

THOMAS STERNER

**EL USO
DE LA ENERGIA
EN LA INDUSTRIA
MEXICANA**

EL COLEGIO DE MEXICO

EL USO DE LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA MEXICANA

PROGRAMA DE ENERGETICOS

THOMAS STERNER

EL USO DE LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA MEXICANA



EL COLEGIO DE MÉXICO

Primera edición, 1987
© El Colegio de México, A.C.
Camino Al Ajusco 20
10740 México, D.F.
Impreso y hecho en México / *Printed in Mexico*
ISBN 968-12-0368-2

INDICE

PREFACIO	7
I. INTRODUCCION Y RESUMEN	11
1. Introducción	11
2. Antecedentes sobre el uso y la fijación de precios de la energía en los países en vías de desarrollo	11
3. Propósito del trabajo	13
4. Resumen	14
REFERENCIAS DEL CAPITULO I	18
II. EL CAMBIO ESTRUCTURAL Y LA ELECCION DE TECNOLOGIA. EL USO DE LA ENERGIA EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO, 1970-1981	
1. Resumen	19
2. Introducción	19
3. El precio de la energía en México	20
4. El consumo de energía a un nivel agregado	20
5. El consumo de energía en la industria	22
6. Los datos	22
7. Los cambios tecnológicos y estructural, 1970-1975	24
8. Metodología	26
9. El cambio estructural a varios niveles, 1970-1975	28
10. El cambio tecnológico, 1970-1975	31
11. El período 1975-1981	33
12. Conclusiones	35
REFERENCIAS DEL CAPITULO II	39
APENDICE II.1	40
APENDICE II.2	43
APENDICE II.3	48
III. LOS EFECTOS DE LOS PRECIOS DE LOS FACTORES EN LA ELECCION DE TECNOLOGIA	
1. Introducción	49
	49

2. Formulación de un modelo para la función de costos	50
3. Construcción de los datos y fuentes	55
4. Elección del modelo	
5. Elasticidades-precio propias	66
6. Elasticidades de sustitución	67
7. El desarrollo de las elasticidades en el tiempo	71
8. Pruebas de sensibilidad	77
9. Los efectos del cambio de escala y tecnológico	79
10. Elasticidades en los modelos restringidos	82
11. Comparación con otros estudios	82
12. Conclusiones	86

REFERENCIAS DEL CAPITULO III	90
------------------------------	----

APENDICE III.1	92
----------------	----

IV. LA INDUSTRIA CEMENTERA MEXICANA. UN ENFOQUE DE FUNCION DE PRODUCCION INDUSTRIAL DE CORTO PLAZO DEL ANALISIS DE LOS COEFICIENTES DE INSUMOS	99
1. Introducción	99
1.1. Propósito de este capítulo	99
1.2. Estudios anteriores	100
1.3. Metodología	101
2. La industria cementera mexicana	104
2.1. El proceso de manufactura del cemento	104
2.2. El cemento en México: una breve historia	105
2.3. El cemento mexicano en un contexto lationamericano y tercermundista	106
2.4. Los datos	109
2.5. La distinción entre hornos de diferentes edades	110
3. Una descripción estructural de la industria cementera mexicana	111
3.1. Insumos energéticos	111
3.2. Insumos de mano de obra	115
3.3. Distribución de la capacidad	120
4. La función de producción industrial de corto plazo	120
4.1. La región de sustitución	120
4.2. Cambio de productividad	125
4.3. Avances tecnológicos y sesgo	126

5. Costos y eficiencia en la industria cementera mexicana.	129
5.1. La función de costos	129
5.2. Eficiencia	133
6. Estructura geográfica y del mercado	135
6.1. Competencia restringida	135
6.2. Comparación de compañías manufactureras de cemento	136
6.3. Los efectos de la suboptimización debida a la competencia restringida	144
7. Conclusión: comparación con otros métodos y sugerencias para la investigación futura	146
REFERENCIAS DEL CAPITULO IV	159

PREFACIO

Este estudio analiza el uso de la energía como factor de producción en la industria manufacturera de México, uno de los países más industrializados del Tercer Mundo y uno de los principales productores de petróleo del mundo entero. En las fechas en que fue elaborado el trabajo, el uso interno de la energía estaba fuertemente subsidiado: los precios de los combustibles y de la energía eléctrica equivalían a apenas una fracción de los precios correspondientes no solamente en Estados Unidos sino en muchos otros países latinoamericanos.

El primer capítulo ofrece una breve introducción al tema. En el segundo se analiza el uso de la energía en el sector manufacturero considerado globalmente y se muestra que durante el decenio de los setenta se produjo un fuerte incremento en dicho uso en comparación con la producción del sector; asimismo, en dicho capítulo se desarrollan métodos para descomponer ese incremento de la intensidad en el uso de la energía en una componente "estructural" y en otra "tecnológica". La primera sirve para medir los efectos que sobre el uso de la energía (a diferentes niveles de desagregación) ejercen los cambios en la composición de la producción; mientras que la segunda es definida como un promedio de los cambios en los coeficientes de insumos. Así, se descubrió que durante el período analizado se presentaron cambios significativos en la composición de la producción, pero que esos cambios no se relacionaron sistemáticamente con la intensidad en el uso de la energía, y por lo mismo no se encontró indicación que ayudara a explicar el incremento global de la intensidad en el uso de la energía. Tal incremento tiene su explicación más bien en un incremento general, aunque no uniforme, en los coeficientes de uso de la energía para cada una de las industrias que forman parte del sector manufacturero mexicano.

El tercer capítulo intenta analizar un poco más en detalle los factores que explican ese incremento en la intensidad de uso de la energía en el caso de todo el sector manufacturero y en los casos de dieciocho industrias de cuatro dígitos. Mediante el uso de un modelo translogarítmico de minimización de costos (*translog*) con cinco factores de producción (electricidad, combustibles, mano de obra, materias primas y capital), se analizan las elasticidades de sustitución entre distintos factores y sus propias elas-

tidades-precio. También analizamos el posible sesgo debido a la escala y a la tecnología, pero descubrimos que esos factores son de poca importancia, al menos en lo que respecta al total del sector manufacturero. La principal explicación del incremento en la intensidad de uso de la energía en el sector manufacturero mexicano en el período bajo estudio se encuentra en la disminución del precio de la energía en comparación con el de otros factores de producción, lo cual llevó a una sustitución de estos factores y, en particular, de mano de obra por energía.

Desafortunadamente, las elasticidades estimadas en el capítulo tres están sujetas a márgenes de incertidumbre más bien amplios, por lo que su nivel de significancia estadística es bajo por lo general.

Puesto que hay razones para creer también que a ese nivel de agregación se ocultan muchos fenómenos importantes, el capítulo cuarto examina en mayor detalle una industria en particular: la cementera. Valiéndose de datos sobre hornos de cemento individuales, se aplica una función de producción industrial de corto plazo para analizar los efectos de los precios de los factores, cambios técnicos, la estructura de mercados, el régimen de propiedad de las plantas y otros factores para la determinación del uso de energía en esa industria. En la última sección se establecen comparaciones entre los tres tipos de modelos empleados y se descubre que, en particular, la comparación entre el *translog* y la función de producción industrial de corto plazo es muy interesante y que el uso conjunto de esos dos modelos facilita la interpretación de cada uno de ellos.

El estudio es la síntesis de cierto número de inquietudes muy precisas entre las cuales he distribuido mi tiempo durante los últimos años: la teoría del desarrollo, la economía mexicana, el uso de la energía y la elaboración de modelos económicos teóricos. Me hace especialmente feliz el publicar una versión española de este libro, ya que uno de los principales objetivos de mis investigaciones ha sido siempre el participar en el debate que se lleva a cabo en México sobre la energía y la política y no simplemente informar en mi país sobre lo que he aprendido respecto a México.

Quisiera empezar por agradecer a mis muchos amigos y colegas mexicanos su hospitalidad y sus comentarios, así como la paciencia de aquellos que no comparten mi entusiasmo por los modelos complejos. John Saxe Fernández, Ignacio Cabrera y Laura Palomares me introdujeron en los embrollos de la política energética mexicana y Marco Martínez, en las realidades del uso de la energía en México. Miguel S. Wionczek, Antonio Yunes-Naude, Fernando Schutz y Alejandro Villagómez me ayudaron con material estadístico y buenos consejos. Jaime Mario Willars, Manuel Betancourt y sus colaboradores en PEMEX, y Rafael Torres me proporcionaron datos y otro tipo de cooperación. Finalmente, quisiera agradecer al Programa de Energéticos de El Colegio de México su hospitalidad y cooperación al proporcionarme la infraestructura física necesaria para el trabajo de investigación.

En lo que concierne a los temas de la energía y de los modelos

económicos, quisiera empezar por agradecer a Lennart Hjalmarsson y a Finn Førsund su valiosa ayuda y el uso de sus programas de computación para el último capítulo. Muchos otros colegas y amigos leyeron diversas partes de mi trabajo y me proporcionaron útiles comentarios, y aunque podría parecer ingrato el mencionar tan sólo a algunos de ellos, quiero dar las gracias en especial a Renato Aguilar, Magnus Blomstrom, John Eatwell, Lennart Flood, Alan Manne y Ruben Tansini.

Reconozco agradecidamente el apoyo financiero que me fuera proporcionado por la Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries (SAREC) y por la Swedish Energy Research Commission (EFC).

Finalmente, quisiera hacer algunos comentarios sobre el carácter general de esta obra. Se trata de una versión ligeramente revisada de una tesis de doctorado en economía y no existe duda alguna de que las exigencias formales de un trabajo de este tipo influyeron en la disposición y en la metodología utilizada. El principal efecto de ello fue una mayor concentración en una gama más reducida de cuestiones concernientes a la estructura industrial, la elección de tecnología y el uso de la energía.

Cierto número de aspectos importantes sobre el desarrollo del sector energético y, en particular, sobre los efectos del auge petrolero en México están fuera del alcance de esta obra. En primer lugar, los efectos ecológicos, sociales, culturales y políticos y, en segundo lugar —en lo que respecta al campo de mi propia disciplina académica—, los efectos macroeconómico, como el endeudamiento, la inflación, el crecimiento y la distribución del ingreso. Estas cuestiones no fueron excluidas en modo alguno porque el autor las considere menos importantes; por el contrario, las consecuencias humanas y políticas de esos factores a los diferentes niveles de la sociedad (tanto a los más altos como a los más bajos) son probablemente las peores en el caso de México. Sin embargo, esos y otros problemas creados por la expansión excesivamente rápida del sector energético han sido analizados ampliamente por un gran número de otros investigadores en el pasado, como puede verse, entre otras, examinando la lista de publicaciones del Programa de Energéticos de El Colegio de México. En varios artículos anteriores, yo también he tratado de analizar el tema de la energía en un contexto más amplio, en especial en un ensayo escrito para el 6º Congreso Nacional de Economistas Mexicanos celebrado en Guadalajara del 6 al 9 de mayo de 1981.

El presente trabajo fue escrito, como ya lo mencioné, con un propósito mucho más limitado, pero espero que esta concentración en un aspecto en particular —a menudo descuidado— sea también su mayor ventaja. Muchos trabajos sobre la energía han criticado la “petrolización” de la economía, pero más bien pocos se han detenido a definir lo que realmente querían decir. Este libro puede verse como un intento por descubrir si la industria mexicana se “petrolizó” y, si así fue, de qué manera. ¿Cambió la composición de la producción industrial? ¿Cambió el tipo de tecnología

utilizada? Sin duda alguna, si la industria mexicana se “petrolizó”, entonces deben haber cambiado o el tipo de bienes producidos o la manera en que son producidos. El problema, por supuesto, reside en que los efectos pueden ser diferentes en las diferentes ramas y en años diferentes y en que puede ser difícil distinguirlos de otros cambios evolutivos en la economía. Esta es la razón principal por la que nuevos (y a veces complejos) modelos económicos pueden ayudarnos a entender los procesos estructurales que tienen lugar en la economía.

THOMAS STERNER

Gothenburg, junio de 1986.

I. INTRODUCCION Y RESUMEN

1. Introducción

Si bien este trabajo es un análisis del uso de la energía en la industria manufacturera mexicana, cubre un número de distintas áreas de la economía considerada como una sola disciplina. En primer lugar, la de la economía del desarrollo, puesto que el país motivo de estudio pertenece al Tercer Mundo y ello influye tanto en el punto central de ciertas hipótesis como en ciertos aspectos prácticos, por ejemplo, la disponibilidad de los datos. Al mismo tiempo, no obstante, se refiere principalmente al uso industrial de la energía, y la mayoría de los métodos empleados pertenecen a lo que ya por tradición se considera la economía de la energía o la teoría de la producción en el marco de la microeconomía en general. No compartimos la opinión de que, a la larga, la economía del desarrollo deba estar sujeta a un conjunto de métodos en particular; creemos más bien que el uso de modelos de diferentes áreas de la economía debe resultar benéfico, en especial la aplicación de modelos detallados hecha al nivel microeconómico, campo que hasta ahora ha sido muy poco estudiado en los países en vías de desarrollo.

2. Antecedentes sobre el uso y la fijación de precios de la energía en los países en vías de desarrollo

Históricamente, el proceso de industrialización se asocia con la mecanización y la sustitución del trabajo humano (o animal) por maquinaria que usa otras formas de energía. En general, el uso de la energía crece con mayor rapidez, en comparación con el PIB, en los países en desarrollo que en los ya industrializados (véase, por ejemplo, Darmstadter, 1971), lo que llevó a muchos observadores a considerar que los efectos más severos de los incrementos en los precios de la energía de los años setenta se harían sentir en los países en desarrollo.

La idea de que la energía es "crucial" para el desarrollo económico ha sido un motivo —aunque no el único— para subsidiar la energía en gran número de países del Tercer Mundo. Otra razón importante es que muchas industrias de energéticos muestran economías de escala importantes en la producción y en la distribución y, por lo tanto, son "monopolios naturales". Esto ha llevado a muchos países del Tercer Mundo (incluidos prácticamente todos los gobiernos latinoamericanos) a nacionalizar la industria de los energéticos, o al menos a ejercer sobre ella tanto control como sea

posible. Una de las metas principales de la política de energéticos en esos países ha sido el suministro de energía barata y, así, la tendencia en aquellos países con abundantes recursos de energéticos ha sido a mantener precios un tanto inferiores que en los otros. Con el rápido incremento del precio del mercado mundial del petróleo crudo durante los setenta, esas diferencias de precios aumentaron drásticamente. En el Cuadro I.1 vemos que países latinoamericanos importadores de petróleo, como Paraguay, tuvieron precios entre 20 y 50 veces más altos que los países exportadores de petróleo, como Venezuela y México, para diferentes productos del petróleo. Los exportadores menores y los países parcialmente autosuficientes, como Bolivia, Argentina o Brasil, tuvieron niveles intermedios de precios para los mismos insumos energéticos. De manera similar, la energía estuvo subsidiada en la mayoría de los países productores de petróleo del Tercer Mundo. (Ello no ocurrió en Europa, donde los precios se mantuvieron, en general, a aproximadamente el mismo nivel en los países exportadores de petróleo, como el Reino Unido y Noruega, que en los países importadores del mismo.) Los subsidios parecen haber sido aplicados a todos los derivados del petróleo; no sólo a los combustibles industriales sino también a productos que en su mayoría son comprados para uso doméstico, como la kerosina, el diesel y la gasolina. La Gráfica I.1 ejemplifica las políticas de precios durante los últimos veinte años en varios países para el caso de la gasolina regular.

CUADRO I.1

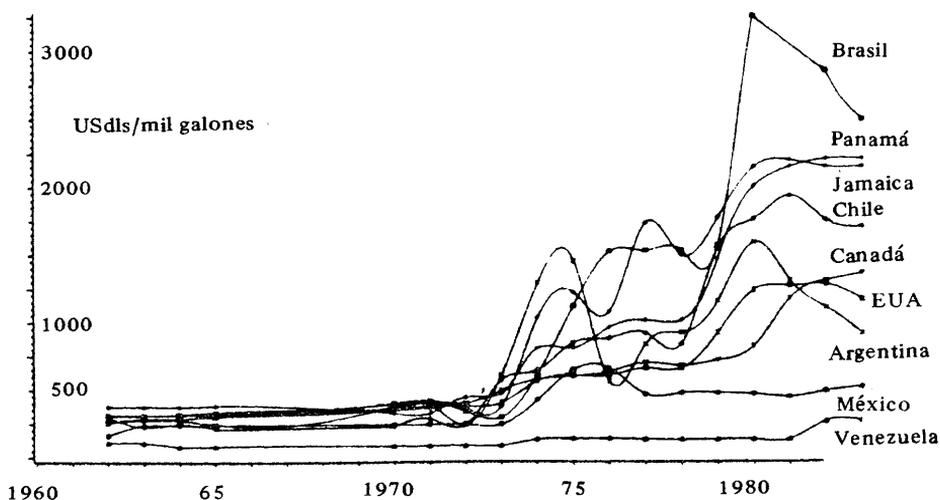
PRECIOS DE LOS PRODUCTOS DEL PETROLEO EN UNA SELECCION DE PAISES (US \$/b, EN ENERO DE 1983)

País	Aceite combustible Destilado	Aceite Combustible pesado	Gasolina normal
Venezuela	2.40	1.78	10.92
México	10.71	1.13	21.42
Bolivia	17.49	— —	19.74
Ecuador	— —	8.91	38.22
Argentina	17.05	10.87	37.80
Perú	33.02	29.43	42.42
Brasil	36.39	26.84	63.42
Jamaica	55.15	34.03	89.04
Chile	62.32	47.54	70.56
Paraguay	68.77	55.52	202.02
EUA	42.42	27.05	48.30
Alemania Fed.	46.84	30.17	89.88
Noruega	— —	38.90	112.14
Suecia	50.19	44.31	91.56

Fuente: DOE, 1982.

GRAFICA I.1

PRECIO DE LA GASOLINA REGULAR



Debemos recordar, por supuesto, que los precios de la energía están lejos de ser los únicos precios subsidiados en los países en desarrollo; por el contrario, los subsidios son muy populares en la teoría y en la práctica de la economía del desarrollo. Así, algunos sugieren que se subsidien los salarios para incrementar el empleo, mientras otros proponen que se subsidien las importaciones de capital, la tecnología o la energía para acelerar la industrialización. De igual manera, la educación, la salud, la vivienda y la agricultura tienen todas sus abogadas, así como, a un nivel más general, algunos apoyan a las industrias competidoras de las importaciones y otros promueven las exportaciones.

No obstante, uno de los problemas con los subsidios es que implican costos. El más evidente es el costo financiero directo para el Estado y, si se tiene en cuenta la carga que la deuda representa en la actualidad para muchos países en desarrollo, se trata, evidentemente, de un problema grave. Además, existen también diversos costos indirectos, como la errónea asignación de recursos y la aparición del contrabando a gran escala y la corrupción, actividades fuertemente alentadas por los precios subsidiados.

3. Propósito del trabajo

Los costos de los subsidios a la energía son evidentes, y aunque no puedan calcularse con exactitud, tenemos una idea de su magnitud. Desafortunadamente, es más difícil estimar los supuestos beneficios de esa política,

puesto que se supone, de una manera un tanto vaga, que los subsidios deben promover la modernización y facilitar la transición hacia una economía industrial. Sin embargo, el propósito de este trabajo no consiste en juzgar la política de la energía subsidiada en cuanto tal, sino, de una manera un tanto más limitada, aumentar nuestra comprensión de cómo se usa un factor de producción como la energía en la industria mexicana. Esperamos con ello arrojar un poco de luz sobre los efectos que ejercen los precios de la energía y otros factores, como el desarrollo tecnológico, los factores institucionales y los cambios estructurales, en un país de ingreso medio en rápida industrialización.

4. Resumen

En el capítulo dos mostramos cómo el incremento en el uso de la energía en la economía mexicana se debe en gran parte a cambios estructurales, como el rápido crecimiento del transporte y del sector energético mismo. En cuanto al sector manufacturero, también en él se da un incremento en el uso de la energía en comparación con la producción del sector, en especial en lo que se refiere a la electricidad, cuyo uso se incrementó en un 50% más que la producción en el período 1970-1981.

Existen numerosos ensayos que analizan los cambios en la intensidad del uso que la industria hace de la energía en varios países. En general, esos ensayos distinguen entre el incremento en la intensidad de uso de la energía debido al cambio estructural (esto es, la composición de la producción) y el debido al cambio técnico (esto es, cambios en los coeficientes de insumos). Más adelante, en ese mismo capítulo, desarrollamos un método para establecer una distinción entre esos factores y demostramos que es necesario ser cautos, puesto que existen dos métodos igualmente correctos para establecer tal distinción que, no obstante, pueden arrojar resultados completamente distintos. Esa diferencia depende de la manera como se pondera el uso de la energía y es análoga a la diferencia existente entre un índice Laspeyre y un índice Paasche.

Los resultados a que llegamos en el capítulo segundo muestran que el cambio estructural no puede explicar el incremento registrado en la intensidad de uso de la energía (en efecto, dependiendo del método usado, parece incluso haber un ligero sesgo en favor de las industrias con baja intensidad de uso de la energía). Por lo tanto, el incremento total en el uso de la energía debe atribuirse a coeficientes de insumos, esto es, a lo que nosotros llamamos en ese capítulo segundo la tecnología de producción.

El tercer capítulo es un intento por explicar mejor ese cambio en los coeficientes de insumos mediante el estudio de la importancia de los precios de los factores y la sustitución entre factores, distinguiéndola, por contraste, de los efectos de escala y del progreso tecnológico neutro. Para ello, se estimó una función de producción *translog* con cinco factores de producción (capital, mano de obra, materiales, electricidad y combustible) para

el caso de dieciocho industrias de cuatro dígitos, las cuales representan más del 60% de las industrias incluidas en los censos industriales anuales, junto con algunas industrias de tres dígitos y el total para todas esas industrias.

La forma funcional especificada tiene en cuenta tanto la homoteticidad como el cambio tecnológico no neutro, aunque una y otra son rechazadas por la prueba de ji-cuadrada en el caso de la mayoría de las industrias, si bien no en todas. El modelo irrestricto también se desempeñó mejor de acuerdo con métodos de medida como el R^2 , el estadístico de Durbin-Watson y el de imprecisión en la información de Theil, que elegimos como nuestra principal medida del ajuste.

Los sesgos de escala y tecnología variaron de una industria a otra y en muchas de ellas no resultaron estadísticamente significativos. La tecnología mostró un sesgo hacia el uso de electricidad en muchas industrias, pero los efectos netos de la tecnología y la escala fueron, o bien insignificantes o bien ahorradores, tanto de electricidad como de combustibles, en la mayoría de las industrias y, en particular, para el total del sector manufacturero.

En modo alguno se encontró justificación para la hipótesis de que la escala y el cambio tecnológico neutro explicarían el incremento observado en los coeficientes de insumos. Más bien, ese incremento lo explican las elasticidades-precio negativas tanto de la electricidad como del combustible. Aunque éstas variaron de una industria a otra y su nivel de significancia estadística fue bajo, en general todavía parece haber cierta sensibilidad respecto a los precios en el caso de la energía, la cual se explica, a su vez, mediante la sustitución de otros factores de producción, principalmente la mano de obra por la energía.

Un argumento esgrimido a menudo en América Latina en contra de la reducción de los subsidios a la energía consiste en que esas economías, debido a su dependencia de la maquinaria y la tecnología importadas, carecen de la adaptabilidad de las economías "avanzadas" y tienen mucho mayores dificultades para sustituir un factor de producción por otro. Consecuentemente, la energía más costosa no provocaría su conservación ni una mayor eficiencia ni su sustitución por otros factores de producción, sino, simplemente, un mayor costo y, por lo mismo, inflación y niveles de producción reducidos. Sin embargo, este argumento no se ve apoyado por los resultados encontrados en el capítulo tres, los cuales, en realidad, indican niveles de elasticidad-precio aproximadamente similares a los encontrados en las economías industrializadas.

La ventaja de un modelo como el empleado en el tercer capítulo reside en que se pueden analizar el cambio tecnológico y la sustitución de factores, en el caso de la mayoría de las industrias que comprende el sector manufacturero, a lo que parece ser un nivel de desagregación razonable. Por otra parte, una de las desventajas, ya mencionadas, es que la significancia estadística de los resultados no es la que habríamos esperado y otra,

que el nivel de agregación sigue siendo tal, que oculta cierto número de intrincados e importantes procesos que ocurren dentro de la industria.

En el capítulo cuarto intentamos poner remedio a ese problema, si bien sólo en el caso de una industria, mediante el uso de una función de producción industrial de corto plazo para analizar detalladamente los datos de producción de las plantas de la industria del cemento. Este estudio se vale de información reunida sobre cada uno de los hornos de cemento en una investigación que cubre un número muy grande de distintas variables relacionadas con la tecnología empleada y con otros datos de producción.

En el modelo *translog*, la industria del cemento fue una de las pocas en las que la homoteticidad y el cambio tecnológico neutro no fueron rechazados en ningún caso y los efectos de la escala y la tecnología sobre los coeficientes de energía resultaron ser cero o, al menos, insignificantes. Las elasticidades-precio propias son negativas (en nuestra opción principal, que se vale del acervo de maquinaria como una medida del capital), pero pequeñas y no significativas. Sin embargo, en ese capítulo cuarto se muestra que, aunque el progreso técnico ahorrador de mano de obra está tanto incorporado como no incorporado al capital, el progreso técnico en la reducción de los coeficientes de energía (combustible) está casi totalmente integrado, debido a las características inherentes de la nueva inversión. En el caso de los hornos nuevos, esa reducción en los coeficientes de energía depende en gran medida de los efectos de la escala creciente de los hornos y de la aplicación de nueva tecnología.

Al nivel de la industria, no obstante, el hecho de agregar microunidades a una función de producción industrial de corto plazo introduce cierto número de efectos sutiles. Así, si bien pueden fijarse los coeficientes de insumos para cada horno, hay todavía ciertas posibilidades de sustitución al nivel de toda la industria gracias a la posibilidad de utilizar diferentes hornos con diferentes (aunque fijos) coeficientes de insumos. En el capítulo cuarto mostramos también la importancia de la estructura de las plantas en una industria. Así, en el caso de la industria del cemento, la reducción observada en los coeficientes del combustible no depende de que todas las diversas plantas (u hornos) reduzcan sus coeficientes del combustible, sino de la introducción de nuevos hornos que utilicen una tecnología de eficiencia óptima. Puesto que existen límites físicos para la reducción de los coeficientes de combustible de hornos nuevos, podemos percibir también (para el futuro) un límite para el incremento en la "eficiencia" energética de la industria en su conjunto. Podemos ver también que la principal razón de que el coeficiente promedio del combustible no haya sido reducido más rápidamente reside en la operación continua de gran número de hornos viejos (y con menor eficiencia energética). El hecho de que esos hornos todavía estén en uso no es necesariamente una señal de ineficiencia en el sentido económico del término, sino que puede atribuirse en parte al rápido crecimiento del mercado, al bajo precio del combustible, a la ne-

cesidad de tener capacidad de reserva y a otros factores similares. Sin embargo, también podría deberse a los efectos del oligopolio, por lo que llevamos a cabo un análisis de la función de producción industrial de corto plazo en condiciones de competencia restringida, análisis que muestra que una parte significativa de la "ineficiencia" observada puede realmente tener su explicación en la distribución fija de la participación en el mercado, situación que, a su vez, se debe principalmente, quizás, a prácticas oligopólicas, pero esa "ineficiencia" puede deberse parcialmente también a los costos de transporte.

La comparación que hacemos en la sección 7 del último capítulo de los resultados de los capítulos segundo y tercero muestra que la industria del cemento no es una industria muy típica, ya que sus coeficientes de energía decrecen en realidad, en lugar de aumentar, a pesar del descenso de los precios del factor energía. Esto da como resultado elasticidades-precio pequeñas, en especial para el combustible, en cuyo caso incluso fueron en realidad positivos durante los últimos años del período estudiado. La comparación de los resultados del modelo *translog* con los del modelo de la función de producción industrial de corto plazo permite interpretar con una facilidad mucho mayor los resultados de cada uno de ellos y aumenta en gran medida nuestra comprensión de esos resultados. La inclusión de más factores de producción en la función de corto plazo y/o el uso de datos para los diferentes años sería, junto con un desarrollo continuo del modelo *translog*, un interesante campo de investigación futura. De igual manera, también sería deseable analizar otras industrias con características diferentes a las de la industria del cemento para poder extraer algunas conclusiones generales aplicables a todo el sector manufacturero.

REFERENCIAS DEL CAPITULO I

- Darmstadter, J., *Energy in the World Economy*, Resources for the Future, Londres, 1971.
- Sterner, T., "The Politics of Energy in Latin America", ponencia presentada en el Seminario Latinoamericano, 11-12 de diciembre, 1985.
- United States Department of Energy, *International Energy Annual*, 1982.

II. EL CAMBIO ESTRUCTURAL Y LA ELECCION DE TECNOLOGIA. EL USO DE LA ENERGIA EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO, 1970-1981

1. Resumen

En este capítulo analizamos el desarrollo del uso industrial de la energía en un país que experimentó una caída, en lugar de un alza, en los precios de la energía durante el período 1970-1981. México subsidió el consumo interno de energía con el propósito expreso de estimular la industrialización. Primero desarrollamos algunos métodos para establecer una distinción entre los efectos de la elección de tecnología y los de los cambios en la estructura industrial y después utilizamos los resultados para analizar el incremento en la intensidad de uso de la energía en la industria manufacturera de 1970 a 1981. Así, encontramos que el incremento dependió totalmente de la adopción de tecnología con un mayor uso de energía, mientras que los cambios en la estructura de producción ejercieron poco o ningún efecto. Hubo incluso un ligero sesgo en favor de los sectores con menos intensidad de uso de la energía.

2. Introducción

Cierto número de estudios recientes ha demostrado la importancia de los factores estructurales para explicar el uso que un país hace de la energía. Así, por ejemplo, Jenne y Catell (1983) y Ostblom (1982) muestran que los cambios en la estructura industrial en el Reino Unido y Suecia, respectivamente, fueron los factores individuales más importantes para explicar la disminución global en la intensidad de uso de la energía en la industria. Sabemos que, a la larga, los países con energía barata tienden a especializarse en la producción con un uso intensivo de la energía (véase, en Carlsson, 1977, una comparación de la estructura industrial y la tecnología en Suecia, Alemania Federal y Estados Unidos). En el corto plazo, no obstante, la estructura económica se ve determinada por un gran número de factores distintos a los mencionados, así como por los precios relativos, y es difícil predecir el impacto que ejerce en la estructura un cambio en los precios de la energía.

Por razones naturales, la mayoría de los estudios sobre el uso de la energía en la economía tienden a centrarse en los efectos de los incrementos en los precios de la energía. En este capítulo tenemos la intención de arrojar un poco de luz sobre la manera como los precios de la energía afec-

tan a la estructura y a la elección de tecnología y, para ello, estudiamos un país con precios de la energía a la baja, tanto en relación con el índice PIB-precios como con los precios de la mano de obra, del capital y de las materias primas.

3. El precio de la energía en México

México es uno de los pocos países que, durante los setenta, combinaron la rápida industrialización con el descubrimiento y desarrollo de reservas muy grandes de energía. Hasta 1970, los precios internos de la energía en México fueron inferiores que los de la mayoría de los demás países, pero de ninguna manera extremos. Sin embargo, a partir de entonces, la energía se hizo aun más barata en relación con otros precios, como los de los salarios o los de los productos industriales (véase la Gráfica II.1), mientras que en los otros países —y en especial en todos los países de la OCDE— se experimentaron incrementos considerables en los precios de la energía. En 1980, los precios internos en México variaron entre 10% y el 70% de los precios comparables en Estados Unidos. El subsidio total al petróleo vendido en 1981 en el mercado interno se estimó en 285,000 millones de pesos (*Boletín de Energéticos*, 1982) (aproximadamente 12,000 millones de dólares estadounidenses al tipo de cambio [sobreevaluado] vigente en ese año). Obviamente, esta política de precios implica costos considerables (tema que ya ha sido tratado en otros estudios: véase Sterner, 1983), pero podría justificarse plausiblemente si en realidad acelerara la industrialización.

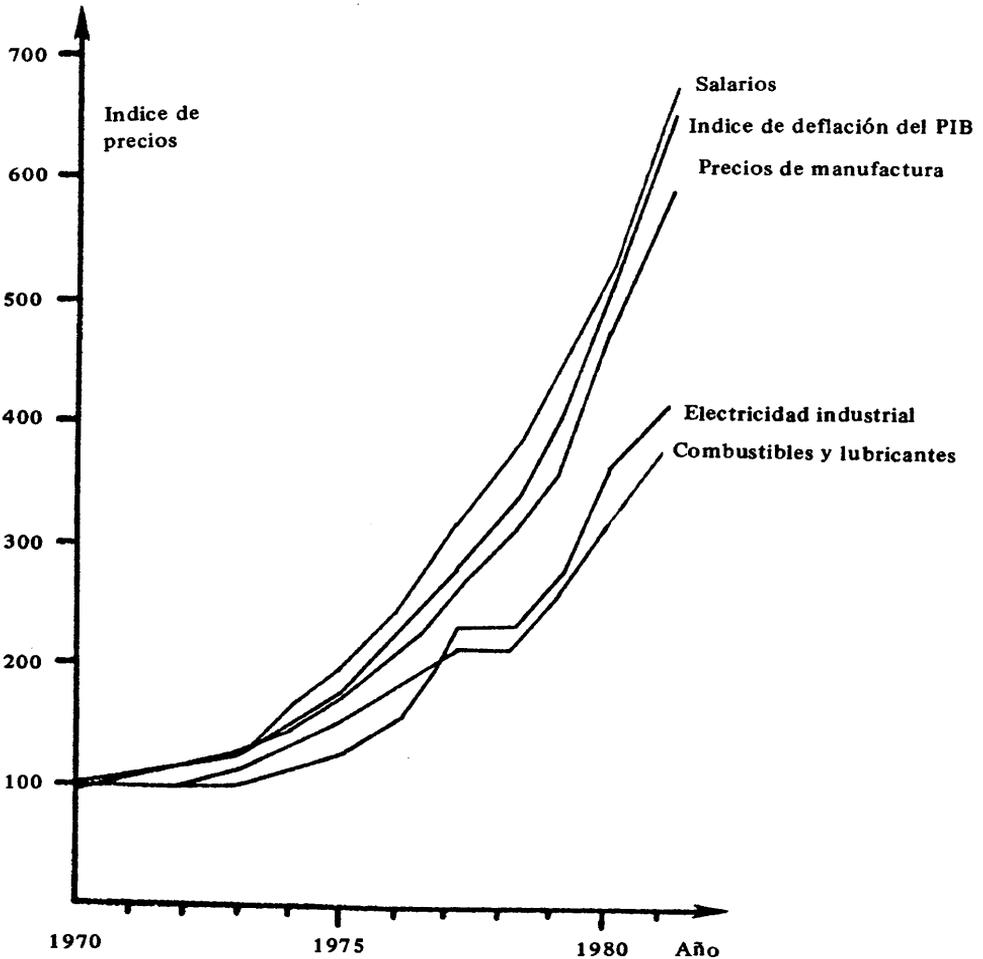
4. El consumo de energía a un nivel agregado

Tanto el PIB como el consumo de energía crecieron rápidamente en México. De 1970 a 1981, el consumo de energía aumentó en más del 150% y el PIB se duplicó. La relación entre las tasas anuales de crecimiento del uso de energía y las del PIB aumentó de 1.1, para el período 1965-1970, a 1.3 para el período de 1970-1975 y a 1.5 para 1975-1981. Así, por ejemplo, durante 1980 el PIB creció en 8.3% y el consumo de energía en 13%.

No obstante, los sectores más dinámicos fueron el del transporte y el de la producción de energía, antes bien que la industria en sí (véase el Cuadro II.1). Uno de los factores que explican el rápido crecimiento de la economía mexicana durante ese período es específicamente el 'auge petrolero', esto es, el desarrollo de los pozos petrolíferos, de la infraestructura relacionada con ellos y de los productos petroquímicos. Al sector energético (en este sentido amplio) correspondió más del 40% del uso de energía en 1981. También podemos suponer que la rápida expansión del transporte privado (automóvil) en México se debió a los precios subsidiados de la gasolina.

GRAFICA II.1

**PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES Y LA ELECTRICIDAD
COMPARADO CON LOS SALARIOS Y CON LOS INDICES DE
PRECIOS PARA LA PRODUCCION EN EL SECTOR
MANUFACTURERO Y PARA EL INDICE DE DEFLACION
DEL PIB, 1970-1981**



5. El consumo de energía en la industria

Los cambios estructurales son importantes para explicar el incremento de la razón de demanda de energía a PIB. Por lo tanto, puede suponerse que el cambio estructural es un factor importante para la determinación del uso de energía en la industria, en especial debido a que el propósito de los subsidios a la energía es alentar la industrialización.

Podemos suponer, *a priori*, que la energía barata produciría tres tipos de efectos:

- a) adopción de tecnología con uso intensivo de energía;
- b) ventajas comparativas sobre otros países en la producción de bienes con uso intensivo de energía y, por ende, especialización en esas áreas;
- c) abaratamiento de productos con uso intensivo de energía y, por lo tanto, incremento de su consumo en México.

Los efectos (b) y (c) se combinarían para dar a la estructura industrial mexicana un sesgo hacia la producción de bienes con uso intensivo de energía. El efecto (a) provocaría un incremento en los coeficientes de consumo de energía en todas las ramas de la industria sin afectar la composición de la producción industrial.

6. Los datos

Idealmente, un estudio de los factores implícitos en el uso industrial de la energía debería basarse en una serie de censos de producción comparables que detallaran el uso de la energía al nivel de cada industria en particular (o, al menos, para el menor nivel de agregación utilizado). Sin embargo, el censo de 1980 todavía no ha sido publicado y, debido a cambios en el sistema de clasificación industrial, es difícil comparar los censos anteriores, previos a 1970.

Consecuentemente, la primera parte de este capítulo se basa en los censos de 1970 y de 1975, que nos proporcionan todos los datos de producción pertinentes, incluso el uso de electricidad y 'combustibles y lubricantes' al nivel de 222 industrias de cuatro dígitos. Para el período 1975-1981, los únicos datos accesibles provienen de las Cuentas Nacionales, que proporcionan los datos sobre producción y precios a un nivel de agregación que es ligeramente más alto (126 industrias). Sin embargo, no existen datos sobre el consumo individual de energía de esas industrias, por lo que nos vimos obligados a arreglárnoslas con los datos sobre energía agregados para el total de la industria manufacturera tomados de los Balances Nacionales de Energía. Esos balances definen el uso total de energía en función de la electricidad y de los combustibles (carbón, gas y productos del petróleo, con exclusión de los lubricantes). Los datos disponibles se muestran a un nivel agregado en el Cuadro II.2.

CUADRO II.1

TASAS DE CRECIMIENTO Y USO DE ENERGÍA.
ALGUNOS SECTORES IMPORTANTES

Tasas de crecimiento anuales 1970-1981 (precios fijos)

PIB	6.7%
Industria	7.0%
Transporte	11.4%
Sector energético	11.3%
Industria del petróleo	(12.4%)
Electricidad	(9.3%)
Servicios	6.8%
Construcción	6.8%
Agricultura, etc.	3.7%

Uso total de energía (medida en calorías) — estructura y crecimiento

	Estructura 1981	Tasa de crecimiento 1970-1981
Total	100.0%	8.8%
Industria ^a	24.1%	8.0%
Transporte	23.5%	9.2%
Sector energético ^b	42.7%	9.3%
Otros sectores ^c	9.7%	8.2%

Fuente: Cuentas Nacionales, Balance Nacional de Energía 1970, 1981.

^a N.B. Las estadísticas sobre la energía y el PIB provienen de diferentes fuentes y, por lo tanto, las definiciones sectoriales puede no corresponder. El uso industrial de la energía incluye cierto uso "no energético" de productos petroquímicos, lubricantes, etc.

^b Pérdidas por conversión en refinerías, centrales eléctricas, plantas petroquímicas, y pérdidas debidas a la transmisión de electricidad, etc.

^c Servicios, construcción, agricultura, vivienda, etc.

Los coeficientes de la energía (uso de la energía como un porcentaje de la producción) fueron de alrededor de 0.9% y 1.0% para el combustible y la electricidad, respectivamente, tanto en 1970 como en 1975 —en términos nominales. Sin embargo, gracias al descenso en los precios relativos de la energía, se produjo un incremento de hasta 1.0%/1.3% a los precios de

1970. En el período 1975-1981, el uso de electricidad continuó elevándose con una velocidad mucho mayor que la producción, mientras que el uso de otros combustibles apenas mantuvo el ritmo, lo cual llevó los coeficientes de la energía a 0.96% para los combustibles y a 1.51% para la electricidad (a precios de 1970).

Lo anterior implica que el uso de la energía en el sector manufacturero mexicano incrementó en aproximadamente el 10% para el combustible y en 50% para la electricidad en comparación con la producción de manufacturas durante el período 1970-1981. A manera de comparación, los coeficientes de consumo del sector manufacturero sueco aumentaron en 11% para la electricidad, pero disminuyeron en 37% para los productos del petróleo durante el mismo período. Los datos sobre los precios de la energía provienen de fuentes oficiales y fueron ponderados para formar índices de precios, como se muestra en el Apéndice II.1.

CUADRO II.2

PRODUCCION Y USO DE ENERGIA EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO

	1970 ^a	1975 ^a	1975 ^a	Crecimiento total	
		Precios Nominales	Precios 1970	1970-75	1975-81
Producción bruta	205	461	269	29%	50% ^b
Uso de combustible	1.8	4.24	2.72	51%	44% ^c
Uso de electricidad	2.04	4.51	3.58	75%	70% ^c
Razones energía/ producción para					
Combustible	0.88%	0.92%	1.01%		
Electricidad	0.99%	0.97%	1.33%		

Fuente:

^a Censo Industrial 1970, 1975. Miles de millones de pesos.

^b Cuentas Nacionales.

^c Balance Energético 1975, 1981.

7. Los cambios tecnológico y estructural, 1970-1975

En este capítulo establecemos una distinción entre los cambios en el uso de la energía debidos a diferentes tasas de crecimiento de cada una de las

industrias y los debidos a aumentos o descensos en su intensidad de uso de la energía. En este capítulo nos referiremos a los primeros como cambio estructural (al nivel de las industrias de 2 y de 4 dígitos) y a los segundos los llamaremos cambio tecnológico. No obstante, debe tenerse en cuenta que la distinción es más bien arbitraria, ya que parte del cambio en los coeficientes de la energía de los sectores de 4 dígitos, al que llamamos "tecnológico", puede deberse también a cambios en la composición a niveles aun más reducidos de desagregación, a saber, entre productos. Así, entre más reducido sea el nivel de desagregación que podamos usar, más probabilidades tendremos de encontrar efectos "estructurales" y menos probabilidades tendremos, *ceteris paribus*, de encontrar efectos "tecnológicos".

