreas (X2) es casi nula. Comparando estos resultados con los ofrecidos por el cuadro 4.1 se puede concluir que las carreteras o las vías férreas con que cuenta una entidad federativa pierden capacidad explicativa de los niveles de PIB per cápita, al ser estos un agregado de la producción de dicha entidad federativa. Sin embargo, sí pueden contribuir a explicar algunas de sus actividades. Por esta razón, podemos concluir que el uso del PIB per cápita como variable explicada no es adecuada en este tipo de modelos y, probablemente, tampoco en otros de tipo econométrico. En cambio, el desglose de la producción agrícola e industrial y su uso como variable dependiente (hipótesis 1), parece ser más adecuada, por lo que el resto del análisis se realizará con esta hipótesis.

Cuadro 4.4 Correlación entre las variables del modelo (hipótesis 2)

	x1	x2	y1
x1	1	0.543257263	-0.328032823
x2	0.543257263	1	-0.002704991
y1	-0.328032823	-0.002704991	1

En congruencia con lo anterior, el cuadro 4.5 muestra las calificaciones que obtienen las diferentes entidades federativas en el año de 2000, bajo cada uno de

los modelos DEA anteriormente planteados, y bajo la hipótesis 1. Destaca el hecho de que no es generalmente observable un gran cambio en la calificación al pasar del modelo BCC-O al modelo CCR-O, es decir, al asumir que existen rendimientos a escala constantes. Sin embargo, es notorio el hecho de que algunas entidades federativas caen abruptamente en su calificación, lo cual significa que tienen problemas importantes de ineficiencias de escala (Coelli, 1998). Un ejemplo claro de ello es el caso de Nuevo León que baja su calificación de 0.81 a casi 0.32, que además de estar por abajo del valor promedio para la calificación del modelo CCRO (0.43) significa que tiene una ineficiencia de escala del orden del 49%. Ello se muestra en la última columna del cuadro 4.5. De hecho, esta misma situación se corrobora en los demás casos de las entidades federativas que habían resultado óptimos bajo el modelo BCRO (Veracruz, Jalisco, Michoacán y el Estado de México). Esto puede servir para apoyar la comprobación de la hipótesis 1.

Por otra parte, como ya anticipaba la teoría (véase el planteamiento del modelo), el cambio del modelo CCRO al modelo CCRI no cambia en absoluto las calificaciones obtenidas, mientras que el cambio del modelo BCRO al modelo BCRI apenas muestra algunas variaciones significativas, pero no altera las conclusiones anteriores.

La aplicación del modelo DEA a la información obtenida para los años de 1980 y 1990, y cuyos resultados se presentan el cuadro 4.6, también permitirá comprobar si, al menos, en las entidades federativas con mas producción industrial o agrícola es donde se han presentado también los mayores crecimientos en la eficiencia en el manejo de su infraestructura terrestre. En dicho cuadro se puede comprobar que no existe una tendencia general al cambio, lo cual descarta esta posibilidad. Es decir, contrariamente a lo que podríamos suponer que debería estar ocurriendo por las tendencias a dotar de infraestructura de transporte a las regiones con mayor nivel de actividad económica, y por otras razones de tipo político, no parece presentarse una dinámica especialmente mayor en la eficiencia con la que operan dichas entidades federativas. Por supuesto, la excepción puede presentarse y en el presente caso se trata de Sinaloa y Veracruz, que de estar en lugares muy bajos en la eficiencia que estamos midiendo, se encuentran en la frontera de producción en el año 2000.