La primera columna del Cuadro III.3 indica el uso de combustible en cada una de las 13 principales industrias (de 2 dígitos) en 1970. En la columna A simplemente se aumenta proporcionalmente el uso de combustible en un 29% para explicar el aumento general en la producción industrial, dando por sentados un crecimiento proporcional y coeficientes de consumo fijos para la energía. En la columna B se muestran los efectos de la estructura al nivel de 2 dígitos, esto es, los valores B_i (véase las definiciones en el Apéndice II.2) indican el consumo de energía hipotético de cada una de esas industrias agregadas con el volumen de producción de 1975, pero se mantienen las intensidades de uso de energía y la estructura de las industrias de 4 dígitos de 1970 en cada una de esas industrias de 2 dígitos.

La comparación de la suma de B_i con la suma de A_i nos da una medida del efecto del cambio estructural al nivel de 2 dígitos. En la columna C se introducen los efectos de la estructura al nivel de 4 dígitos y en la columna D se introduce la tecnología (esto es, las intensidades de uso de energía) de 1975, lo cual proporciona, así, el uso real de energía en ese año.

La comparación longitudinal de valores nos indica los efectos para una industria en particular, por ejemplo, la del vestido (No. 24). Las compañías de esta industria usaron combustible y lubricantes por un valor de 15 millones de pesos en 1970. Por comparación, esto corresponde a 19.5 millones de pesos (columna A), debido al 29% de aumento general en la producción durante 1970-1975. No obstante, la columna B indica un valor de 16.4 millones de pesos, ya que la industria del vestido no se expandió a la tasa promedio de 29%, sino que únicamente alcanzó un crecimiento total de 9% en 5 años. En esa industria, los subsectores con la mayor intensidad de uso de combustible tendieron a mostrar un crecimiento más lento que aquellos con una menor intensidad de uso. Al considerar este hecho, obtenemos el 15.5 de nuestra variable C hipotética. Finalmente, D_{24} tiene un valor de 22.4, lo que nos indica que los 15 subsectores incluidos en esa industria en realidad incrementaron sus coeficientes de consumo de combustible en aproximadamente 45%.

CUADRO II.3

CUADRO II.3

USO DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR MANUFACTURERO:
EFECTOS DE LA ESTRUCTURA Y DE LA TECNOLOGIA

	Uso real ^a en 1970	Uso hipotético de combustible en 1975:			Uso real en 1975
		Vol. 75	2 díg.	4 díg.	
		-A-	-B-	-C-	
20 Alimentos	389.5	503.9	461.2	473.7	666.7
21-2 Tabaco/bebidas	106.4	137.6	86.7	67.9	177.3
23 Textiles	92.5	119.7	87.6	93.0	110.6
24 Vestido	15.0	19.5	16.4	15.5	22.4
25-9 Productos de madera, papel e impresión	158.0	204.4	156.6	151.6	217.3
30-2 Caucho y químicos	235.0	304.0	434.9	492.5	372.1
33 Vidrio, cemento, etc.	305.5	395.2	440.2	472.6	498.7
34 Metales	314.2	406.4	310.6	303.5	334.3
35 Prods. metálicos	67.1	86.8	54.9	55.6	116.0
36 Maquinaria	28.9	37.4	51.6	52.0	49.1
37 Aps. electrodomésticos	31.2	40.4	49.6	47.3	46.4
38 Equipo de transporte	40.0	51.8	81.0	69.5	93.3
39 Otras manufacturas	11.0	14.2	15.4	15.9	15.1
Total de la industria	1794.5	2321.3	2247.7	2310.5	2719.3

^a Todos los valores en millones de pesos constantes (1970).

8. Metodología

Este enfoque consistente en separar los efectos estructurales de los tecnológicos es ya bastante común y se pueden encontrar análisis similares en varios trabajos (e.g., Hankinson y Rhys, 1983, y Jenne y Catell, 1983). No obstante, es necesario ser precavidos en la interpretación de los resultados, ya que existen varias maneras de calcularlos. En referencia al Cuadro II.3, también pudimos haber introducido primero los efectos de la tecnología y después los de la estructura. Al procedimiento anterior lo llamaremos opción 1, la cual implica la medición del cambio estructural como la suma ponderada de los efectos del crecimiento industrial sobre el uso de combustible, *valiéndose de las intensidades de uso de la energía de 1970 como valores relativos*. Pero, cuando se tienen datos detallados disponibles para el segundo año (1975 en este caso), ¿bien podrían usarse las intensidades de 1975 como valores relativos! En este caso (opción 2), los efectos

tecnológicos se calcularían como la suma ponderada de los cambios en la intensidad de uso de energía, valiéndose de la estructura de producción de 1970 (en lugar de 1975) para la ponderación.

La diferencia es análoga a la distinción que existe entre un índice Paasche y un índice Laspeyre. Así, en la opción 1, el efecto estructural total, S_1 y el efecto tecnológico total, T_1 , son dados por las fórmulas (1a) y (1b), respectivamente:

$$(1a) \quad S_1 = \frac{\sum_i \sum_j (E_{ijt} \cdot g_{ij})}{\sum_i E_{it} \cdot g} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} \cdot y_{ijT})}{\sum_i \sum_j (e_{ijt} \cdot y_{ijT})}$$

$$(1b) \quad T_1 = \frac{\sum_i E_{iT}}{\sum_i \sum_j (E_{ijt} \cdot g_{ij})} = \frac{\sum_i \sum_j (y_{ijT} \cdot e_{ijT})}{\sum_i \sum_j (y_{ijT} \cdot e_{ijT})}$$

donde E_i y E_{ij} son el uso de la energía en la industria i -ésima (2 dígitos) y en el subsector j -ésimo de 4 dígitos de la industria i -ésima, respectivamente. Los índices para el tiempo se refieren al primer año del período de observación t y al último año T . g , g_i y g_{ij} son las tasas de crecimiento del total del sector manufacturero, de la industria i -ésima y del subsector j -ésimo de 4 dígitos, respectivamente. Las variables y y e para la producción y las intensidades de uso de energía se definen de la misma manera.

De manera similar, en la opción 2, los efectos estructurales S_2 y el efecto tecnológico T_2 son dados por las fórmulas (2a) y (2b):

$$(2a) \quad S_2 = \frac{\sum_i E_{iT} / g}{\sum_i \sum_j (E_{ijT} / g_{ij})} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijT} y_{ijT})}{\sum_i \sum_j (e_{ijT} \cdot g \cdot y_{ijT})}$$

$$(2b) \quad T_2 = \frac{\sum_i \sum_j (E_{ijT} / g_{ij})}{\sum_i E_{iT}} = \frac{\sum_i \sum_j (y_{ijT} e_{ijT})}{\sum_i \sum_j (y_{ijT} e_{ijT})}$$

Es necesario observar que las dos opciones dan un efecto total (cuando se multiplican juntas la estructura y la tecnología) que corresponde a $\sum E_{iT} / g \cdot \sum E_{iT}$, que es el uso total de energía en el último año dividido

entré el uso de energía en el primer año ajustado a la tasa de crecimiento general. En el apéndice II.2 de este capítulo se encontrarán más detalles de cómo se dedujeron estas fórmulas y de las fórmulas para la descomposición del cambio estructural total a los niveles de 2 y 4 dígitos, respectivamente.

Si varían las intensidades de uso de energía de cada una de las industrias y, en particular, si hay una diferencia sistemática entre las industrias de crecimiento rápido y las de crecimiento lento, esas medidas opcionales de los efectos estructural y tecnológico pueden arrojar valores diferentes.

CUADRO II.4

COEFICIENTES DE CORRELACION PARA LAS INTENSIDADES DE USO DE LA ENERGIA Y LAS TASAS DE CRECIMIENTO EN LOS SECTORES DE 4 DIGITOS DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA (PONDERADOS MEDIANTE LA PRODUCCION)

	Coefficiente de consumo de energía correspondiente, 1970	Tasa de crecimiento, 1970-75
Coefficiente de electricidad 1975	0.84	- 0.25
Coefficiente de combustibles 1975	0.88	- 0.23

En el caso de nuestros datos, la primera columna del Cuadro II.4 indica que la correlación entre las intensidades de uso de energía de 1970 y 1975 está lejos de ser perfecta, lo que implica que la expresión misma "industria con uso intensivo de energía" puede ser engañosa: una industria que tuvo un uso intensivo de energía en 1970 no tuvo que tenerlo necesariamente también en 1975. La segunda columna indica que las tasas de crecimiento de las industrias se correlacionaron negativamente con sus intensidades de uso de energía en 1975 (parecería que aquellas con la mayor intensidad de uso de energía en 1975 fueron las de más lento crecimiento), lo cual nos hace esperar, por lo tanto, que las dos medidas opcionales del cambio estructural y tecnológico proporcionen resultados un tanto diferentes.

9. El cambio estructural a varios niveles, 1970-1975

Los resultados anteriores explican por qué el factor tecnológico parece ser más fuerte cuando es ponderado mediante la producción de 1970 (opción II en los Cuadros II.5 y II.6). Los efectos del cambio estructural

se modifican sustancialmente. En la opción I, los efectos estructurales son cero —un sesgo estructural de ahorro de energía muy débil de 3% al nivel de los 2 dígitos es contrarrestado por un efecto opuesto al nivel de los 4 dígitos. Sin embargo, en el otro caso se presenta un efecto total de ahorro de energía de 14% (-6% y -9%, respectivamente) para la electricidad y de 20% para el combustible (-13% y -8%, respectivamente).¹

CUADRO II.5

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE EXPLICAN EL INCREMENTO EN EL USO DE COMBUSTIBLE EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO (CAMBIOS PORCENTUALES 1975/70)

Industria	Cambio debido a la tecnología ^a		Cambio debido a la estructura			
			Al nivel de 2 dígitos		Al nivel de 4 dígitos	
	Opción: I	II	I	II	I	II
20 Alimentos	41	61	- 8	- 8	23	- 10
21-2 Tabaco y bebidas	161	306	- 37	- 37	- 22	- 50
23 Textiles	19	34	- 27	- 27	6	- 6
24 Vestido	45	49	- 15	- 15	- 5	- 6
25-9 Productos de madera, papel e impresión	43	48	- 23	- 23	- 3	- 3
30-2 Caucho y químicos	- 24	- 12	43	43	13	- 3
33 Vidrio, cemento, etc.	6	8	11	11	7	6
34 Metales	10	14	- 24	- 24	- 2	- 6
35 Productos metálicos	109	121	- 36	- 36	1	- 4
36 Maquinaria	- 6	- 5	38	38	1	0
37 Aparatos electrodomésticos	- 2	- 3	23	23	- 5	- 4
38 Equipo de transporte	34	37	56	56	- 14	- 16
39 Otras manufacturas	- 5	6	9	9	3	- 8
Toda la industria	18	45	- 3	- 8	3	- 13

^a En el caso de la opción 1, el cambio tecnológico se mide como D/C y el cambio estructural a los niveles de 2 y 4 dígitos como B/A y C/B , respectivamente. Para la opción 2, las fórmulas son diferentes, pero arrojan el mismo cambio total D/A (véase el Apéndice II.2). Los efectos estructurales al nivel de 2 dígitos corresponden simplemente a las tasas relativas de crecimiento g_i/g , lo que explica por qué no hay diferencias entre las opciones I y II al mismo nivel de 2 dígitos. No obstante, para toda la industria sí hay una diferencia, como se muestra en el Apéndice II.2.

¹ De manera correspondiente, los efectos estructurales a los niveles de 2 y 4 dígitos podrían considerarse en cualquier orden, dando un número de opciones potencialmente más grande. En los datos presentes no hubo diferencias significativas, por lo que esa distinción fue dejada de lado en consideración a la claridad. Véase, también el Apéndice II.2.

CUADRO II.6

**ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE EXPLICAN EL INCREMENTO EN EL USO
DE ELECTRICIDAD EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO
(CAMBIOS PORCENTUALES 1975/70)**

Industria	Cambio debido a la tecnología ^a		Cambio debido a la estructura			
			A nivel de 2 dígitos		A nivel de 4 dígitos	
	Opción: I	II	I	II	I	II
20 Alimentos	22	47	- 8	- 8	0	- 17
21-2 Tabaco y bebidas	115	194	- 37	- 37	- 9	- 34
23 Textiles	53	77	- 27	- 27	- 5	- 18
24 Vestido	39	44	- 15	- 15	0	- 4
25-9 Productos de madera, papel e impresión	59	63	- 23	- 23	- 7	- 10
30-2 Caucho y químicos	- 3	12	43	43	17	2
33 Vidrio, Cemento, etc.	10	12	11	11	7	5
34 Metales	114	106	- 24	- 24	1	5
35 Productos metálicos	134	138	- 36	- 36	0	- 2
36 Maquinaria	4	4	38	38	- 1	- 2
37 Aparatos electrodomésticos	- 8	- 6	23	23	- 3	- 4
38 Equipo de transporte	16	16	56	56	- 13	- 13
39 Otras manufacturas	20	33	9	9	4	- 6
Toda la industria	36	59	- 3	- 9	3	- 6

^a Véanse las notas del Cuadro II.5.

La conclusión que podemos extraer en lo que respecta al sector manufacturero en conjunto es que el cambio estructural constituye el factor más importante para explicar el incremento en la intensidad de uso de energía. A un nivel agregado, dicho cambio ejerce sólo un pequeño efecto de ahorro de energía, o bien ninguno, dependiendo de la manera como sea medido. En 1975, las industrias con una alta intensidad de uso de energía fueron, sobre todo, aquellas que habían experimentado un crecimiento lento en el período de 1970-1975.

De las siete industrias con un crecimiento más lento que el promedio, al menos seis tuvieron una alta intensidad de uso de energía: alimentos (20), productos de madera, papel e impresión (25-29), metales (34) y productos metálicos (35) —estas cuatro con un uso de grandes cantidades tanto de electricidad como de combustibles—; tabaco y bebidas (21-22) —con una alta intensidad de uso de combustible—; y textiles (23) —con un gran uso de electricidad—. El grupo principal de industrias de crecimiento rápido está compuesto por la ingeniería y las industrias productoras de maquinarias (36-39), todas con muy baja intensidad de uso de energía. Las excepciones a esta regla las constituyen la industria del vestido, de crecimien-

to lento (24), y las industrias del hule y de productos químicos (30-32) y del vidrio, el cemento, la cerámica, el ladrillo, etc. (33), todas de crecimiento rápido y de uso intensivo de energía. En el caso de la industria química, los datos de los censos de 1970 y 1975 no incluyen los productos petroquímicos ni la refinación ni las otras industrias relacionadas, ya que pertenecen en gran medida al campo de la compañía petrolera estatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) y fueron clasificadas en el 'sector energético'. Esto, junto con algunos valores sorprendentemente bajos para el uso de petróleo en 1975 (véase la siguiente sección), implica probablemente una desestimación del crecimiento y de la intensidad de uso de energía en esa industria. No nos fue posible incluir ningún dato exterior para corregir la falta de esos subsectores, pero los cálculos aproximados indican que su inclusión no modificaría nuestros resultados agregados sino marginalmente.

En general, los efectos de los cambios estructurales sobre el uso de energía al nivel de 4 dígitos fueron insignificantes, pero en el caso de dos industrias provocaron reducciones considerables. Los cambios más significativos se presentaron en tabaco/bebidas y en el equipo de transporte. En el primer caso, el efecto dependió de los rápidos descensos en la producción de vino y limonadas, productos con un uso intenso de energía, que fueron 'reemplazados' por ¡la cerveza y el tabaco!, productos menos consumidores de energía. En cuanto al equipo de transporte, el armado de carros (y trenes) ha estado creciendo con mucha rapidez y necesita poca energía, mientras que las etapas de la cadena de producción menos consumidoras de energía, como la producción de partes para carros, han crecido mucho más lentamente.

10. El cambio tecnológico, 1970-1975

La intensidad promedio de uso de la energía se incrementó entre 1970 y 1975, en particular en el caso de la electricidad, con un promedio de 36% ó 59% (según que se use la opción I o la II), comparado con un incremento de 18% ó 45% para el uso de otros combustibles. Nos interesa comprender qué factores (e.g., de carácter tecnológico o de mercado) sirven de fundamento a las diferencias observadas entre los diferentes sectores. La mayoría de las industrias se comportan conforme al patrón promedio, pero algunas merecen un comentario especial. Las industrias 21-22 (tabaco y bebidas) y 35 (productos metálicos) muestran incrementos excepcionalmente altos en sus coeficientes de consumo, tanto de electricidad como de combustibles. La industria de 'productos metálicos' incluye subsectores, como la producción de herramientas, clavos, alambre metálico, esmalte, hierro fundido, etc., que requieren grandes cantidades de energía para transformar el hierro en bruto o los otros metales usados.

En el otro extremo de la escala, las industrias 36 y 37 usan muy poca energía, debido a que pertenecen completamente al campo de la 'ingenie-

ría': producción de maquinaria, industrias 36, y de equipo electrónico, como tocadiscos, industrias 37. Estos dos subsectores no presentaron incrementos en su intensidad de uso de energía, sino incluso pequeñas disminuciones.

Cierto número de industrias parecen mostrar una sustitución de combustibles por electricidad. La industria química y la del hule (30-32) muestran una clara reducción en su intensidad de uso de combustible, pero la reducción de electricidad no es evidente, mientras que 'otras manufacturas' (39) y productos de metal (34) no muestran un cambio significativo en sus coeficientes de combustible sino incrementos muy marcados en el consumo de electricidad. Esta sustitución de combustibles por electricidad es bien conocida en otros países y, aunque los precios de la electricidad muestran una ligera caída en relación con los del combustible, la sustitución podría explicarse también por la adopción de tecnología más moderna. En algunos de los subsectores de la industria química, como los fertilizantes, los insecticidas, las fibras artificiales y celulósicas (3121-2, 3131-2), se presentaron reducciones muy considerables en el uso del combustible y electricidad, aunque es necesario ser precavidos al interpretar las cifras de esas industrias sin conocer su uso de materias primas, ya que, en gran medida, se basan en derivados del petróleo. Algunos de esos consumos han sido clasificados como 'combustibles' en 1970 y como 'materias primas' en 1975.

La impresión que puede tenerse de este examen general al nivel de 2 dígitos es que la intensidad de uso de energía se incrementó en aquellas industrias que ya mostraban un uso intensivo en 1970. La explicación para esto puede residir en el hecho de que existe una especie de efecto de umbral: únicamente aquellas compañías que pagan facturas de energía lo suficientemente altas reconocen en realidad la oportunidad que les ofrece el descenso en los precios de la energía y actúan para sustituir con ella otros factores de producción (materiales, capital o mano de obra). Para verificar el grado de esa relación, subdividimos los 222 sectores manufactureros en cinco categorías de intensidad de uso de energía.

Como lo muestra el Cuadro II.7, la tendencia al incremento en el uso de energía, en especial de electricidad, fue más pronunciada entre los sectores con un fuerte uso de energía.² Esto lo confirma también la correlación positiva encontrada entre los cambios en la intensidad de uso de energía y la propia intensidad promedio (0.14 para los combustibles y

² También probamos con otras variables que pudieran explicar las diferencias observadas en el cambio técnico entre subsectores; sin embargo, ni una variable de 'mercado', como la concentración, ni una 'técnica', como la razón capital-mano de obra, tuvieron ninguna fuerza explicativa estadísticamente significativa.

CUADRO II.7

INTENSIDAD DE USO DE ENERGIA E INCREMENTO DE LA MISMA

Intensidad de uso de energía ^a	Incremento en la intensidad de uso de energía 1975/70:	
	Combustibles	Electricidad
Muy pequeña	14%	22%
Pequeña	59%	43%
Media	88%	46%
Grande	47%	51%
Muy grande	66%	107%

^a Las clases de la intensidad de uso de energía se refieren al uso total de energía promedio, 1970-75, y los límites utilizados para definir las clases fueron: bajo 0.6%, hasta 1.2%, 1.8%, 2.4% y más. Esto da un número bastante uniforme de observaciones para cada uno (12, 64, 57, 39 y 50, respectivamente).

0.19 para la electricidad). Sin embargo, a los niveles convencionales, ese efecto es muy débil y no significativo estadísticamente.

11. El período 1975-1981

Como ya lo mencionamos, carecemos de datos de censos posteriores a 1975, por lo que tuvimos que conformarnos con las Cuentas Nacionales, que sólo incluyen datos de producción. Esto excluye la posibilidad de trabajar con lo que llamamos la 'opción II' y nos deja con medidas del cambio estructural basadas en las intensidades de uso de la energía de 1975. El empleo de datos provenientes de otras fuentes (balances de energía) para obtener una cifra para el uso total de energía en la industria nos permite deducir un valor agregado para el cambio tecnológico.

En el Cuadro II.8 ofrecemos un resumen de la información sobre el período 1975-1981, con las cifras correspondientes (opción II) a 1970-1975 para establecer una comparación y poder estudiar los efectos durante todo el período cubierto. Como en el período anterior, los efectos del cambio estructural no parecen ser muy significativos. (Obsérvese que el reducido número de subsectores, 126 en lugar de 222, puede implicar una mayor desestimación de los efectos estructurales durante este segundo período).

El uso de combustibles apenas mantuvo el ritmo con el incremento de la producción e incluso hubo una ligera disminución en la intensidad promedio de uso de combustible. Esto podría deberse a una tasa de conversión a electricidad y a gas natural (de carbón o petróleo) más rápida que durante el período precedente. Antiguamente, el gas natural asociado al

petróleo se hacía arder en los pozos, pero después de un fracaso en las negociaciones para vender gas en Estados Unidos, se decidió usarlo internamente lo más posible. A partir de entonces, se ha vendido en condiciones muy favorables (¡incluso conforme a las normas mexicanas!) a industrias que han sustituido con él el petróleo o el carbón. Puesto que, por razones técnicas, tal sustitución implica generalmente un incremento en la eficiencia térmica, ello podría explicar la disminución en el uso de combustible, según ha sido medido en ese trabajo, consistente en petróleo, gas, carbón, etc., agregado conforme al contenido térmico en calorías. En cuanto a los consumos de electricidad, continuaron incrementándose, aunque a un ritmo un tanto más lento.

CUADRO II.8 INTENSIDADES DE USO DE ENERGIA DEL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO, 1970-1981

Factores que provocaron el incremento en el uso de combustible en el sector manufacturero mexicano^a

	Volumen	Estructura		Tecnología	Total
		(2 dígitos)	(4 dígitos)		
1970-75	29.4%	- 3.2%	2.7%	17.7%	51.5%
1975-81	50.3%	- 2.0%	- 0.8%	- 1.5%	44.0%
1970-81 ^b	94.4%	- 5.2%	1.9%	15.9%	118.2%

Factores que provocaron el incremento en el uso de electricidad en el sector manufacturero mexicano

	Volumen	Estructura		Tecnología	Total
		(2 dígitos)	(4 dígitos)		
1970-75	29.4%	- 2.8%	2.6%	36.0%	75.4%
1975-81	50.3%	- 0.2%	0.3%	13.0%	69.9%
1970-81 ^b	94.4%	- 3.0%	2.9%	53.7%	197.9%

Fuente: Apéndice II.3, Cuadros II.5 y II.6.

^a Las fórmulas para el cálculo de estos efectos se proporcionan al final del Apéndice II.2. El incremento total en el uso de combustible se descompuso multiplicativamente en sus componentes. Así, para la primera línea, el incremento total de 51.5% en uso de combustible en 1970-75 se descompone como sigue:

$$1.294 \times 0.968 \times 1.027 \times 1.177 = 1.515$$

Los efectos totales de la estructura pueden calcularse correspondientemente a partir de los efectos de 2 y de 4 dígitos. Para el combustible, en el período 1970-75, el efecto estructural total es $S = 0.968 \times 1.027 = 0.995$, i.e., -0.5%.

^b Las cifras para 1970-81 fueron calculadas multiplicando los resultados de los subperíodos. Aunque esto no es estrictamente exacto, proporciona una aproximación razonable para ese período.

A un nivel de menor agregación, podemos ver (Apéndice II.3) que el patrón del cambio estructural es bastante similar al del período anterior. Los textiles, el vestido y, en particular, los alimentos crecieron a un ritmo mucho más lento que el promedio (no así, no obstante, las bebidas y el tabaco, que fue la industria que más disminuyó en el período previo y ahora alcanzó casi la tasa de crecimiento promedio). Los metales y los productos metálicos (34 y 35) tuvieron un comportamiento un tanto mejor, pero todavía menor al promedio. Como en el período 1970-1975, las industrias productoras de maquinaria y otros bienes de ingeniería, incluido el equipo de transporte y los aparatos electrodomésticos (36-38), fueron las de crecimiento más rápido.

El Cuadro II.8 muestra que, para todo el período 1970-1981, los cambios en la estructura produjeron una reducción muy ligera de -3% en el uso de combustible (la aparición de un sesgo de ahorro de combustible de -5.2% al nivel de 2 dígitos fue contrarrestado por un sesgo de uso de combustible de 1.9% al nivel de 4 dígitos). En el caso de la electricidad, los efectos estructurales a los niveles de 2 y 4 dígitos se eliminan mutuamente. En resumen, no existió una tendencia sistemática de las industrias con uso intensivo de energía a crecer más o menos rápidamente ni se presentó un efecto estructural total.³

12. Conclusiones

La principal interrogante a la que se tenía la intención de dar respuesta en este capítulo se refería a los efectos de la energía barata y abundante sobre el desarrollo industrial. En la primera sección vimos que México tiene precios inusualmente bajos —y que se mantuvieron en descenso durante el decenio de 1970— para la energía. Vimos también que hubo un incremento en el uso de la energía que puede explicarse parcialmente mediante el aumento de la importancia del transporte y del propio sector energético en la economía.

Una de las razones oficiales para subsidiar la energía es el aumento de la industrialización, la cual, en principio, puede lograrse mediante uno o ambos de los siguientes mecanismos: acelerando el crecimiento industrial total, al alentar en particular a un grupo de industrias (las de uso intensivo de energía), o suponiendo que todas las industrias van a beneficiarse al ser capaces de sustituir por energía otros factores de producción. En cualquier caso, el resultado natural es un incremento en la intensidad de uso de la energía del sector manufacturero agregado, como hemos observado. Natu-

³ Hacemos notar que, por razones prácticas de disponibilidad de datos, sólo pudimos medir los efectos estructurales y tecnológicos conforme a la "opción 1". No obstante, para el período 1970-1975, la opción 2 arrojó incluso valores negativos para los efectos estructurales.

ralmente, ignoramos cuál habría sido el cambio estructural en el caso de que no hubiese habido subsidios al precio de la energía. Sin embargo, nuestro hallazgo en el sentido de que el cambio estructural de ninguna manera puede explicar el incremento en la intensidad de uso de la energía es, quizá, un poco sorprendente y parecería indicar que la política de precios ha tenido pocos efectos, o ninguno (hasta la fecha), sobre la composición de la producción.

Lo anterior lo ilustra la Gráfica II.2, que muestra los índices de producción de cierto número de industrias importantes. Aunque algunas industrias con uso intensivo de energía, como la del cemento, crecieron un poco más rápidamente que el promedio, otras no lo hicieron, como las del hierro y el acero o las del papel y la pulpa de madera. Otras industrias, como las de la maquinaria y las del automóvil, tuvieron altas tasas de crecimiento, pero un reducido uso directo de energía para su producción (si bien, desde luego, el uso del automóvil es alentado por los bajos precios de la gasolina). Estos dos sectores emplean también materias primas —hierro y acero— que, a su vez, incorporan grandes cantidades de energía.⁴

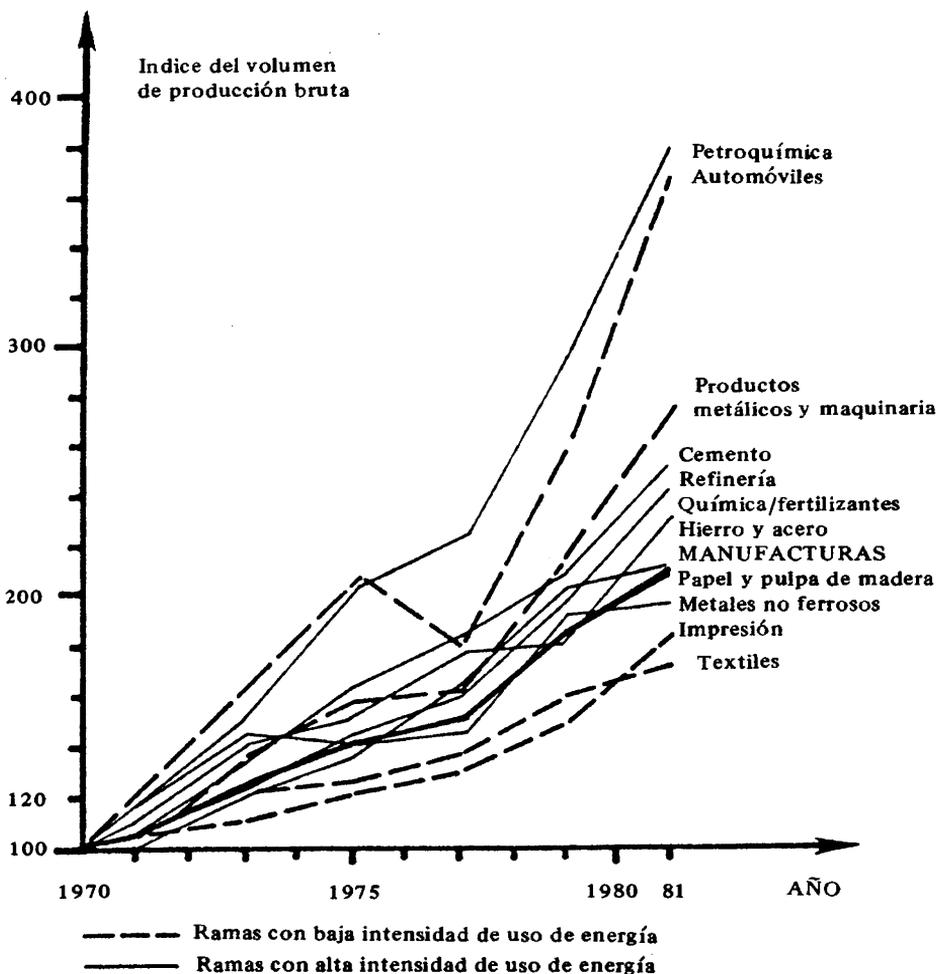
La conclusión es muy natural: el cambio estructural es el resultado complejo de cierto número de procesos de la economía que no necesariamente provocan el predominio de aquellas industrias que usan grandes cantidades de energía *directa*. Es muy fácil proporcionar otras explicaciones para los cambios observados. Por ejemplo: las restrictivas políticas de ingresos, con disminuciones en los salarios reales durante varios de los años cubiertos, explican el descenso relativo de industrias que producen bienes de consumo, como los alimentos, las bebidas, los textiles y el vestido, pero que no afectan al mercado de aparatos electrodomésticos para el estrato de ingresos superiores.⁵ Ciertos cambios en la estructura se relacionan con

⁴ Esto sugiere que valdría la pena investigar la estructura de producción en relación con el uso *total* de energía asociado con cada producto (en varias etapas de producción y en consumo), pero se trata de una tarea fuera del alcance de este análisis. Un estudio de ese tipo nos diría, seguramente, que la estructura de la *economía* mexicana ha aumentado más su uso de energía. El nuestro, no obstante, muestra que la estructura de la *industria* mexicana ha sido neutra en relación con el uso de energía. Esto se debe, a su vez, al hecho de que el rápido crecimiento en las ramas con uso intensivo de energía, como la del cemento, se vio emparejado por un crecimiento igualmente rápido (o más) en ramas como la automotriz que llevó a un consumo de energía, no en la producción, sino en el consumo de bienes producidos.

⁵ Las diferencias en la utilización de la capacidad debida al ciclo comercial pudieron haber sido otro factor de importancia; sin embargo, todos los tres años estudiados, 1970, 1975 y 1981, fueron años de crecimiento económico bastante rápido (6.9%, 5.6% y 7.9%, respectivamente), por lo que, en conjunto, la utilización de la capacidad difícilmente pudo haber provocado una diferencia mayor en las intensidades de uso de energía en este estudio. Podrían, no obstante, explicar algunas diferencias en cada industria en particular.

GRAFICA II.2

CAMBIO ESTRUCTURAL EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO, 1970-1981. EJEMPLOS DE ALGUNAS RAMAS CON ALTA Y BAJA INTENSIDAD DE USO DE ENERGIA, RESPECTIVAMENTE



niveles particulares del desarrollo económico. Así, la importancia de la construcción y de las inversiones en general es, por supuesto, la explicación del rápido crecimiento en sectores como el de la maquinaria o el cemento,

y es probable que la importancia de los precios de la energía haya sido insignificante en este contexto.

La única industria realmente importante con uso intensivo de energía que creció rápidamente durante el último decenio —como consecuencia directa del 'boom' petrolero— fue, desde luego, la petroquímica, incluidas las refinerías, etc. No obstante, como antes se mencionó, esta industria está incluida en el sector energético y no en el manufacturero.

El principal efecto del descenso en los precios de la energía parece ser, más bien, un incremento generalizado, aunque no uniforme, en los coeficientes de la energía, particularmente para la electricidad. El hecho de que esto sea el resultado del crecimiento y la modernización o de la combinación óptima de insumos —sustitución por energía de otros insumos debido a los precios relativos cambiantes—, o de que sea un simple mal manejo o desperdicio, es una cuestión que no podemos comentar, ya que requiere un mayor estudio al nivel "micro" de cada una de las firmas o industrias.

REFERENCIAS DEL CAPITULO II

- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, *Boletín de Energéticos*, julio de 1982, pp. 5-12.
- Carlsson, B., "Relativprisutvecklingen på energi och dess betydelse för energiåtgång, branschstruktur och teknologival – en internationell jämförelse", en *DsI*, Estocolmo, 1977:17.
- Comisión Federal de Electricidad, *Sector eléctrico nacional. Estadísticas 1965-1980*, México, 1982.
- Corredor, J., *Oil in Mexico*, Memorandum, Oxford Energy Seminar, 4 de septiembre, 1980.
- Hankinson, G.A., y J.M.W. Rhys, "Electricity Consumption, Electricity Intensity and Industrial Structure", en *Energy Economics*, vol. 5, núm. 3, julio, 1983, pp. 146-152.
- Instituto Nacional de Estadística, *IX Censo industrial 1970 y X Censo industrial 1975*, México.
- , *Sistema de cuentas nacionales de México, 1970-1978 y 1979-1981*, México.
- Jenne, C.A., y R.K. Catell, "Structural Change and Energy Efficiency in Industry", en *Energy Economics*, vol. 5, núm. 2, abril, 1983, pp. 114-123.
- Petróleos Mexicanos, *Anuario estadístico 1982*, México.
- Programa Universitario de Energía, UNAM, *Uso eficiente y conservación de la energía*, México, 1983, pp. 49-86.
- Secretaría de Programación y Presupuesto, *El sector eléctrico en México 1982*, México.
- Sterner, T., "Economic Effects of the Oil-Expansion in Mexico", en *Memorandum Nº 83*, Department of Economics, University of Gothenburg, Gothenburg, marzo, 1982.
- , "Algunos problemas en el desarrollo de energéticos en México", en *Economía Nacional*, febrero, 1983, pp. 21-31.
- Ostblom, G., "Energy Use and Structural Change: Factors Behind the Fall in Sweden's Energy Output Ratio", en *Energy Economics*, vol. 4, núm. 1, enero, 1982, pp. 21-28.

APENDICE II.1

Los precios de la energía en México

El análisis de la intensidad de uso de energía en los diversos sectores para 1970 y 1975 se basó en datos obtenidos del Censo Industrial de cada uno de esos años, el cual únicamente proporciona los *valores* de la electricidad y de los combustibles y lubricantes usados. Para convertir esos valores nominales en precios de 1970, fue necesario construir índices de precios para los dos tipos de energéticos considerados. En México, casi todos los precios de energéticos son controlados por el Estado y existe una gran relación entre las diferentes tarifas para la electricidad y entre los diferentes tipos de productos del petróleo. La técnica utilizada para construir los índices consistió en tomar un promedio ponderado que correspondiera lo más estrechamente posible a la importancia respectiva de cada tarifa de combustible.

Electricidad

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene establecido un sistema de 13 diferentes tarifas (12 hasta 1973) para diferentes categorías de usuarios. No es posible distinguir directamente la industria manufacturera de otros usuarios; sin embargo, las tarifas no varían demasiado una de otra, por lo que cualquier pequeño error en la ponderación del promedio tendrá un efecto incluso menor sobre la exactitud del índice final calculado.

Las tarifas seleccionadas fueron las siguientes (véase el Cuadro II.A.1.): 3) 'General, más de 40kW';⁶ 4) 'Molinos de maíz'; 8) 'General, alta tensión'; 12) 'Contratos especiales, alta tensión'. La CFE publica datos sobre la energía vendida en KWh y en pesos para cada una de esas tarifas (así como para las tarifas destinadas al uso doméstico y otros). En el Cuadro II.A.1 indicamos los cálculos de nuestros índices de precios.

Combustibles y lubricantes

Aparte de la electricidad, el Censo Industrial proporciona los datos sobre otras formas de uso de energéticos en forma agregada bajo la rúbrica

⁶

Más de 5kW antes de 1974.

CUADRO II.A.1
EL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD EN MEXICO

Tarifa	1970	1973	1975	1977	1978	1979	1980	1981
	Energía en GWh							
3	2023	2830	1167	1189	1235	1325	1429	
4	142	163	181	195	203	202	191	
8	8212	10423	12635	13231	14540	15692	16498	
12	2966	4677	5774	8806	9622	10594	10643	
Total^a	13343	17565	19741	23421	25600	27813	28761	
	Ventas en millones de pesos							
3	734	882	599	956	999	1260	1668	
4	24	27	23	24	29	32	46	
8	1686	2230	3602	6696	7499	9402	13119	
12	299	545	916	3390	3745	5055	6481	
Total^a	2743	3684	5140	11066	12272	15749	21314	
Precio^b	205.6	209.7	260.4	472.5	479.4	566.2	741.3	
Índice	100	102	126	230	233	275	361	(414)^c

Fuentes: SPP (1983) y CFE (1982), Cuentas Nacionales 1979-81.

^a Los totales pueden no coincidir debido al redondeo de cifras.

^b Promedio de precios para usuarios industriales (tarifas 3, 4, 8 y 12) en dólares/MWh.

^c Estimación basada en el incremento en el índice de precios implícito para el sector eléctrico conforme a las estadísticas de las Cuentas Nacionales.

'combustibles y lubricantes'. Como en el caso de la electricidad, únicamente se proporciona la cantidad total gastada en pesos. Sin acceso a la información directa de la compañía, no es posible deducir con exactitud las cantidades usadas físicamente (no en pesos constantes). Lo mejor que pudo hacerse fue construir un índice de precios valiéndose de valores relativos que correspondieran a su participación respectiva. Esos valores relativos se basaron en los balances nacionales de energía, que proporcionan datos sobre el uso que hace la industria de gas natural, carbón y productos del petróleo. En la categoría de 'productos del petróleo', los valores relativos fueron construidos en proporción con las cifras de ventas de PEMEX (véase el Cuadro II.A.2).

CUADRO II.A.2
PRECIOS DEL COMBUSTIBLE EN MEXICO

Productos	1970	1973	1975	1977	1978	1979	1980	1981
Aceite combustible ^{a,b}	100	100	170	222	222	242	294	382
Kerosina ^c	100	100	143	157	157	157	157	157
Diesel ^d	100	108	137	180	182	277	278	287
Lubricantes ^d	100	91	131	160	169	231	399	467
Gas natural ^c	100	117	150	217	217	233	292	375
Carbón ^{d,e}	100	145	224	354	388	424	542	646
Promedio ^f	100	112	155	216	220	254	314	383

^a Los índices para todos los precios de productos, excepto el carbón, fueron construidos a partir de datos proporcionados por el Anuario Estadístico de PEMEX, 1982. Todos están basados en precios anuales promedio —ya sea calculados a partir de datos sobre el consumo doméstico total en pesos y las cifras correspondientes para el volumen, ya sea, cuando se tuvieron disponibles, a partir de los precios oficiales a los usuarios industriales. Estos últimos se refieren en realidad a la ciudad de México, pero las comparaciones con otras fuentes indican que ello no influye en el valor del índice de manera significativa.

^b En este caso, el aceite combustible es el promedio del "combustóleo pesado" y el "combustóleo ligero".

^c Los precios de la kerosina y del gas natural son específicamente para uso industrial.

^d Estos productos son comprados para uso doméstico, industrial y otros, y sus valores relativos fueron reducidos correspondientemente mediante la cantidad estimada de uso no industrial.

^e Índice de precios implícitos para el sector del carbón y el coque, según las estadísticas de las Cuentas Nacionales.

^f Los valores relativos utilizados son: 4, 1, 1, 2, 11 y 2 para el aceite combustible, la kerosina, el diesel, los lubricantes, el gas y el carbón, respectivamente, lo cual corresponde al uso en 1975 conforme a los balances de energía y a las estadísticas de ventas de PEMEX, con un ligero ajuste para el factor mencionado en la nota d.

APENDICE II.2

Unidades de medida de los cambios estructural y técnico

Sea

$y_{ij\tau}$	la producción en un subsector j de 4 dígitos de la industria i en el año τ
$y_{i\tau} = \sum_j y_{ij\tau}$	la producción en cada una de las 13 industrias ($i = 1, \dots, 13$)
$y_{\tau} = \sum_i y_{i\tau}$	la producción total para el año τ ($\tau = t, \dots, T$)
$E_{ij\tau}, E_{i\tau}, E_{\tau}$ $e_{ij\tau}, e_{i\tau}, e_{\tau}$	los valores definidos correspondientemente para el consumo de energía (las fórmulas son idénticas para el combustible y la electricidad y las variables E pueden interpretarse como vectores $E = (L, F)$ de electricidad y combustible) Las letras minúsculas se usan para indicar las intensidades de uso de energía, de manera que $e_{ij\tau} = E_{ij\tau} / y_{ij\tau}$, etc.
g_{ij}, g_i, g	Las tasas de crecimiento para el intervalo de tiempo (t, T) , de manera que $g_{ij} = y_{ijT} / y_{ijt}$ $g_i = y_{iT} / y_{it}$ y $g = y_T / y_t$

Si suponemos ahora ocho variables, A, B, C, D, G, H, I y J , que nos dan, para cada industria i , valores hipotéticos para el uso de la energía mediante la combinación de la tecnología (coeficientes de consumo) y la estructura a los niveles de 2 y 4 dígitos para los años t y T (correspondientes a 1970 y 1975 en el texto) como sigue:

Variables:	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>G</i>	<i>H</i>	<i>I</i>	<i>J</i>
Volumen de producción	<i>T</i>							
Estructura al nivel de 2 dígitos (industria):	<i>t</i>							
Estructura al nivel de 4 dígitos (subsector):	<i>t</i>							
Tecnología:	<i>t</i>							

puede demostrarse fácilmente que las siguientes identidades valen:

$$A_i = E_{it} \cdot g \quad (\text{que es el uso de energía en el año } t \text{ ajustado al volumen})$$

$$B_i = E_{it} \cdot g_i$$

$$C_i = \sum_j (E_{ijt} \cdot g_{ij})$$

$$D_i = E_{iT} \quad (\text{que es, simplemente, el uso de energía en el año } T)$$

$$G_i = g \cdot \sum_j (E_{ijT}/g_{ij})$$

$$H_i = E_{iT} \cdot g/g_i$$

$$I_i = g_i \cdot \sum_j (E_{ijT}/g_{ij})$$

$$J_i = g/g_i \cdot \sum_j (E_{ijt} \cdot g_{ij})$$

Los efectos de la tecnología pueden definirse, ya sea como D_i/C_i (opción I en el texto principal), que es una comparación que se vale de la estructura de producción al final del período (T) como marco de referencia, ya sea como G_i/A_i , que corresponde a la opción II en el texto e implica el valerse de la estructura de producción en el año t como punto de referencia. Correspondientemente, los efectos globales del cambio estructural se definen, ya sea como C_i/A_i o como D_i/G_i , de manera que, en ambos casos, el resultado multiplicativo es una unidad de medida del cambio total de A a D , esto es:

$$C_i/A_i \cdot D_i/C_i = D_i/A_i = D_i/G_i \cdot G_i/A_i.$$

Los efectos de la estructura pueden subdividirse aun más en efectos a los niveles de 2 y 4 dígitos de dos maneras opcionales (a) y (b):

	Nivel de 2 dígitos	Nivel de 4 dígitos	Total
Opción I (1a)	B_i/A_i	C_i/B_i	C_i/A_i
(1b)	C_i/J_i	J_i/A_i	C_i/A_i
Opción II (2a)	D_i/H_i	H_i/G_i	D_i/G_i
(2b)	I_i/G_i	D_i/I_i	D_i/G_i

Sin embargo, la diferencia entre estas opciones (a) y (b) fue realmente insignificante, por lo que decidimos concentrarnos en las opciones marcadas (a). Finalmente, debemos mencionar que existen dos posibilidades más, tomando primero los efectos del cambio estructural, ya sea al nivel de 2, al de 4 dígitos, después la tecnología y, finalmente, el efecto estructural restante (*e.g.*, J/A para la estructura de 4 dígitos, H/J para la tecnología y D/H para la estructura de 2 dígitos). Sin embargo, también esta opción fue dejada a un lado, ya que solamente serviría para complicar el texto sin añadir nada a la interpretación de los resultados.