Cuadro 4.5 Resultados por modelo en la medición de la eficiencia técnica

DMU	Entidad federativa	Calificación BCRO	Calificación CCRO	Calificación CCRI	Calificación BCRI	Ineficiencias de escala
1	Aguascalientes	0.526237853	0.504898318	0.504898318	0.856182578	0.02133954
2	Baja California Norte	0.989020562	0.820429353	0.820429353	0.962511934	0.16859121
3	Baja California Sur	1	1	1	1	0
4	Campeche	0.184225102	0.175291922	0.175291922	0.425023235	0.00893318
5	Coahuila	0.421698406	0.174622006	0.174622006	0.220439288	0.2470764
6	Colima	1	1	1	1	0
7	Chiapas	0.977231641	0.698014588	0.698014588	0.949987931	0.27921705
8	Chihuahua	0.648342311	0.340318268	0.340318268	0.522023638	0.30802404
9	Distrito Federal	1	1	1	1	0
10	Durango	0.203501995	0.175638262	0.175638262	0.185836561	0.02786373
11	Guanajuato	0.704269992	0.587817506	0.587817506	0.661558005	0.11645249
12	Guerrero	1	1	1	1	0
13	Hidalgo	0.366016506	0.323583772	0.323583772	0.330128908	0.04243273
14	Jalisco	1	0.694556114	0.694556114	1	0.30544389
15	México	1	0.755118075	0.755118075	1	0.24488193
16	Michoacán	1	0.809913986	0.809913986	1	0.19008601
17	Morelos	0.825506747	0.819479201	0.819479201	0.901332574	0.00602755
18	Nayarit	0.631205722	0.605730973	0.605730973	0.609472645	0.02547475
19	Nuevo León	0.810191943	0.319637716	0.319637716	0.332203452	0.49055423
20	Oaxaca	0.8488067	0.733027329	0.733027329	0.773334052	0.11577937
21	Puebla	0.690973332	0.528721625	0.528721625	0.652023925	0.16225171
22	Querétaro	0.246764195	0.225438046	0.225438046	0.438003339	0.02132615
23	Quintana Roo	1	1	1	1	0
24	San Luis Potosí	0.406748544	0.305632384	0.305632384	0.347013013	0.10111616
25	Sinaloa	1	0.924874386	0.924874386	1	0.07512561
26	Sonora	0.560618949	0.26482903	0.26482903	0.282089776	0.29578992
27	Tabasco	0.352472201	0.34070356	0.34070356	0.439440473	0.01176864
28	Tamaulipas	0.502682082	0.394841847	0.394841847	0.412509152	0.10784024
29	Tlaxcala	0.372652549	0.332209956	0.332209956	0.603305354	0.04044259
30	Veracruz	1	0.583821631	0.583821631	1	0.41617837
31	Yucatán	0.203115931	0.168748005	0.168748005	0.243897106	0.03436793
32	Zacatecas	0.651361479	0.611264851	0.611264851	0.639148858	0.04009663

Cuadro 4.6 Eficiencia técnica en el periodo 1980 - 2000 (modelo BCRO)

Entidad federativa	1980		1990		2000	
	Calificación	Posición	Calificación	Posición	Calificación	Posición
Aguascalientes	0.600587145	19	0.679326868	17	0.526237853	22
Baja California Norte	1	1	0.771573376	14	0.989020562	11
Baja California Sur	1	1	1	1	1	1
Campeche	0.14768102	32	0.116972761	31	0.184225102	32
Coahuila	0.228299137	30	0.231522495	28	0.421698406	24
Colima	1	1	1	1	1	1
Chiapas	0.937371091	9	0.920626933	10	0.977231641	12
Chihuahua	0.369507357	22	0.470367515	22	0.648342311	19
Distrito Federal	1	1	1	1	1	1
Durango	0.286210883	26	0.214648608	29	0.203501995	30
Guanajuato	0.783753732	13	0.985927804	9	0.704269992	16
Guerrero	1	1	1	1	1	1
Hidalgo	0.380437659	21	0.320760268	26	0.366016506	27
Jalisco	1	1	1	1	1	1
México	1	1	1	1	1	1
Michoacán	0.547588527	20	0.718696542	16	1	1
Morelos	0.822493463	12	1	1	0.825506747	14
Nayarit	0.889847478	10	0.883249029	12	0.631205722	20
Nuevo León	0.364885483	23	0.350578239	25	0.810191943	15
Oaxaca	0.603248785	18	0.672143947	18	0.8488067	13
Puebla	0.667940475	17	0.5631453	20	0.690973332	17
Querétaro	0.252576367	28	0.189651765	30	0.246764195	29
Quintana Roo	1	1	1	1	1	1
San L. Potosí	0.239190663	29	0.262040589	27	0.406748544	25
Sinaloa	0.722822281	14	0.832405327	13	1	1
Sonora	0.676153661	15	0.618790461	19	0.560618949	21
Tabasco	0.329727718	24	0.412259975	24	0.352472201	28
Tamaulipas	0.669610555	16	0.423719834	23	0.502682082	23
Tlaxcala	0.268740869	27	0.519409296	21	0.372652549	26
Veracruz	0.848662073	11	0.756617365	15	1	1
Yucatán	0.183537495	31	0.107748623	32	0.203115931	31
Zacatecas	0.307795157	25	0.909057512	11	0.651361479	18