La diferencia entre las diversas opciones puede ilustrarse más claramente mediante las unidades de medida usadas para el cambio estructural al nivel de 2 dígitos. A ese nivel, sólo hay, desde luego, una unidad de medida —la tasa relativa de crecimiento— y el lector puede verificar fácilmente que todas las unidades de medida dan este resultado, por ejemplo:

$$\text{Opción 1a: } B_i/A_i = (E_{it} \cdot g_i)/(E_{it} \cdot g) = g_i/g$$

$$\text{Opción 2a: } D_i/H_i = E_{iT}/(E_{iT} \cdot g/g_i) = g_i/g.$$

Cuando se examina el efecto de estos cambios estructurales (y/o técnicos) al nivel de toda la industria manufacturera, las unidades de medida se convierten en: $\Sigma B_i/\Sigma A_i$ y $\Sigma D_i/\Sigma H_i$, que evidentemente, *no* son iguales, ya que, en el primer caso, las tasas relativas de crecimiento son ponderadas mediante E_{it} (el uso de la energía en el año t) y, en el segundo casi, mediante E_{iT} :

$$\begin{aligned} \frac{\sum_i B_i}{\sum_i A_i} &= \frac{\sum_i (E_{it} \cdot g_i)}{\sum_i (E_{it} \cdot g)} \\ &\neq \frac{\sum_i E_{iT}}{\sum_i (E_{iT} \cdot g/g_i)} = \frac{\sum_i D_i}{\sum H_i} \end{aligned}$$

La descomposición total utilizada en este capítulo, tanto entre los efectos tecnológicos y estructurales como entre los cambios estructurales a los niveles de 2 y 4 dígitos, puede resumirse en las siguientes ocho fórmulas. Las primeras cuatro se refieren a la opción uno y las últimas cuatro a la opción dos.

Cambio tecnológico (opción 1):

$$(A1) \quad T_1 = \frac{\frac{\sum_i D_i}{\sum_i C_i} \cdot \frac{\sum_i E_{iT}}{\sum_{ij} (E_{ijt} g_{ij})}}{\frac{\sum_i E_{iT}}{\sum_{ij} (E_{ijt} g_{ij})}} = \frac{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}$$

Cambio estructural total (opción 1):

$$(A2) \quad S_1 = \frac{\frac{\sum_i C_i}{\sum_i A_i} \cdot \frac{\sum_i \sum_j (E_{ijt} g_{ij})}{\sum_i E_{it} g}}{\frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt}) g}{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt}) g}} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}$$

Cambio estructural al nivel de 2 dígitos (opción 1):

$$(A3) \quad S2_1 = \frac{\frac{\sum_i B_i}{\sum_i A_i} \cdot \frac{\sum_i (E_{it} g_i)}{\sum_i E_{it} g}}{\frac{\sum_i (e_{it} y_{it}) g}{\sum_i (e_{it} y_{it}) g}} = \frac{\sum_i (e_{it} y_{it})}{\sum_i (e_{it} y_{it})}$$

Cambio estructural al nivel de 4 dígitos únicamente (opción 1):

$$(A4) \quad S4_1 = \frac{\frac{\sum_i C_i}{\sum_i B_i} \cdot \frac{\sum_i \sum_j (E_{ijt} g_{ij})}{\sum_i (E_{it} g_i)}}{\frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}{\sum_i (e_{it} y_{it})}} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}{\sum_i (e_{it} y_{it})}$$

Cambio tecnológico (opción 2):

$$(A5) \quad T_2 = \frac{\frac{\sum_i G_i}{\sum_i A_i} \cdot \frac{g \sum_i \sum_j (E_{ijt}/g_{ij})}{g \sum_i E_{it}}}{\frac{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}} = \frac{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}$$

Cambio estructural total (opción 2);

$$(A6) \quad S_2 = \frac{\sum_i D_i}{\sum_i G_i} = \frac{\sum_i E_{iT}}{g \sum_i \sum_j (E_{ijT}/g_{ij})} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijT} \gamma_{ijT})}{\sum_i \sum_j (e_{ijT} \gamma_{ijT}) g}$$

Cambio estructural al nivel de 2 dígitos (opción 2):

$$(A7) \quad S2_2 = \frac{\sum_i D_i}{\sum_i H_i} = \frac{\sum_i E_{iT}}{\sum_i (E_{iT}/g_i) g} = \frac{\sum_i (e_{iT} \gamma_{iT})}{\sum_i (e_{iT} \gamma_{iT}) g}$$

Cambio estructural al nivel de 4 dígitos únicamente (opción 2):

$$(A8) \quad S4_2 = \frac{\sum_i H_i}{\sum_i G_i} = \frac{\sum_i (E_{iT}/g_i) g}{g \sum_i \sum_j (E_{ijT}/g_{ij})} = \frac{\sum_i (e_{iT} \gamma_{iT})}{\sum_i \sum_j (e_{ijT} \gamma_{ijT})}$$

Las fórmulas (A1) a (A8) muestran claramente que los efectos técnicos y estructurales que expresamos desde el punto de vista de nuestras ocho variables hipotéticas A a J (y que son utilizadas en las columnas de los Cuadros II.3, II.5 y II.6 son funciones de sumas ponderadas de, ya sea producciones, ya sea intensidades de uso de energía con diferentes valores relativos. También es claro que el cambio total en el uso de energía puede separarse (multiplicativamente) en un crecimiento puro, en un efecto tecnológico y en un efecto estructural total, y que este último puede separarse aun en un efecto al nivel de 2 dígitos y en otro al de 4 dígitos, sin tener en cuenta la opción utilizada:

$$T_1 S_1 = T_2 S_2 = T_1 S2_1 S4_1 = T_2 S2_2 S4_2 = \frac{E_T}{E_t g}$$

APENDICE II.3

Cambio estructural 1975-1981

Los factores estructurales dan un cambio total de - 2.8% para el uso de combustibles y de 0.1% para la electricidad. Puesto que, según los balances de energía y los datos de producción tomados de las Cuentas Nacionales, el uso de combustible creció en 4.2% menos que la producción, mientras que el uso de electricidad creció en 13.1% más, ello deja un 1.5% y un 13% que deben ser explicados mediante los cambios en tecnología (coeficientes de consumo).

CUADRO IIA.3

ANALISIS DE LOS FACTORES QUE EXPLICAN LOS CAMBIOS EN LA INTENSIDAD DE USO DE ENERGIA DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA MEXICANA 1975-1981 (CAMBIOS PORCENTUALES)

Industria	Uso de combustibles: Cambio estructural al nivel de:		Uso de electricidad: Cambio estructural al nivel de:	
	2 dígitos (B/A)	4 dígitos (C/B)	2 dígitos (B/A)	4 dígitos (C/B)
20	- 11	- 4	- 11	3
21-2	- 1	1	- 1	0
23	- 9	2	- 9	1
24	- 8	0	- 8	- 1
25-9	1	2	1	4
30-2	9	- 6	9	- 3
33	- 5	3	- 5	5
34	0	2	0	- 1
35	- 6	4	- 6	1
36	12	- 7	12	- 4
37	20	0	20	- 1
38	14	- 1	14	- 1
39	- 2	- 9	- 2	- 10
Toda la industria	- 2.0	- 0.8	- 0.2	0.3

III. LOS EFECTOS DE LOS PRECIOS DE LOS FACTORES EN LA ELECCION DE TECNOLOGIA¹

1. Introducción

En el capítulo 2 mostramos que el incremento en la intensidad de uso de energía en el sector manufacturero mexicano no se debió a cambios en la composición de la producción, sino más bien a un incremento global en el uso de energía al nivel de cada una de las industrias. En ese capítulo, deseamos examinar más en detalle los factores que provocaron dicho incremento.

En la industria, la energía se utiliza como un factor de producción: junto con la mano de obra, el capital y las materias primas, se combina en el proceso de producción. En este capítulo utilizamos el modelo *translog* para analizar los datos anuales sobre producción, precios y consumos, lo cual nos permite separar el efecto de los precios relativos, que es nuestro principal interés, del sesgo debido a la escala y al progreso técnico neutro. Los resultados serán presentados bajo la forma de elasticidades-precio y de sustitución para cada industria y para todo el sector manufacturero.

En la actualidad existe una abundante literatura en la que se analizan las elasticidades de la demanda industrial para diferentes industrias, en diferentes países y mediante el uso de diferentes modelos. No obstante, casi todos esos estudios se refieren a un gran número de economías industriales avanzadas, en particular a Estados Unidos. Por lo tanto, los resultados de esos estudios difícilmente pueden servir como una guía confiable para los elaboradores de políticas de los países del Tercer Mundo, puesto que se trata de países con ingresos, estructuras de precios y organizaciones institucionales completamente diferentes.²

¹ Una versión anterior de este capítulo, basada en una muestra de industrias más pequeña, fue presentada en la Séptima Conferencia Internacional Anual de la Asociación Internacional de Economistas en Energéticos que se llevó a cabo en Bonn del 3 al 5 de junio de 1985. También fue publicada en español como "Cambio en la estructura y selección de tecnología", en *Cuadernos sobre prospectiva energética*, núm. 71, El Colegio de México, México, sep. de 1985.

² Por ende, existe una razón práctica para el estudio de las elasticidades en los países del Tercer Mundo. Esos estudios nos permiten también aclarar algunas cuestiones interesantes, como el efecto de la dependencia tecnológica que caracteriza, al menos, a los países en desarrollo más pequeños. ¿Tienen las industrias de esos países mayores dificultades para adaptarse a los cambios en los precios relativos de los facto-

Por desgracia, existen relativamente pocos estudios de ese tipo, detallados y satisfactorios desde el punto de vista metodológico, para los países del Tercer Mundo; lo cual, a su vez, depende de la dificultad para adquirir datos detallados y confiables. Una excepción la constituye el estudio hecho para la India por Laumas *et al.* (1981), en el cual se usa una función de producción *translog* homotética para analizar datos transversales para la industria manufacturera y se estiman las elasticidades-precio propias y también respecto a algunos precios transversales para los consumos de energía. Las elasticidades varían considerablemente de una industria a otra, y la gama de valores va de -0.5 a -1.1 para el carbón, de -0.1 a -1.0 para la electricidad y de -0.1 a -0.6 para el petróleo. Siddayao *et al.* (1985) registran también estimaciones *translog* para el total de energía en Filipinas y Tailandia con valores de alrededor de -0.5 para el primer país y de entre -1.5 y -2.3 para el segundo. Hoffman (1982) utiliza varias ecuaciones para estimar el uso de energía en el sector manufacturero brasileño, incluida una función *translog* con tres porciones de factores, pero no consigna las elasticidades. Sin embargo, a partir de los coeficientes de regresión y de los datos de las porciones de costos proporcionados, parece ser que la elasticidad-precio de la energía es de aproximadamente -0.8.

En el caso de México, sólo conocemos un estudio, Villagómez (1983), en el que se calculan las elasticidades-precio de la demanda de energía industrial. El estudio ofrece resultados de entre -0.7 y -0.9 para el total del sector industrial, dependiendo del sector observado. No obstante, no usa una función *translog*, sino un enfoque mucho más simple, por lo que no es estrictamente comparable con los otros estudios mencionados. En este capítulo aplicaremos un modelo *translog* a la más amplia gama posible de industrias mexicanas.

2. Formulación de un modelo para la función de costos

Para poder estimar un conjunto uniforme de elasticidades que midan la sensibilidad a los precios y las posibilidades de sustitución entre los factores de la producción, suponemos la existencia de una función de producción doblemente diferenciable que relaciona el flujo de producción bruta con los consumos de cinco insumos agregados: capital (K), mano de obra (L), bienes intermedios (M), combustible (incluidos los lubricantes) (F) y electricidad (E):

$$(1) \quad Y = y(K, L, M, F, E).$$

Lo anterior implica, entre otras cosas, el supuesto de una separabili-

res debido a la falta de investigación y desarrollo interno y porque se atienen en gran medida a la tecnología importada "en paquetes", como las plantas "llave en mano"?

dad débil entre esos insumos agregados; así por ejemplo, la sustitución entre dos tipos de mano de obra no se ve afectada por el nivel de uso de bienes intermedios o capital.

Nuestra formulación sigue siendo bastante general, ya que no suponemos una separabilidad débil entre la energía agregada y otros factores de producción. Ciertos autores, por ejemplo Pindyck (1979), siguen un procedimiento de estimación de dos etapas que supone la existencia de un agregado de energía que es homotético en sus consumos de petróleo, gas, carbón y electricidad y que muestra una separabilidad débil en relación con otros consumos (agregados). La principal ventaja de hacerlo así consiste en que el número de parámetros que hay que estimar se reduce, pero, en nuestro caso, los consumos de petróleo, carbón y gas ya están agregados en los datos y no se gana mucho con agregar también "combustibles" y "electricidad", particularmente porque sospechamos que las propiedades de sustitución de la electricidad con respecto a otros factores, como el capital, pueden ser completamente distintas a las de otros combustibles.

Existe una función de costos, correspondiente a la función de producción (1), que refleja la tecnología de producción y mediante la cual el costo, C , es relacionado con los precios de los factores de consumo, P_i , y posiblemente con el nivel de tecnología (T) y producción (Y). Para la estimación debemos emplear una forma funcional específica de la función de costos³ y, naturalmente, deseamos utilizar una que evite el tener que aplicar restricciones innecesariamente fuertes a las elasticidades que han de estimarse. Varias formas funcionales —la Leontief generalizada, la Cobb-Douglas generalizada, la *translog* y la cuadrática de raíces cuadradas— son suficientemente flexibles. Hasta la fecha, el modelo *translog* parece resistir satisfactoriamente las comparaciones con los otros modelos en la mayoría de las aplicaciones. Es también el de uso más frecuente y, por lo tanto, el que elegiremos aquí para facilitar la comparación de las estimaciones con los estudios hechos para otros países. La función de costos *translog* se especifica de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 (2) \quad \ln C = & \alpha_0 + \alpha_y \ln Y + \alpha_t T + \sum_i \alpha_i \ln P_i + 1/2 \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \\
 & + \gamma_{ty} T \ln Y + \sum_i \gamma_{yi} \ln Y \ln P_i + \sum_i \gamma_{ti} T \ln P_i + \\
 & + 1/2 \gamma_{yy} (\ln Y)^2 + 1/2 \gamma_{tt} T^2 \quad i, j \in \left\{ K, L, M, E, F \right\}
 \end{aligned}$$

³ La estimación de las elasticidades utilizando directamente la función de producción no arrojaría necesariamente los mismos resultados, ya que el *translog* no es una función *self-dual*. No obstante, la elección de la función de costos para la estimación es más común y tiene la ventaja de tratar los precios, antes bien que las cantidades, como exógenos. Para un análisis sobre la diferencia entre estos dos enfoques, véase también Burgess (1975).

La homogeneidad lineal de los precios y la simetría de la función de costos imponen las siguientes restricciones a (2):

$$(3) \quad \sum_i \alpha_i = 1$$

$$\sum_i \gamma_{ij} = \sum_j \gamma_{ij} = 0$$

$$\sum_i \gamma_{yi} = 0$$

$$\sum_i \gamma_{ti} = 0$$

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji}$$

$$i, j \in \left\{ K, L, M, E, F \right\}$$

Suponiendo que los precios de insumos sean fijados exógenamente, las ecuaciones de la demanda de insumos pueden derivarse diferenciando primero logarítmicamente la función de costos (2):

$$(4) \quad \delta \ln C / \delta \ln P_i = (P_i / C) \delta C / \delta P_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{yi} \ln Y + \gamma_{ti} T$$

y aplicando luego el lema de Shephard, que establece que la demanda D_i de un factor de producción es igual a la derivada de la función de costos con respecto al precio $D_i = \delta C / \delta P_i$. Esto proporciona las cinco ecuaciones de porciones de costos:

$$(5) \quad S_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{yi} \ln Y + \gamma_{ti} T$$

Debe observarse que la suma de las porciones de costos (5) es idéntica a la unidad debido a las restricciones (3) y, consecuentemente, en la estimación debe dejarse de lado una de ellas para evitar la sobreidentificación del sistema.

La función de costos en la forma anterior es muy general y da cabida tanto a los regresos a la escala no homotéticos y no constantes como al cambio tecnológico no neutro. Imponiendo cierto número de restricciones adicionales a los parámetros, podemos formular y estimar modelos que sean más restringidos en cualquiera de esos sentidos. Así:

$\gamma_{ti} = 0$ nos da el cambio tecnológico neutro Hicks, *i.e.*, un cambio tecnológico que no presenta sesgo en favor de ningún factor de producción.

$\gamma_{yi} = 0$ nos da homoteticidad, *i.e.*, la función de costos es separable en producción y precios de los factores. Esto implica que las elasticidades de sustitución son independientes de la producción.

Si, además de la homoteticidad, la elasticidad de la función de costos con respecto a la producción y la tecnología es constante, tenemos:

$$\gamma_{yy} = \gamma_{ty} = 0$$

lo cual nos da una función homogénea. El grado de homogeneidad es determinado por la variable α_y . Si

$$\alpha_y = 1$$

la función de producción fundamental presenta regresos constantes a la escala.

Finalmente, si $\gamma_{ij} = 0$ para todo i, j , entonces tenemos el equivalente de una función de producción Cobb-Douglas.

Debe observarse que, en principio, pudimos haber estimado la función de costos (2) directamente y que ello habría tenido la ventaja de permitirnos estudiar los efectos del tiempo (progreso tecnológico) y la escala sobre la función de costos y, así, estimar, por ejemplo, su elasticidad con respecto a la escala. Sin embargo, el número de parámetros habría sido muy grande y, dados el limitado número de observaciones disponibles y cierta cantidad de multicolinealidad entre las variables exógenas, es ventajoso poder reducir el número de parámetros que han de estimarse. Por lo tanto, decidimos seguir la práctica común de estimar únicamente el sistema (5) de ecuaciones de demanda derivada. Esto lo justifica aun más el hecho de que los efectos de los precios son nuestro principal interés y el hecho de que los costos totales para el conjunto de la industria se incrementan a casi exactamente la misma tasa que la producción total a precios constantes. Así, la productividad total sólo se incrementa en alrededor del 10 por ciento, mientras que la producción real se incrementa en más del 250%, por lo que es razonable decir que nuestros datos se caracterizan por regresos a la escala casi constante (al menos para la categoría 'toda la industria').

Lo anterior sólo implica que el uso total de factores es aproximadamente proporcional a la producción, lo que no es lo mismo que suponer que el uso de cada factor de producción individual sea proporcional. Nuestro enfoque nos permite también estudiar el sesgo del factor de uso o de ahorro de escala y cambio tecnológico, y con ese propósito estimaremos las ecuaciones de demanda de factores en las cuatro formas siguientes:

- a) con el cambio tecnológico neutro Hicks y con homoteticidad;

- b) con homoteticidad;
- c) con el cambio tecnológico neutro Hicks; y
- d) con ninguna de esas restricciones.

En los casos de unas cuantas industrias con cambios institucionales o de composición significativos en algún momento durante el período, se añadió una variable simulada D a la función de costos (2) mediante la adición de los términos siguientes:

$$\alpha_d D + \sum_i \alpha_{id} \ln P_i \cdot D$$

con la restricción adicional $\sum_i \alpha_{id} = 0$.

Las ecuaciones de porciones de costos se modificaron consecuentemente:

$$(5^*) \quad S_i = \alpha_i + \alpha_{id} D + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{yi} \ln Y + \gamma_{ti} T$$

Uzawa (1962) derivó las elasticidades de sustitución parciales Allen (AES) entre los insumos i y j como:

$$(6) \quad \sigma_{ij} = C C_{ij}'' / C_i' C_j'$$

donde: $C_i' = \delta C / \delta P_i$ y $C_{ij}'' = \delta^2 C / \delta P_i \delta P_j$

A partir de (4), tenemos:

$$C_i' = (C/P_i) \delta \ln C / \delta \ln P_i$$

Diferenciando una vez más:

$$C_{ij}'' = (1/P_i) (C_i' \cdot \delta \ln C / \delta \ln P_i + C \cdot \delta^2 \ln C / \delta \ln P_i \delta P_j)$$

$$y \quad C_{ii}'' = (1/P_i) (C_i' \cdot \delta \ln C / \delta \ln P_i + C \cdot \delta^2 \ln C / \delta \ln P_i \delta P_i) - (C/P_i^2) \delta \ln C / \delta \ln P_i$$

lo cual, después de la simplificación⁴ y la sustitución de (4) y (6), nos da las AES para la función *translog*:

⁴ NB: De (2) se deduce que $\delta^2 \ln C / \delta \ln P_i \delta \ln P_j = \gamma_{ij}$

$$(7) \quad \sigma_{ij} = (\gamma_{ij} + \hat{S}_i \hat{S}_j) / \hat{S}_i \hat{S}_j \quad \text{Para toda } i, j; i \neq j$$

$$\sigma_{ii} = (\gamma_{ii} + \hat{S}_i^2 - \hat{S}_i) / \hat{S}_i^2 \quad \text{Para toda } i$$

donde \hat{S}_i son las estimaciones de verosimilitud máxima para las porciones de costos.

Allen (1938) mostró la relación entre las AES y las elasticidades-precio comunes⁵ de la demanda para los insumos de factores, E_{ij} :

$$(8) \quad E_{ij} = \sigma_{ij} \cdot \hat{S}_j$$

Así, mientras que las AES son simétricas por definición, las elasticidades-precio transversales no lo son en general: $E_{ij} \neq E_{ji}$. Ambos tipos de elasticidad varían a todo lo largo del período de observación, ya que dependen de las porciones de factores estimadas \hat{S}_j .

Por consiguiente, nuestro modelo consiste en cuatro ecuaciones (5) sujetas a (3) (y, en algunos casos, a restricciones adicionales). La estimación econométrica requiere que este modelo reciba una especificación estocástica, lo cual se hace añadiendo un término de error e_i a cada una de las ecuaciones. Esos e_i pueden concebirse como errores de medición y otros errores al determinar las porciones de costos:

$$(9) \quad S_i = \alpha_i + \sum \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{yi} \ln Y + \gamma_{ti} T + e_i$$

donde $e = (e_E e_F e_M e_L)$ en el caso en que la porción de capital se deja de lado.

Suponiendo que e es independiente y que se distribuye de manera idéntica y multinormal con el vector promedio cero y con la matriz de covarianza no singular para cada año.

El procedimiento de estimación utilizado es una regresión convergente iterativa aparentemente no relacionada, que es equivalente a la Verosimilitud Máxima de Información Completa, y los estimadores son invariantes a los que se anula la ecuación de porciones de costos.

3. Construcción de los datos y fuentes

La disponibilidad y la calidad de los datos constituyen uno de los problemas más comunes y graves encontrados en este tipo de estudio. Las únicas investigaciones realmente completas que cubren a toda la industria manufacturera de México son los estudios quinquenales hechos para 1970-1975 y 1975-1980 utilizados en el capítulo II. Sin embargo, para poder utilizar

⁵ Manteniendo constantes la producción y los precios de todos los otros insumos.

el modelo *translog*, necesitamos un número más amplio de observaciones; consecuentemente, este estudio se basa en los censos anuales que cubren a las mayores empresas de las industrias más importantes, esto es, en total, poco más de 50 industrias de las 222 analizadas en el capítulo II. Estas industrias son subsectores de cuatro dígitos de la clasificación mexicana CMAE, la cual corresponde (aproximadamente) a la norma internacional ISIC. En los subsectores, la cobertura varía del 80 al 95% del valor de la producción y la cobertura total de los censos anuales es de alrededor del 50% del total de la producción en el sector manufacturero.

Fue necesario dejar de lado algunas industrias debido a la falta de información sobre algunos años (en especial al inicio del período de observación), otras, debido a cambios en la definición del sistema de clasificación industrial (CMAE); en fin, otras fueron dejadas de lado debido a que sus productos o sus insumos eran tan heterogéneos, que impedían el cálculo de los índices de precios para la producción y para los insumos intermedios. Tales índices de precios no son proporcionados explícitamente por los censos, pero fue posible calcularlos en el caso de las industrias que producen y utilizan productos razonablemente homogéneos y que se encontraban especificados tanto en unidades físicas como en valor. En el caso de algunas industrias adicionales se utilizaron fuentes externas y precios de producción. Se tuvo un especial cuidado en encontrar datos para todos los sectores más grandes y para todos los principales usuarios de energía. Las 18 industrias finalmente incluidas cubrieron aproximadamente el 70% de la producción (y más del 80% del uso de energía) del total cubierto por el censo anual para 1966. Sin embargo, debido a que la cobertura de esos censos se ha incrementado con el tiempo, la proporción descendió en aproximadamente diez puntos porcentuales al final del período (véase el Cuadro III.1).

CUADRO III.1

PARTICIPACION DE LAS 18 INDUSTRIAS SELECCIONADAS EN LOS CENSOS

Variable	Porcentaje de participación	
	1966	1981
Producción	71%	60%
Mano de obra empleada	62%	44%
Nómina	68%	51%
Valor agregado	66%	62%
Gasto de combustible	87%	76%
Gasto de electricidad	82%	79%
Gasto intermedio	75%	63%
Activo fijo	69%	64%

El cambio de cobertura de esos censos entre los diferentes años y la, a veces un tanto arbitraria, inclusión o exclusión de industrias establecen diferencias entre, por una parte, los censos anuales y, por la otra, los censos quinquenales y los datos de las cuentas nacionales utilizados en el capítulo II, que cubre el total de la industria. Consecuentemente, no tendría caso aplicar los métodos del capítulo II a esos datos anuales para analizar los cambios en la composición de la producción sobre una base anual. No obstante, para el análisis de este capítulo, esos cambios son menos importantes, ya que las industrias seleccionadas para el análisis se ven sujetas por lo general a pocos cambios. Sin embargo, debemos recordar que las elasticidades calculadas sólo son aplicables, hablando estrictamente, a las compañías cubiertas, *i.e.*, al 80-95% de la producción representada por las mayores plantas de cada industria.

Una ventaja de los censos anuales es que proporcionan datos bastante detallados. Además de los datos sobre producción y bienes intermedios, proporcionan información sobre la energía dividida en electricidad y "combustibles y lubricantes". Los datos sobre la electricidad están disponibles al detalle, incluyendo la cantidad utilizada, comprada, vendida y generada para uso propio, así como los precios de la electricidad comercializada. Varias industrias producen más electricidad para su propio consumo de lo que es habitual en los países industrializados; lo cual se debe probablemente más a problemas de seguridad en el suministro que a ventaja en el precio, por lo que hemos considerado como lo más razonable el incluir ese consumo y valorarlo al precio pagado por la electricidad suministrada externamente.

En cuanto a los combustibles, la única cifra proporcionada es el valor total comprado. Los datos utilizados sobre los precios son un índice ponderado de diferentes combustibles construido a partir principalmente de los datos de PEMEX.⁶ PEMEX es el único proveedor de productos del petróleo y gas en el mercado mexicano.

En el caso de la industria acerera primaria, el uso de carbón/coque (clasificados como insumos intermedios en el censo) se sumó a las cifras para combustibles y lubricantes y los índices de precios se ajustaron consecuentemente.

Como es costumbre, los datos sobre el capital son los menos satisfactorios. Se puede elegir entre dos tipos de datos sobre capital: los datos directos sobre inventarios de equipo de capital o los datos sobre el valor agregado menos los salarios, los cuales no son satisfactorios porque miden más bien los pagos que se acumulan al capital que los costos de mantenimiento del mismo. Sin embargo, la ventaja de este último enfoque consiste en que puede suponerse que las cifras son bastante exactas y que, en prin-

⁶ Véase el cap. II, apéndice II.A.1.

cipio, deben reflejar el valor del total de capital: maquinaria, edificios, inventarios, capital financiero, etcétera. Por otra parte, el valor del equipo de capital es una unidad de medida más directa pero más limitada en alcance; además, puede ponerse en tela de juicio la capacidad, y el interés, que puede esperarse de un empresario mexicano para estimar con exactitud su capital social cada año e informar de la misma manera a las autoridades. No obstante, ambos enfoques pueden encontrarse en varios artículos y los dos serán utilizados en este estudio.

Por su lado, el costo de capital del usuario depende del costo de los bienes de inversión, de la depreciación y del tipo de rendimiento, el cual, a su vez, depende de los tipos de interés, de las normas fiscales, de los márgenes de depreciación, etcétera. La estimación de estos factores rebasa por completo el alcance de este estudio y no pudimos encontrar ningún material publicado que pudiera ser utilizado. Por lo tanto, se hizo una estimación aproximada del costo de capital del usuario mediante la deflación del capital social a precios constantes y la aplicación de una tasa fija de depreciación. El correspondiente precio de capital se estimó igualmente de manera aproximada mediante el costo de la maquinaria.

Además de las 18 industrias de cuatro dígitos mencionadas, analizamos también algunas industrias a un mayor nivel de agregación, añadiendo, por ejemplo, 'industria acerera primaria' e 'industria acerera secundaria' a la 'industria de tubería y conductos de acero'. De esa manera,⁷ se formaron cuatro industrias que corresponden aproximadamente a algunas de las industrias de tres dígitos de la clasificación CMAE. Además, se analizó el total de nuestras 18 industrias, así como el total dado para cada año por los censos (*i.e.*, para cubrir aproximadamente 50 industrias). Por supuesto, la ventaja de esto último consiste en que es lo más que podemos acercarnos a un análisis del total del sector manufacturero. Por otra parte, las desventajas son en el sentido de que, aun con lo anterior, sólo cubre alrededor del 50% de todo el sector manufacturero y de que, en esa categoría, existen cambios en la cobertura, como se mostró en el Cuadro III.1. Esos cambios implican que la composición de producción de las industrias cubiertas en el censo cambia de manera diferente a la composición de producción en el total del sector manufacturero, y esas diferencias podrían influir en nuestros resultados de manera impredecible. Además, el censo no proporciona ninguna información que pudiera utilizarse para calcular los índices de precios de la producción y los bienes intermedios para ese total, por lo que los índices tuvieron que tomarse de los datos de las Cuentas Nacionales.

⁷ Los índices de precios para estas industrias agregadas fueron creados ponderando los índices de precios de las industrias individuales mediante las porciones de producción.

4. Elección del modelo

Así, contamos con 24 industrias diferentes para las que tenemos cuatro modelos básicos, dos diferentes medidas del capital y algunos aspectos adicionales, como la inclusión de variables y cambios, ambos simulados, en la observación del período que va a analizarse. Potencialmente, esto arrojaría un número demasiado grande de resultados como para que pudieran ser analizados fácilmente; sin embargo, es posible probar los modelos restringidos contra el correspondiente modelo irrestricto mediante el uso del valor de las respectivas funciones de verosimilitud L_r y L_u (r = restringido y u = irrestricto), puesto que la expresión $-2 \ln (L_r/L_u)$ está asintóticamente distribuida como ji-cuadrada con un número de grados de libertad igual al número de parámetros restringidos. En rigor, nuestra muestra es demasiado pequeña, por lo que el uso de esta prueba implica el riesgo de rechazar innecesariamente modelos restringidos, pero no tenemos más opción que, quizá, estudiar la información adicional que pueden proporcionar las pruebas de ajuste. Sin embargo, también es difícil encontrar las mejores medidas del ajuste para comparación cuando se manejan sistemas de parámetros compartidos, como nuestras ecuaciones de porciones de costos. Así, por ejemplo, la R cuadrada convencional (proporcionada por (10)) no está limitada a ser de (0.1) y, en realidad, se pueden obtener valores negativos para cada una de las porciones de costos. Ello se debe a las restricciones impuestas por (3) a las intersecciones. Tenemos a nuestra disposición medidas "corregidas" opcionales de R^2 , pero preferimos emplear la función de "Inexactitud de la Información" de Theil, junto con una descomposición porcentual por porción de costos sugerida por Strobel (1982) (véase (11)). De manera similar, la distribución del estadístico DW de Durbin-Watson no se conoce para un sistema como el nuestro, por lo que debe considerarse meramente como una unidad de medida descriptiva.

El R^2 total se define conforme a la fórmula (10a):

$$(10a) \quad R^2 = 1 - \frac{\sum_i \sum_t (\hat{e}_{it})^2}{\sum_i \sum_t (S_{it} - \bar{S}_i)^2}$$

$t = 1966-1981$

$i = \text{porciones de costos } E F M L K$

donde el error estimado $\hat{e}_{it} = (S_{it} - \hat{S}_{it})$ es el observado menos la porción de costos estimada. Los \bar{S}_i son promedios de los S_{it} observados durante todo el período de tiempo. Los R^2 para cada porción de costos fueron definidos de manera análoga (véase la fórmula 10b). Los valores consignados

en el Cuadro III.A.2 fueron multiplicados por un factor de 100 por razones de comodidad.

$$(10b) \quad R_i^2 = 1 - \frac{\sum_t (\hat{\varepsilon}_{it})^2}{\sum_t (S_{it} - \bar{S}_i)^2}$$

$$t = 1966-1981$$

$$i = \text{porciones de costos } E F M L K$$

La medida de inexactitud de la información del Theil se calculó como se muestra en la fórmula (11a) y los valores consignados en el Cuadro III.A.1 son los promedios durante todo el período de tiempo (multiplicados por un factor de 10^4 por razones de comodidad). La medida propuesta por Strobel para cada porción de costos se muestra en (11b), y puede verse fácilmente que $\sum_i I_{it} = I_t$. Los porcentajes promedio⁸ consignados en el cuadro indican qué tanto de la inexactitud se debe a cada ecuación de costos respectiva, *i.e.*, fueron calculados como $\sum_t I_{it} / \sum_t I_t$.

$$(11a) \quad I_t = \sum_i S_{it} \ln(S_{it} / \hat{S}_{it})$$

$$(11b) \quad I_{it} = \hat{S}_{it} - S_{it} + S_{it} \ln(S_{it} / \hat{S}_{it})$$

Debe tenerse en cuenta que las diferentes medidas del ajuste no se siguen de cerca una a otra necesariamente. Una ventaja de la medida de inexactitud de la información es que, a diferencia del R^2 , no se ve influida por inclinaciones en los valores para las porciones de costos. Las industrias en las que las porciones de costos carecen de inclinaciones fuertes tienden a mostrar un R^2 bajo sin que la medida de inexactitud de la información, I , sea necesariamente alta. El R^2 también es bajo a menudo para cada una de las porciones de costos cuando éstas son pequeñas, como en el caso de la electricidad y el combustible. Sin embargo, la descomposición de la medida de inexactitud indica que estas ecuaciones contribuyen más bien poco a la inexactitud total. Ello se debe a que el R^2 no establece ajustes para las diferencias en magnitud entre los diferentes factores de producción.

El Cuadro III.2 indica el porcentaje de industrias en las que los mo-

⁸ La descomposición Strobel de la medida de inexactitud sobre una base anual fue utilizada para buscar errores en los datos, pero éstos no están consignados aquí debido a la limitación de espacio. Los valores mostrados en el Cuadro III.A.1 se promediaron sobre el total del período de observación.

delos restringidos son rechazados por la prueba de ji-cuadrada a los niveles de significancia de 5% y 1%. El cuadro completo de los resultados de las pruebas de verosimilitud y de los valores de inexactitud de la información, con la descomposición por porción de costos, se muestra en el Cuadro III.A.1 del apéndice de este capítulo. Los valores de R^2 y de DW

CUADRO III.2

PRUEBA DE LOS MODELOS RESTRINGIDOS vs. LOS IRRESTRINGIDOS

Industria. Tipo de capital	Tipo de restricción	Porcentaje de industrias en las que la restricción fue rechazada al:	
		nivel 5%	nivel 1%
Industrias de 4 dígitos ⁹ (valor agregado como capital)	Homot. + camb. tec. neutro	88%	71%
	Cambio tecnológico neutro	59%	41%
	Homoteticidad	65%	41%
Industrias agregadas ⁹ (valor agregado como capital):	Homot. + camb. tec. neutro	100%	83%
	Cambio tecnológico neutro	83%	67%
	Homoteticidad	67%	67%
Industrias de 4 dígitos (equipo de capital)	Homot. + camb. tec. neutro	89%	83%
	Cambio tecnológico neutro	72%	61%
	Homoteticidad	67%	56%
Industrias agregadas (equipo de capital)	Homot. + camb. tec. neutro	100%	100%
	Cambio tecnológico neutro	100%	100%
	Homoteticidad	67%	67%

Fuente: Cuadro III.A.1.

⁹ En este caso, las industrias están subdivididas en las 18 industrias de cuatro dígitos y las seis agregadas, que incluyen las cuatro industrias de tres dígitos y dos totales.

para los modelos irrestrictos se muestran en el Cuadro III.A.2 del mismo apéndice.

El número de parámetros libres restringidos es de cuatro cuando se impone la homoteticidad o el cambio tecnológico neutro Hicks y de ocho cuando se aplican ambas restricciones. Consecuentemente, los valores críticos de ji-cuadrada son de 9.49 y de 15.51 al nivel del 5% y de 13.28 y de 20.09 al nivel del 1%, respectivamente.

El resultado de esta prueba es en el sentido de que la mayoría de los modelos restringidos son rechazados al nivel de significancia del 5% y de que, cuando se utiliza la maquinaria como medida del capital, son rechazados incluso al nivel del 1% en el caso de una gran mayoría de las industrias. Un examen más detallado de los Cuadros III.2 y III.A.1 indica que en particular el modelo restringido con homoteticidad y cambio tecnológico neutro es rechazado en los casos de casi todas las industrias y que su desempeño es pobre conforme a las medidas del ajuste, como la inexactitud de la información. Dos excepciones evidentes son las industrias 3341 (cemento) y 3323 (fibras de vidrio), en cuyos casos el modelo restringido parece comportarse tan bien como el irrestricto. Hay más industrias en las que los dos modelos restringidos, ya sea a la homoteticidad o al cambio tecnológico neutro, no pueden ser rechazados al nivel de confianza del 95%. Ello se debe a que el tiempo, utilizado como sustituto del desarrollo tecnológico, y la producción están correlacionados muy estrechamente. Por lo tanto, la inclusión de una de esas variables, como la producción, tiende, en cierta medida, a recibir también el efecto de la otra (tecnología). La inclusión de ambas en el modelo irrestricto puede tener la ventaja de impedir ese efecto, de manera que los efectos de la producción y del desarrollo tecnológico pueden estudiarse por separado.

No obstante, si se correlacionan demasiado estrechamente, la inclusión de los dos no añade información nueva y el modelo no puede distinguir entre los efectos de la escala y los de la tecnología.

Puesto que, al menos en el caso de algunas industrias, el modelo irrestricto se comporta significativamente mejor que cualquiera de los restringidos, decidimos utilizar ese modelo como nuestra principal herramienta de análisis.

Los Cuadros III.A.1 y III.A.2 nos permiten también comparar el desempeño de las dos medidas del capital utilizadas, comparación que favorece claramente a la medida de la maquinaria, cuyo desempeño es mejor en todas excepto una industria (3321, vidrio plano) conforme a la medida de la Inexactitud de la Información y en todas, excepto cuatro, conforme a la R^2 . La proporción de inexactitud de la información debida al capital conforme a la descomposición de Strobel es también mucho menor en el caso de la maquinaria como medida del capital. Estas diferencias en desempeño son particularmente notables en el caso de las industrias agregadas. Además, una industria no pudo ser analizada adecuadamente mediante el valor agregado como medida del capital debido a que dicho valor agregado

fue negativo durante los dos últimos años del período de observación.¹⁰ Como resultado, se compararán y analizarán ambos conjuntos de elasticidades, pero se prestará mayor atención a los valores calculados utilizando únicamente el equipo de capital.

Naturalmente, en nuestros datos pueden estar presentes otros problemas estadísticos, como la autorregresión, la heterocedasticidad o la multicolinealidad, en mayor o menor medida. Aunque no se conoce la distribución del estadístico Durbin-Watson, como ya lo mencioné, la inspección de los valores del Cuadro III.A.2 y de las gráficas residuales (no mostradas aquí) no nos dio la impresión de que la autorregresión sea un problema grave en la mayoría de las industrias; ni las gráficas residuales parecieron mostrar tampoco ninguna heterocedasticidad grave. En cuanto a la multicolinealidad, es casi seguro que se presente en este tipo de modelo, pero el hecho de que las medidas del ajuste hayan mejorado, considerablemente en algunos casos, cuando se incluyeron la producción y el tiempo sugiere que no existe demasiada multicolinealidad entre éstos y los precios de insumos. Entre estos últimos puede haber una alta multicolinealidad en el caso de algunas industrias, aunque probablemente no en todas, ya que los precios de los insumos mexicanos varían de manera muy amplia de una industria a otra y durante el período de observación; así, la mano de obra aumenta de precio alrededor de 2-1/2 veces más rápidamente que el combustible en promedio y más de cuatro veces más rápidamente en el caso de algunas industrias. De manera similar, el precio de los insumos intermedios en un sector puede aumentar a aproximadamente la misma tasa que la electricidad, mientras que, en otro sector, crece tres o cuatro veces más rápidamente. Consúltense en la Gráfica III.1 los precios de los factores para el total del sector manufacturero y, en las Gráficas III.2 y III.4, los precios de los salarios, la electricidad y las materias primas en algunas industrias individuales.

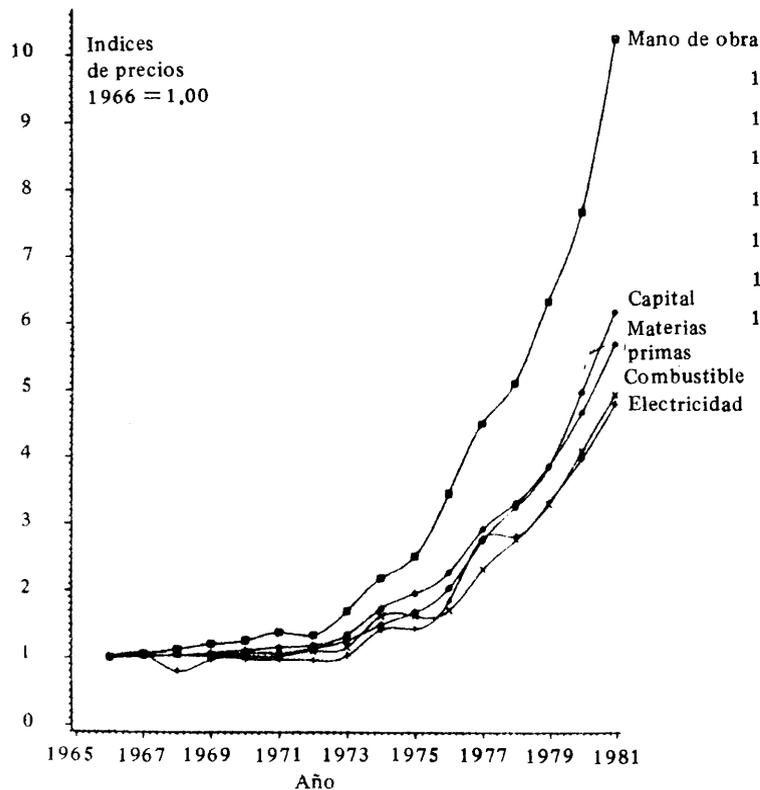
Como se mencionó en la sección sobre metodología, se incluyó una variable simulada en algunos de los modelos irrestrictos para captar el efecto de los cambios en la estructura industrial y otros similares. No obstante, la inclusión de la variable simulada, que se correlaciona tanto con el tiempo como con la producción (así como con las variables de precios), tiene la desventaja de perturbar particularmente las estimaciones del sesgo tecnológico y del sesgo debido a la escala. A pesar de ello, las elasticidades de precios y de sustitución no se vieron muy afectadas en general. Por esta razón, y para facilitar las comparaciones entre las diferentes industrias, decidimos usar el mismo modelo irrestricto, sin variables simuladas, al estudiar las elasticidades. Sólo en un caso (3321, vidrio plano) se consigna una corrida extra con el uso de una variable simulada, ya que las medidas del ajuste aumentaron drásticamente en esa industria.

10

Los valores mostrados en algunos de los cuadros para esta industria utilizando

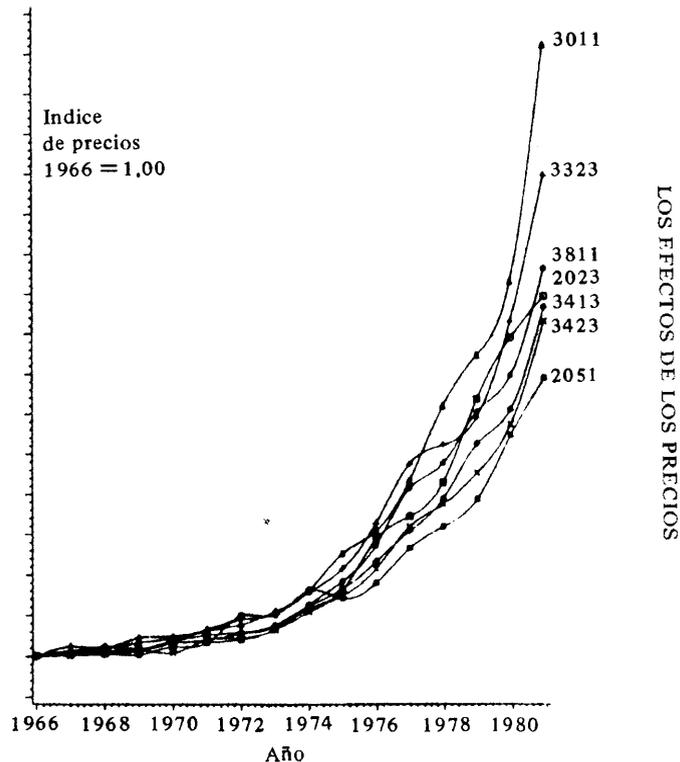
GRAFICA III.1

PRECIOS DE LOS FACTORES EN EL TOTAL DE LA INDUSTRIA



GRAFICA III.2

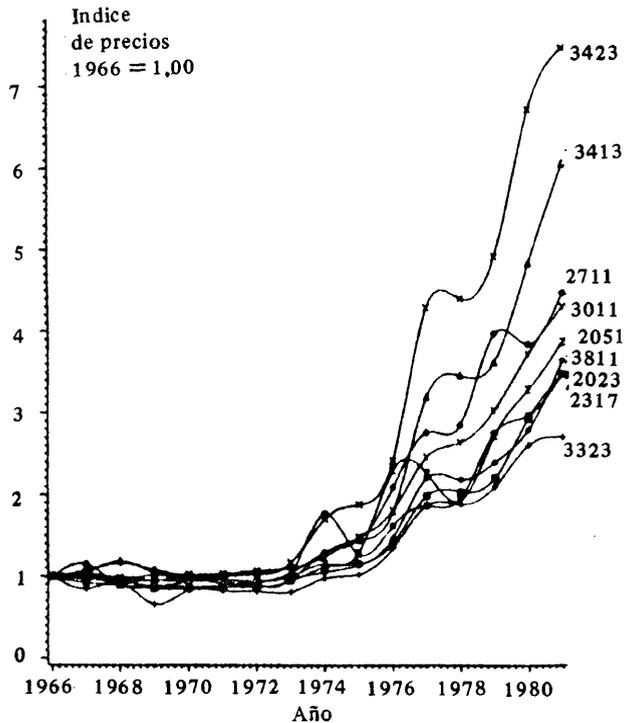
INDICES DE SALARIOS. ALGUNAS INDUSTRIAS INDIVIDUALES^a



^a Véase el Cuadro III.3 para la clasificación de las industrias.

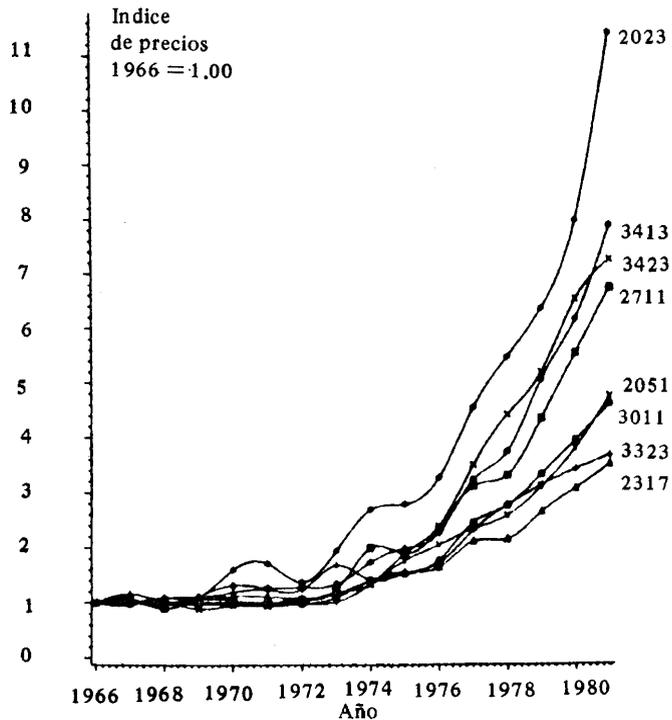
GRAFICA III.3

**INDICES DE PRECIOS PARA LA ELECTRICIDAD.
ALGUNAS INDUSTRIAS INDIVIDUALES**



GRAFICA III.4

**INDICES DE PRECIOS PARA BIENES INTERMEDIOS.
ALGUNAS INDUSTRIAS INDIVIDUALES**



5. Elasticidades-precio propias

En el Cuadro III.3 se muestran dos conjuntos de elasticidades-precio propias para todos los factores de producción y todas las industrias analizadas. El primer conjunto de resultados se aplica a los análisis mediante el uso del valor agregado menos los salarios como medida del capital total y el segundo, al uso del valor en libros de la maquinaria. La única diferencia notable entre los dos conjuntos de resultados es que los errores estándar son por lo general más bajos cuando se usa el valor del equipo de capital, lo cual no es sorprendente, ya que los estadísticos del ajuste fueron mucho más altos.

Empezando por las industrias de cuatro dígitos, observamos que la mayoría de las elasticidades son negativas y sólo cuatro o cinco son significativamente positivas.¹¹ Los errores estándar son, en general, muy altos y muchas de las elasticidades negativas tampoco son significativas. El cálculo de los promedios simples arroja alrededor de -0.5 para la electricidad, -0.4 para el combustible y la mano de obra y -0.15 para las materias primas y el capital cuando se usa el valor del equipo de capital. El uso del valor del capital total aumentó las elasticidades para la mano de obra y el capital ligeramente, mientras que redujo un poco las elasticidades para la energía.

Las industrias alimenticias y de bebidas analizadas mostraron una tendencia constante a elasticidades negativas para todos los factores y, en algunos casos, valores bastante altos para la electricidad y los combustibles. Por otra parte, las industrias metálicas en conjunto mostraron un número considerable de valores de elasticidad positivos e insignificantes, lo cual es particularmente interesante, ya que el uso de combustibles en la industria

el valor agregado fueron calculados mediante el establecimiento del valor agregado en cero para los dos últimos años.

¹¹ Naturalmente, se requieren las elasticidades negativas si se cumplen las condiciones neoclásicas de minimización de costos en los mercados competitivos de insumos. En realidad, las elasticidades negativas son el único requisito de primer orden para la minimización de costos en la teoría de la demanda. El requisito de segundo orden es que la matriz *Hessiana* de la función de costos (consistente en derivadas parciales de segundo orden con respecto a los precios de los factores) sea negativa semidefinida. En el caso de las industrias que cumplieron el requisito de primer orden, cumplieron también en su mayoría el requisito de segundo orden, al menos en la mayoría de las observaciones. Según Field y Grebenstein (1980), el requisito de segundo orden puede no ser cumplido en cierto número de observaciones simplemente debido a la incapacidad de la función *translog* para aproximar la verdadera relación a lo largo de cierto rango de valores, antes bien que debido a la falta de la minimización de costos. Esta hipótesis fue apoyada parcialmente por nuestro hallazgo en el sentido de que a menudo decreció el número de violaciones a la concavidad cuando se hicieron más exigentes los criterios de convergencia y consecuentemente mayor el número de iteraciones.

acerera primaria y el uso de electricidad en la industria del aluminio constituyen insumos especialmente importantes. Entre las otras industrias, las del papel y pulpa de madera pertenecen a las que tuvieron un "buen comportamiento", con elasticidades negativas para todos los factores y elasticidades particularmente altas para el uso de combustibles.

En cuanto a las industrias que hemos creado agregando industrias de cuatro dígitos, puede ser un poco sorprendente el observar que no siempre correspondieron muy bien al promedio de las industrias de cuatro dígitos a partir de las cuales se formaron. Al examinar, por ejemplo, la elasticidad respecto a los precios de la electricidad para la industria del vidrio (332), en la corrida en la que se usó el valor del capital total, vemos que se encuentra muy lejos del rango de las tres industrias 3321, 3323 y 3324. Estamos de acuerdo en que el valor positivo puede explicarse por el predominio de la industria 3324, que es mucho mayor que las otras dos, pero la cuestión es que la elasticidad en la industria agregada no puede ser considerada en absoluto como un promedio ponderado de las tres industrias constituyentes. En realidad, por supuesto, los efectos de la composición cambiante y otros cambios en el tiempo hacen que el análisis sea mucho más complicado de lo que sugeriría el uso de un promedio. Tales factores deben explicar también la considerable diferencia encontrada entre el total de nuestras 18 industrias (que, después de todo, representa más del 60% de las industrias del censo) y el total real de todas las cincuenta industrias. Sin embargo, como se muestra en el Cuadro III.1, la participación de las 18 industrias sí cambia considerablemente durante el período, debido, entre otras cosas, a la inclusión de más y más industrias en el censo. Por ende, las elasticidades para ambos agregados se ven influidas por cambios de composición inaplicables en comparación con el total real para el total del sector manufacturero mexicano.

Al comparar los dos agregados, descubrimos que el uso del total de la industria nos arroja más valores negativos; en especial para el combustible, el cual tiene incluso una elasticidad positiva en el caso de las dieciocho industrias. Debido a su cobertura más amplia, parece razonable confiar más en los resultados para el total real, para el que las elasticidades respecto a los precios de la electricidad y el combustible son de alrededor de -0.5 para ambas medidas del capital.

6. Elasticidades de sustitución

La facilidad o dificultad con las que un factor de producción puede ser sustituido por otro pueden ser convenientemente estudiadas analizando las elasticidades de sustitución parciales de Allen, que miden el cambio porcentual en las proporciones de los factores debido a un cambio de uno por ciento en sus precios relativos. Los Cuadros III.4 y III.5 muestran tales elasticidades para nuestros dos conjuntos de capital, respectivamente. Otra medida que se relaciona estrechamente y que, en algunos contextos, puede

CUADRO III.3
ELASTICIDADES-PRECIO PROPIAS

Industria	Utilizando el valor agregado para el capital total					Utilizando únicamente el valor del equipo de capital				
	Electricidad	Combustible	Materias primas	Mano de obra	Capital	Electricidad	Combustible	Materias primas	Mano de obra	Capital
3412 Acerera secundaria	0.22 (0.29)	-0.77 (0.30)	0.12 (0.21)	-0.18 (0.24)	0.64 (0.88)	-0.36 (0.10)	-0.54 (0.22)	0.06 (0.09)	-0.19 (0.18)	0.32 (0.19)
3411 Acerera primaria	-0.19 (0.11)	0.11 (0.29)	-0.31 (0.12)	-0.66 (0.31)	-1.49 (0.59)	-0.45 (0.09)	0.27 (0.24)	-0.17 (0.13)	-0.93 (0.27)	0.10 (0.34)
3413 Conductos de acero	-0.12 (0.32)	-0.49 (0.23)	0.11 (0.14)	-0.35 (0.38)	-0.04 (0.62)	-0.29 (0.26)	-0.38 (0.21)	0.06 (0.10)	-0.07 (0.17)	0.23 (0.24)
3421 Cobre	-1.63 (0.37)	-0.01 (1.05)	0.06 (0.08)	-0.35 (0.38)	-0.14 (0.59)	-1.66 (0.37)	0.44 (1.15)	0.05 (0.03)	0.11 (0.15)	0.19 (0.22)
3423 Aluminio	0.06 (0.18)	0.12 (0.17)	0.07 (0.09)	-0.67 (0.20)	0.15 (0.25)	0.04 (0.16)	0.09 (0.18)	-0.04 (0.08)	-0.67 (0.18)	-0.23 (0.29)
3811 Automóviles	-0.51 (0.30)	0.29 (0.42)	0.49 (0.42)	-0.28 (0.25)	4.31 (2.30)	-0.20 (0.31)	0.38 (0.34)	-0.11 (0.07)	-0.48 (0.21)	0.42 (0.84)
3011 Neumáticos para autos	-0.41 (0.26)	-0.10 (0.33)	0.70 (0.25)	-0.11 (0.42)	1.09 (0.82)	-0.63 (0.19)	-0.42 (0.35)	-0.02 (0.15)	-0.35 (0.12)	-0.52 (0.61)
2711 Papel y pulpa de madera	-0.20 (0.14)	-0.94 (0.24)	-0.47 (0.11)	-0.36 (0.10)	-0.96 (0.32)	-0.38 (0.10)	-1.57 (0.29)	-0.22 (0.09)	-0.39 (0.05)	-0.11 (0.15)
3341 Cemento	-0.14 (0.19)	0.14 (0.20)	-0.10 (0.14)	-0.40 (0.27)	0.56 (0.49)	-0.26 (0.12)	-0.15 (0.19)	-0.25 (0.10)	-0.59 (0.15)	-0.22 (0.12)
2051 Fluoro	-0.00 (0.30)	-1.36 (0.67)	-0.28 (0.15)	-0.70 (0.08)	-3.59 (2.34)	-0.03 (0.35)	-2.66 (0.51)	-0.05 (0.01)	-0.68 (0.07)	-0.25 (0.11)
2132 Cerveza	-0.00 (0.05)	-0.85 (0.67)	-0.85 (0.22)	-0.49 (0.28)	-1.02 (0.30)	0.10 (0.05)	-1.17 (0.61)	-0.13 (0.15)	-0.20 (0.16)	-0.68 (0.19)
2093 Margarina	-0.98 (0.20)	0.60 (0.50)	-0.17 (0.17)	-0.97 (0.20)	-3.23 (2.70)	-0.94 (0.19)	0.16 (0.60)	-0.02 (0.03)	-0.49 (0.13)	-0.24 (0.21)
2098 Forraje	-0.91 (0.08)	-0.99 (0.68)	-0.08 (0.13)	-0.68 (0.43)	-0.22 (0.48)	-0.90 (0.05)	-0.73 (0.68)	-0.03 (0.01)	-0.66 (0.33)	-0.15 (0.33)
2023 Leche	-1.55 (0.44)	-0.33 (0.82)	-0.23 (0.18)	-0.42 (0.37)	-0.70 (0.46)	-2.41 (0.40)	0.18 (0.92)	-0.03 (0.05)	-0.32 (0.11)	-0.48 (0.17)

(continúa)

CUADRO III.3 (continuación)
ELASTICIDADES-PRECIO PROPIAS

Industria	Utilizando el valor agregado para el capital total					Utilizando únicamente el valor del equipo de capital				
	Electricidad	Combustible	Materias primas	Mano de obra	Capital	Electricidad	Combustible	Materias primas	Mano de obra	Capital
3221 Vidrio plano	-0.20 (0.21)	-1.35 (0.26)	-1.31 (0.46)	-0.10 (0.18)	-0.55 (0.32)	-0.59 (0.26)	-1.53 (0.31)	-0.65 (0.68)	-0.40 (0.09)	-0.14 (0.38)
3323 Fibras de vidrio	-1.07 (0.14)	1.48 (0.90)	-0.40 (0.18)	-0.54 (0.23)	-0.53 (0.58)	-1.26 (0.18)	0.61 (0.98)	-0.38 (0.12)	-0.64 (0.13)	-1.83 (0.36)
3324 Botellas de vidrio	0.37 (0.15)	0.27 (0.16)	0.08 (0.66)	-0.06 (0.15)	1.07 (0.44)	0.48 (0.14)	0.04 (0.17)	-0.37 (0.34)	-0.24 (0.14)	0.42 (0.32)
2317 Fibras y textiles	-0.09 (0.15)	-0.20 (0.31)	-0.09 (0.16)	-0.31 (0.16)	0.20 (0.62)	-0.17 (0.14)	-0.66 (0.31)	-0.05 (0.05)	-0.40 (0.16)	0.20 (0.28)
3321* (con variable simulada)						-0.35 (0.08)	-1.80 (0.29)	0.31 (0.58)	-0.33 (0.09)	-0.14 (0.32)
332 Vidrio	0.72 (0.18)	-0.18 (0.08)	-0.37 (0.59)	-0.20 (0.11)	0.22 (0.34)	0.48 (0.16)	-0.36 (0.09)	-0.39 (0.26)	-0.28 (0.10)	-0.07 (0.16)
341 Acero	0.17 (0.12)	0.81 (0.28)	-0.21 (0.13)	-0.54 (0.11)	-0.30 (0.64)	-0.39 (0.06)	0.77 (0.14)	-0.08 (0.09)	-0.52 (0.12)	0.47 (0.24)
340 Metales	0.06 (0.15)	0.48 (0.32)	-0.20 (0.12)	-0.42 (0.14)	0.11 (0.66)	-0.37 (0.10)	0.35 (0.16)	-0.13 (0.08)	-0.44 (0.15)	0.44 (0.23)
200 Alimentos	-0.12 (0.15)	-0.14 (0.25)	-0.48 (0.08)	-0.39 (0.09)	-1.80 (0.36)	-0.34 (0.13)	-0.36 (0.23)	-0.04 (0.02)	-0.31 (0.10)	-0.23 (0.10)
Todas las 18 ramas	-0.19 (0.22)	0.27 (0.33)	-0.02 (0.16)	-0.35 (0.09)	0.40 (0.37)	-0.34 (0.13)	0.14 (0.23)	-0.10 (0.10)	-0.41 (0.15)	0.03 (0.15)
INDUSTRIA TOTAL	-0.41 (0.14)	-0.55 (0.22)	-0.40 (0.11)	-0.36 (0.37)	-0.76 (0.34)	-0.53 (0.10)	-0.40 (0.20)	-0.14 (0.11)	-0.67 (0.34)	0.03 (0.13)

Note: Las elasticidades consignadas se refieren al año base 1970.

Los errores estándar aproximados se dan entre paréntesis. Fueron calculados bajo el supuesto convencional, por comodidad de porciones de costos no estocásticas. Esto podría implicar una ligera subestimación de los errores estándar, además de la subestimación provocada por la limitada magnitud de la muestra; no obstante, Moroney y Toevs (1977) opinan que la diferencia en los errores estándar estimados debida al supuesto de porciones de costos no estocásticas es muy pequeña.

* Corrida extra con una variable simulada para los últimos 8 años. Véase también la Sección 4. de este capítulo.

ser igualmente interesante es la elasticidad-precio transversal, definida como el cambio en uso de un factor cuando el precio de otro cambia en uno por ciento; véanse en el Cuadro III.A.3 del apéndice algunas de esas elasticidades respecto a los precios transversales.

Las elasticidades de sustitución mostradas en los Cuadros III.4 y III.5 incluyen todas aquellas pertinentes para el uso de electricidad y/o combustible, así como las elasticidades de sustitución entre mano de obra y capital. La cuestión de si varios factores de producción son complementos o sustitutos ha sido tema de numerosas controversias en el pasado, ya que la obtención de resultados incongruentes entre diferentes estudios ha sido muy común. Existe un gran número de razones para esos resultados divergentes, tales como distintas definiciones de funciones, modelos y variables, el uso de datos de varios tipos (sección transversal contra series de tiempo, etcétera), diferentes niveles de agregación, etcétera. De particular importancia es el hecho demostrado claramente en Berndt y Wood (1979) de que los conceptos sustituto y complemento deben ser considerados en su contexto: dos factores pueden muy bien ser, digamos, sustitutos en un modelo de tres factores y complementos en uno de cuatro factores. Otra distinción importante entre diferentes modelos ha sido el uso de capital físico contra capital total. Por esta razón, Field y Grebenstein (1980) analizan los mismos datos utilizando dos medidas del capital definidas básicamente de la misma manera que las nuestras. Su hallazgo consiste en que la energía tiende a ser un complemento del equipo de capital, pero sustituto del capital total o de explotación.

La comparación de nuestros dos cuadros no ofrece mucho apoyo a esa conclusión. Cuando se usa el capital total, no existe patrón discernible en absoluto, la mayoría de los coeficientes no son significativamente diferentes de cero y hay tantos coeficientes positivos como negativos. Cuando se usa el equipo de capital, se dan nuevamente pocos coeficientes significativos comparativamente, pero se muestra una ligera tendencia a la complementariedad, en especial para el combustible y en especial para las industrias agregadas y el total. El hecho sigue siendo, no obstante, que no existe una diferencia demasiado grande entre los dos conjuntos de elasticidades.

En lo que se refiere a los otros factores de producción, tanto la electricidad como el combustible tienden, en la mayoría de las industrias, a ser sustitutos de la mano de obra, sin importar la medida del capital que se utilice (sin embargo, varias de las industrias agregadas de tres dígitos muestran complementariedad). La mano de obra y el capital tienden a ser sustitutos —en ambos conjuntos de elasticidades, también—, pero con niveles bajos de significancia, y en ciertas industrias tienen el signo opuesto. Podría esperarse que la electricidad y el combustible fuesen sustitutos naturales, aunque tal no es el caso, como antes se mencionó, en un modelo con varios factores. Las pruebas empíricas de nuestros dos conjuntos de datos no son de ninguna manera concluyentes en lo que se refiere a las industrias de cuatro dígitos; al nivel agregado, existen ciertos indicios de la

posibilidad de sustitución, en particular para los metales y los alimentos.

Para resumir, podemos decir que la capacidad para reducir el consumo de energía cuando los precios se elevan, expresada por las elasticidades negativas respecto a los precios encontradas en la sección precedente, debe corresponder a una especie de sustitución entre la energía y al menos otro factor; el cual parece ser la mano de obra. Este es el único factor de producción que muestra constantemente elasticidades de sustitución positivas contra la electricidad y el combustible en ambos conjuntos de análisis (esto es, sin importar la medida del capital utilizada).

7. El desarrollo de las elasticidades en el tiempo

Una de las ventajas del modelo *translog* es que es lo suficientemente flexible como para permitir que las elasticidades varíen a través del tiempo. Sin embargo, existe una dificultad práctica para apreciar completamente esa ventaja en el hecho de que es casi imposible abarcar el número de elasticidades producidas realmente. Por razones de espacio, por lo tanto, en este capítulo nos concentramos en los valores de las elasticidades para el año base, y en esta sección examinaremos únicamente el cambio en las elasticidades para una sola corrida, correspondiente al total de la industria (y utilizando el valor del equipo de capital). Los valores están consignados en el Cuadro III.6 (sin las desviaciones estándar, ya que éstas varían mucho menos que los coeficientes mismos). No obstante, es necesario expresar cierta precaución, en el sentido de que algunas de las industrias individuales mostraron una mayor variación en el tiempo que el total de la industria.

Las elasticidades-precio propias —con la excepción del capital— son, al menos, razonablemente estables, aunque cambian en alrededor del 25% del primer año al último para la energía y las materias primas. En la mayoría de las industrias se observó la tendencia a mostrar elasticidades reducidas para la energía, y la misma fue particularmente clara en el caso del combustible, el cual mostró incluso elasticidades positivas para 1981 en cierto número de industrias en las que las elasticidades del combustible para los otros años fueron todas negativas. Esto podría deberse quizá a que el precio relativo de los combustibles estuvo cayendo de manera particularmente rápida durante los últimos años de nuestro período de observación, mientras que la producción de petróleo y gas doméstico se expandió de manera realmente muy rápida y tuvieron que hacerse esfuerzos considerables para vender más gas natural en el mercado doméstico.

Las elasticidades de sustitución muestran una variación mucho mayor que las elasticidades-precio propias y deben servir para recordarnos que es necesario ser precavidos al interpretar los valores de los Cuadros III.4 y III.5. Las únicas elasticidades razonablemente estables son las dos elasticidades energía-mano de obra y combustible-capital. Como lo notamos en la sección anterior, la relación entre la energía y la mano de obra fue una de las pocas que mostraron un patrón constante entre las diferentes industrias.

CUADRO III.4
ELASTICIDADES DE SUSTITUCION
(VALOR AGREGADO COMO CAPITAL TOTAL)

Industria	EF	EM	EL	EK	FM	FL	FK	LK
3412	0.30 (11.91)	0.45 (1.21)	4.93 (4.04)	- 4.75 (4.17)	1.41 (0.71)	3.00 (2.48)	- 2.01 (2.37)	- 0.47 (1.79)
3411	1.80 (1.33)	0.13 (0.30)	5.05 (2.01)	- 5.67 (2.06)	-0.42 (0.44)	- 2.72 (1.50)	2.96 (2.55)	1.67 (2.46)
3413	- 30.12 (16.79)	0.41 (1.02)	- 5.01 (3.50)	4.45 (4.67)	-0.96 (0.53)	- 1.28 (2.16)	6.84 (2.59)	1.45 (2.10)
3421	- 94.55 (85.43)	-0.10 (0.50)	5.72 (8.34)	9.68 (4.59)	0.23 (0.89)	18.66 (14.90)	-4.29 (7.85)	3.16 (3.44)
3423	0.04 (2.27)	0.42 (0.54)	1.49 (1.18)	-1.48 (0.96)	2.30 (0.42)	0.42 (0.97)	-3.82 (0.66)	1.27 (0.76)
3811	- 14.72 (122.62)	0.35 (0.86)	5.10 (2.04)	-2.33 (3.97)	1.15 (1.30)	- 2.16 (3.09)	-4.94 (6.28)	-7.29 (3.87)
3011	- 26.39 (26.54)	1.45 (1.16)	1.60 (1.74)	-0.88 (1.79)	-0.96 (1.74)	0.69 (2.19)	1.63 (1.99)	-0.86 (1.97)
2711	- 2.75 (3.03)	-0.41 (0.40)	0.33 (0.79)	1.50 (0.84)	1.09 (0.42)	-0.38 (0.84)	2.35 (0.64)	0.74 (0.59)
3341	3.75 (1.53)	2.44 (1.29)	0.18 (1.22)	-1.21 (1.19)	3.81 (1.15)	0.29 (1.29)	-2.19 (1.10)	0.17 (1.10)
2051	- 19.31 (26.73)	0.13 (0.76)	5.26 (3.30)	-5.31 (9.46)	2.27 (0.83)	-4.49 (6.36)	-1.09 (8.19)	7.33 (4.16)
2132	- 72.08 (8.97)	-0.24 (0.71)	-1.65 (0.80)	2.15 (0.61)	-0.23 (1.74)	0.68 (2.55)	3.35 (1.04)	1.76 (0.73)
2093	17.77 (31.59)	-0.29 (0.74)	-12.17 (7.47)	24.98 (12.60)	-0.94 (0.88)	0.05 (8.90)	0.75 (12.99)	15.46 (7.26)
2098	150.83 (40.71)	-0.06 (0.31)	13.66 (10.01)	0.74 (1.24)	0.66 (1.07)	-19.58 (30.54)	2.58 (4.39)	0.82 (1.32)
2023	46.89 (43.97)	0.42 (0.37)	-11.46 (4.25)	6.12 (1.80)	-1.54 (1.49)	17.90 (15.06)	-0.83 (4.76)	1.99 (1.50)

Continúa

CUADRO III.4 (continuación)
ELASTICIDADES DE SUSTITUCIÓN
(VALOR AGREGADO COMO CAPITAL TOTAL)

Industria	EF	EM	EL	EK	FM	FL	FK	LK
3321	- 0.15 (5.51)	1.44 (2.48)	-0.47 (0.72)	0.17 (1.14)	2.79 (1.65)	0.45 (0.51)	1.58 (0.84)	-0.10 (0.58)
3323	-20.10 (20.31)	1.21 (0.30)	1.82 (0.87)	1.23 (1.04)	1.13 (1.11)	-2.84 (3.22)	-4.86 (4.12)	0.67 (1.17)
3324	- 6.27 (2.71)	2.95 (2.13)	0.05 (0.64)	-2.54 (1.45)	2.35 (1.33)	0.43 (0.40)	-2.67 (0.76)	-0.86 (0.60)
2317	29.20 (11.81)	0.15 (0.63)	2.37 (1.60)	-3.32 (2.50)	-0.62 (0.58)	5.75 (1.42)	-4.88 (1.89)	-0.40 (1.04)
332	4.01 (2.92)	0.08 (1.27)	-0.74 (0.41)	-1.95 (0.70)	2.01 (0.80)	0.04 (0.28)	-1.30 (0.46)	-0.19 (0.45)
341	15.72 (3.97)	-0.10 (0.55)	0.30 (1.64)	-4.47 (2.34)	-0.59 (0.67)	-1.41 (1.61)	-3.30 (2.53)	0.87 (0.97)
340	16.45 (5.64)	0.37 (0.60)	0.90 (1.92)	-5.27 (2.49)	0.02 (0.76)	-1.04 (2.23)	-3.74 (2.89)	-0.57 (1.12)
200	37.28 (17.47)	-0.63 (0.29)	-5.90 (2.00)	3.93 (0.93)	-0.39 (0.31)	-3.56 (2.13)	1.77 (0.81)	2.77 (0.72)
Todas las 18	16.96 (11.81)	0.49 (0.93)	-1.50 (1.94)	-1.23 (1.71)	0.01 (1.10)	-0.91 (2.34)	-2.09 (2.05)	-0.43 (0.44)
TOTAL	3.33 (8.59)	-0.75 (0.56)	4.63 (1.89)	0.31 (0.98)	-0.12 (0.65)	4.87 (2.12)	-0.65 (1.09)	0.41 (1.33)

Nota: E = electricidad, F = combustibles, M = materias primas intermedias, L = mano de obra, K = capital. Véase también el Cuadro III.3 para la clasificación de las ramas y otras notas.

CUADRO III

ELASTICIDADES DE SUSTITUCION
(EQUIPO DE CAPITAL UNICAMENTE)

Industria	EF	EM	EL	EK	FM	FL	FK	LK
3412	0.70 (5.98)	-0.71 (0.63)	3.36 (1.65)	2.60 (2.36)	1.06 (0.54)	2.51 (1.92)	- 4.02 (2.43)	0.27 (0.91)
3411	3.95 (0.93)	0.51 (0.26)	2.51 (1.59)	- 4.11 (1.42)	-0.42 (0.36)	- 0.34 (1.25)	- 1.82 (1.59)	1.20 (1.98)
3413	-14.87 (13.30)	-0.01 (0.95)	- 4.01 (2.93)	7.44 (4.75)	-0.77 (0.44)	0.48 (1.53)	5.67 (2.77)	- 0.06 (0.94)
3421	-94.04 (78.61)	0.06 (0.40)	12.60 (5.36)	21.10 (8.83)	0.31 (0.78)	23.66 (11.33)	-36.00 (20.85)	1.21 (2.09)
3423	- 0.31 (1.92)	0.01 (0.36)	2.39 (0.81)	- 2.90 (1.14)	1.72 (0.37)	- 0.14 (0.84)	- 5.77 (1.27)	2.57 (1.01)
3811	-143.89 (92.01)	-0.24 (0.79)	2.78 (1.87)	6.35 (19.49)	0.05 (0.86)	- 1.75 (2.24)	8.86 (21.23)	- 3.81 (2.70)
3011	-38.57 (14.58)	0.63 (0.49)	0.83 (0.52)	2.88 (2.57)	-0.73 (1.18)	0.41 (1.36)	13.22 (6.18)	2.02 (0.98)
2711	0.88 (3.78)	0.09 (0.33)	-0.30 (0.50)	1.73 (0.71)	2.06 (0.59)	1.89 (1.00)	0.49 (1.23)	-0.04 (0.26)
3341	1.31 (0.86)	0.52 (0.55)	-0.22 (0.52)	0.20 (0.51)	1.19 (0.65)	-0.37 (0.71)	-0.29 (0.50)	1.37 (0.32)
2051	-33.34 (25.65)	0.24 (0.51)	1.50 (3.22)	-4.70 (4.95)	3.07 (0.78)	6.23 (5.67)	0.34 (12.59)	3.78 (0.82)
2132	-30.97 (5.36)	0.96 (0.22)	-0.21 (0.27)	0.69 (0.54)	1.28 (0.88)	1.67 (1.29)	4.82 (2.89)	1.04 (0.46)
2093	4.13 (33.23)	0.28 (0.54)	2.30 (5.58)	19.39 (9.69)	-0.36 (0.69)	11.76 (9.26)	-19.74 (17.61)	2.75 (3.71)
2098	148.35 (31.02)	-0.02 (0.24)	12.35 (5.69)	0.32 (9.46)	0.36 (0.84)	-11.63 (23.87)	4.48 (51.64)	5.00 (10.34)
2023	76.87 (34.69)	0.50 (0.32)	-6.56 (2.39)	33.60 (7.10)	-1.02 (0.92)	19.03 (7.14)	-28.05 (11.76)	2.04 (1.56)

Continúa

CUADRO III.5 (continuación)
ELASTICIDADES DE SUSTITUCION
(EQUIPO DE CAPITAL UNICAMENTE)

Industria	EF	EM	EL	EK	FM	FL	FK	LK
3321	-11.25 (5.99)	4.50 (2.81)	-1.46 (0.78)	2.23 (2.02)	5.17 (1.69)	0.05 (0.55)	1.46 (1.39)	0.45 (0.41)
3321*	- 5.67 (3.69)	-0.50 (1.45)	-0.57 (0.37)	3.41 (1.01)	4.94 (2.16)	-0.07 (0.53)	2.79 (1.41)	1.03 (0.33)
3223	5.82 (21.65)	0.94 (0.34)	1.43 (0.95)	2.34 (3.08)	1.17 (0.84)	-2.94 (2.46)	-6.38 (8.48)	3.01 (1.04)
3324	- 2.17 (2.30)	-0.31 (1.26)	-0.42 (0.36)	-0.49 (1.44)	3.06 (1.11)	-0.24 (0.36)	-3.96 (1.30)	0.13 (0.46)
2317	22.89 (10.53)	0.03 (0.42)	0.52 (1.36)	-1.20 (3.39)	0.01 (0.52)	4.55 (1.25)	-6.42 (3.28)	0.66 (0.98)
332	- 0.49 (2.38)	0.81 (0.95)	-0.70 (0.30)	-2.12 (1.01)	2.49 (0.69)	-0.14 (0.25)	-1.74 (0.74)	0.56 (0.21)
341	8.73 (1.84)	-0.11 (0.41)	2.20 (0.98)	-2.33 (1.61)	-0.47 (0.54)	-1.17 (1.03)	-4.07 (1.78)	-0.69 (0.91)
340	11.01 (2.78)	0.18 (0.50)	1.00 (1.29)	-3.07 (2.08)	-0.26 (0.57)	-0.33 (1.46)	-3.45 (2.21)	-1.75 (1.04)
200	66.82 (12.69)	-0.11 (0.22)	-4.82 (1.80)	8.66 (3.18)	0.06 (0.23)	-0.55 (1.57)	-8.85 (3.15)	1.67 (0.98)
Todas las 18	9.90 (6.26)	0.31 (0.75)	-1.07 (1.64)	0.41 (2.62)	-0.12 (0.87)	-0.66 (2.15)	-1.60 (3.09)	0.04 (0.84)
TOTAL	- 1.62 (5.66)	-0.01 (0.43)	3.44 (1.50)	-0.59 (1.76)	0.10 (0.53)	4.88 (1.77)	-5.11 (2.24)	0.15 (0.96)

Véanse los Cuadros III.3 y III.4 para las notas.

CUADRO III.6

**EL DESARROLLO DE LAS ELASTICIDADES EN EL TIEMPO
(TODA LA INDUSTRIA, SIN RESTRICCIONES Y CON EL EQUIPO
COMO MEDIDA DEL CAPITAL)**

Elasticidades-precio propias

Año	EE	FF	MM	LL	KK
1966	-0.61	-0.47	-0.14	-0.67	0.016
1967	-0.61	-0.46	-0.14	-0.67	0.018
1968	-0.55	-0.46	-0.14	-0.67	0.005
1969	-0.56	-0.44	-0.14	-0.67	0.049
1970	-0.53	-0.40	-0.14	-0.67	0.034
1971	-0.56	-0.43	-0.15	-0.67	0.018
1972	-0.52	-0.40	-0.15	-0.67	-0.029
1973	-0.51	-0.40	-0.15	-0.67	-0.007
1974	-0.51	-0.43	-0.15	-0.67	0.046
1975	-0.47	-0.38	-0.15	-0.67	0.032
1976	-0.51	-0.38	-0.16	-0.66	-0.004
1977	-0.56	-0.37	-0.17	-0.66	-0.066
1978	-0.51	-0.36	-0.17	-0.66	-0.090
1979	-0.50	-0.36	-0.17	-0.66	-0.097
1980	-0.50	-0.34	-0.18	-0.66	-0.146
1981	-0.50	-0.35	-0.18	-0.66	-0.154

Elasticidades de sustitución

Año	EF	EM	EL	EK	FM	FL	FK	LK
1966	-0.88	0.19	3.25	-0.27	0.23	4.81	-4.21	0.06
1967	-0.92	0.17	3.22	-0.29	0.21	4.76	-4.29	0.08
1968	-1.22	0.04	3.50	-0.46	0.21	4.70	-4.23	0.12
1969	-1.26	0.06	3.33	-0.51	0.18	4.65	-4.73	0.11
1970	-1.62	-0.01	3.44	-0.59	0.10	4.88	-5.11	0.15
1971	-1.33	0.04	3.37	-0.48	0.16	4.72	-4.63	0.15
1972	-1.66	-0.09	3.55	-0.49	0.10	4.96	-4.62	0.20
1973	-1.74	-0.07	3.52	-0.58	0.09	4.80	-4.78	0.20
1974	-1.56	-0.06	3.43	-0.68	0.15	4.48	-4.81	0.17
1975	-2.11	-0.17	3.65	-0.82	0.06	4.80	-5.32	0.20
1976	-1.80	-0.07	3.33	-0.56	0.05	4.69	-5.02	0.25
1977	-1.48	0.02	3.13	-0.30	0.05	4.66	4.42	0.30
1978	-1.91	-0.11	3.35	-0.40	0.00	4.78	-4.49	0.34
1979	-1.95	-0.14	3.32	-0.41	0.00	4.68	-4.41	0.36
1980	-2.10	-0.17	3.38	-0.32	-0.06	4.84	-4.19	0.41
1981	-2.07	-0.19	3.33	-0.30	-0.06	4.71	-4.05	0.42

8. Pruebas de sensibilidad

Otra manera interesante de saber si podemos confiar en los resultados de nuestros modelos consiste en efectuar diferentes pruebas de sensibilidad. En el Cuadro III.7 consignamos un resumen de los resultados de cinco pruebas de este tipo. También en este caso, utilizamos toda la industria y el equipo como medida del capital como base para las pruebas. En las tres primeras, los vectores de los precios para el combustible, la mano de obra y las materias primas fueron cambiados respectivamente. En cada caso, el cambio consistió en acelerar el incremento de precio del factor de que se trataba: aumentando su precio final en 15%, reduciendo el precio del primer año en 5% y dejando sin cambio el año base. Consideramos que se trataba de un margen de error posible razonable en la estimación de esos diversos vectores de precios. Los resultados indican que los cambios (y otras corridas similares en las que, por el contrario, se redujeron los incrementos de los precios) no ejercen ningún efecto sobre las elasticidades-precio propias y tampoco prácticamente ninguno sobre las de sustitución.

Las otras pruebas de sensibilidad consistieron en reducir el período de observación en un año, omitiendo ya sea el primer año o el último. La omisión del primer año, 1966, no tuvo prácticamente ningún efecto sobre la estimación de la elasticidad-precio (para el año base 1970), y los efectos sobre las elasticidades de sustitución fueron más bien pequeños (aunque mayores que los efectos de los vectores de precios modificados). La omisión del último año, 1981, no obstante, tuvo efectos muy significativos sobre todo el conjunto de las elasticidades de sustitución y también sobre algunas de las elasticidades-precio propias. El efecto más marcado fue la casi triplicación de la elasticidad-precio para el combustible. Este cambio en la estimación de la elasticidad correspondió a una diferencia de más de tres veces el error estándar.