Conclusiones

El interés principal del presente trabajo es contribuir al análisis del debate sobre el frecuente argumento de que las inversiones en infraestructura de transporte son un "detonador" del desarrollo, que permiten un desarrollo regional más equilibrado o que incluso son parte de la competitividad de las regiones. Por supuesto, el tema no es tan sencillo o evidente. De hecho, el presente trabajo concentra variables muy específicas y busca la aplicación de una herramienta de análisis (el método de la envolvente de datos) que no parece usarse muy frecuentemente en la investigación seria del tema, también con el propósito de buscar nuevos enfoques y aportarlos al debate. Por lo tanto, de los elementos aquí presentados, se desprenden los siguientes hallazgos.

La infraestructura de transporte terrestre que ha acumulado el país, esto es, su stock de inversión realizado hasta ahora en este aspecto infraestructural, es realmente muy grande. Si bien hay estudios que encuentran que este gran stock de infraestructura ha favorecido el crecimiento económico del país, hay sin embargo, otros estudios que dudan de esta conclusión. Parte de la duda es por el uso y naturaleza de la información agregada. En ese sentido, en este trabajo se explora dicha relación pero utilizando un nivel de análisis propiamente regional y tratando de desagregar también a nivel de modos de transporte. Así, con la información desagregada en esa forma, se realiza una medición de los indicadores parciales de productividad, tanto a nivel de las regiones económicas como de las entidades federativas que las conforman. Las conclusiones preliminares de la segunda sección indican que no se puede apreciar una tendencia que confirme que las regiones con más infraestructura de transporte terrestre son las más productivas, aún en términos relativos.

De la aplicación del método de la envolvente de datos (Data Envelopment Analysis) enfocado sobre la hipótesis principal ("las regiones económicas de México que muestran una mayor cantidad de producción industrial y agrícola son las que tienen los índices de eficiencia más altos con relación a su infraestructura de transporte terrestre") se encuentra que no puede aceptarse totalmente, en términos generales. Primero, porque si bien el modelo aplicado no es del tipo econométrico, la matriz de correlación aporta elementos razonables para esperar que sí hay una baja correlación parcial entre las variables en análisis. Lo más importante es que el resultado del análisis ofrece respuestas congruentes con el análisis de productividad parcial previamente realizado (sección dos) que tampoco encuentra una relación entre las variables en análisis.

En parte, por lo anterior, el uso del método de la envolvente de datos, resulta ser una herramienta de análisis que podría seguirse usando para ampliar el estudio de la relación entre la inversión en transporte y el desarrollo económico regional. De hecho, el hallazgo realizado en el presente trabajo sobre la falta de capacidad explicativa de la infraestructura de transporte terrestre en el PIB per cápita, deberá ser revisada con mejor información y con otras herramientas analíticas. Habrá que

recordar que, como se anotó en la primera sección, no siempre se ha encontrado una alta correlación entre dichas variables, contrariamente al uso que se hace de ese argumento para justificar altas inversiones en infraestructura.