En las industrias individuales para las que fue probado el período 1966-1980, produjo por lo general cambios muy significativos en todo el sistema de elasticidades y podríamos llegar a la conclusión de que 1981 y quizá 1980 fueron años atípicos, ya que se vieron caracterizados por la culminación del "boom" petrolero y los precios de la energía estuvieron altamente subsidiados, al mismo tiempo que la inflación se volvía desenfrenada en aquellos sectores de la economía sin control de precios. Sin embargo, de ninguna manera es evidente que el período 1966-1980 sea más adecuado para entender a México hoy que el período 1966-1981, ya que muchos de los cambios que se presentaron en 1981 han continuado y, probablemente, los años 1982-1985 ofrecerían incluso mayores dificultades al investigador en muchos aspectos. Una inflación del 100% no sólo provoca problemas cuando se intenta construir índices de precios, sino que también induce a las industrias a comprar insumos con miras especulativas y otros propósitos similares antes bien que para su uso como insumos industriales. Evidentemente, el saber que nuestros resultados se ven fuerte-

CUADRO III.7

SENSIBILIDAD DE LAS ELASTICIDADES DE SUSTITUCION Y RESPECTO A LOS PRECIOS A LOS CAMBIOS EN LOS VECTORES DE PRECIOS Y EN EL PERIODO DE OBSERVACION

	Corrida básica ^a	Incremento acelerado de los precios para un factor de producción: ^b			Período de observación reducido en un año	
		1966-81	Combustible	Mano de obra	Materias primas	1967-1981
S _{EF}	-1.62 (5.66)	-1.44 (5.70)	-1.40 (5.67)	-1.67 (5.63)	-2.05 (5.12)	0.43 (6.10)
S _{EM}	-0.01 (0.43)	-0.02 (0.44)	-0.03 (0.44)	0.03 (0.43)	0.00 (0.40)	-0.27 (0.45)
S _{EL}	3.44 (1.50)	3.45 (1.50)	3.50 (1.50)	3.38 (1.50)	3.56 (1.41)	3.48 (1.34)
S _{EK}	-0.59 (1.76)	-0.60 (1.76)	-0.61 (1.74)	-0.67 (1.76)	-0.59 (1.56)	0.24 (1.81)
S _{FM}	0.10 (0.53)	0.09 (0.54)	0.09 (0.54)	0.12 (0.52)	0.06 (0.52)	1.55 (0.69)
S _{FL}	4.88 (1.77)	4.89 (1.77)	4.90 (1.78)	4.86 (1.76)	5.05 (1.73)	2.33 (2.32)
S _{FK}	-5.11 (2.24)	-5.00 (2.24)	-5.06 (2.23)	-5.21 (2.25)	-4.85 (2.11)	-3.48 (2.48)
S _{LK}	0.15 (0.96)	0.15 (0.96)	0.20 (0.97)	0.05 (0.96)	0.31 (0.97)	0.33 (0.96)
E _{EE}	-0.53 (0.10)	-0.53 (0.10)	-0.53 (0.10)	-0.54 (0.10)	-0.53 (0.10)	-0.50 (0.09)
E _{FF}	-0.40 (0.20)	-0.40 (0.20)	-0.40 (0.20)	-0.39 (0.20)	-0.39 (0.20)	-1.10 (0.20)
E _{MM}	-0.14 (0.11)	-0.14 (0.11)	-0.14 (0.11)	-0.16 (0.11)	-0.13 (0.12)	-0.16 (0.11)
E _{LL}	-0.67 (0.34)	-0.67 (0.34)	-0.65 (0.35)	-0.68 (0.33)	-0.67 (0.37)	-0.70 (0.33)
E _{KK}	0.03 (0.13)	0.03 (0.13)	0.03 (0.13)	0.03 (0.13)	0.01 (0.13)	0.09 (0.14)

^a Para toda la industria, sin restricciones y usando el equipo como medida del capital.

^b El precio de cada factor respectivo fue multiplicado por un vector de corrección de factores y se dejó sin cambio el precio en el año base (1970), se redujo en 5% en el primer año y se aumentó en 15% en el último año. Véanse las notas de los Cuadros III.3 y III.4.

mente influidos por la inclusión de uno o posiblemente más años “excepcionales” al final del período debe servirnos también para mostrarnos más cautelosos en la interpretación de esos resultados.

9. Los efectos del cambio de escala y tecnológico

En la sección 4. de este capítulo, los modelos restringidos a la homoteticidad y/o al cambio tecnológico neutro de Hicks fueron descartados, si bien la homoteticidad sola no pudo ser rechazada con niveles de confianza convencionales en alrededor de la mitad de nuestras industrias. Considerando también el hecho de que la prueba de ji-cuadrada puede verse sesgada hacia el rechazo de los modelos restringidos cuando se usan muestras pequeñas, en esta y en la siguiente sección volveremos a la diferencia entre esos modelos.

En el Cuadro III.8 se resumen los efectos, en el modelo irrestricto, de la tecnología (esto es, el tiempo) y la escala (medida mediante la producción total de cada industria). Desafortunadamente, las tendencias están lejos de ser constantes entre las industrias y los niveles de significancia de los coeficientes son bajos por lo general. No obstante, es posible discernir ciertos patrones generales. Así, en la mayoría de las industrias, la escala tiene coeficientes negativos —lo cual implica un sesgo de ahorro de insumos— para todos los factores de producción, con excepción de las materias primas intermedias. Por su lado, la tecnología tiene un sesgo hacia el uso de capital y electricidad, lo cual no es sorprendente. Una vez más, no obstante, los efectos de la agregación se muestran discordantes de una manera complicada, ya que, por ejemplo, es un poco sorprendente ver que la escala tiene un sesgo positivo (aunque estadísticamente insignificante) sobre el uso de la mano de obra en toda la industria, a pesar de un sesgo de ahorro de mano de obra en la mayoría de las industrias individuales.

Como puede verse en el Cuadro III.8, los efectos de la escala y los de la tecnología fueron fuerzas opuestas para la mayoría de los factores y en la mayoría de las industrias. En el Cuadro III.9 mostramos los efectos correspondientes para los modelos restringidos, ya sea a la homoteticidad o al cambio tecnológico neutro. Por lo tanto, cada uno de esos modelos incluye ya sea el tiempo, ya sea la escala, entre las variables explicativas. Como se explicó en la sección 4. de este capítulo, ello implica que cada una de esas variables refleja, hasta cierto punto, el efecto neto de las dos. El resultado es que pocos coeficientes son significativamente diferentes de cero, y es más bien difícil extraer cualquier conclusión general. Si, no obstante, hacemos caso omiso de las industrias agregadas y nos concentramos en la industria total y en las industrias de cuatro dígitos, podríamos arriesgarnos a decir que el efecto neto de la tecnología y del tiempo fue un ligero sesgo de incremento de factores para el capital. En el caso de las materias primas, los resultados varían de una industria a otra y, en el de la mano de obra, parece haber habido un sesgo de ahorro de factores en todas

CUADRO III.8

**LOS EFECTOS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO (T) Y DE
LA ESCALA (Y) SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LAS PORCIONES
DE COSTOS EN EL MODELO IRRESTRICTO**

Variable	Electr.		Combust.		Materias primas		Mano de obra		Capital	
	T	Y	T	Y	T	Y	T	Y	T	Y
Industria										
3412	0	(-)	0	(-)	(-)	+	(-)	0	+	(-)
3411	(+)	(-)	0	0	(-)	(+)	(+)	(-)	+	(-)
3413	(+)	(-)	(-)	(+)	0	(+)	(-)	(-)	+	(-)
3421	(-)	(+)	0	0	(+)	-	(-)	+	(-)	(+)
3423	(-)	0	(+)	0	-	+	+	-	+	-
3811	0	0	0	(+)	0	0	(-)	0	+	(-)
3011	(+)	-	(-)	0	(-)	(+)	(+)	(-)	+	(-)
2711	(-)	(+)	0	(-)	(-)	(+)	(+)	-	+	(-)
3341	(+)	(-)	0	0	(-)	(+)	0	0	+	(-)
2051	(+)	(-)	(-)	(+)	-	+	(+)	(-)	+	(-)
2132	-	+	(-)	0	-	(+)	(-)	(-)	+	-
2093	(-)	(+)	0	0	0	(-)	0	(+)	(+)	(+)
2098	(-)	(-)	0	(-)	0	0	(-)	0	(+)	0
2023	+	-	0	0	-	(+)	+	-	+	(-)
3321	0	0	(-)	0	(+)	(-)	-	(+)	+	(+)
3323	0	(-)	(+)	0	0	0	0	0	(+)	(+)
3324	(+)	(-)	(+)	(-)	0	0	(-)	0	+	(+)
2317	0	0	0	(-)	0	(+)	(-)	0	+	(-)
332	+	(-)	(+)	(-)	(+)	0	-	0	+	0
341	+	-	(+)	0	-	+	(+)	(-)	+	-
340	+	-	(+)	(-)	-	+	(+)	-	+	-
200	(-)	+	-	+	0	0	(-)	(+)	+	(-)
Todas las 18	+	-	(+)	(-)	-	+	0	(-)	+	-
TOTAL	(+)	-	0	(-)	0	0	(-)	(+)	+	(-)

Nota: Los efectos que no fueron significativos al nivel del 5% se dan entre paréntesis; los efectos que no fueron significativos al nivel del 50% están marcados con "0". Para la porción de capital, los sesgos fueron clasificados simplemente por la magnitud de los coeficientes. La medida del capital utilizada es el valor de la maquinaria.

CUADRO III.9

**LOS EFECTOS DEL CAMBIO TECNOLÓGICO (T) Y DE
LA ESCALA (Y) SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LAS PORCIONES
DE COSTOS EN LOS MODELOS HOMOTÉTICO (H) Y DE CAMBIO
TECNOLÓGICO NEUTRO (NT), RESPECTIVAMENTE**

Modelo Variable	Electr.		Combust.		Bienes interme- dios		Mano de obra		Capital	
	H T	NT Y	H T	NT Y	H T	NT Y	H T	NT Y	H T	NT Y
Industria										
3412	(-)	(-)	-	(-)	+	(+)	(-)	(-)	+	0
3411	0	0	(-)	(-)	-	-	(+)	(+)	+	(+)
3413	(+)	0	0	(+)	+	-	-	-	(+)	0
3421	(-)	-	(-)	(-)	-	-	+	+	+	(+)
3423	-	-	(+)	0	+	+	0	0	-	(-)
3811	0	0	(+)	(+)	0	0	(-)	(-)	+	0
3011	-	0	(-)	0	(+)	(+)	(-)	-	+	0
2711	0	0	-	-	(-)	(-)	-	-	+	(+)
3341	0	0	0	0	(-)	0	(-)	(-)	+	(+)
2051	0	0	(+)	(+)	0	0	0	0	0	0
2132	+	+	(-)	(-)	(+)	+	-	-	+	(+)
2093	(-)	(+)	(+)	(+)	-	-	0	(+)	+	(+)
2098	-	-	0	(-)	0	0	(-)	0	(+)	0
2023	(+)	0	0	(+)	-	-	+	+	+	(+)
3321	0	0	-	-	0	(-)	-	(-)	+	+
3323	-	-	(+)	0	0	0	(-)	(-)	+	(+)
3324	(+)	0	(+)	(+)	+	(+)	-	-	+	(+)
2317	0	0	-	-	(+)	+	(-)	(-)	-	(-)
332	+	+	0	0	+	(+)	-	-	+	(+)
341	(+)	(+)	+	+	-	-	(-)	-	+	(+)
340	(+)	(+)	+	+	-	-	(-)	-	+	(+)
200	(+)	+	+	+	(-)	(-)	-	-	+	(+)
Todas las 18	(+)	(+)	(+)	(+)	0	0	(-)	(-)	+	(+)
TOTAL	(-)	-	(-)	-	(-)	(-)	(+)	(+)	+	(+)

Veáanse las notas del Cuadro III.8.

las industrias, excepto la industria total y una o dos industrias individuales, lo cual, nuevamente, ejemplifica el a veces confuso efecto de pasar del nivel de análisis desagregado al agregado.¹² En cuanto a la energía, el sesgo combinado de la escala y la tecnología es, en la mayoría de los casos, no significativo, aunque existe una ligera tendencia hacia un sesgo de ahorro de factores, tanto para la electricidad como para el combustible, en la industria total y en la mayoría de las industrias de cuatro dígitos (pero no en nuestras otras industrias agregadas).

10. Elasticidades en los modelos restringidos

Habiendo visto que los efectos de la escala y la tecnología sobre el uso de factores en toda la industria no fueron, con unas cuantas excepciones, estadísticamente significativos, podríamos esperar que las diferencias en las elasticidades respecto a los precios y de sustitución entre los diferentes modelos no fuesen demasiado grandes. El Cuadro III.10 muestra las elasticidades de sustitución y las elasticidades-precio propias de los Cuadros III.3 y III.5 junto con los valores correspondientes para los modelos restringidos.

Al examinar primero los modelos con un solo conjunto de restricciones, vemos que hay algunas diferencias, sobre todo en la elasticidad-precio propia para el capital y en algunas de las elasticidades de sustitución. Sin embargo, las diferencias no son estadísticamente significativas en ningún caso debido a los grandes errores estándar de las estimaciones. La diferencia más "significativa" se da entre la estimación homotética y la irrestricta de la elasticidad de sustitución entre la electricidad y el capital, la cual cambia en aproximadamente 1-1/2 errores estándar, pero ninguna de las estimaciones es significativamente diferente a cero.

Al pasar a las elasticidades estimadas con ambas restricciones, lo cual fue rechazado por la prueba de ji-cuadrada en prácticamente todas las industrias, vemos que hay diferencias realmente grandes en comparación con la versión irrestricta. La electricidad y el combustible ya no son sustitutos evidentes de la mano de obra, sino que, por el contrario, la mano de obra y el capital se han vuelto sustitutos. Las elasticidades-precio propias se ven menos afectadas y las relacionadas con la electricidad y los combustibles casi no se ven afectadas en absoluto.

11. Comparación con otros estudios

Considerando la diversidad de nuestros resultados para los diferentes con-

¹² En su modelo dinámico de demanda de energía industrial, Berndt, Fuss y Waverman (1980) consiguen diferencias similares entre las industrias de dos dígitos y el agregado total.

CUADRO III.10

**ELASTICIDADES DE SUSTITUCION Y
ELASTICIDADES-PRECIO PROPIAS EN LOS MODELOS HOMOTETICOS,
DE CAMBIO TECNOLOGICO NEUTRO E IRRESTRICITOS
(PARA TODA LA INDUSTRIA Y UTILIZANDO**

EL VALOR DE LA MAQUINARIA COMO MEDIDA DEL CAPITAL)

Elasticidades	Homotético + Cambio			
	No restringido	Homotético	De cambio tecnológico neutro	tecnológico neutr
S_{EF}	-1.62 (5.66)	0.92 (4.54)	-1.54 (5.52)	6.69 (6.56)
S_{EM}	-0.01 (0.43)	-0.16 (0.41)	-0.20 (0.33)	0.28 (0.39)
S_{EL}	3.44 (1.50)	2.16 (1.57)	3.60 (1.35)	-0.19 (0.55)
S_{EK}	-0.59 (1.76)	1.86 (1.58)	0.38 (1.64)	0.49 (2.06)
S_{FM}	0.10 (0.53)	0.01 (0.47)	0.19 (0.42)	0.81 (0.44)
S_{FL}	4.88 (1.77)	3.91 (1.74)	4.70 (1.63)	0.55 (0.68)
S_{FK}	-5.11 (2.24)	-2.84 (1.94)	-3.97 (2.16)	-3.71 (2.44)
S_{LK}	0.15 (0.96)	-0.83 (1.01)	0.54 (1.06)	2.81 (0.30)
E_{EE}	-0.53 (0.10)	-0.50 (0.09)	-0.54 (0.09)	-0.35 (0.13)
E_{FF}	-0.40 (0.20)	-0.41 (0.18)	-0.50 (0.20)	-0.37 (0.21)
E_{MM}	-0.14 (0.11)	-0.17 (0.10)	-0.13 (0.09)	0.03 (0.04)
E_{LL}	-0.67 (0.34)	-0.67 (0.33)	-0.84 (0.29)	-0.45 (0.08)
E_{KK}	0.03 (0.13)	0.18 (0.12)	0.21 (0.15)	0.08 (0.15)

Veáanse las notas de los Cuadros III.3 y III.4.

juntos de restricciones, períodos de tiempo e industrias, así como la débil significancia estadística de los resultados obtenidos, es realmente difícil comparar esos resultados con los de otros estudios. En especial debido a que parece razonable suponer que los resultados publicados para otros países pueden toparse con problemas similares! Por otra parte, las diferencias en la manera en que fueron llevados a cabo los estudios también hacen más difícil la comparación. Esas diferencias incluyen: valor agregado vs. medidas físicas del capital; diferentes períodos de tiempo, secciones transversales o series de tiempo; diferentes supuestos respecto a la separabilidad, y número y definición diferentes de los factores de producción incluidos; diferentes restricciones aplicadas, tales como homoteticidad/cambio tecnológico neutro/regresos a la escala constantes, etcétera; diferentes industrias incluidas; diferentes tipos de forma funcional para la función de costos; y diversos métodos de estimación.

Esas diferencias hacen particularmente difícil el comparar elasticidades de sustitución y elasticidades-precio transversales que son, como ya se mencionó, elasticidades que dependen especialmente de la formulación del modelo utilizado. Debido a que muchas de nuestras elasticidades de sustitución mostraron bajos niveles de significancia y cambiaron considerablemente cuando se introdujeron cambios en el modelo, en el período de observación, etcétera, limitaremos nuestra comparación a las elasticidades-precio propias.

El Cuadro III.11 muestra cierto número de estudios *translog* para el Tercer Mundo que son, al menos parcialmente, comparables. Como se mencionó en la introducción, muchos otros estudios de elasticidades en países del Tercer Mundo utilizan una metodología tan diferente, que hace que las comparaciones carezcan prácticamente de significado. Por desgracia, las desviaciones estándar no son proporcionadas en los estudios mostrados, los cuales parecen tener, por lo general, elasticidades un tanto mayores, tanto para la energía como para la mano de obra y el capital, que nuestro estudio. Esto podría explicarse en parte si se tratara de estudios de secciones transversales; lo cual es sin duda el caso del estudio para la India y, hasta donde pudimos ser capaces de discernir a partir del resumen al que tuvimos acceso (Siddayao *et al.*, 1985), los estudios para Tailandia y Filipinas fueron también estudios de secciones transversales o de secciones transversales combinadas con series de tiempo. En el caso de Taiwán, no obstante, se trata de un estudio de series de tiempo. Otra posible explicación podría ser nuestra elección del período de tiempo. Como lo indicamos en la Sección 7. de este capítulo, al menos la elasticidad-precio para el combustible aumentó considerablemente cuando se redujo el período de observación a 1966-1980.

En cuanto al establecimiento de comparaciones entre industrias en particular, sería imprudente extraer cualquier conclusión sin saber cómo fueron definidas las diferentes industrias ni cuáles subsectores fueron incluidos.

CUADRO III.11

COMPARACION DE LAS ELASTICIDADES-PRECIO PROPIAS EN PAISES DEL TERCER MUNDO

País	Industria	Energía	Electr.	Combust.	Materias primas	Mano de obra	Capital
Taiwán ^a	Total manufact.	-1.0	-1.0 ^a	-2/-5 ^a	-0.3	-1.3	-0.9
India ^b	Agregado	-1.0	s/d	s/d	-0.6	-0.8	-0.6
Filipinas ^c	Proces. aliment.	-0.5	s/d	s/d	s/d	-1.0	-0.6
Tailandia ^d	Proces. aliment.	-2.3	s/d	s/d	s/d	-1.2	-0.3
„	Textiles	-1.7	s/d	s/d	s/d	-1.1	-0.6
„	Metales/ maquinaria	-1.5	s/d	s/d	s/d	-1.2	-0.6
„	Manuf. de exportación	-2.6	s/d	s/d	s/d	-1.0	-0.3
México	Total del sector manufacturero	n.a.	-0.5	-0.4	-0.1	-0.7	0.0
„	Alimentos (200)	n.a.	-0.3	-0.4	0.0	-0.3	-0.2
„	Textiles (2317)	n.a.	-0.2	-0.7	-0.1	-0.4	0.2
„	Metales (340)	n.a.	-0.4	0.4	-0.1	-0.4	0.4

^a Liang (1985), modelo *translog* KLEM restringido a la homoteticidad y a la concavidad, estimado durante el período 1961-1981. Las elasticidades-precio para portadores de energía individuales fueron estimadas en un submodelo de energía especial y las elasticidades-precio resultantes fueron de -1.0 para la electricidad y el carbón, pero de -2.0 para el gas natural y de -0.5 para el petróleo.

^b Modelo KLEM de Williams y Laumas (1981) para ocho sectores manufactureros. Estudio de secciones transversales basado en el censo de 1968. Se indica el promedio simple.

^c Modelo *translog* KLE de Ranada (1985) sobre 1970-1978, aunque dividido en dos subperíodos y después promediado.

^d Modelo *translog* KLE de Saicheua (1984) para 1974-1977. Tanto 'd' como 'c' se citan de Siddayao *et al.* (1985).

El Cuadro III.11 no incluye las elasticidades de los países industrializados debido a que ya existen diversos resúmenes al respecto. Existe una variación importante entre las diferentes estimaciones, pero, según Pindyck (1979), sus estimaciones, y las de Griffin y Gregory, de las elasticidades-precio de la energía, en ambos casos de aproximadamente -0.8 para varios países diferentes, son grandes en comparación con "la mayoría de los otros estudios", en los cuales caen en el rango de -0.3 a -0.6. Para las elasticidades-precio totales de la electricidad, las estimaciones de Pindyck son de aproximadamente -0.6, y de entre -0.2 y -1.2 para el petróleo, lo que se caracteriza como relativamente bajo en comparación con los estudios de Fuss y Halvorsen. Puesto que estos estudios se llevaron a cabo con diferentes tipos de datos y de modelos, difícilmente podemos extraer ninguna conclusión firme; pero, por otra parte, no existe ninguna indicación de que nuestras elasticidades caigan fuera del rango de las elasticidades generalmente encontradas, ya sea en países industrializados o en desarrollo.

12. Conclusiones

El principal propósito de este capítulo fue analizar el incremento en la intensidad de uso de energía encontrado en el capítulo II, relativo particularmente a la electricidad. Sin embargo, por diferentes razones, los datos utilizados en este capítulo no son comparables con los utilizados en el capítulo II y el cambio en las intensidades de uso de energía no es completamente el mismo. Así, en el caso del combustible, el uso de factores aumenta en 25% para la suma de nuestras 18 industrias y en 10% para el censo total, lo cual corresponde razonablemente a la cifra de 10% encontrada en el capítulo II. En el caso de la electricidad, no obstante, el uso de factores aumenta en 20% para las 18 industrias y únicamente en 5% para el censo total, lo cual debe compararse con el aumento de 50% encontrado en el capítulo II. Una parte de esa diferencia puede explicarse por el hecho de que en este capítulo abarcamos el período 1966-1981, en lugar del período 1970-1981 del capítulo II, y de que la intensidad de uso de electricidad cayó en aproximadamente 10% durante los cuatro años 1966-1970.

Ello nos deja todavía una gran diferencia entre los dos conjuntos de datos, y parte de esta diferencia se debe probablemente al sesgo incontralable introducido por el hecho de que nos las habemos con una muestra (cambiante) de industrias en lugar de con el total real. Sin embargo, detectamos otros dos factores que parecen implicar, ambos, que el incremento en la intensidad de uso de electricidad fue sobrestimado en el capítulo II. En primer lugar, los precios de la electricidad pagados realmente por las compañías, conforme a los datos del censo, no aumentan tan rápidamente como lo muestra el índice, basado en las tarifas oficiales, en el capítulo II. Los precios de la electricidad pagados por la industria del censo 1970-1981 aumentaron en realidad en casi el 20% menos que lo indicado por las tarifas. Si esta cifra fuese aplicable al total real de todas las industrias, im-

plicaría una sobrestimación del incremento en su intensidad de uso de electricidad, en el capítulo II, por la misma cantidad. El segundo factor que no pudo ser tomado en cuenta al utilizar los censos quinquenales en el capítulo II es la generación interna de electricidad de las compañías. Esos datos no son proporcionados por los censos quinquenales, pero se encuentran disponibles (y nosotros los incluimos) en los censos anuales utilizados en este capítulo. Debido a que el porcentaje de electricidad generada por las propias compañías disminuyó (de 20% en 1970 a 13% en 1981) durante el período, la exclusión de esa energía implica una sobrestimación, en el capítulo II, del incremento en la intensidad de uso de electricidad, de aproximadamente 10%. De manera similar, una parte (decreciente) del combustible comprado por las compañías fue utilizado en realidad para generar electricidad, lo cual implica también que el incremento en combustible realmente utilizado en procesos industriales se subestimó de manera similar en el capítulo II. Lo anterior implica también que ese combustible cuenta dos veces en el capítulo III y que, por lo mismo, introduce un error que, no obstante, es difícil de corregir, debido a que no contamos con información acerca de cuánta de la electricidad producida por las compañías es generada mediante la quema de combustible (puede ser producida mediante la quema de desperdicios, mediante cogeneración a partir de procesos caloríficos o provenir de estaciones hidroeléctricas privadas).

Por lo tanto, parece que el incremento en la intensidad de uso de electricidad es en realidad mucho menor que lo que parecía indicar el resumen de estadísticas del capítulo II, mientras que la correspondiente intensidad de uso de combustible aumenta un tanto más (si decidimos no tomar en cuenta la generación de electricidad como parte integral de cada industria considerada). Aun así, no obstante, las intensidades de uso de energía aumentan apreciablemente (en al menos 15% , 1970-1981, incluso si los factores antes mencionados aplicaran a todo el sector industrial). Utilizando la terminología de este capítulo, ese incremento pudo deberse a cualquiera de los siguientes tres factores (o a combinaciones entre ellos):

- a) un sesgo positivo debido al cambio tecnológico,¹³
- b) un sesgo positivo debido a un incremento de la escala,¹³
- c) sustitución por energía de otros factores de producción (lo cual se manifestaría como una o más elasticidades de sustitución posi-

¹³ NB: Obsérvese que no nos referimos al efecto global del cambio de escala y tecnológico que habría sido producido por la elasticidad de la escala, la cual, como se mencionó en la introducción, no fue estimada. Los regresos a la escala fueron ligeramente *crecientes*, por lo que este factor tendería a *disminuir* los coeficientes de los insumos para todos los factores. No obstante, ello no impide el incremento en ninguno de los factores debido al tipo de sesgo estimado en este caso.

tivas combinadas con una elasticidad-precio negativa para el portador de energía concerniente).

Si el factor a) hubiese dominado completamente sobre los otros, quizá habríamos podido considerar ese hecho como un apoyo de nuestra hipótesis de que la dependencia tecnológica de México respecto a otros países es tan fuerte, que no puede influir en las proporciones de factores mediante una política de precios porque, simplemente, compra tecnología "llave en mano" con requerimientos predeterminados de factores. Sin embargo, ese no fue el caso, de ninguna manera. Quizá el cambio tecnológico pareció mostrar un ligero sesgo de uso de electricidad, pero el efecto fue incierto y no fue predominante en absoluto. Por otra parte, el cambio tecnológico no pareció mostrar ningún sesgo en el caso del combustible; el efecto de la escala se presentó como de ahorro de factores para ambos tipos de energía; y el efecto neto de los dos varió de una industria a otra, además de que en muchos casos fue insignificante. Los efectos netos sobre la industria total fueron de ahorro de factores tanto para el combustible como para la electricidad (aunque no tan significativos en los modelos homotéticos). Los efectos combinados de la escala y la tecnología no pueden explicar, en ningún caso y de ninguna manera, el *incremento* observado en la intensidad de uso de energía.

Ese incremento debe ser 'explicado' completamente mediante las elasticidades-precio negativas consignadas para la electricidad y los combustibles y, en el último de los casos, mediante la sustitución de mano de obra por energía cuando los precios relativos de aquella estaban aumentando rápidamente en comparación con los de ésta. En nuestro estudio, las elasticidades-precio propias pueden parecer bajas comparadas con algunas de las consignadas en otros estudios para el Tercer Mundo, pero eso puede deberse en parte a las diferencias entre los estudios de series de tiempo y de secciones transversales. No obstante, no son particularmente bajas comparadas con las estimaciones hechas para los países industrializados y, por ende, nuevamente, no existen apoyos para el argumento de que el uso de los factores sea insensible a los precios internos.

En el contexto de las aplicaciones prácticas de las políticas, una de las interrogantes más importantes a la que se quisiera dar respuesta con el tipo de análisis realizado en este estudio es ¿qué habría ocurrido con una política de precios alternativa sin, por ejemplo, subsidios a la energía? Aunque no estemos en favor de los subsidios, parece bastante natural que el combustible sea un poco más barato en un país productor de petróleo como México, por lo que no reflexionamos sobre cuáles serían los efectos de introducir los precios del mercado mundial, sino simplemente de elevar los precios mexicanos en un 50% para 1981, los cuales seguirían siendo menores al 75% de los precios de Estados Unidos al final del período y corresponderían a los objetivos futuros oficiales de México, conforme al Plan de Energéticos de 1982. Ello habría implicado también que los precios de la energía en 1966-1981 se mantuvieran aproximadamente al

promedio de la inflación en México. El problema es que nuestros modelos son estimados en un punto y, hablando con rigor, el *translog* es únicamente una aproximación local de la función de costos en este punto. Por lo tanto, las elasticidades no son válidas en un intervalo tan amplio como el que representa un 50%. Admitimos que nuestros análisis de sensibilidad indicaron cierto grado de robustez (para los incrementos en los precios, en el modelo, de $\pm 15\%$ en el caso de varios factores de producción). Teniendo en mente estas reservas, la simulación del modelo con precios para la electricidad y el combustible 50% más altos en 1981 produjo una reducción de alrededor de 20% (-22% para la electricidad y -18% para el combustible), lo cual, por lo tanto, habría implicado intensidades de uso de energía, para 1966-1981, aproximadamente constantes o ligeramente decrecientes, en lugar de crecientes. Si no hubiese habido ninguna sustitución en absoluto, ello habría implicado un incremento de costos total del 2%, ya que la porción de costos combinada de los combustibles y la electricidad es de aproximadamente el 4% y el incremento de precios del 50%. Sin embargo, debido a la sustitución, el costo total de los factores para las empresas aumentó tan sólo en 1% y, naturalmente, este costo es sólo una redistribución en el país, ya que corresponde a una reducción en los costos de los subsidios para el Estado.

Consecuentemente, aun cuando nuestros resultados deben ser tratados con gran cautela, apoyan la idea de que una reducción de los subsidios internos para la energía sería una política relativamente efectiva para reducir el uso de energía en el sector manufacturero sin efectos drásticos sobre el costo total o la productividad total.

REFERENCIAS DEL CAPITULO III

- Allen, R.G.D., *Mathematical Analysis for Economists*, McMilland, Londres, 1938.
- Berndt, Ernst R., "Reconciling Alternative Estimates of the Elasticity of Substitution", en *Review of Economics and Statistics*, vol. LVIII, 1976.
- Berndt, E.R., M.A. Fuss y L. Waverman, *Dynamic Adjustment Models of Industrial Energy Demand: Empirical Analysis for US Manufacturing, 1947-74*, Proyecto de Investigación 683-1, Electric Power Research Institute, Palo Alto, California, EUA, 1980.
- Berndt, E.R., y D.O. Wood, "Technology, Prices and the Derived Demand for Energy", en *Review of Economics and Statistics*, vol. LVII, núm. 3, 1975.
- Berndt, E.R., y D.O. Wood, "Engineering and Econometric Interpretation of Energy-Capital Complementarity", en *American Economic Review*, vol. 69, núm. 3, 1979.
- Burguess, D.F., "Duality Theory and Pitfalls in the Specification of Technologies", en *Journal of Econometrics*, 3, 1975.
- Christensens, L.R., D.W. Jorgenson y L.J. Lau, "Transcendental Logarithmic Production Frontiers", en *Review of Economics and Statistics*, vol. 55, febrero 1973, pp. 28-45.
- Field, Barry C., y C. Brebenstein, "Capital-Energy Substitution in US Manufacturing", en *The Review of Economics and Statistics*, vol. LVII, núm 2, 1980.
- Fuss, M.A., "Demand for Energy in Canadian Manufacturing", en *Journal of Econometrics*, vol. 5, núm. 1, 1977.
- Griffin, J.M., y P. Gregory, "An Intercountry Translog Model of Energy Substitution Responses", en *American Economic Review*, vol. 66, núm. 5, 1976.
- Hoffmann, L., "Energy Demand and its Determinants in Brazil", en Cook, W.D., y T.E. Kuhn, eds., *Planning Processes in Developing Countries, Techniques and Achievements*, North Holland, Amsterdam, 1982.
- Laumas, P.S., y M. Williams, "Energy and Economic Development", en *Weltwirtschaftliches Archiv*, vol. 117:4, 1981.
- Liang, C., "On Dynamic Energy-Economic Model of Taiwan, R.O.C. A Case Study of Seven Sectors", ponencia presentada en la 7a. Conferencia Internacional Anual del IIAE, Bonn, RDA, junio 1985.
- Moroney, J.R., y A. Toevs, "Factor Costs and Factor Use: An Analysis of Labor, Capital, and Natural Resource Inputs", en *Southern Economic Journal*, octubre 1977, pp. 222-239.
- Pindyck, R.S., "Interfuel Substitution and the Industrial Demand for Energy: An International Comparison", en *Review of Economics and Statistics*, mayo 1979, pp. 169-179.

- Ranada, J.G., *The Price Responsiveness of Energy Demand in the Philippine Food Processing Sector: Evidence from Various Models and Policy Implications*, tesis de doctorado presentada en la Escuela de Economía de la Universidad de Filipinas con la ayuda de una beca del East-West Center de Honolulu, 1985.
- Saicheua, S., *Factor Substitution in the Manufacturing Sector of Thailand*, tesis de doctorado presentada en la Escuela de Economía de la Universidad de Hawaii con la ayuda de una beca de East-West Center. Ann Arbor: University Microfilms International, 1984.
- Shephard, R.W., *Cost and Production Functions*, Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey, 1953.
- Sidayao, C.M., J.G. Ranada y S. Saicheua, "Estimates of Elasticities of Substitution of Energy and Non-Energy Inputs in the Philippines and Thailand", ponencia presentada en la 7a. Conferencia Internacional Anual del IIAE, Bonn, RDA, junio 1985.
- Sterner, T., "Change in Structure and Choice of Technology: Factors behind the Increased Use of Energy in Mexican Manufacturing Industry", ponencia presentada en la 7a. Conferencia Internacional Anual del IIAE, Bonn, RDA, junio 1985.
- Strobel, D., "Determining Outliers in Multivariate Surveys by Decomposition of a Measure of Information", en *Business and Economic Section. Proceeding of the American Statistical Association*, 1982, pp. 31-35.
- Uzawa, H., "Production Functions with Constant Elasticities of Substitution", en *Review of Economic Studies*, vol. 29, octubre 1962, pp. 291-299.
- Villagómez, A., "Crecimiento económico y consumo de energía en el sector manufacturero mexicano 1965-1979", en *Economía mexicana*, núm. 5, CIDE, México, 1983.
- Williams, M., y P. Laumas, "The Relation between Energy and Non-Energy Inputs in India's Manufacturing Industries", en *The Journal of Industrial Economics*, 30, diciembre 1981 pp. 113-122.

APENDICE III.1

CUADRO III.A 1

SELECCION DEL MODELO: ESTADISTICOS DE LA PRUEBA DE RELACION DE VEROSIMILITUD Y DE LA INEXACTITUD EN LA INFORMACION

Industria y tipo de capital	Modelo	Prueba de la relación de verosimilitud				Inexactitud en la información					
		Prueba $-2 \ln(Lr/Lu)$	Prueba χ^2		Valor total	Descomposición en porciones de costo (%)					
			5%	1%		E	F	M	L	K	
3412 Valor agregado	H + NT	23.87	R	R	62.52	6	1	14	12	66	
	NT	4.30	NR	NR	36.50	12	4	14	11	58	
	H	12.45	R	NR	46.18	9	3	16	11	61	
	Irrestric'io	--	--	--	28.32	6	3	17	12	62	
3412 Equipo de capital	H + NT	31.19	R	R	5.16	16	12	13	24	36	
	NT	25.31	R	R	4.41	18	9	14	25	33	
	H	16.83	R	R	4.83	17	11	16	22	34	
	Irrestric'io	--	--	--	3.28	15	8	15	29	33	
3411 Valor agregado	H + NT	20.00	R	NR	49.55	2	18	13	13	54	
	NT	3.31	NR	NR	30.95	2	14	17	12	54	
	H	2.39	NR	NR	31.09	2	15	16	11	57	
	Irrestric'io	--	--	--	30.13	2	16	16	12	54	
3411 Equipo de capital	H + NT	21.22	R	R	32.24	1	14	21	15	49	
	NT	4.52	NR	NR	20.56	3	16	24	15	42	
	H	3.48	NR	NR	18.90	4	16	23	15	42	
	Irrestric'io	--	--	--	17.56	5	15	22	17	42	
3413 Valor agregado	H + NT	30.79	R	R	43.30	5	1	12	28	53	
	NT	11.32	R	NR	23.11	14	1	18	30	37	
	H	15.94	R	R	28.75	10	1	17	25	48	
	Irrestric'io	--	--	--	14.63	8	2	15	34	40	
3413 Equipo de capital	H + NT	37.10	R	R	15.16	11	4	21	43	21	
	NT	8.06	NR	NR	7.20	13	4	21	37	24	
	H	11.70	R	NR	7.66	11	6	24	34	26	
	Irrestric'io	--	--	--	6.90	18	3	23	33	23	
3421 Valor agregado	H + NT	25.78	R	R	41.40	3	6	15	34	42	
	NT	6.79	NR	NR	30.77	11	5	12	19	53	
	H	14.06	R	R	29.55	7	5	12	24	52	
	Irrestric'io	--	--	--	24.92	16	5	14	19	45	
3421 Equipo de capital	H + NT	52.61	R	R	20.45	11	14	13	40	22	
	NT	9.58	R	NR	6.97	17	18	12	36	18	
	H	16.14	R	R	8.24	11	13	14	44	18	
	Irrestric'io	--	--	--	5.52	21	15	12	32	20	

Continúa

CUADRO III.A.1 (continuación)

SELECCION DEL MODELO: ESTADISTICOS DE LA PRUEBA DE RELACION DE VEROSIMILITUD Y DE LA INEXACTITUD EN LA INFORMACION

3423	N + NT	34.19	R	R	15.12	13	1	10	29	47
Valor agregado	NT	14.72	R	R	8.23	14	1	13	30	42
	H	16.76	R	R	10.21	18	1	13	27	41
	Irrestricto	--	--	--	7.29	18	1	12	29	39
3423	H + NT	38.04	R	R	10.23	15	3	20	33	28
Equipo de capital	NT	16.76	R	R	7.28	11	2	17	35	36
	H	20.86	R	R	7.73	11	3	19	36	31
	Irrestricto	--	--	--	4.95	14	2	14	32	38
3811	H + NT	15.80	R	NR	109.70	1	1	11	14	74
Valor agregado	NT	3.08	NR	NR	80.51	1	2	12	15	69
	H	3.78	NR	NR	71.87	0	0	12	15	72
	Irrestricto	--	--	--	69.63	0	1	12	18	70
3811	H + NT	22.64	R	R	6.51	3	2	9	39	47
Equipo de capital	NT	16.01	R	R	6.27	3	2	9	40	47
	H	14.01	R	R	5.64	7	2	10	39	41
	Irrestricto	--	--	--	4.62	3	2	13	39	44
3011	H + NT	22.55	R	R	43.27	1	2	16	31	49
Valor agregado	NT	3.47	NR	NR	41.43	2	3	14	27	54
	H	11.44	R	NR	41.30	2	2	11	30	55
	Irrestricto	--	--	--	39.14	4	3	10	31	52
3011	H + NT	19.52	R	NR	7.01	2	8	25	30	35
Equipo de capital	NT	4.05	NR	NR	5.62	6	9	22	27	36
	H	11.03	R	NR	6.28	3	7	25	30	34
	Irrestricto	--	--	--	5.32	7	7	23	25	38
2711	H + NT	36.18	R	R	15.75	7	1	21	16	56
Valor agregado	NT	15.46	R	R	16.61	6	1	15	20	58
	H	19.06	R	R	15.50	5	2	19	16	57
	Irrestricto	--	--	--	10.40	11	3	14	25	46
2711	H + NT	60.63	R	R	9.37	4	9	19	35	33
Equipo de capital	NT	13.45	R	R	4.74	8	15	24	14	38
	H	20.69	R	R	4.56	7	16	25	18	33
	Irrestricto	--	--	--	4.13	7	19	25	14	36
3341	H + NT	13.36	NR	NR	28.52	15	15	7	29	35
Valor agregado	NT	11.62	R	NR	28.85	14	15	6	27	38
	H	8.22	NR	NR	28.31	14	15	6	26	39
	Irrestricto	--	--	--	24.08	16	14	10	25	36
3341	H + NT	14.01	NR	NR	4.15	24	21	8	31	17
Equipo de capital	NT	8.24	NR	NR	3.67	25	22	9	30	14
	H	5.81	NR	NR	3.52	24	22	10	30	13
	Irrestricto	--	--	--	3.38	22	21	12	31	14

Continúa

CUADRO III.A.1 (continuación)

SELECCION DEL MODELO: ESTADISTICOS DE LA PRUEBA DE RELACION DE VEROSIMILITUD Y DE LA INEXACTITUD EN LA INFORMACION

2051	H + NT	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Valor	NT	--	--	--	--	--	--	--	--	--
agregado	H	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	Irrestringido	--	--	--	14.31	4	2	7	6	82
2051	H + NT	23.72	R	R	1.81	17	14	6	43	19
Equipo	NT	16.08	R	R	1.78	18	13	6	43	20
de capital	H	19.88	R	R	1.76	17	13	6	37	27
	Irrestringido	--	--	--	1.44	22	15	4	35	25
2132	N + NT	51.39	R	R	188.97	1	2	20	44	33
Valor	NT	13.48	R	R	71.69	2	3	30	29	35
agregado	H	13.88	R	R	53.32	2	7	33	26	32
	Irrestringido	--	--	--	47.26	1	5	30	32	32
2132	H + NT	46.07	R	R	38.83	2	6	28	44	21
Equipo	NT	25.47	R	R	19.91	4	18	28	24	25
de capital	H	22.40	R	R	18.82	3	12	31	30	25
	Irrestringido	--	--	--	14.37	3	22	27	32	16
2093	H + NT	24.02	R	R	90.23	8	6	8	12	66
Valor	NT	12.74	R	NR	90.44	8	6	6	11	69
agregado	H	12.09	R	NR	92.12	8	7	8	9	69
	Irrestringido	--	--	--	69.95	4	7	7	6	76
2093	H + NT	62.47	R	R	6.14	13	16	7	17	47
Equipo	NT	16.19	R	R	2.87	22	17	7	20	34
de capital	H	5.50	NR	NR	2.93	19	15	8	25	34
	Irrestringido	--	--	--	2.76	19	17	6	23	34
2098	H + NT	42.75	R	R	217.74	2	0	11	9	77
Valor	NT	19.82	R	R	215.87	0	0	13	2	85
agregado	H	32.22	R	R	212.03	3	1	11	6	79
	Irrestringido	--	--	--	96.02	2	1	13	7	78
2098	H + NT	54.51	R	R	2.13	11	6	5	40	37
Equipo	NT	39.79	R	R	1.79	11	5	4	41	40
de capital	H	14.72	R	R	1.40	8	5	4	39	44
	Irrestringido	--	--	--	1.35	9	4	5	37	45
2023	H + NT	32.98	R	R	98.00	2	4	15	23	55
Valor	NT	22.67	R	R	70.31	1	4	20	16	59
agregado	H	14.35	R	R	74.42	1	5	19	15	59
	Irrestringido	--	--	--	70.86	1	5	22	6	66
2023	H + NT	37.44	R	R	21.84	5	12	17	31	35
Equipo	NT	20.52	R	R	11.41	4	20	14	28	34
de capital	H	17.73	R	R	8.82	5	17	13	28	37
	Irrestringido	--	--	--	7.23	6	30	12	22	30

Continúa

CUADRO III.A.1 (continuación)

SELECCION DEL MODELO: ESTADISTICOS DE LA PRUEBA DE RELACION DE VEROSIMILITUD Y DE LA INEXACTITUD EN LA INFORMACION

3321 Valor agregado	H + NT	34.91	R	R	47.90	6	12	23	32	27
	NT	14.30	R	R	29.60	7	13	29	22	29
	H	11.84	R	NR	36.57	5	12	27	27	29
	Irrestringido	--	--	--	28.72	4	14	31	23	28
3321 Equipo de capital	H + NT	32.54	R	R	35.57	6	14	39	21	20
	NT	19.13	R	R	48.04	6	15	46	6	27
	H	2.79	NR	NR	32.06	6	15	46	7	26
	Irrestringido	--	--	--	30.52	6	15	46	10	23
	Irr. con var. simulada	--	--	--	14.99	8	14	40	14	23
3323 Valor agregado	H + NT	11.08	NR	NR	51.63	2	14	20	17	47
	NT	6.83	NR	NR	51.58	2	15	18	16	48
	H	6.44	NR	NR	51.71	2	14	18	17	49
	Irrestringido	--	--	--	44.34	1	10	20	18	52
3323 Equipo de capital	H + NT	15.11	NR	NR	18.78	6	18	22	27	27
	NT	3.16	NR	NR	16.62	4	21	24	20	32
	H	5.53	NR	NR	16.35	4	20	23	21	32
	Irrestringido	--	--	--	16.08	3	18	25	20	35
3324 Valor agregado	H + NT	40.09	R	R	48.79	2	2	23	38	36
	NT	19.85	R	R	30.99	2	6	23	30	40
	H	9.29	NR	NR	24.84	2	4	26	26	42
	Irrestringido	--	--	--	23.12	4	3	28	28	37
3324 Equipo de capital	H + NT	38.97	R	R	28.99	2	4	25	41	28
	NT	20.03	R	R	12.65	2	12	27	28	31
	H	7.94	NR	NR	11.12	3	10	30	27	30
	Irrestringido	7.94	--	--	10.83	2	11	32	26	29
2317 Valor agregado	H + NT	19.12	R	NR	20.54	3	3	24	14	56
	NT	1.64	NR	NR	16.63	7	3	19	8	63
	H	3.70	NR	NR	17.19	7	4	20	7	62
	Irrestringido	--	--	--	16.25	8	4	19	9	59
2317 Equipo de capital	H + NT	29.86	R	R	3.43	12	10	20	33	25
	NT	13.05	R	NR	2.79	15	9	15	29	33
	H	15.49	R	R	2.83	12	8	17	33	29
	Irrestringido	--	--	--	2.40	12	5	13	33	37
332 Valor agregado	H + NT	42.78	R	R	28.44	2	1	25	40	33
	NT	20.10	R	R	15.07	3	4	32	31	31
	H	3.21	NR	NR	13.08	3	5	35	23	34
	Irrestringido	--	--	--	12.83	3	3	38	21	36
332 Equipo de capital	H + NT	45.33	R	R	16.27	3	3	26	45	23
	NT	18.18	R	R	6.55	9	10	34	28	19
	H	4.05	NR	NR	5.07	11	10	40	22	17
	Irrestringido	--	--	--	5.00	12	11	39	23	16

Continúa

CUADRO III.A.1 (continuación)

SELECCIÓN DEL MODELO: ESTADÍSTICOS DE LA PRUEBA DE RELACION DE VEROSIMILITUD Y DE LA INEXACTITUD EN LA INFORMACION

341	H + NT	38.76	R	R	20.17	3	10	12	16	59
Valor	NT	18.44	R	R	18.53	4	16	16	5	60
agregado	H	24.48	R	R	19.54	5	13	14	7	62
	Irrestricto	--	--	--	16.44	4	15	14	4	63
341	H + NT	60.01	R	R	7.89	7	13	20	21	39
Equipo	NT	35.33	R	R	9.33	4	20	16	9	48
de capital	H	39.70	R	R	6.96	6	22	19	15	39
	Irrestricto	--	--	--	4.12	10	18	17	19	36
340	H + NT	33.39	R	R	15.45	4	10	13	17	56
Valor	NT	21.28	R	R	13.60	6	15	19	10	51
agregado	H	22.23	R	R	13.85	5	11	16	15	52
	Irrestricto	--	--	--	13.35	8	16	12	5	59
340	H + NT	49.57	R	R	7.06	9	15	19	24	32
Equipo	NT	34.64	R	R	8.45	7	15	21	13	44
de capital	H	35.58	R	R	6.40	8	16	20	20	36
	Irrestricto	--	--	--	3.18	14	22	17	21	27
200	H + NT	43.57	R	R	34.12	1	1	18	14	66
Valor	NT	11.64	R	NR	14.09	4	2	16	16	63
agregado	H	13.63	R	R	14.14	3	2	15	13	66
	Irrestricto	--	--	--	14.23	4	2	16	16	63
200	H + NT	78.94	R	R	2.61	11	8	3	29	49
Equipo	NT	23.95	R	R	0.87	12	4	5	33	46
de capital	H	30.64	R	R	0.83	16	10	7	33	35
	Irrestricto	--	--	--	0.62	12	5	7	40	35
Todas las 18	H + NT	43.79	R	R	7.57	8	9	13	18	53
Valor	NT	20.83	R	R	5.64	12	11	16	12	50
agregado	H	27.69	R	R	6.03	8	8	15	17	52
	Irrestricto	--	--	--	4.18	15	13	21	6	45
Todas las 18	H + NT	45.72	R	R	3.02	11	20	16	26	28
Equipo	NT	36.97	R	R	2.92	11	17	17	20	35
de capital	H	31.58	R	R	2.54	13	19	18	23	27
	Irrestricto	--	--	--	1.54	16	19	17	19	28
INDUSTRIA	H + NT	15.98	R	NR	8.04	3	4	13	33	46
TOTAL	NT	3.24	NR	NR	7.13	3	4	19	26	48
Valor	H	9.31	NR	NR	7.46	4	5	18	27	45
agregado	Irrestricto	--	--	--	6.81	3	5	19	28	45
INDUSTRIA	H + NT	35.31	R	R	4.39	8	8	18	50	15
TOTAL	NT	14.64	R	R	3.30	9	6	17	46	22
Equipo	H	8.86	NR	NR	2.99	11	7	17	51	15
de capital	Irrestricto	--	--	--	2.76	11	7	17	51	15

Nota: H = Homotético; NT = Cambio tecnológico neutro de Hicks; véase el Cuadro III.3 para la clasificación de las industrias.

R = Rechazado; NR = No rechazado al nivel de confianza indicado. La inexactitud en la información fue multiplicada por 10^4 por razones de comodidad.

CUADRO III.A.2

ESTADISTICOS DE AJUSTE (MODELO NO RESTRINGIDO)

Industria	Utilizando el valor agregado para el capital total						Utilizando sólo el equipo de capital													
	R ² para el total y las porciones					Durbin-Watson				R ² para el total y las porciones					Durbin-Watson					
	Total	E	F	M	L	K	E	F	M	L	Total	E	F	M	L	K	E	F	M	L
3412	68	69	91	72	72	65	1.6	2.3	1.6	1.9	86	78	92	87	85	84	1.3	3.8	2.3	2.7
3411	73	95	82	20	88	82	2.2	2.2	1.7	1.1	76	86	75	77	57	77	1.9	2.8	1.1	1.1
3413	72	53	90	73	78	69	1.2	2.0	1.4	1.3	81	54	92	82	78	83	1.2	2.5	1.5	1.3
3421	80	32	13	86	85	72	1.8	2.0	1.6	1.2	94	43	8	94	93	97	1.9	2.3	2.2	2.2
3423	86	71	93	90	69	85	1.6	2.7	2.4	1.9	83	83	90	87	51	86	1.8	3.0	2.7	1.8
3811	49	75	69	48	45	50	2.4	1.6	1.7	1.6	31	61	80	22	37	54	1.9	1.7	1.4	1.5
3011	62	48	71	62	70	59	1.3	2.0	1.2	1.4	86	95	88	88	83	85	1.9	2.9	1.7	2.0
2711	52	91	95	58	68	40	2.1	2.1	2.4	2.2	77	91	83	68	94	76	2.0	2.0	2.2	2.1
3341	50	74	87	74	52	37	1.4	1.0	1.6	1.4	97	97	98	97	48	99	1.6	1.4	1.3	1.5
2051	64	34	87	66	67	63	2.8	2.2	1.8	1.6	86	57	83	87	80	95	3.4	2.0	2.7	1.7
2132	76	85	67	78	70	77	1.0	2.2	1.3	0.7	73	95	21	67	59	94	1.4	3.3	1.1	1.0
2093	39	50	6	45	52	34	1.1	1.6	2.0	1.4	79	64	39	76	70	91	1.0	1.8	1.3	1.4
2098	68	94	90	68	76	69	1.5	2.7	1.2	2.5	72	88	94	72	47	89	1.1	2.9	1.6	2.4
2023	69	74	25	62	90	71	2.3	2.7	1.5	2.9	77	42	30	75	87	64	2.0	2.2	1.4	1.4
3321	47	81	91	42	43	49	3.0	2.0	2.5	2.1	18	69	88	-36	60	30	2.6	2.2	2.4	2.6
3323	35	83	51	38	7	36	1.7	2.0	1.8	2.1	49	74	62	34	25	82	1.4	2.4	1.3	1.6
3324	72	64	97	68	80	69	2.6	2.7	1.8	1.8	84	80	96	69	85	89	1.6	2.7	1.2	0.8
2317	54	75	88	58	85	43	2.7	2.2	2.0	2.7	93	78	90	95	68	97	2.4	1.5	1.9	1.6
3321*											59	93	89	43	61	68	2.5	2.6	2.3	2.2
332	70	88	98	50	82	68	2.6	2.3	1.5	2.0	85	91	98	57	87	97	2.2	2.4	1.3	1.3
341	45	88	79	44	90	33	1.5	1.4	1.3	1.9	86	88	76	88	87	83	1.0	1.7	1.2	2.6
340	51	85	68	62	88	28	1.3	1.1	1.2	1.9	89	85	71	90	90	85	1.0	1.2	1.2	2.7
200	67	90	90	69	63	65	1.8	2.9	1.3	1.1	95	92	89	95	84	98	1.4	2.9	1.5	1.4
Todas las 18	73	82	57	72	92	71	1.3	1.1	1.1	2.0	90	81	51	90	78	96	1.0	1.0	1.3	1.2
Total	54	90	81	72	68	16	1.9	1.8	2.4	1.8	82	90	82	83	73	95	1.9	1.7	1.1	1.3

Nota: Los valores de R² fueron multiplicados por 100 por razones de comodidad.

3321* - Corrida extra con variable simulada para la segunda mitad del período de observación.

LOS EFECTOS DE LOS PRECIOS

CUADRO III.A.3
ELASTICIDADES-PRECIO TRANSVERSALES
(EQUIPO DE CAPITAL)

Industria	FE	ME	LE	KE	EF	MF	LF	KF	EL	FL	EK	FK
3412	0.01 (0.12)	-0.01 (0.01)	0.07 (0.03)	0.05 (0.05)	0.01 (0.08)	0.01 (0.01)	0.03 (0.03)	-0.05 (0.03)	0.48 (0.23)	0.36 (0.27)	0.36 (0.33)	-0.55 (0.34)
3411	0.18 (0.04)	0.02 (0.01)	0.13 (0.07)	-0.26 (0.07)	0.50 (0.12)	-0.04 (0.05)	-0.04 (0.16)	-0.23 (0.20)	0.31 (0.18)	-0.04 (0.14)	-0.67 (0.17)	-0.22 (0.19)
3413	-0.16 (0.14)	0.00 (0.01)	-0.04 (0.03)	0.08 (0.05)	-0.13 (0.11)	0.00 (0.00)	0.00 (0.01)	0.05 (0.02)	-0.80 (0.58)	0.10 (0.30)	1.22 (0.78)	0.93 (0.45)
3421	-0.86 (0.72)	0.00 (0.00)	0.12 (0.05)	0.19 (0.08)	-0.37 (0.31)	0.00 (0.00)	0.09 (0.04)	-0.14 (0.08)	0.98 (0.42)	1.85 (0.88)	1.00 (0.42)	-1.70 (0.98)
3423	-0.02 (0.14)	0.00 (0.03)	0.17 (0.06)	-0.20 (0.08)	-0.00 (0.02)	-0.02 (0.00)	-0.00 (0.01)	-0.05 (0.01)	0.46 (0.15)	-0.03 (0.16)	-0.50 (0.20)	-0.99 (0.22)
3811	-0.46 (0.29)	0.00 (0.00)	0.01 (0.01)	0.02 (0.06)	-0.23 (0.15)	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	0.01 (0.03)	0.41 (0.28)	-0.26 (0.33)	0.21 (0.66)	0.30 (0.71)
3011	-0.70 (0.27)	0.01 (0.01)	0.02 (0.01)	0.05 (0.05)	-0.28 (0.11)	-0.01 (0.01)	0.00 (0.01)	0.10 (0.05)	0.26 (0.16)	0.13 (0.43)	0.30 (0.27)	1.40 (0.66)
2711	0.04 (0.17)	0.00 (0.01)	-0.01 (0.02)	0.08 (0.03)	0.02 (0.10)	0.06 (0.02)	0.05 (0.03)	0.01 (0.03)	0.06 (0.11)	0.40 (0.21)	0.37 (0.15)	0.10 (0.27)
3341	0.16 (0.11)	0.06 (0.07)	-0.03 (0.06)	0.03 (0.06)	0.16 (0.11)	0.15 (0.08)	-0.05 (0.09)	-0.04 (0.06)	-0.05 (0.12)	-0.09 (0.17)	0.07 (0.18)	-0.10 (0.18)
2051	-0.44 (0.34)	0.00 (0.01)	0.02 (0.04)	-0.06 (0.07)	-0.07 (0.05)	0.01 (0.00)	0.01 (0.01)	0.00 (0.03)	0.09 (0.19)	0.37 (0.34)	-0.20 (0.21)	0.01 (0.52)
2132	-0.73 (0.13)	0.02 (0.01)	-0.01 (0.01)	0.02 (0.01)	-0.52 (0.09)	0.02 (0.01)	0.03 (0.02)	0.08 (0.05)	-0.08 (0.11)	-0.66 (0.51)	0.10 (0.10)	0.71 (0.43)
2093	0.04 (0.29)	0.00 (0.00)	0.02 (0.05)	0.17 (0.08)	0.03 (0.21)	0.00 (0.00)	0.07 (0.06)	-0.12 (0.11)	0.13 (0.32)	0.67 (0.52)	0.53 (0.27)	-0.54 (0.48)
2098	0.92 (0.19)	0.00 (0.00)	0.08 (0.04)	0.00 (0.06)	0.28 (0.06)	0.00 (0.00)	-0.02 (0.04)	0.01 (0.10)	0.64 (0.29)	-0.60 (1.23)	0.01 (0.17)	0.08 (0.91)
2023	0.53 (0.24)	0.00 (0.00)	-0.04 (0.02)	0.23 (0.05)	0.56 (0.25)	-0.01 (0.01)	0.14 (0.05)	-0.20 (0.09)	-0.65 (0.24)	1.88 (0.71)	2.09 (0.44)	-1.74 (0.73)
3321	-0.22 (0.12)	0.09 (0.05)	-0.03 (0.02)	0.04 (0.04)	-0.61 (0.32)	0.28 (0.09)	0.00 (0.03)	0.08 (0.07)	-0.16 (0.31)	-0.57 (0.21)	0.63 (0.57)	0.41 (0.39)
3323	0.10 (0.36)	0.02 (0.01)	0.02 (0.02)	0.04 (0.05)	0.09 (0.34)	0.02 (0.01)	-0.05 (0.04)	-0.10 (0.13)	0.40 (0.26)	-0.82 (0.68)	0.22 (0.28)	-0.59 (0.78)
3324	-0.06 (0.06)	-0.01 (0.03)	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.04)	-0.11 (0.11)	0.16 (0.06)	-0.01 (0.02)	-0.20 (0.07)	-0.19 (0.16)	-0.11 (0.17)	-0.09 (0.27)	-0.73 (0.24)
2317	0.33 (0.15)	0.00 (0.01)	0.01 (0.02)	-0.02 (0.05)	0.17 (0.08)	0.00 (0.00)	0.03 (0.01)	-0.05 (0.02)	0.12 (0.30)	1.00 (0.28)	-0.13 (0.36)	-0.68 (0.35)
332	-0.01 (0.06)	0.02 (0.02)	-0.02 (0.01)	-0.05 (0.02)	-0.02 (0.11)	0.12 (0.03)	-0.01 (0.01)	-0.08 (0.04)	-0.30 (0.13)	-0.06 (0.11)	-0.41 (0.19)	-0.33 (0.14)
341	0.24 (0.05)	0.00 (0.01)	0.06 (0.03)	-0.06 (0.04)	0.46 (0.10)	-0.02 (0.03)	-0.06 (0.05)	-0.21 (0.09)	0.30 (0.13)	-0.16 (0.14)	-0.31 (0.21)	-0.54 (0.24)
340	0.30 (0.07)	0.00 (0.01)	0.03 (0.03)	-0.08 (0.05)	0.50 (0.13)	-0.01 (0.03)	-0.02 (0.07)	-0.16 (0.10)	0.13 (0.17)	-0.04 (0.19)	-0.38 (0.26)	-0.43 (0.27)
200	0.72 (0.14)	0.00 (0.00)	-0.05 (0.02)	0.09 (0.03)	0.41 (0.08)	0.00 (0.00)	0.00 (0.01)	-0.05 (0.02)	-0.54 (0.20)	-0.06 (0.18)	0.43 (0.16)	-0.44 (0.16)
Todas las 18	0.22 (0.14)	0.01 (0.02)	-0.02 (0.04)	0.01 (0.06)	0.25 (0.16)	0.00 (0.02)	-0.02 (0.06)	-0.04 (0.08)	-0.17 (0.26)	-0.10 (0.34)	0.04 (0.27)	-0.17 (0.32)
TOTAL	-0.03 (0.11)	0.00 (0.01)	0.07 (0.03)	-0.01 (0.03)	-0.03 (0.11)	0.00 (0.01)	1.10 (0.04)	-0.10 (0.04)	0.64 (0.28)	0.90 (0.33)	-0.06 (0.19)	-0.54 (0.24)

Véanse las notas de los Cuadros III.3 y III.4.

IV. LA INDUSTRIA CEMENTERA MEXICANA UN ENFOQUE DE FUNCION DE PRODUCCION INDUSTRIAL DE CORTO PLAZO DEL ANALISIS DE LOS COEFICIENTES DE INSUMOS

1. Introducción

1.1. Propósito de este capítulo

En los dos capítulos anteriores, mostramos que el incremento en la intensidad de uso de energía del sector manufacturero mexicano se debió, principalmente, a los efectos de los precios relativos sobre la elección de tecnología en las industrias individuales y no a sus diferentes tasas de crecimiento. En el capítulo III pudimos analizar cierto número de industrias individuales de cuatro dígitos, nivel de detalle que ya de por sí es difícil de alcanzar en los países del Tercer Mundo. Desafortunadamente, descubrimos que las elasticidades estimadas estaban sujetas a un amplio margen de incertidumbre. Además, es evidente que incluso los datos al nivel de los cuatro dígitos ocultan cierto número de procesos importantes de cambio estructural al nivel de las plantas y los productos considerados individualmente. Puesto que el proceso de cambio estructural debe manifestarse de manera diferente a los diferentes niveles de agregación, también puede ser conveniente continuar el análisis a un nivel de mayor desagregación, y con ese propósito elegimos la industria del cemento.

Existen diversas razones para la elección de esta industria:

a) Se trata de una industria grande e importante en la economía mexicana (y en la de la mayoría de los otros países).

b) Es una de las industrias con mayor intensidad de uso de energía.

c) Se ha producido un rápido desarrollo tecnológico en el diseño del equipo de capital para esa industria, lo que implica un uso más eficiente tanto de la energía como de la mano de obra.

d) El número de firmas que suministran el equipo pesado de capital a las compañías cementeras es muy limitado, pero existe sin lugar a dudas una aguda competencia entre ellas y es razonable suponer que los productores de cemento en un país como México están informados de los últimos avances tecnológicos y pueden adquirirlos.

e) Finalmente, tanto la producción de la industria como sus insumos son bastante uniformes y homogéneos, lo que permite la medición en unidades físicas y, por ende, las comparaciones entre las diferentes plantas,

años e incluso países¹ sin necesidad de valerse de los precios ni de los tipos de cambio.

El propósito en este capítulo es estudiar los cambios de estructura y tecnológicos y las posibilidades de sustitución al nivel industrial, valiéndonos de la función de producción industrial de corto plazo (véase más adelante la sección sobre la metodología) como nuestra principal herramienta de análisis. Estableceremos comparaciones entre las exigencias de energía y mano de obra de los hornos con diferentes tamaños, edades, tecnología, propiedad, etcétera, y, en algunos casos, también haremos comparaciones con la industria cementera de otros países (Suecia, en particular).

1.2. Estudios anteriores

La industria cementera ha sido tema de un gran número de estudios, de entre los cuales, sólo unos pocos de particular importancia pueden ser mencionados en éste. En México, Schutz (1982 y 1985) y PEMEX (1984) estudiaron el potencial de ahorro de energía, desde el punto de vista de la ingeniería, a un nivel muy detallado. Pearson (1977) estudió las estrategias de las compañías en la adquisición de tecnología y la competencia mercantil mediante entrevistas hechas a un número selecto de ellas como su principal fuente de información. Schutz (1982) estudió la eficiencia en el uso de la energía en varias industrias mexicanas y caracteriza a la industria del cemento como una de las más modernas y eficientes comparativamente. Sin embargo, en todos esos estudios se muestra que hay un gran intervalo de eficiencia entre las plantas.

Entre los estudios sobre la industria cementera internacional, los de Norman (1979) y McBride (1981) merecen una mención especial; ambos se basan en datos sobre la ingeniería y nos proporcionan reflexiones importantes acerca de la naturaleza de los efectos de la escala. Carlsson (1978) compara Estados Unidos y Suecia; Førsund *et al.* (1985) proporciona una comparación completa inter-países para la industria cementera escandinava; el estudio de Fog y Nadkarni (1983) a nivel mundial, en fin, se concentra en la eficiencia de uso del combustible en los países del Tercer Mundo. En lo que respecta a Latinoamérica, también debe mencionarse la tesis de Pearson sobre la industria del cemento en Argentina, la cual es un análisis muy detallado y completo sobre la adquisición de tecnología en el contexto de un país en desarrollo y dependiente; como en el caso de su estudio sobre México (1977), el enfoque principal reside en entrevistas a compañías y en estudios *in situ*.

¹ En realidad, nada es por completo idéntico cuando se comparan productos en momentos y lugares diferentes. Evidentemente, la "calidad" de la mano de obra varía, pero también la calidad del cemento y la de la electricidad —medidas, *e.g.*, mediante la confiabilidad.

En cuanto a la industria cementera sueca, los procesos del cambio tecnológico y estructural fueron estudiados en detalle por Førsund y Hjalmarsson (1983).

1.3. Metodología

De manera general, los estudios de productividad al nivel de la economía o industrial deben atenerse a los supuestos de la teoría tradicional de la producción acerca de las posibilidades de sustitución uniformes y reversibles. Los estudios *translog* del capítulo 3 entran definitivamente en esa categoría al suponerse, como es el caso, que no únicamente la mano de obra, la energía y las materias primas sino también el uso del capital puede ajustarse de manera flexible y sin costos. Sin embargo, la razón misma para efectuar estudios del cambio estructural es la falta de esa flexibilidad una vez que se han puesto en práctica las decisiones de inversión. En un mundo de flexibilidad perfecta (“maleable”), ¿no habría “estructura” que pudiese ser observada!

Los métodos empleados en este capítulo se basan en una función de producción flexible “*putty-clay*”, debida originalmente a Johansen (1972) y desarrollada aun más por Førsund y Hjalmarsson (1983 y 1985). La idea central de este enfoque consiste en que, antes de que se lleva a cabo una inversión, las compañías pueden elegir a partir de una función de producción *ex-ante* caracterizada por todas las propiedades neoclásicas tradicionales de uniformidad, libre elección de capacidad, etcétera. *Ex-post*, no obstante, se supone que el equipo de capital está caracterizado por coeficientes de insumos fijos y que la única decisión funcional que puede tomar la administración es variar la utilización de la capacidad de las distintas unidades de producción. Sin embargo, una industria típica tendrá, en cualquier momento, cierto número de piezas de equipo de capital muy diferentes (que por lo general reflejan los diferentes niveles de tecnología y de precios relativos de los años en que se hicieron las inversiones); la agregación de esas unidades de producción revela la macrofunción de producción de corto plazo para toda la industria. Debido a las diferencias en la tecnología, en general se presentarán ciertas posibilidades de sustitución de corto plazo, siempre que la utilización de la capacidad sea menor que cien por ciento.

La función *ex-post* al micronivel puede ser descrita por:²

$$(1) \quad x = \min (V_1/a_1, \dots, V_n/a_n, \bar{x})$$

² Para una descripción completa de la función de producción industrial de corto plazo y del algoritmo para calcular curvas de isoproducción, etc., Førsund y Hjalmarsson (1983).

donde $V_j, j = 1, \dots, n$ son insumos (variables en el corto plazo), a_j , son coeficientes de insumos supuestos constantes y x es la capacidad máxima permitida por la inversión.

La agregación a la función de producción industrial de corto plazo se hace resolviendo el siguiente problema:

$$(2) \quad \underset{x^i}{\text{Max}} X = \sum_{i=1}^N x^i$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^N a_j^i x^i \leq V_j$$

y a

$$x^i \in [0, \bar{x}^i]$$

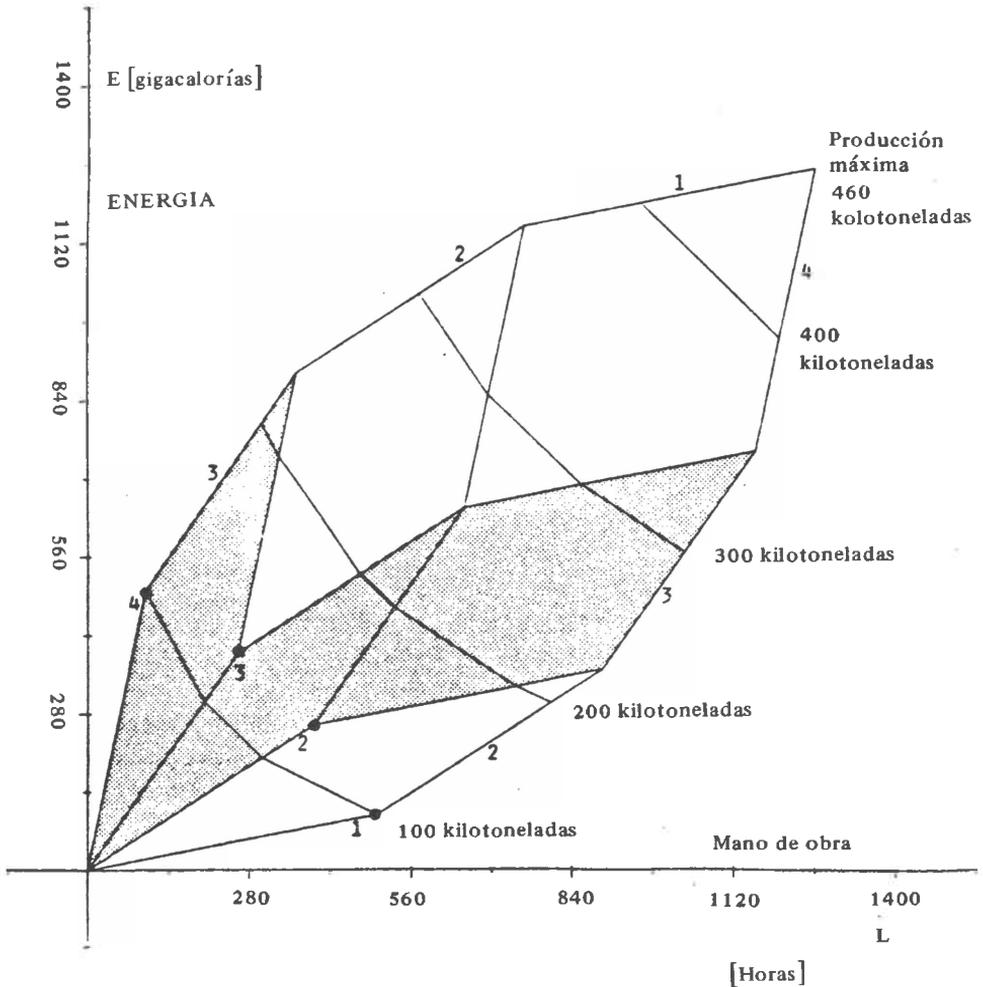
donde X indica la producción industrial, V_j los insumos corrientes totales de la industria y a_j los coeficientes de insumos para el bien j a la unidad i .

El orden en el que se empleen las unidades productivas en la función de producción industrial de corto plazo dependerá tanto de su eficiencia general como de los precios relativos supuestos. Así, la función de producción de corto plazo puede ilustrarse convenientemente mediante un diagrama de región de sustitución que muestra el conjunto de combinaciones de insumos eficientes para todos los niveles de producción factibles en el corto plazo.

La Gráfica IV.1 muestra, a manera de ejemplo, la construcción de dicho diagrama en el caso de una industria hipotética con cuatro unidades, 1 a 4, caracterizadas en la gráfica por sus vectores de requerimientos de insumos. Las unidades 1 y 4 producen 100 kilotoneladas a su capacidad máxima, mientras que las unidades 2 y 3 tienen una producción máxima de 130 kilotoneladas, que da la primera curva de isoproducción mostrada. Dependiendo de los precios relativos prevaecientes, las 100 kilotoneladas requeridas serán producidas ya sea por la unidad 1, si la mano de obra es muy barata, o mediante la utilización parcial de diversas combinaciones, como se muestra en la gráfica para las relaciones de precios intermedios. A mayores niveles de producción intervienen varias unidades; no obstante, el orden de su incorporación a la producción es diferente en los dos límites de la región de sustitución o en las isoclinas que la cruzan. Así, si la mano de obra es muy "barata" en comparación con el combustible, se sigue el límite inferior y las unidades son incorporadas en el orden 1, 2, 3, 4; y si se sigue el

GRAFICA IV.1

CONSTRUCCION DE UNA FUNCION DE PRODUCCION INDUSTRIAL DE CORTO PLAZO – EJEMPLO CON CUATRO PLANTAS



límite superior, entonces son incorporados en el orden inverso. La franja de utilización parcial de la unidad 3 se encuentra sombreada. Esas franjas muestran en qué zona de la región de sustitución es utilizada una planta en particular. Así, en nuestro ejemplo, la unidad número tres es la segunda unidad a lo largo del límite superior y la tercera a lo largo del límite infe-

rior, pero, en el caso de algunos niveles intermedios de los precios de los factores, será utilizada desde el principio. Debemos hacer notar que, en las industrias reales con un gran número de unidades que difieren considerablemente en productividad y en las proporciones de los factores relativos, el patrón de utilización parcial de unidades puede ser mucho más complejo; véase, *e.g.*, la Gráfica IV.13. La Gráfica IV.1 ilustra el hecho de que, a pesar de tenerse coeficientes fijos de insumos para cada unidad, las posibilidades de sustitución disponibles mediante diferentes combinaciones de utilización de las plantas pueden ser muy considerables si el intervalo en los coeficientes de insumos es suficientemente amplio.

2. La industria cementera mexicana

2.1. El proceso de manufactura del cemento

El cemento comprende una muy amplia gama de productos cuyos componentes químicos más importantes son diversos silicatos de calcio, aluminato de calcio y pequeñas cantidades de óxidos y sulfatos de calcio, magnesio, etcétera. El principal componente del cemento, la materia pétreo vitrificada (*clinker*), se produce mediante la calcinación de una mezcla de roca calcárea (caliza o greda, por lo general), que contiene carbonato de calcio (CaCO_3), y arcilla o arena, la cual contiene, a su vez, los óxidos de silicio, aluminio y, generalmente, hierro. En algunos casos se utilizan otros minerales o productos de desecho, como escoria de altos hornos, roca volcánica, etc.

Por lo tanto, el horno en el que se lleva a cabo la calcinación es la pieza principal del equipo de capital en una industria cementera y, también, el principal consumidor de energía. Por otra parte, también se usa energía (eléctrica) para triturar y moler las materias primas antes de alimentar el horno con ellas y para moler la materia pétreo vitrificada con un 2-5% adicional de yeso (sulfato de calcio) para formar el producto terminado. Naturalmente, en la planta se usan otras cantidades menores de energía para secado, calentamiento, almacenamiento, transporte, etcétera.

Para los fines de este estudio, concentraremos nuestra atención en la producción de la materia pétreo vitrificada en el horno. Comúnmente, existe cierto número de tipos de horno y procesos más o menos distintos. Aparte de unos cuantos hornos de tiro vertical antiguos en los que la materia prima se produce en lotes, todos los hornos modernos son rotatorios y consisten básicamente en una gran cámara cilíndrica de acero, revestida con ladrillos, que gira lentamente a medida que es alimentada con la materia prima por el extremo superior. La materia prima desciende gradualmente hacia el extremo inferior, donde se lleva a cabo el quemado del combustible (petróleo, carbón o gas, por lo general). Los dos principales tipos de proceso son el húmedo y el seco. En el proceso húmedo, las materias primas son mezcladas con agua en la etapa de molienda y adquieren la forma

de una pasta, lo cual facilita su homogeneización. En el proceso seco, las materias primas (que generalmente llegan húmedas de la cantera) son secadas con gases calientes de un horno mientras se lleva a cabo la molienda; después se introducen en el horno. Los procesos menos comunes son el semihúmedo (en el que el agua se extrae de la pasta mediante filtración) y el semiseco, en el que se añade un poco de agua para formar pelotillas con el polvo seco y así lograr una mejor homogeneización de la mezcla de materias primas.

Además de lo anterior, el horno seco puede complementarse con precalentadores y precalcinadores, que calientan y calcinan parcialmente las materias primas antes de su introducción en el horno. Esto tiene varias ventajas potenciales, ya que reduce el uso total de energía y permite su sustitución, esto es, de los combustibles de alto grado necesarios en el horno por los combustibles de bajo grado que pueden utilizarse en los precalcinadores; combustibles que incluyen neumáticos despedazados, turba (en Irlanda), cáscara de cacahuete (Nigeria), de arroz (Uruguay) y desechos animales/agrícolas (en la India). Otra ventaja importante consiste en que se aumenta la capacidad del horno: puesto que las materias primas ya están calientes y parcialmente calcinadas cuando se introducen en el horno, es posible obtener un rendimiento más rápido. Consecuentemente, la añadidura de precalentadores y precalcinadores puede ser una alternativa atractiva de la adquisición de hornos nuevos.

El uso de energía puede reducirse aun más mediante el empleo de aditivos y, en algunos casos, mediante la añadidura de equipos como intercambiadores de calor o calderas de cogeneración para aprovechar el contenido de calor de los gases del horno. No obstante, este tipo de equipo adicional no es la única manera de mejorar la eficiencia del uso de la energía. La experiencia indica que los altos estándares de operación, en general, y un buen mantenimiento, que asegure un procesamiento continuo sin interrupciones y con un control óptimo del proceso, desempeñan también una función importante en este respecto.

2.2. El cemento en México: una breve historia

La manufactura de cemento cuenta con una larga historia en México, y las más antiguas plantas aún en operación de las que tenemos conocimiento fueron fundadas en 1906 y 1907 (las plantas Tolteca y Cruz Azul, en Hidalgo). Como puede verse en el Cuadro IV.1, la producción aumentó muy rápidamente a partir de la guerra a una tasa de alrededor del 9% anual. Durante todo este período, México ha sido virtualmente autosuficiente, con excepción de pequeñas cantidades importadas en los inicios del período y algunas importaciones excepcionales durante la guerra. Hacia finales de los años 1960 y durante los sesenta, México empezó a surgir como exportador, si bien de cantidades muy modestas.

CUADRO IV.1

**PRODUCCION Y CAPACIDAD DE LA INDUSTRIA
CEMENTERA MEXICANA.
MILES DE TONELADAS METRICAS/AÑO**

Año	Capacidad	Producción
1940	565	485
1945	1 155	810
1950	1 950	1 420
1955	2 760	2 090
1960	3 880	3 090
1965	5 240	4 200
1970	8 030	7 180
1975	13 650	11 610
1980	17 020	16 240

De 1947 a 1977, el número de plantas aumentó de 18 a 28 y el número de hornos en funcionamiento de 39 a 79. Debido a la rapidez de la expansión, el equipo anticuado no ha sido desechado por lo general. A menudo, los nuevos hornos no han remplazado, sino complementado a los viejos.

Debido a la geografía en extremo montañosa del país, los costos del transporte son más bien prohibitivos, lo que ha creado mercados regionales protegidos. Así, a pesar de una muy rápida concentración desde el punto de vista de la propiedad, la producción se ha mantenido bastante bien diseminada en el país. En 1975, dos compañías, Cementos Mexicanos y Tolteca, tenían una participación de más de 25% en el mercado cada una, lo cual, en especial para Cementos Mexicanos, representó un incremento cuantioso comparado con el 9% de diez años antes. El aumento en las participaciones en el mercado se debió tanto a la nueva capacidad instalada en las plantas existentes como a la adquisición de industrias cementeras antes independientes. Además de los dos grupos más grandes, tres grupos de mediano tamaño controlaban otro 40%, lo que dejaba sólo un 8% para los productores independientes.

2.3. El cemento mexicano en un contexto latinoamericano y tercermundista

Durante el período de posguerra, la industria cementera se convirtió en una de las industrias más importantes en los países del Tercer Mundo. Debido a la rápida expansión de sus sectores de la construcción, los países

en desarrollo producían y consumían el 40% del cemento mundial (1981). Esto implica que, en general, eran autosuficientes, en comparación con 1950, cuando representaban el 22% del consumo mundial y únicamente el 16% de la producción. Con aproximadamente el 2% de la producción mundial de cemento, México ocupa el cuarto lugar entre los países en desarrollo, después de China, Brasil y la India. La cantidad producida es comparable con la producción de España o dos terceras partes del nivel de producción de Francia.

Debido al uso de energía altamente intensivo característico de la producción de cemento, los costos de la energía equivalen a una parte muy importante de los costos totales: según Fog y Nadkarni (1983), "típicamente" al 60-75% de los costos de manufactura directos totales. No obstante, existe una variación considerable debida a la elección de tecnología y a los precios relativos de la energía, las materias primas y la mano de obra. En México, los costos de la energía representan en promedio menos del 25% de los costos de producción. La tendencia general en la tecnología del cemento favorece con claridad al relativamente eficiente proceso seco, el cual predomina por completo en la mayoría de los países europeos (90% de la capacidad en Francia, en 1980, y 97% en Alemania Federal). En Estados Unidos, la transición ha sido más lenta, lo cual puede deberse en parte a que los precios de los combustibles son más bajos en ese país: en 1980, el proceso seco representaba el 48% de la capacidad, comparado con un 28% en 1972.

Como puede observarse en el Cuadro IV.2, la producción de cemento en el mundo en desarrollo en general y en Latinoamérica en particular consiste en aproximadamente un 70% de tecnología de proceso seco. Los países que utilizan procesos húmedos se encuentran sobre todo en Africa, Asia y el Oriente Medio (India y Pakistán, así como Iraq, Irán y Líbano). En Latinoamérica, los procesos húmedos se utilizan sobre todo en Colombia, Uruguay, Paraguay, Venezuela, Centroamérica y el Caribe. En México, más del 90% de la capacidad consiste en procesos secos. Como lo muestra el Cuadro IV.3, en los países que usan tecnología en su mayoría de procesos húmedos, existe una tendencia a tener una eficiencia de uso de energía mucho más baja.

No obstante, sin una información detallada, es imposible hacer comentarios sobre las razones que se ocultan tras esas diferencias en la elección de la tecnología y las diferencias en eficiencia resultantes; pero sí pueden mencionarse algunos factores verosímiles:

- a) El crecimiento rápido tiende a provocar una renovación del equipo industrial y, por lo mismo, a la adopción, en general, de tecnología más moderna. Muchos de los países de crecimiento lento se encuentran en la parte superior del Cuadro IV.3.
- b) Los proveedores europeos o japoneses de equipo de capital pueden tener preferencias más marcadas por la tecnología de hornos

CUADRO IV.2

**CAPACIDAD DE PRODUCCION DE CEMENTO EN LOS PAISES EN DESARROLLO
POR TIPO DE PROCESO. PAISES Y REGIONES SELECCIONADOS.
KILOTONELADAS POR AÑO, 1979**

País/Región	Seco rotatorio	Semiseco rotatorio	Húmedo rotatorio	Total
Argentina	7 830	300	1 890	10 020
Bolivia	610	—	—	610
Brasil	18 260	750	7 960	26 990
Chile	920	—	430	1 350
Colombia	950	—	5 410	6 370
Ecuador	940	—	120	1 060
MEXICO	14 960	—	1 210	16 170
Paraguay	—	—	200	200
Perú	2 830	—	230	3 070
Uruguay	250	—	470	720
Venezuela	3 400	—	4 400	7 800
Centro am./Caribe	3 400	—	5 840	9 250
Latinoamérica	62 460	1 050	27 460	90 980
África	20 820	2 780	15 230	39 330*
Asia y Oriente Medio	79 690	8 900	37 580	126 170
Europa	45 330	810	6 660	54 040*
Total en los países en desarrollo	208 300	13 550	86 940	310 540*

Notas: Centroamérica y el Caribe incluye Bahamas, Costa Rica, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico y Trinidad y Tobago

Europa incluye Chipre, Grecia, Hungría, Portugal, Rumania, Turquía y Checoslovaquia.

Asia excluye a China.

Los totales marcados con * incluyen también algunos hornos pequeños que utilizan tecnología de tiro vertical.

Fuente: CEMBUREAU. Cifras compiladas por el autor a partir del anuario de CEMBUREAU y de otras estadísticas de CEMBUREAU citadas en Fog/Nadkarni. Debemos hacer notar que las estadísticas de CEMBUREAU fueron compiladas a partir de información voluntaria proporcionada por las industrias y que en ocasiones pueden ser incompletas.