Bibliografía

- AROCA, P.; BOSCH, M. and MALONEY, W. (2005) *Spatial dimensions of trade liberalization and economic convergence: Mexico 1985-2002*. The World Bank Economic Review, Vol. 19, no. 3, pp. 345-378.
- ASCHAUER, D. A. (1991) *Public Investment and Private Growth: The Economic Benefits of Reducing America's Third Deficit*. Economic Policy Institute, USA.
- BERNDT, E. and HANSSON, B. (1992). *Measuring the contribution of public infrastructure Capital in Sweden*. The Scandinavian Journal of Economics.
- BOSCÁ, J.E., ESCRIBÁ, F.J. and MURGUI, M.J. (2002) *The Effect of public infrastructure on the private productive sector of Spanish regions*, Journal of regional science.
- BUTTON, KENNETH. (2000) *New Approaches to Spatial Economics*, Growth and Change, A journal of urban and regional policy. Wiley Periodicals.
- CALDERON, C., and SERVÉN, L., (2005) *The effects of infrastructure Development on Growth and Income Distribution*. World Bank. JEL classification H54, O54.
- CAVES, D., CHRISTENSEN, L. and DIEWERT, W. (1982) *The Economic Theory of Index Numbers and The Measurement of Input, Output, and Productivity*. Econometrica, 50-6.
- COELLI, T., PRASADA-RAO, D., and BATTESE, G. (1998). *An introduction to efficiency And productivity analysis*. Kluwer Academic Pub.
- CHARNES, D. W., COOPER, W. and RHODES, E. (1978). *Measuring the efficiency of Decision Making Units*. European Journal of Operational Research, vol. 2, pp. 429-444.
- COOPER, W., SEIFORD, L. M. and TONE, K., (2000). *Data Envelopment Analysis*, Kluwer Academic Publishers, USA.
- DEKLE, R. (2002) *Industrial concentration and regional Growth: Evidence from the Prefectures*, The Review of economics and Statistics.
- DENNY, M., FUSS, M., and MAY, J.D. (1981) *Intertemporal Changes in Regional productivity in Canadian Manufacturing*, The Canadian Journal of Economic.
- ESQUIVEL, G. (2000). *Geografía y Desarrollo Económico en México*. Research Network Working Paper #R-389. Banco Interamericano de Desarrollo.

ESTACHE, A. (2006). *Infrastructure: a survey of recent and upcoming issues*. The World Bank Infrastructure vice-presidency.

FARRELL, M. J. (1957). *The Measurement of Productive Efficiency*. Journal of the Royal Statistical Society, Series A (General), 120.

FRIED, H. O.; LOVELL, K.; and SCHMIDT, S. (2008). *The measurement of productive efficiency and productive growth*. Oxford Univ. Press.

GLASS, A. (2008). *Public expenditure in transport and macroeconomic performance: empirical evidence from the United States*. International Journal of Transport Economics.

GORMAN, M. F. (2008). *Evaluating the public investment mix in US freight transportation infrastructure*. Transportation Research Part A.

GRAMLICH, E. M. (1994). *Infrastructure Investment: A Review Essay*. Journal of Economic Literature.

HOLTZ-EAKIN, D. (1994). *Public-Sector capital and the productivity puzzle*. The Review of Economics and Statistics.

INEGI (2003). *Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos*, Aguascalientes, México.

KHADAROO, J., and SEETANAH, B., (2008). *Transport and Economic Performance: The case of Mauritius*, Journal of Transport Economics and Policy.

LACHLER, U. and ASCHAUER, D. A. (1998). *Public investment and economic growth in México*, Policy Research Working Paper 1962, The World Bank, Washington.

LOVELL, C. A., (1993). *Production frontiers and productive efficiency. The measurement of productive efficiency techniques and applications*. Edited by Harold, Knox and Schmidt. New York, Oxford University Press.

MARRISON, C.J., and SCHWARTZ, E. (1996). *State Infrastructure and Productive Performance*. The American Economic Review.

MAS, M., MAUDOS, J., and PÉREZ, F. *Public capital, productive efficiency and convergence in the Spanish regions (1964-93)*. Review of Income and Wealth.

MESSMACHER L., MIGUEL. (2000). *Desigualdad regional en México, el efecto del TLCAN y otras reformas estructurales*. Documento de investigación 2000-4. Banco de México.

MONTOLIO, D., and SOLÉ-OLLÉ, A. (2007). *Road investment and regional productivity growth: the effects of vehicles intensity and congestion*. Universitat de Barcelona, Institut d'Economia di Barcelona (IEB).

NEMOTO, J., and GOTO, M. (2005). *Productivity, Efficiency, Scale Economies and Technical Change: A new decomposition analysis of TFP applied to the Japanese prefectures*, National Bureau of Economic Research.

NORIEGA, A. and FONTENLA, M. (2005). *Public Infrastructure and Economic Growth in México*. Documento de trabajo, Universidad de Guanajuato.

OWEN, W. (1959). *Transportation and Economics Development*. The American Economic Review.

PEREIRA, A.M., and ANDAZ, J.M., (2007). *Public investment in Transportation infrastructure and industry in Portugal*. Journal of Economic Development, Volume 32, Number 1, June 2007.

SAGARPA (2010) *Sistema SICORI*, página web SAGARPA.

S.C.T. (2001 a 2007). *Anuario Estadístico del Sector Comunicaciones y Transportes 2000 a 2007*. Coordinación General de Planeación.

S.C.T. (2009). *Manual Estadístico del Sector Transporte*. Instituto Mexicano del Transporte.

SHAH, A. *Dynamics of public infrastructure, Industrial Productivity and Profitability*. The Review of Economics and Statistics.

SHARMA, S.C., SYLWESTER, K., and MARGONO, H. (2003). *Technical Efficiency and total factor productivity analysis across U.S. States: 1977-2000*. Department of Economics, Southern Illinois University Carbondale.

STIRBÖCK, C. *What determinates relative sectoral investment patterns in EU regions?*, Centre for European Economic Research (ZEW).

WEISS, E., and ROSENBLATT, D., (2010) *Regional Economic Growth in México*. Policy Research Working Paper 5369.

Anexo

Workbook Name = D:\DEA-SOLVER\Samples\DEA-2000-MEX-REGION-BCR-O-DEF.xls

Data File = D:\DEA-SOLVER\Samples\DEA-2000-MEX-REGION-BASE.xlsDAT

DEA model = BCC-O

Problem = 2000-MEX-REGION

No. of DMUs = 32

No. Input items = 2

Input(1) = x1

Input(2) = x2

No. of Output items = 2

Output(1) = y1

Output(2) = y2

Returns to Scale = Variable (Sum of Lambda = 1)

Statistics on Input/Output Data

	x1	x2	y1	y2
Max	32848	2655	39088.1	4317.6
Min	150	0	792.9	130
Average	10639.28125	833.03125	10544.24063	1457.321875
SD	7195.246618	648.9113231	10237.82342	1173.782909

Correlation

	x1	x2	y1	y2
x1	1	0.543257263	0.05747571	0.734356806
x2	0.543257263	1	0.402511186	0.479395609
y1	0.05747571	0.402511186	1	0.193047025
y2	0.734356806	0.479395609	0.193047025	1

DMUs with inappropriate Data with respect to the chosen Model

No.	DMU
-----	-----

None

No. of DMUs	32
Average	0.691363898
SD	0.289084664
Maximum	1
Minimum	0.184225102

Frequency in Reference Set

Peer set	Frequency to other DMUs
3	1
6	9
9	17
12	10
14	11
15	11
16	2
23	0
25	14
30	1

No. of DMUs in Data =	32
No. of DMUs with inappropriate Data =	0
No. of evaluated DMUs =	32
Average of scores =	0.691363898
No. of efficient DMUs =	10
No. of inefficient DMUs =	22
No. of over iteration DMUs =	0

[BCC-O] LP started at 04-28-2011 18:22:28 and completed at 04-28-2011 18:22:29

Elapsed time = 0 seconds

Total number of simplex iterations = 338

CIUDAD DE MÉXICO

Av. Nuevo León 210
Col. Hipódromo Condesa
CP 06100, México, D F
Tel +52 (55) 52 653600
Fax +52 (55) 52 653600

SANFANDILA

Carretera Querétaro-Galindo km 12+000
CP 76700, Sanfandila
Pedro Escobedo, Querétaro, México
Tel +52 (442) 216 9777
Fax +52 (442) 216 9671



**INSTITUTO
MEXICANO DE
TRANSPORTE**



www.imt.mx
publicaciones@imt.mx