CUADRO IV.3

**CONSUMO PROMEDIO DE CALOR DE LOS HORNOS
EN PAISES SELECCIONADOS**

Países	Coefficientes de combustible (Mcal/ton de clinker)	Capacidad de los hornos húmedos (% del total)
Colombia	1 620	85
Paraguay	1 500	100
Uruguay	1 385	65
Panamá	1 350	73
MEXICO	1 145	7
Chile	1 140	10
Ecuador	1 075	11
Brasil	1 040	29
Argentina	1 030	19

Fuente: Estimaciones hechas por Lafarge Consultants citadas en Fog/Nadkarni (1983), con excepción de las de México, que fueron tomadas de Schutz (1984). La cifra para México es el promedio de 1979, del que se supone que corresponde mejor a las cifras para los otros países (no se proporciona la fecha).

- secos que los proveedores estadounidenses. (Lo mismo aplica a los accionistas extranjeros en esos diversos países).
- c) El nivel general de tecnología puede ser importante: Argentina, Brasil, Chile y México tienen tecnología más avanzada en general que la mayoría de los otros países del continente.
 - d) Probablemente se espera que el precio del combustible desempeñe un papel importante en la aceleración (o desaceleración) de la tasa de adopción de nuevas tecnologías eficientes. No obstante, este factor no parece ser muy importante: podría explicar el alto uso de combustible en Colombia (y parcialmente en México), que cuenta con energía barata, y el bajo uso de combustible en Brasil, que tiene un combustible muy caro; pero no explica el bajo uso de combustible en Ecuador (que tiene un combustible muy barato) ni el alto uso de combustible en Paraguay y Uruguay, que tienen combustible caro. Estas diferencias podrían atribuirse, quizá, a diferencias en la tasa de crecimiento.

2.4. Los datos

Para ahondar más profundamente en los factores que en realidad influyen en el uso de insumos en una industria como la del cemento mexicana, debemos contar con datos detallados al micronivel. En nuestro caso, consideramos que el horno es la microunidad adecuada, ya que es el principal componente del equipo y porque la producción de materia pétreo vitrificada representa la parte principal del consumo de energía (y prácticamente el total del consumo de combustible) de la planta.

Idealmente, nuestros datos deberían cubrir todos los datos pertinentes sobre todos los hornos durante un largo período; pero tales datos no se encuentran disponibles. Sin embargo, pudimos recolectar un conjunto de datos viables que cubren muy bien un año y nos proporcionan información, indirectamente, sobre años anteriores. Una de las principales fuentes de datos fue un estudio realizado por PEMEX que incluye la producción, la capacidad, el uso de energía y otros detalles técnicos de 60 hornos que representan el 90% de la capacidad instalada en 1977. Esto deja alrededor de 19 hornos (las cifras varían) con un total de 10% de capacidad instalada fuera del estudio.

Puesto que ese estudio fue básicamente técnico, no incluyó la mano de obra; afortunadamente, los datos sobre el empleo se encuentran disponibles, no en el último Directorio Mundial del Cemento, sino en una edición anterior (1979) de esta publicación de CEMBUREAU, y los datos se refieren a 1976 y 1977, lo cual corresponde bastante bien con los datos sobre energía.³ Naturalmente, se trata de cifras sobre el empleo para el

³ De hecho, los datos sobre la energía se refieren ya sea a 1975, 1976 ó 1977. En

total de la planta y no existe una manera clara de asignar esa mano de obra a los diferentes hornos. Después de algunas discusiones con expertos en ingeniería de Suecia y México, decidimos valernos de la siguiente aproximación: la mitad de la mano de obra empleada se considera como específica de los hornos y se asigna de acuerdo con el número de los mismos (puesto que un horno pequeño necesita aproximadamente tanta supervisión como uno grande y, por lo general, nuevo) y la otra mitad se considera como relacionada con otros aspectos de la producción (preparación de las materias primas, molienda, empaque, etcétera) y se asigna de acuerdo con la *producción* de los hornos en cada planta. Debido a que hay algunas plantas que sólo tienen un horno (o dos idénticos), fue posible “verificar” que este método proporciona resultados “razonables” por el hecho de que los hornos de edad y tamaño similares arrojaban coeficientes de mano de obra similares, tanto en las plantas con muchos hornos como en las de uno solo. Así, la mano de obra l_{ij} en el horno $j \in (1 \dots J)$ de la planta i fue estimada mediante (3):

$$(3) \quad l_{ij} = \frac{l_i}{2} (1/J + X_{ij}/X_i)$$

donde X_{ij} es la producción del horno j y $\sum_{j=1}^J X_{ij} = X_i$

es la producción de la planta i .

2.5. La distinción entre hornos de diferentes edades

En el caso de la mayoría de los hornos, los datos técnicos incluían el año de construcción, excepto en tres de ellos, para los que la edad se estimó mediante el uso de datos independientes (como la cifra de capacidad de las plantas, provenientes de diversas ediciones de estadísticas del CEMBU-REAU). Puesto que sabemos que prácticamente ningún horno fue desechado durante el “boom” de construcción de finales de los años cincuenta, los sesenta y los setenta, podemos obtener un cuadro bastante preciso de la estructura de los hornos en fechas tan lejanas como 1970, 1960 y (con menos certidumbre) 1950, mediante el simple expediente de limitar nuestros datos a aquellos hornos que fueron construidos antes de cada una de esas fechas.

Consecuentemente, en este estudio trabajaremos con cuatro conjuntos de datos: para 1976, 1970, 1960 y 1950. No obstante, debemos hacer

el caso de la mayoría de los hornos, no obstante, el censo abarcaba los datos de 1976, por lo que usamos este año como nuestro año de referencia.

notar que todos ellos continen coeficientes de mano de obra y de energía estimados (mediante observación real) en referencia a 1976. El conjunto de datos para 1970 es idéntico al conjunto para 1976, con la exclusión de todos los hornos construidos después de 1970. Los conjuntos de datos para 1960 y 1950 fueron construidos de manera análoga. Por lo tanto, las diferencias en tecnología observadas se refieren al cambio tecnológico *incluido en el capital*.⁴ Además, existe siempre cierta cantidad de progreso tecnológico no incluido debido al “aprendizaje mediante la práctica” y a mejoras en la infraestructura, la planeación, la calidad de las materias primas, inversiones menores, etcétera. No obstante, no contamos con datos sobre dicho progreso al nivel de cada horno. En el caso de los coeficientes de energía, sería de esperar la existencia de más bien poco cambio tecnológico no incluido, ya que, según los expertos en ingeniería, el horno debe operar con coeficientes casi fijos de insumos, a menos que sea sometido a una gran transformación. Debemos hacer notar que nuestro método pasa por alto el efecto de las transformaciones de hornos y otras inversiones parecidas. No obstante, a partir de los datos que teníamos disponibles, pudimos cerciorarnos de que muy pocos hornos mexicanos han sido sometidos a transformaciones mayores durante el período que nos ocupa. Por otra parte, en lo que a la mano de obra concierne, es seguro que se presente un proceso continuo de progreso tecnológico no incluido con ahorro de mano de obra que sólo podemos analizar a un nivel agregado. Véanse los Cuadro IV.5 y IV.7. El tercer insumo de importancia, las materias primas, no está incluido, ya que su consumo es virtualmente proporcional a la producción, sin importar la tecnología utilizada.

3. Una descripción estructural de la industria cementera mexicana

3.1. Insumos energéticos

Ya vimos (en el Cuadro IV.3) que la industria cementera mexicana utiliza procesos bastante modernos y pertenece a los países latinoamericanos con los más bajos coeficientes de insumos energéticos. El Cuadro IV.4 muestra la reducción anual en el uso de combustible, acompañada incidentalmente por un pequeño incremento en el uso de electricidad.⁵

⁴ A todo lo largo de este capítulo distinguiremos entre cambio tecnológico incluido en el capital y cambio tecnológico no incluido en el capital. No obstante, debemos hacer notar que el primero incluye los efectos de la escala, además del cambio tecnológico “puro”.

⁵ Según Schutz (1984), ello no se debe a la ineficiencia, sino a una mayor electrificación en general y al uso de precalentadores de suspensión en particular.

CUADRO IV.4

NIVELES DE PRODUCCION Y COEFICIENTES DE INSUMOS ENERGETICOS

Año	Producción (Kton)	Coefficiente de combustible (Mcal./ton)	Coefficiente de electricidad (Mcal./ton)
1968	6 008	1 364	100.7
1969	6 674	1 342	99.3
1970	7 180	1 321	108.9
1971	7 362	1 300	107.3
1972	8 602	1 280	104.2
1973	9 789	1 259	104.9
1974	10 595	1 240	100.3
1975	11 612	1 220	100.8
1976	12 584	1 201	104.1
1977	13 227	1 182	111.4
1978	14 056	1 165	110.3
1979	15 178	1 144	111.4
1980	16 243	1 125	110.0
1981	17 971	1 103	111.3

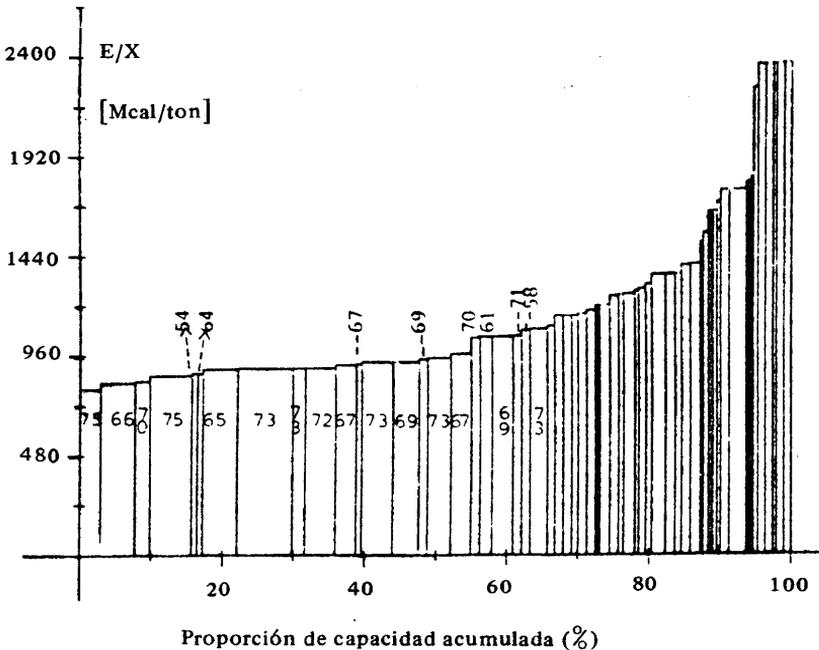
Fuente: Schutz, 1984.

N del eá: Kton = kilotonelada métrica; Mcal = Megacaloría = 10^6 calorías.

Para colocar en perspectiva estas cifras, podríamos añadir que, de 1960 a 1980, el uso de combustible promedio correspondiente disminuyó de alrededor de 1,830 a 1,450 megacalorías por tonelada en Estados Unidos; de 1,620 a 1,050, en el Reino Unido; de 1,230 a 820, en Alemania; y de 1,450 a 820 en Japón. Sin embargo, sería un error creer que estas cifras representan un proceso continuo de mejoría en las plantas existentes. Por el contrario, los coeficientes de insumos energéticos son reducidos principalmente mediante la introducción de nuevos hornos que son más eficientes. Esto puede ilustrarse a través de un diagrama Salter, en el que cada rectángulo representa a un horno, su anchura es proporcional a la capacidad del horno y su altura muestra el coeficiente de insumos energéticos.

GRAFICA IV.2

**INDUSTRIA CEMENTERA MEXICANA
1976 (DIAGRAMA SALTER)
COEFICIENTES DE ENERGIA**



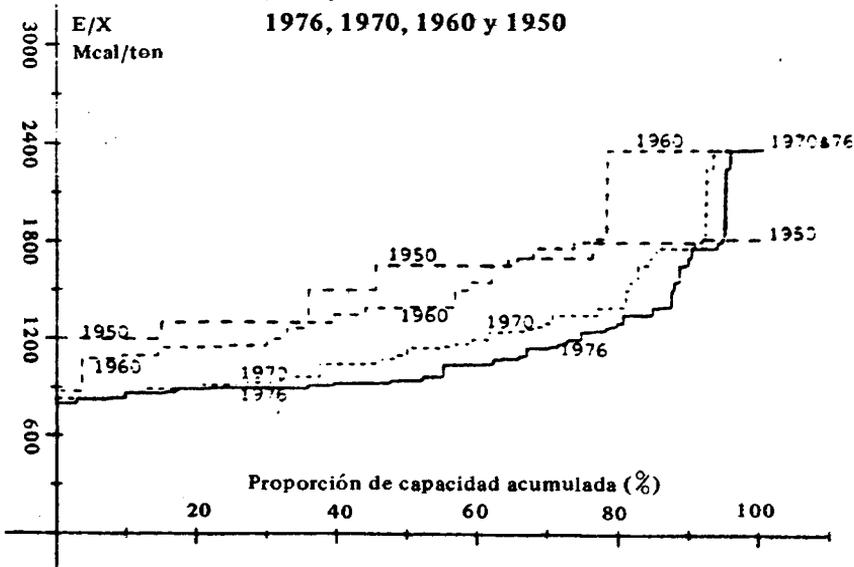
Los coeficientes de combustible del horno más eficiente respecto al uso de energía son de 800 megacalorías por tonelada de materia pétreo vitrificada, y hay diez hornos que tienen coeficientes de combustible de 900

megacalorías por tonelada o menos. Esos hornos, que representan la “mejor eficiencia” en México en 1976, pueden ser comparados favorablemente con los estándares internacionales. El coeficiente promedio de combustible en Japón y Alemania es de 820, como se mencionó antes, y el horno de mejor desempeño en Suecia en 1979 tuvo un coeficiente de combustible de 780 megacalorías por tonelada. Continuamente se llevan a cabo investigaciones dedicadas a encontrar métodos de producción con un menor consumo de energía; pero, mientras que, desde un punto de vista químico (o termodinámico), el proceso de vitrificación de la materia pétreo “debería” necesitar únicamente 415 megacalorías por tonelada, no se ha descubierto ningún método práctico de producción que se acerque siquiera a esa cifra. Los coeficientes más bajos que se han logrado en los hornos de “mejor eficiencia” de Japón y la RFA son de apenas un poco menos de 750 megacalorías por tonelada.

En los rectángulos se indica el año de construcción de algunos de los hornos, y puede observarse que, con una o dos marcadas excepciones, todos los hornos con la mayor eficiencia en el uso de energía son relativamente nuevos. De los últimos 37 hornos cuyo año de construcción no se indica, ninguno fue construido después de 1970, y únicamente diez fueron construidos después de 1960. La Gráfica IV.3 muestra el efecto de la introducción de hornos nuevos eficientes sin desechar los viejos en el contorno del diagrama Salter (cuando se trazan únicamente los contornos pero no los rectángulos en sí).

GRAFICA IV.3

DIAGRAMAS SALTER: COEFICIENTES DE INSUMOS ENERGETICOS OBERVADOS (1976) EN HORNOS CONSTRUIDOS ANTES DE



Primero, el intervalo en los coeficientes de energía aumentó marcadamente de 1950 a 1960 con la introducción de cierto número de hornos eficientes respecto al uso de la energía, pero también de cierto número de hornos muy ineficientes. Después de eso, la primera parte del diagrama Salter, que representa a las plantas más eficientes, se aplanó y alargó gradualmente, dejando únicamente un muy delgado cabo de hornos "ineficientes", que probablemente son utilizados, sobre todo, como capacidad de reserva en las plantas de varios hornos o se encuentran ubicados en mercados especialmente protegidos. Si se tomaran en cuenta los costos de capital, esos hornos muy bien podrían ser "eficientes" en el sentido económico del término.

Como antes se indicó, nuestros datos sólo nos permiten estudiar las reducciones en los coeficientes de combustible (y mano de obra) incluidas en el capital, esto es, las reducciones debidas a los hornos nuevos. El tipo general de incremento de la productividad relacionado con el "aprendizaje mediante la práctica" no puede ser observado al nivel de cada horno porque únicamente contamos con datos individuales para un solo año. No obstante, podemos estimar la importancia del cambio tecnológico no incluido mediante el cálculo de la reducción total en los coeficientes de combustible, a partir de datos agregados para 1960, 1970 y 1976, y su comparación con los coeficientes promedio para 1976, calculados a partir de submuestras de nuestros hornos construidos antes de cada uno de esos mismos años. La disminución en estos últimos coeficientes refleja el progreso tecnológico incluido en el capital, y la diferencia entre esto y el total debe atribuirse al progreso tecnológico no incluido (véase el Cuadro IV.5).

El coeficiente promedio de combustible, según su cálculo a partir de nuestra muestra, es un tanto más bajo que el promedio total (1,125, en comparación con 1,201), lo cual se debe probablemente a la exclusión de cierto número de hornos pequeños (y menos eficiente) de la muestra, como se expuso en la Sección 2.4. El aspecto más interesante, no obstante, de los dos conjuntos de coeficientes promedio de combustible es que disminuye casi exactamente a la misma tasa. De 1960 a 1976, la reducción total en el uso de combustible es de 29.3%, ó 2.1% anual, mientras que la reducción en los coeficientes de combustible en 1976, cuando se comparan los hornos construidos antes de 1960 con toda la muestra de hornos existentes en 1976, es de 27.0%, lo que equivale al 1.9% anual. Esto deja sólo un 3.2% a todo lo largo del período para el cambio tecnológico no incluido (0.2% anual), lo que difícilmente puede considerarse como un cambio significativo si se toman en cuenta los márgenes de error concernientes.

3.2. Insumos de mano de obra

Simultáneamente con la reducción en los coeficientes de energía, se

CUADRO IV.5

**ESTIMACIONES DEL PROGRESO TECNOLOGICO INCLUIDO vs. EL NO INCLUIDO
PONDERADOS MEDIANTE LOS COEFICIENTES DE COMBUSTIBLE
(MEGACALORIAS/TONELADA)**

Año	Coeficientes promedio de combustible		Progreso tecnológico de ahorro de combustible:			
	Total realmente observado	Valor de 1976 para los hornos en uso en cada fecha respectiva	Período	Total	Incluido	No incluido
1960	1697*	1542	1960-70	22.2%	20.6%	2.0%
1970	1321	1225	1970-76	9.1%	8.2%	1.0%
1976	1201	1125	1960-76	29.3%	27.0%	3.2%

Fuente: Los coeficientes de combustible promedio totales para 1970 y 1976 se tomaron del Cuadro IV.4. En esta fuente no existe información para 1960, como tampoco en el CANACEM. El valor marcado con * fue estimado valiéndonos del gasto total en combustible y lubricantes, según el Censo Industrial de 1960, mediante el supuesto de que los combustibles para hornos constituyen el mismo porcentaje de los costos totales de 'combustible y lubricantes' en 1960 y 1970. Los valores promedio para 1976 fueron calculados por el autor.

NB: El progreso tecnológico es calculado como las reducciones promedio en los coeficientes de energía.

CUADRO IV.6

COEFICIENTES DE INSUMO DE MANO DE OBRA 1960-1980

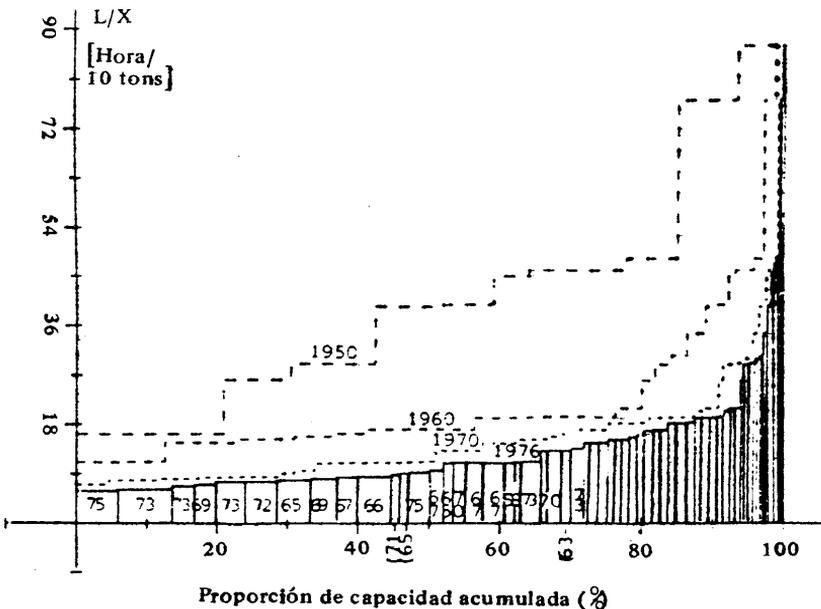
Año	Obreros empleados	Producción en Kton	Horas/10 toneladas
1960	4 565	3 090	35.5
1965	4 797	4 200	27.4
1970	5 824	7 180	19.5
1975	6 723	11 610	13.9
1976	7 149	12 580	13.6
1977	7 501	13 230	13.6
1978	7 839	14 060	13.4
1979	8 482	15 180	13.3
1980	9 202	16 240	13.6

Fuente: Compilados por el autor a partir de los censos quinquenales de 1960 y 1965 y de los censos anuales para los años siguientes. Se dio como supuesto un año de trabajo promedio de 2,400 horas a todo lo largo del período.

dio una reducción similar, aunque más rápida, en los coeficientes de mano de obra.

El progreso en la reducción de los insumos de mano de obra fue rápido, particularmente durante finales de los años sesenta y principios de los setenta. En la Gráfica IV.4 se combinan las características de las Gráficas IV.2 y IV.3, para mostrar los diagramas Salter de los insumos de mano de obra en los hornos construidos antes de 1950, 1960, 1970 y 1976.

GRAFICA IV.4
DIAGRAMAS SALTER: COEFICIENTES DE INSUMOS DE MANO DE OBRA OBSERVADOS (1976) EN LOS HORNOS CONSTRUIDOS ANTES DE 1976, 1970, 1960 y 1950,



El progreso tecnológico de ahorro de mano de obra incluido en el capital, como lo indica la Gráfica IV.4, fue más rápido que el progreso correspondiente a la energía y, nuevamente, esto aplica en particular al período 1950-1970. El predominio de los hornos grandes y modernos en el cabo “plano” de la curva es quizá incluso más marcado que en el diagrama para la energía. En 1976, de los últimos 35 hornos cuyo año de construcción no está indicado, únicamente nueve fueron construidos después de 1960 y ninguno después de 1970.

El cálculo de los coeficientes promedio de mano de obra para cada uno de nuestros años de referencia nos permite establecer una compara-

ción con el promedio basado en los datos agregados de los censos, como se muestra en el Cuadro IV.7.

CUADRO IV.7
ESTIMACIONES DEL PROGRESO TECNOLOGICO INCLUIDO vs. EL NO INCLUIDO
PONDERADOS MEDIANTE LOS COEFICIENTES DE MANO DE OBRA
(HORAS/10 TON)

Año	Coeficientes de mano de obra:		Progreso tecnológico de ahorro de mano de obra:			
	Total realmente observado	Promedio de 1976 para los hornos en uso en cada fecha respectiva	Período	Total	Incluido	No incluido
1960	35.5	22.0	1960-70	45%	31%	20%
1970	19.5	15.2	1970-76	30%	15%	18%
1976	13.6	12.9	1960-76	62%	41%	36%

Fuente: Cuadro IV.6 y nuestros cálculos. Véanse las notas del Cuadro IV.5.

El coeficiente promedio de mano de obra para 1976, según lo calculamos a partir de nuestros hornos, resultó un tanto menor que el promedio nacional (12.9 y 13.6), lo cual se debió nuevamente, quizá, a la exclusión de algunos hornos pequeños de la muestra. No obstante, el examen de los promedios para 1970 y 1960 nos muestra que las diferencias aumentan considerablemente, lo cual indica que en realidad hubo una cantidad importante de progreso tecnológico de ahorro de mano de obra no incluido en el capital. De hecho, si se toma 1960 como el año base, el total de progreso de ahorro de mano de obra es de 62% en 1976 (una reducción anual de 5.9% en los coeficientes de mano de obra), comparado con el 41% para el progreso de ahorro de mano de obra incluido en el capital (3.2% anual). Esto deja un total de 36% (ó 2.8% anual) para el progreso técnico no incluido, el cual sería, por lo tanto, casi tan importante como el medido para el progreso incluido en el capital.⁶

3.3. Distribución de la capacidad

La combinación de la información obtenida de los dos conjuntos de diagramas Salter en un espacio bidimensional nos proporciona la distribución de la capacidad mostrada en la Gráfica IV.5. El tamaño de los rectángulos es proporcional a la capacidad y, como sería de esperarse conforme a los estudios técnicos, como el de McBride (1981), se da una concentración de hornos de gran tamaño hacia el origen. Hay algunos hornos grandes a lo largo del eje de insumos de energía —hornos que son menos eficientes en el uso de energía—, pero sólo los hornos pequeños son realmente intensivos en el uso de mano de obra.

La edad de los hornos es indicada mediante rectángulos oscuros para los construidos en 1960 o antes, y se añade una cruz si fueron construidos en 1950 o antes. Los rectángulos en blanco son los construidos después de 1960, mientras que los construidos después de 1970 pertenecen todos al grupo de hornos más cercanos al origen.

4. La función de producción industrial de corto plazo

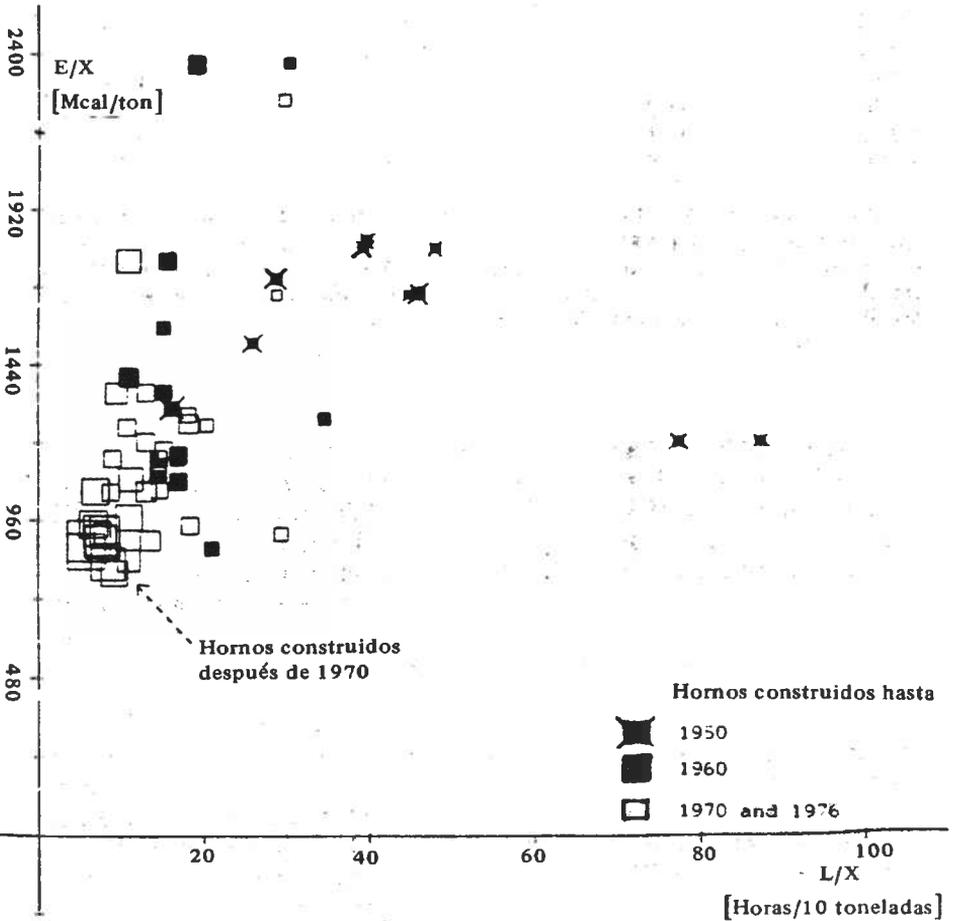
4.1. La región de sustitución

En la sección precedente, a partir de la Gráfica IV.5, fue evidente que las posibilidades de sustitución fueron muy grandes en lo que concierne a los hornos más viejos —ya que algunos de ellos resultaron muy intensivos en uso de energía y algunos menos intensivos en uso de energía pero mucho

⁶ El progreso tecnológico no incluido asciende a $0.38/0.59 = 0.64$, esto es, una reducción de 36% en comparación con 41% para el progreso tecnológico incluido en el capital.

GRAFICA IV.5

LA DISTRIBUCION DE LA CAPACIDAD
HORNOS MEXICANOS, 1976



más intensivos en uso de mano de obra. En lo que se refiere a los hornos más nuevos, no obstante, la diferencia entre los coeficientes es menor, en particular para la mano de obra. Naturalmente, este resultado depende de varios factores, incluidos el desarrollo de los precios relativos a las propiedades de escala de la función de producción *ex ante*. En el Cuadro IV.8 consignamos el desarrollo de los precios del combustible y de la mano de obra.

CUADRO IV.8

DESARROLLO DE LOS PRECIOS DE LOS FACTORES
1950-1980 (1960: INDICE = 100)

Año	Combustible	Mano de obra	Precio relativo
1950	57	37	65
1960	100	100	100
1965	100	153	153
1970	100	241	241
1976	171	671	392
1980	295	1399	474

Fuente: Compilados por el autor. Los precios del combustible son para el combustóleo pesado de PEMEX (1982) (Los precios del gas natural siguen muy de cerca a los del combustóleo). Los costos de la mano de obra fueron calculados a partir de las cifras del censo, véase SPP. La cifra para 1950 incluye todas las categorías de empleo; las cifras para 1960 en adelante, incluyen sólo a los obreros.

Hasta 1970, el desarrollo de esos precios relativos es muy similar al desarrollo correspondiente de los precios relativos en Suecia (véase Försund y Hjalmarsson, 1983) y probablemente al de otros países de la OCDE. No obstante, después de 1973, los precios del combustible no aumentan tan rápidamente como en Suecia. El precio relativo de la mano de obra continúa aumentando, mientras que, en el caso de Suecia, cayó notablemente. A pesar de que los salarios absolutos fueron bajos en comparación con Suecia, el precio relativo de la mano de obra en comparación con el de la energía es mucho más alto. Un año de mano de obra, a precios relativos mexicanos de 1980, es aproximadamente equivalente a 450m³ de combustóleo en costo. En Suecia, el costo para las empresas de un año de mano de obra corresponde únicamente a alrededor de 160m³ de combustóleo. Mientras que el precio de la mano de obra relativo al combustible aumentó en México de 100 a 474, de 1960 a 1980, el precio relativo correspondiente descendió a 97.3 en Suecia, lo cual implica que la razón entre esos precios relativos en México y en Suecia aumentó de 1, en 1960, a 4.9, en 1980; esto es, el precio de la mano de obra (relativo al combustible) aumentó casi cinco veces más rápidamente en México. Consecuentemente, parece claro que, en México, el principal incentivo económico ha sido economizar en el uso de insumos de mano de obra. Sin embargo, como hemos visto que los coeficientes de insumos de energía también disminuyeron, lo cual indica ya sea una explotación de economías de escala o un progreso tecnológico de ahorro de insumos en las funciones *ex ante*, entonces la disminución en el uso de energía es verosímilmente un pro-

ducto secundario de nuevas inversiones, antes bien que el resultado de un esfuerzo determinado por sustituir la energía.

Prácticamente todas esas nuevas inversiones son en tecnología de procesos secos (con precalentadores de suspensión, en muchos casos), de modo que la participación global de los hornos de proceso húmedo en la industria descendió de 23%, en 1965, a 11%, 1975, y aun más, a 7%, en 1980. Esto provoca automáticamente un descenso en los insumos promedio de combustible. La región de sustitución y el mapa de *curvas de isoproducción* de la función de producción industrial de corto plazo se muestra en la Gráfica IV.6.

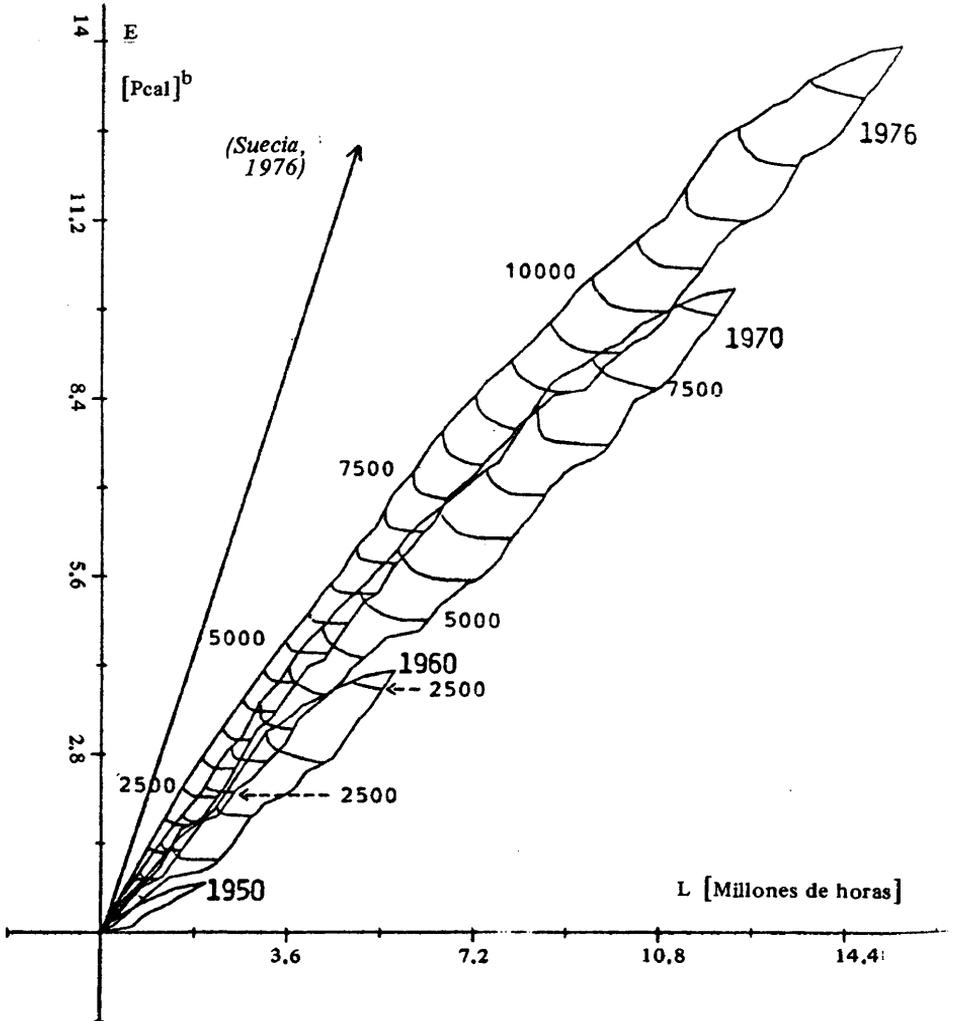
Como sería de esperarse, el progreso tecnológico incluido en el capital implicó un desplazamiento de toda la región de sustitución hacia el eje de la energía y, aunque el total de ahorro de mano de obra fue sobrestimado debido al uso de los coeficientes de 1976 (véase el Cuadro IV.7), podemos comparar ese desplazamiento con el correspondiente para la industria cementera sueca. Este último no se muestra en el diagrama, pero la dirección de la región de sustitución para 1976 se muestra mediante una flecha que indica la razón global energía/mano de obra (a la capacidad máxima). En el caso de 1960, la región de sustitución y la razón promedio de los factores para Suecia corresponden aproximadamente a la dirección de la región y de la razón de los factores para México en 1976. Así, a pesar de los precios relativos más altos para la mano de obra con respecto al combustible, la industria cementera mexicana todavía no ha podido desplazar sus proporciones de los factores combustible/mano de obra con la misma rapidez o tan lejos como la industria cementera sueca. Una razón para esto pueden constituirlos los precios relativos *bajos* de la mano de obra *con respecto al capital*, lo cual lleva a una mayor intensidad de uso de mano de obra en México y a una mayor intensidad de uso de capital en Suecia. Además, en las comparaciones entre países, las diferencias en los precios relativos de la mano de obra con respecto a todos los otros precios de factores y productos son importantes y deben ser tomadas en cuenta cuando se estudian las diferencias en las intensidades de uso de mano de obra y en las intensidades de uso de otros factores. Otra razón, muy práctica, por la que las compañías mexicanas tienen más empleados es que éstos son necesarios para casos fortuitos y reparaciones (mientras que en muchos países industrializados se recurre a firmas especializadas), para operar subestaciones de energía eléctrica de reserva cuando falla la electricidad, etcétera.

Las posibilidades de sustitución a corto plazo disponibles a lo largo de varias *curvas de isoproducción* diferentes se muestran en el Cuadro IV.9, mismas que confirman la impresión visual de que, al menos a ciertos niveles de producción, como 5,000 y 7,500 kilotoneladas, la región de sustitución es más estrecha para los datos de 1976 que para los de 1970.

Otra característica de las *curvas de isoproducción* —a todos los niveles y para todos los años— es que la reducción posible en los coeficientes de ma-

GRAFICA IV.6

EL DESARROLLO DE LA FUNCION DE PRODUCCION INDUSTRIAL DE CORTO PLAZO DEBIDO AL CAMBIO TECNOLOGICO INCLUIDO EN EL CAPITAL - 1950-1976^a



^a La distancia entre las *curvas de isoproductión* es de 500 kilotoneladas.

^b *N del ed:* Pcal = petacaloría = 10^{15} calorías.

no de obra a lo largo de una *curva de isoproducción* es significativamente mayor que la correspondiente reducción en los coeficientes de energía. Así, en 1976, una reducción del 14% en los insumos de mano de obra puede trocarse por un incremento del 5% en el uso de energía a lo largo de la *curva de isoproducción* de 10,000 kilotoneladas.

CUADRO IV.9

REDUCCION MAXIMA DE LOS COEFICIENTES DE MANO DE OBRA Y ENERGIA LOGRADA MEDIANTE EL DESPLAZAMIENTO DE UN EXTREMO A OTRO A LO LARGO DE VARIAS DE LAS CURVAS DE ISOPRODUCCION PARA LOS CONJUNTOS DE DATOS DE 1976, 1970 y 1960 (VALORES - %)

Nivel de isoproducción	Reducción en mano de obra			Reducción en energía		
	1976	1970	1960	1976	1970	1960
10 000 Kton	14	--	--	5	--	--
7 000 Kton	12	14	--	5	8	--
5 000 Kton	19	22	--	4	9	--
2 500 Kton	29	22	11	8	5	3

4.2. Cambio de productividad

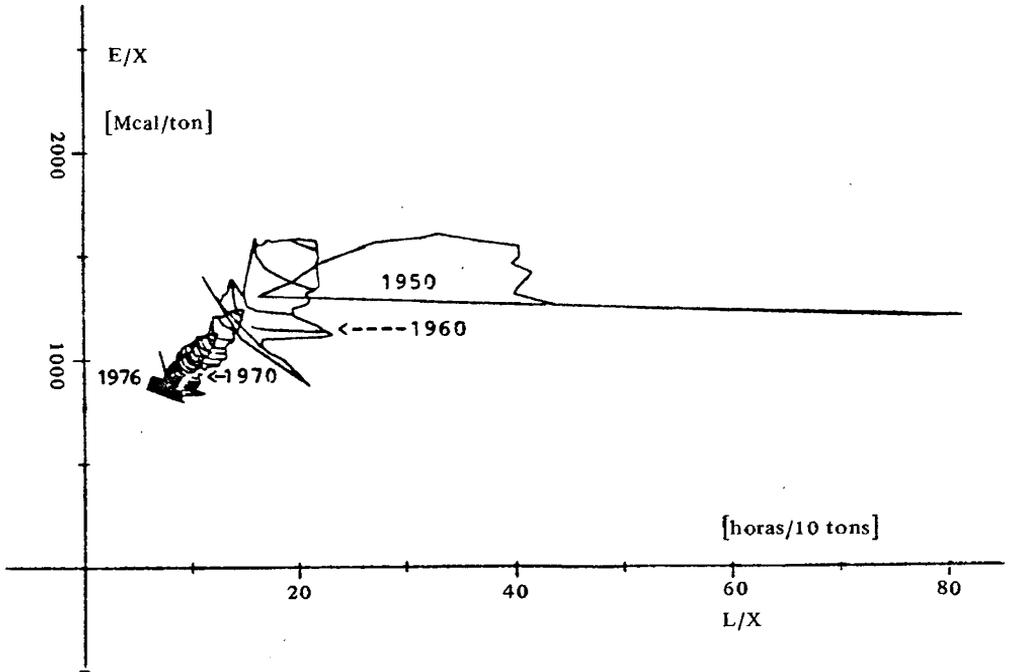
En la Gráfica IV.6 se indican varias *curvas de isoproducción*, marcadas como 2,500, 5,000, 7,500 y 10,000, con lo que las diferencias en productividad debidas al cambio tecnológico incluido en el capital para 1950, 1960, 1970 y 1976 pueden estudiarse examinando la distancia entre cada *curva de isoproducción* y el origen. En la Gráfica IV.7A se transpone la misma gráfica al espacio de los coeficientes de insumos mediante la división de los insumos por el correspondiente nivel de capacidad de producción. Las áreas resultantes se denominan regiones de capacidad y muestran el conjunto de coeficientes posibles de insumos para cada conjunto de datos, lindantes hacia el origen con el límite de eficiencia respectivo de cada año. La introducción sucesiva de hornos más grandes que explotan economías de escala y de tecnología más nueva en general es el mecanismo oculto que acerca consecutivamente más los límites de eficiencia al origen.

El aumento en productividad entre los hornos construidos antes de 1950 y los otros es en realidad tan grande, que no puede ser mostrado de manera conveniente en el mismo diagrama; por lo que elaboramos la Gráfica IV.7B, que es una "amplificación" de las regiones de capacidad para los datos de 1960, 1970 y 1976. El aumento en la productividad de

1970 a 1976 parece más pequeño que los otros; aunque esto lo explica parcialmente el hecho de que el período de tiempo es de sólo seis años, contra diez para las otras regiones de capacidad.

GRAFICA IV.7A

REGIONES DE CAPACIDAD PARA LOS HORNOS MEXICANOS POR EDAD (1950-1976)

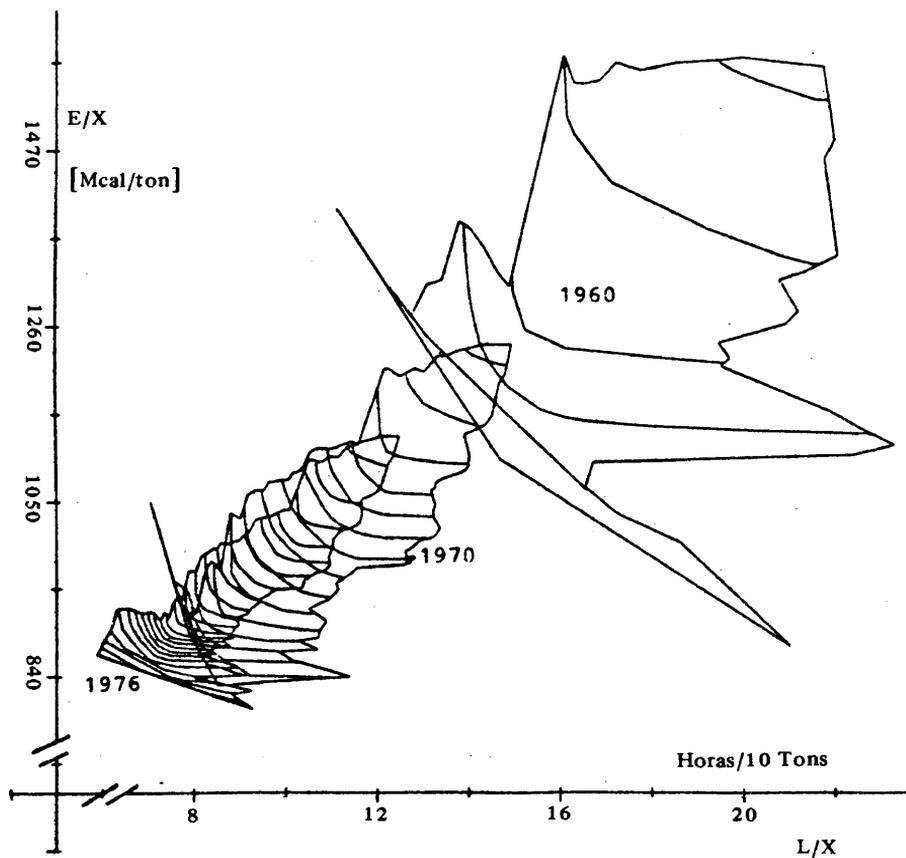


4.3. Avance tecnológico y sesgo

Para poder hacer una evaluación más precisa del crecimiento de productividad y del sesgo de ahorro de mano de obra observados en las Gráficas IV.6 y IV.7 y discutidos en las dos secciones anteriores, elegimos calcular las medidas Salter del avance tecnológico y del sesgo de los factores (véase Salter, 1960, y Førsund y Hjalmarsson, 1979).

GRAFICA IV.7B

REGIONES DE CAPACIDAD PARA LOS HORNOS MEXICANOS
POR EDAD (1960-1976)^a



^a Las *curvas de isoproducción* corresponden exactamente a las mostradas en la Gráfica IV.6.

CUADRO IV.10

**MEDIDAS SALTER DEL AVANCE TECNOLOGICO INCLUIDO EN EL CAPITAL (T)
Y DEL SESGO DE LOS FACTORES (B). MEDIDOS A PRECIOS DE 1976.
LOS CAMBIOS PORCENTUALES ANUALES SE DAN ENTRE PARENTESIS**

Isoproducción:	500 Kton		2,500 Kton		5,000 Kton		7,500 Kton	
	T	B	T	B	T	B	T	B
1960/50	0.42 (-8.3%)	2.69 (10.4%)	---	---	---	---	---	---
1970/60	0.66 (-4.1%)	1.33 (2.9%)	0.48 (-7.1%)	1.41 (3.5%)	---	---	---	---
1976/70	0.85 (-2.7%)	1.05 (0.8%)	0.88 (-2.1%)	1.27 (4.1%)	0.78 (-4.1%)	1.18 (2.8%)	0.70 (-5.8%)	1.26 (3.9%)
1976/60	0.56 (-3.6%)	1.40 (2.1%)	0.42 (-5.3%)	1.79 (3.7%)	---	---	---	---
1976/50	0.24 (-5.3%)	3.77 (5.2%)	---	---	---	---	---	---

En el Cuadro IV.10, las medidas T y B se definen como sigue:

$$(4) \quad T_{1,2} = \hat{C}_{t2} / \hat{C}_{t1}$$

donde \hat{C}_t se define como el costo mínimo a lo largo de una isocline

$$(5) \quad B_{e,1} = \frac{E_{t2} \cdot L_{t1}}{E_{t1} \cdot L_{t2}}$$

Esto es, el cambio en las razones relativas de los factores evaluados como antes sobre cada *curva de isoproducción* en particular.

A partir del Cuadro IV.10, podemos ver que, cuando se compara la *curva de isoproducción* de 500 kilotoneladas, el avance tecnológico tiene costos reducidos por un total de 76% —i.e., la productividad global aumentó más de cuatro veces (véase la Gráfica IV.7.A) del conjunto de hornos de 1950 al de 1976. Al mismo tiempo, la razón óptima energía-mano de obra se multiplicó casi por 4. La primera columna confirma también la impresión de que en el período 1950-60 fue cuando el progreso tecnológico incluido en el capital fue más rápido y cuando el sesgo de ahorro de mano de obra fue más pronunciado.

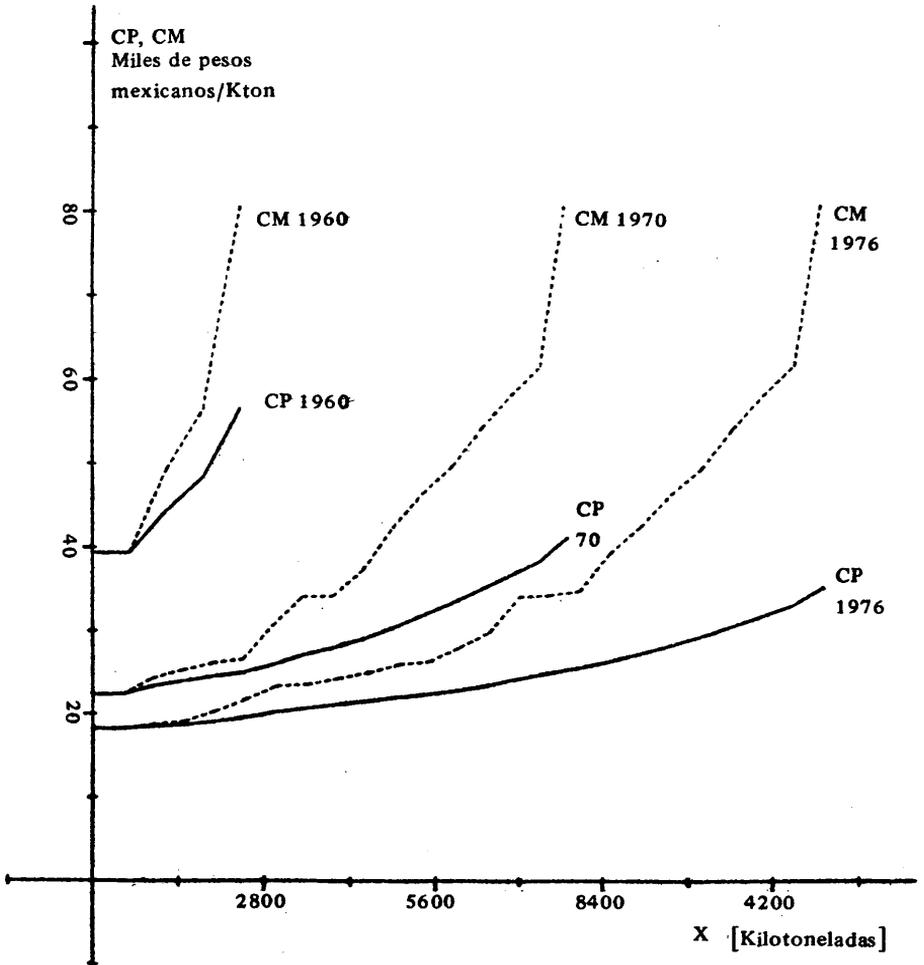
Desafortunadamente, para las otras *curvas de isoproducción* no hay cifras para 1950, ya que la capacidad apenas alcanzó el nivel de las 500 kilotoneladas. Sin embargo, las cifras de la *curva de isoproducción* de 2,500 kilotoneladas confirman la impresión de que el avance tecnológico incluido en el capital fue más rápido de 1960 a 1970 (reducción de costos de 7.1% anual) que de 1970 a 1976 (reducción de costos de 2.1%). En cuanto al sesgo de ahorro de mano de obra, no obstante, hay una pequeña diferencia entre los dos conjuntos de datos a lo largo de esa *curva de isoproducción*. Para las de 5,000 y 7,500 kilotoneladas, las únicas cifras disponibles son para 1970 y 1976. Para estos últimos seis años, la tasa de progreso tecnológico incluido en el capital varió de un 2.1% anual nivel de 2,500 kilotoneladas y hasta 5.8% al de 7,500. Aparte de la *curva de isoproducción* de 500 kilotoneladas, el sesgo de ahorro de mano de obra fue del orden del 3-4% a todos los restantes niveles de producción.

5. Costos y eficiencia en la industria cementera mexicana

5.1. La función de costos

Otra manera de examinar el avance tecnológico es mediante el cambio en los costos promedio y marginales, como se muestra en la Gráfica IV.8.

GRAFICA IV.8
FUNCION DE COSTOS – 1976, 1970 y 1960

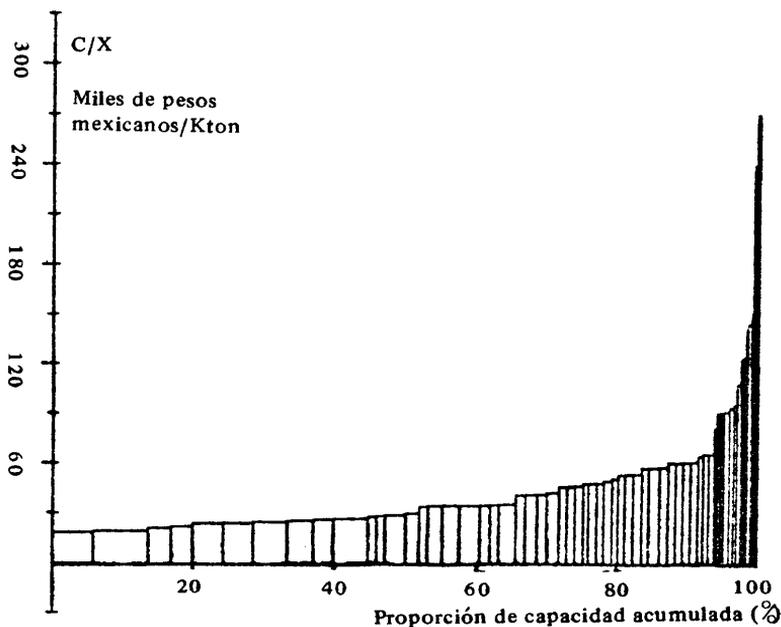


CP = Costos promedio. CM = Costos marginales.

En los casos de los hornos de 1976 y 1970, los costos muestran contornos un tanto similares: las curvas de los costos promedio tienen una larga porción plana, mientras que las de los marginales siguen una trayectoria más bien en forma de J. La explicación de esos contornos reside en la estructura de costos de cada uno de los hornos mostrada en la Gráfica IV.9. En ésta, los hornos están dispuestos en orden ascendente de costo variable, en analogía con los diagramas Salter de la sección 3.3. En realidad, el diagrama Heckscher puede considerarse como un promedio ponderado de los dos diagramas Salter para la energía y la mano de obra, promedio que se ponderó mediante los precios relativos. El diagrama Heckscher para 1970 (no incluido) es similar al de 1976, con un número bastante grande de plantas eficientes nuevas en el extremo inferior izquierdo. En el caso de la curva de 1960, no obstante, la curvatura no es tan marcada debido a que el intervalo de la distribución de los hornos por costo es más equilibrado.

GRAFICA IV.9

DIAGRAMA HECKSCHER INDUSTRIA CEMENTERA MEXICANA, 1976



La distancia entre las curvas de costos promedio y las de costos marginales —y, por lo mismo, claro, la curvatura de la propia curva de costos promedio— se relaciona estrechamente con la elasticidad respecto a la escala. Si ésta es baja, entonces tenemos regresos a la escala rápidamente decrecientes a medida que se ponen en uso más hornos ineficientes y las curvas de los costos marginales y promedio ascienden marcadamente. Las elasticidades respecto a la escala no pueden ser computadas fácilmente a lo largo de las isoclinas, ya que no están definidas en las aristas de la *curva de isoproducción* por las que cruza la isoclina. En lugar de eso, el Cuadro IV.11 muestra las elasticidades respecto a la escala a lo largo de la trayectoria promedio de los factores⁷ (determinada mediante las proporciones de los factores a la capacidad máxima).

CUADRO IV.11

ELASTICIDADES RESPECTO A LA ESCALA A LO LARGO DE LA TRAYECTORIA PROMEDIO DE LOS FACTORES

Producción en kilotoneladas

Año	100	200	500	1000	2000	2500	5000	7500	10000
1950	1.0	0.91	0.86						
1960	1.0	0.98	0.98	0.90	0.65	0.70			
1970	1.0	1.00	1.00	0.94	0.96	0.95	0.79	0.52	
1976	1.0	1.00	0.99	0.97	0.94	0.95	0.94	0.87	0.73

Nota: Elasticidades respecto a la escala calculada como e en
$$e(X) = \frac{\delta X}{\delta L}L + \frac{\delta X}{\delta E}E$$

Como sería de esperarse, las elasticidades son más altas en general (cercanas a la unidad) a niveles bajos de producción cuando están siendo operados los hornos comparativamente más eficientes. Las elasticidades respecto a la escala muestran una tendencia a disminuir cuando se está próximo de la capacidad máxima⁸ (la elasticidad respecto a la escala llega a

⁷ Cuando la trayectoria promedio de los factores pasa por fuera de la región de sustitución, usamos los valores de la elasticidad con respecto a la escala en el límite de la *curva de isoproducción* adecuada.

⁸ *N.B.* En este caso se trata de elasticidades respecto a la escala en el corto plazo, por lo que no deben confundirse con las elasticidades respecto a la escala "ordinarias", ya que estas últimas, pero no las primeras, se estiman mediante el estudio del aumento de producción debido a la capacidad *nueva*.

descender hasta 0.48 al nivel de 12,000 kilotoneladas), pero la disminución no es necesariamente monótona. Esto puede ser observado para los datos de 1970, a medida que la elasticidad respecto a la escala aumenta ligeramente entre la *curva de isoproducción* de 1,000 y la de 2,000 kilotoneladas.

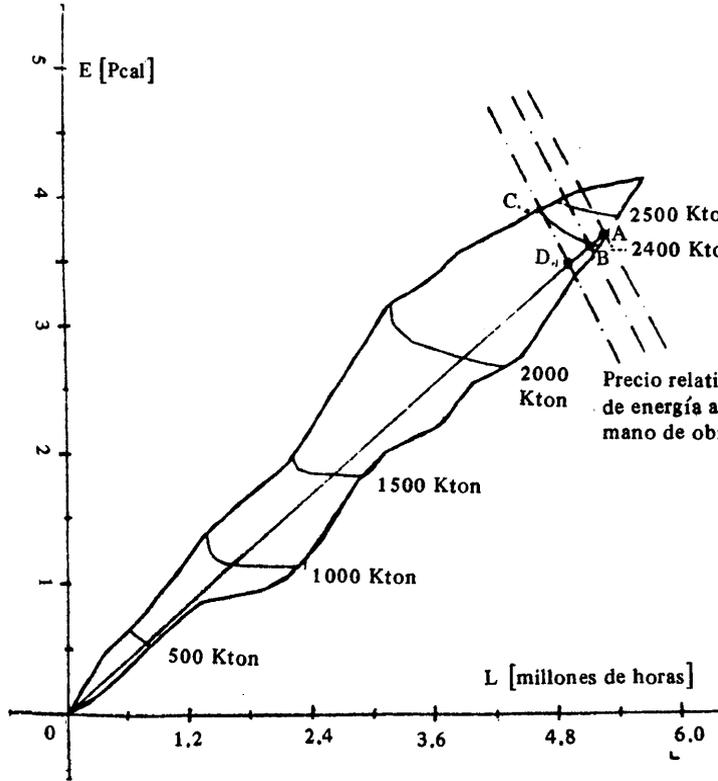
5.2. Eficiencia

Cuando se toma en cuenta la eficiencia estática de una sola planta, Farrell (1957) distingue entre eficiencia tecnológica y distributiva. La primera indica cuánto puede ganarse produciendo al mismo nivel con coeficientes de insumos a la "mejor eficiencia" (pero manteniendo las mismas proporciones de factores). La eficiencia distributiva, por su parte, mide la reducción de costos posible mediante la producción en el límite de la "mejor eficiencia", pero utilizando proporciones de factores que sean óptimas en función de los precios relativos corrientes de los factores. Siguiendo a Førsund y Hjalmarsson (1979), calculamos las medidas Farrel para toda la industria mediante la comparación de los costos de los insumos realmente utilizados con los costos hipotéticos obtenidos de la función de producción industrial de corto plazo (suponiendo que todas las empresas tuvieran los mismos costos relativos basados en los precios de los factores en 1976). Así, en la Gráfica IV.10.A, el punto "A" muestra la mano de obra y la energía utilizadas en la producción de 2,403 Kton en los hornos de 1960. Si la industria hubiese operado óptimamente conforme a la función de producción de corto plazo, podría haber producido esa misma cantidad de materia pétreo vitrificada, con las mismas proporciones de factores sobre la *curva de isoproducción* de 2,403 kilotoneladas en el punto "B". La relación de costos OB/OA es nuestra medida de la eficiencia tecnológica. No obstante, si se toman en cuenta los precios relativos⁹ de la energía a la mano de obra, habría sido mejor producir lo más lejos posible hacia el eje de la energía a lo largo de la *curva de isoproducción*, esto es, en "C". Puesto que el costo total es constante a lo largo de las líneas de precios, la eficiencia distributiva puede visualizarse como la relación OD/OB. La eficiencia total es el producto de la eficiencia distributiva y la tecnológica (y, por lo tanto, dada por OD/OA). En la Gráfica IV.10B, la trayectoria de los factores para 1976 pasa por fuera del área de sustitución,

⁹ Obsérvese que continuamos hablando de los precios relativos de 1976, puesto que nuestros coeficientes de insumos son para ese año y, por lo tanto, no podemos medir la eficiencia real para 1970 y 1960. Consecuentemente, las cifras proporcionadas para esos dos conjuntos de datos se refieren a la eficiencia tecnológica y distributiva para 1976 de los hornos construidos antes de 1970 ó 1960. Debido a que la mano de obra era relativamente más barata en el pasado (en comparación con el combustible), la eficiencia distributiva de, por ejemplo, los hornos de 1960 en 1960 muy bien pudo haber sido más alta que la medida mediante los precios relativos de 1976.

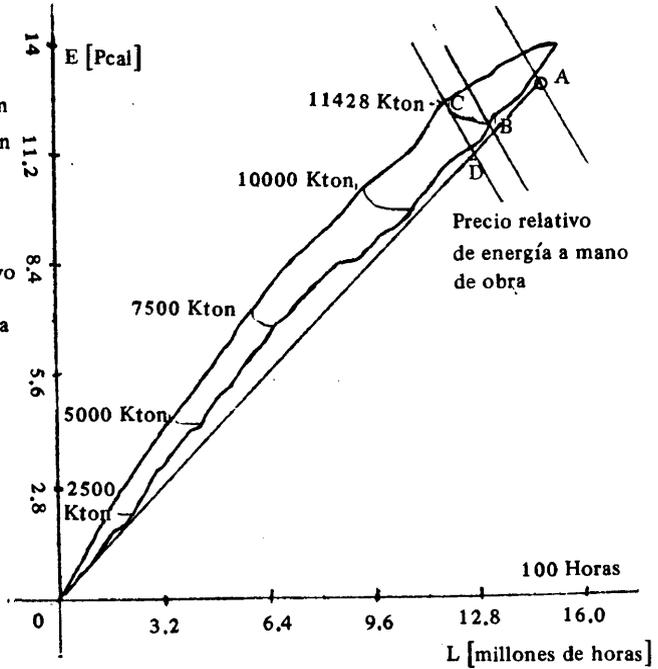
GRAFICA IV.10A

EFICIENCIA TECNOLÓGICA Y DISTRIBUTIVA
HORNOS MEXICANOS (1960)



GRAFICA IV.10B

EFICIENCIA TECNOLÓGICA Y DISTRIBUTIVA
HORNOS MEXICANOS (1976)



por lo que los costos fueron calculados en el límite de la *curva de isoproductión*, lo cual perturba un tanto la distinción entre la eficiencia distributiva y la tecnológica para ese año.

El Cuadro IV.12 muestra que la eficiencia total fue de 0.87 en 1976. Esto implica que los costos totales (combustible + mano de obra) pudieron haberse reducido en un 13% mediante una operación óptima de la industria en el corto plazo. Básicamente, esa ineficiencia se debe al hecho de que algunos hornos con altos coeficientes de insumos fueron operados a pesar de que la utilización de la capacidad fue bastante baja al nivel industrial (1976 fue un año de depresión); por ende, las correspondientes cantidades de cemento "debieron" ser producidas mediante la operación de los hornos más eficientes al 100% de su capacidad y no mediante los otros. Existe cierto número de factores técnicos exteriores a nuestro modelo que pueden explicar una parte de esa ineficiencia, tales como reparaciones y trabajos de mantenimiento, que probablemente impidieron una mayor utilización de los hornos más eficientes. No obstante, otra explicación de esa "ineficiencia" es que, en el modelo utilizado hasta ahora, no se ha tomado en cuenta el hecho de que la industria cementera de México no opera óptimamente como una unidad central, sino, típicamente, como una industria muy segmentada y regionalizada, con participaciones en el mercado casi fijas para las diferentes compañías y regiones. Consecuentemente, en la siguiente sección haremos un intento por incluir algunos de esos aspectos en nuestro modelo y, así, por aclarar un poco los efectos de la competencia restringida sobre la eficiencia.

6. Estructura geográfica y del mercado

6.1. Competencia restringida

La función de macroproducción de corto plazo utilizada en este capítulo lleva la producción a su punto óptimo, dando por supuestos ciertos insumos al nivel de toda la industria. Este tipo de optimización podría esperarse en un mercado monopólico o en uno de libre competencia perfecta. Como muchas otras, la industria cementera mexicana no es ni lo uno ni lo otro. En realidad, puede describirse mejor como un oligopolio con cinco grupos principales: Tolteca y Apasco (que son propiedad en un 50% de capital extranjero), Mexicanos y Anáhuac, propiedad de capital mexicano, la Cooperativa Cruz Azul y varias firmas independientes pequeñas (que incluyen otra cooperativa muy pequeña, Cementos Hidalgo).

Debido a la difícil topografía y a la falta de una infraestructura adecuada, los costos del transporte son muy altos y el mercado mexicano se subdivide en varios mercados relativamente protegidos, que se muestran muy esquemáticamente en la Gráfica IV.11. Para dar sólo unos cuantos ejemplos, la Península de Yucatán está prácticamente dominada por la

planta de Cementos Maya de Mérida, firma antes independiente y que ahora forma parte del grupo Cementos Mexicanos. El "Sur" (que incluye los estados de Oaxaca y Chiapas) es el dominio de la Cooperativa Cruz Azul, que también tiene una planta en el centro de México, donde, no obstante, no goza de un mercado protegido. De manera similar, la región del Golfo de México es aprovisionada por la planta de Cementos Veracruz, perteneciente a Apasco, y la región "Norte-centro" (Chihuahua y Durango) es monopolizada por el más grande de los productores independientes, el grupo Chihuahua.

CUADRO IV.12

MEDIDAS FARRELL DE LA EFICIENCIA^a

Año	Eficiencia tecnológica	Eficiencia distributiva	Eficiencia total
1960	0.97	0.98	0.95
1970	0.96	0.97	0.93
1976	0.91*	0.95*	0.87

Nota: * Calculada en el límite de la *curva de isoeficiencia* más cercana a la trayectoria de los factores, por lo que no se trata de una verdadera medida Farrell.

^a Los valores para 1950 no pudieron ser calculados, ya que la producción excedió la capacidad nominal.

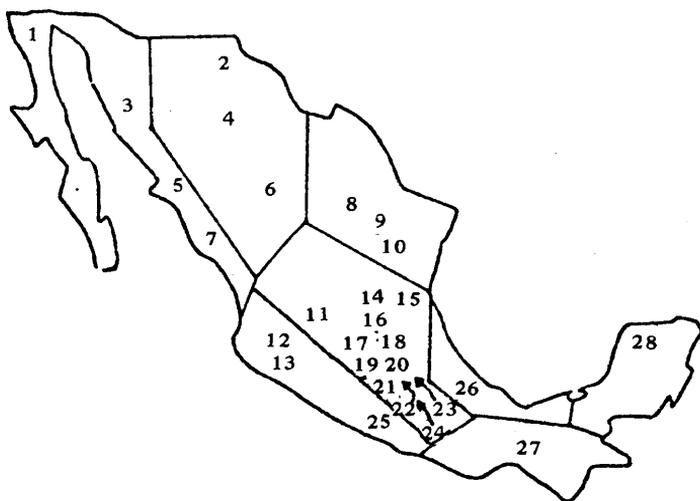
Elaborar un modelo que abarque a la industria cementera mexicana en todos sus detalles es una labor que excede con mucho al alcance de este capítulo. No obstante, exploraremos los efectos que tendría una optimización (oligopólica) parcial sobre los costos de producción en el corto plazo en la Sección 6.3. de este capítulo.

6.2. Comparación de compañías manufactureras de cemento

El Cuadro IV.13 resume cierto número de características técnicas y de operación de los diversos grupos cementeros. Aunque el uso de promedios (simples) es una manera muy grosera de analizar la tecnología utilizada en las diferentes compañías, podemos hacer ciertas observaciones limitadas. Apasco y Anáhuac cuentan con los hornos más nuevos y grandes y todos ellos usan el proceso seco con un gran número de etapas de precalentamiento. Las compañías independientes, el grupo Chihuahua, inclusive,

GRAFICA IV.11

LA DISTRIBUCION GEOGRAFICA DE LAS PLANTAS DE CEMENTO



- 1 Cementos Guadalajara, S.A. Div. California
- 2 Cementos de Chihuahua, S.A. Cd. Juárez
- 3 Cemento Portland Nacional, S.A. de C.V.
- 4 Cementos de Chihuahua, S.A.
- 5 Cementos Sinaloa, S.A.
- 6 Cementos Mexicanos, S.A. Torreón
- 7 Cementos del Pacífico, S.A.
- 8 Cementos Hidalgo, S.C.L.
- 9 Cementos Mexicanos, S.A. Monterrey
- 10 Cementos del Norte, S.A.
- 11 Cementos Maya, S.A. División Bajío
- 12 Cementos Guadalajara, S.A. Guadalajara
- 13 Cementos Tolteca, S.A. Div. Zapotiltic
- 14 Cementos Mexicanos, S.A. Valles
- 15 Cementos Anáhuac del Golfo, S.A.
- 16 Cementos Tolteca, S.A. Div. Atotonilco
- 17 Cementos Tolteca, S.A. Div. Tolteca
- 18 Cemento Portland Blanco de México, S.A.
- 19 Cementos Cruz Azul, S.C.L. Planta Jass
- 20 Cemento Apasco, S.A.
- 21 Cementos Anáhuac, S.A.
- 22 Cementos Tolteca, S.A. Div. Mixcoac
- 23 Cemento Atoyac, S.A.
- 24 Cementos Portland Moctezuma, S.A.
- 25 Cementos de Acapulco, S.A.
- 26 Cementos Veracruz, S.A.
- 27 Cementos Cruz Azul, S.C.L. Planta Lagunas
- 28 Cementos Maya, S.A. Mérida

CUADRO IV.13

**CARACTERISTICAS PROMEDIO DE DIFERENTES
COMPAÑIAS CEMENTERAS**

	Promedio nacional	Apasco	Tolteca	Mexicanos	Anáhuac	Cruz Azul	Chihuahua	Indepen. ^a
Número de hornos	60	4	19	15	8	7	3	4
Año de construcción	1961	1968	1959	1964	1965	1960	1955	1950
Proceso ^b	1.4	1.0	1.7	1.3	1.0	1.0	2.0	2.0
Capacidad	206	394	164	187	399	205	110	47
Número de etapas de calentamiento	1.7	3.5	1.5	0.9	2.5	2.6	1.3	0
Coefficiente de combustible	1.13	0.88	1.33	1.24	0.95	0.96	1.37	1.53
Coefficiente de mano de obra	12.9	8.08	16.5	12.6	8.6	14.4	15.8	44.8

^a En este caso se muestra a Cementos Chihuahua por separado de las compañías independientes.

^b El proceso seco se indica mediante 1; el húmedo mediante 3 y el semisecho mediante 2.

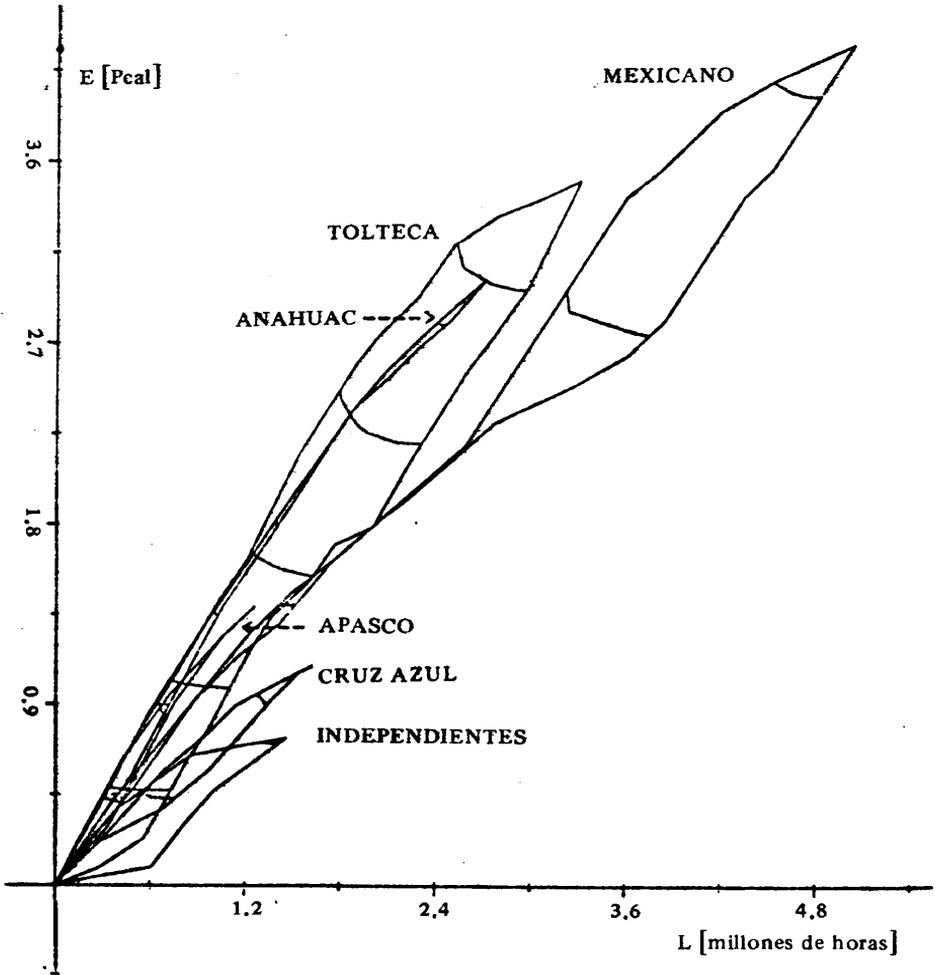
tienen los hornos más viejos, más pequeños y, en promedio, los más “húmedos”, mientras que Tolteca y Mexicanos tienen más bien valores intermedios. Los coeficientes promedio (ponderados) de combustible y mano de obra indican también que los grupos Anáhuac y Apasco son, en promedio, los más eficientes y los independientes, los menos eficientes. Como antes, la “eficiencia” no debe tomarse en un sentido demasiado literal: únicamente estamos examinando los coeficientes de insumos para dos insumos corrientes, sin que sepamos nada sobre los costos de capital, la estructura del capital, las perspectivas del mercado, etcétera. El grupo Cruz Azul es particularmente interesante porque se trata de una cooperativa (de productores). A pesar de que sus hornos son bastantes viejos, todos son secos, tienen precalentadores de suspensión y sus coeficientes de combustibles son bajos. No obstante, como podría esperarse de una cooperativa de productores, los coeficientes de mano de obra no son tan bajos.

En la Gráfica IV.12 representamos la diferencia entre los grupos, mostrando en particular la intensidad relativa de uso de mano de obra de las compañías independientes y de Cruz Azul. Otra característica que hace evidente la Gráfica IV.12 es la diferencia en posibilidades de sustitución dentro de grupos como Tolteca o Mexicanos, que abarcan una amplia gama de hornos con diferentes propiedades, y dentro de grupos como Apasco o Anáhuac, que cuentan con equipo mucho más homogéneo. Esto se ilustra también mediante la Gráfica IV.13, que muestra el patrón de utilización de hornos pertenecientes a cada uno de los grupos propietarios dentro de la función de producción industrial de corto plazo.¹⁰ Apasco y Anáhuac tienen hornos que se encuentran entre los realmente más eficientes de toda la industria y, por lo tanto, son los primeros en ser utilizados en una optimización de toda la industria. Ambos tienen también un par de unidades de un nivel más intermedio. Las compañías independientes se encuentran en el otro extremo de la escala — todos sus hornos pertenecen a los menos eficientes y, por ende, son utilizados en el extremo derecho superior de la región de sustitución, cuando se está cerca del límite de capacidad. Las otras 3 compañías tienen sus hornos distribuidos más equilibradamente por toda la región. Sin embargo, podemos observar que el orden de utilización depende del precio relativo y, así, Cruz Azul tiene algunos hornos que serían introducidos muy pronto si la mano de obra es suficientemente barata en relación con la energía, esto es, entran en el diagrama cerca del origen, a lo largo del borde inferior, pero no así a lo largo del superior.

10 En la Gráfica IV.13 se indica cuándo es utilizado cierto horno de un grupo de hornos en la región de sustitución. Para una ilustración de esas franjas de utilización parcial, consúltese la Gráfica IV.1.

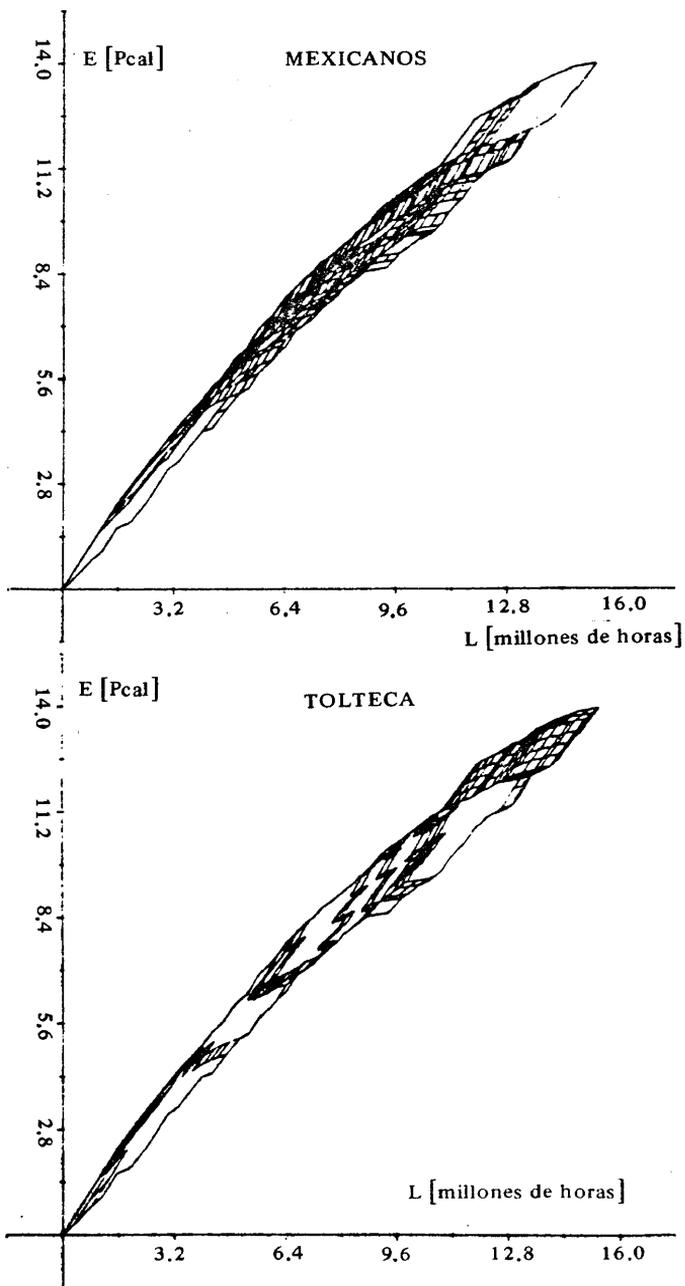
GRAFICA IV.12

CURVAS DE ISOPRODUCCION POR GRUPOS DE COMPAÑIAS

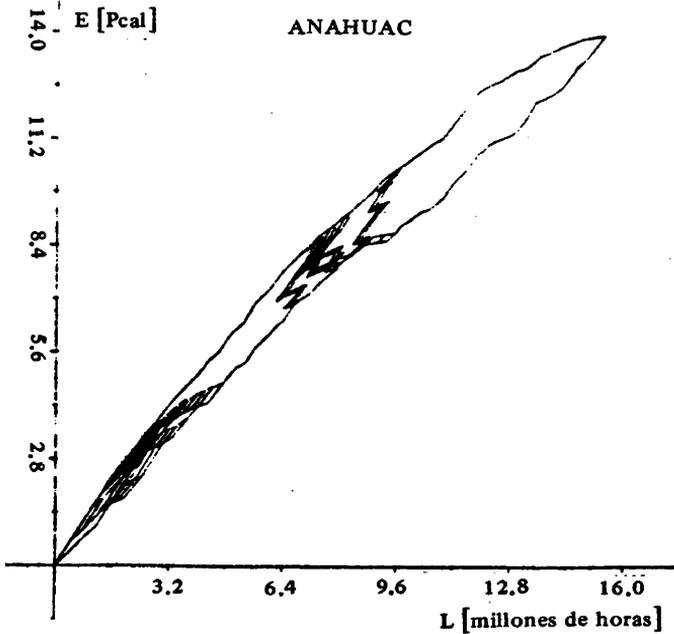
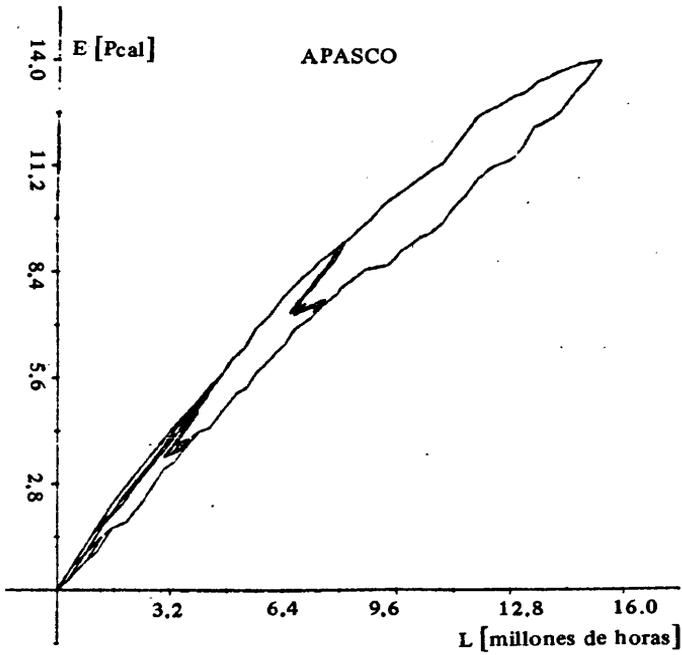


GRAFICA IV.13

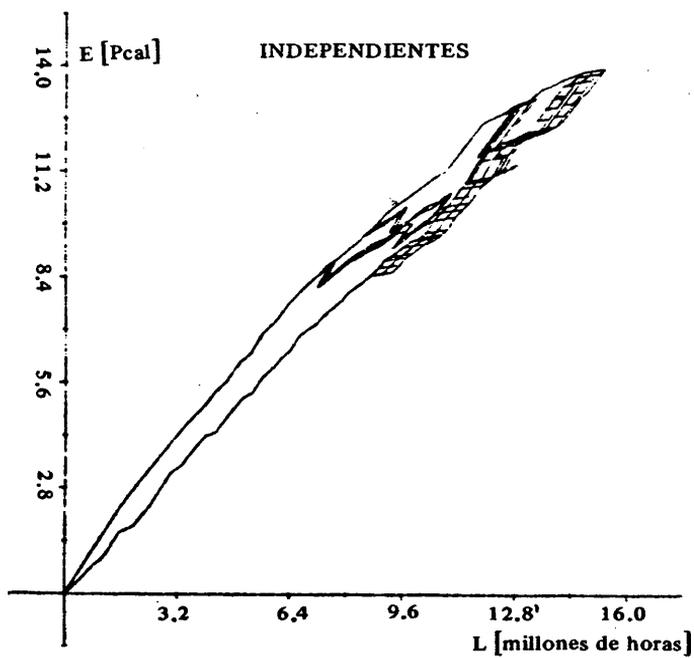
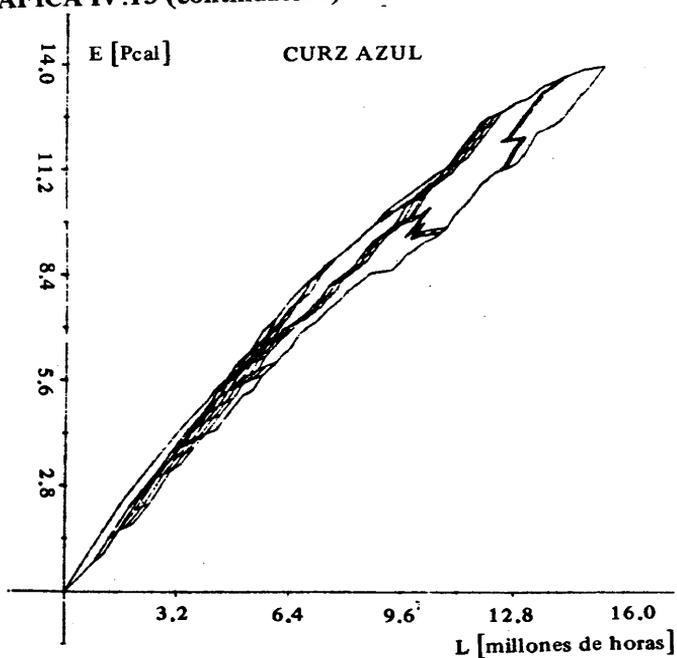
FRANJAS DE UTILIZACION PARCIAL PARA CADA COMPAÑIA CEMENTERA



GRAFICA IV.13 (continuación)



GRAFICA IV.13 (continuación)



Como punto final, es interesante comparar las compañías completamente nacionales —mexicanas— con las dos que tienen una participación de capital extranjero directa: Tolteca y Apasco. Esta última es claramente muy eficiente y se dice que la cooperación técnica con la compañía matriz suiza es intensa e incluye contratos de servicio, decisiones sobre inversiones y elección de equipo. Por otra parte, Anáhuac, propiedad de capital local, es igualmente eficiente. Los socios ingleses de Tolteca no parecen tener tanta influencia como los suizos en Apasco —o quizá deciden dejar que las condiciones locales y los directores tomen las decisiones sobre la política de inversiones y la administración cotidiana. Así, la compañía Tolteca cuenta con algunas plantas muy eficientes y con otras muy ineficientes, pero, a este respecto, es muy similar a Mexicanos, que no tiene ninguna participación de capital extranjero. Por lo tanto, parece difícil encontrar cualquier diferencia sistemática entre las compañías locales y las internacionales en esta industria.

6.3. Los efectos de la suboptimización debida a la competencia restringida

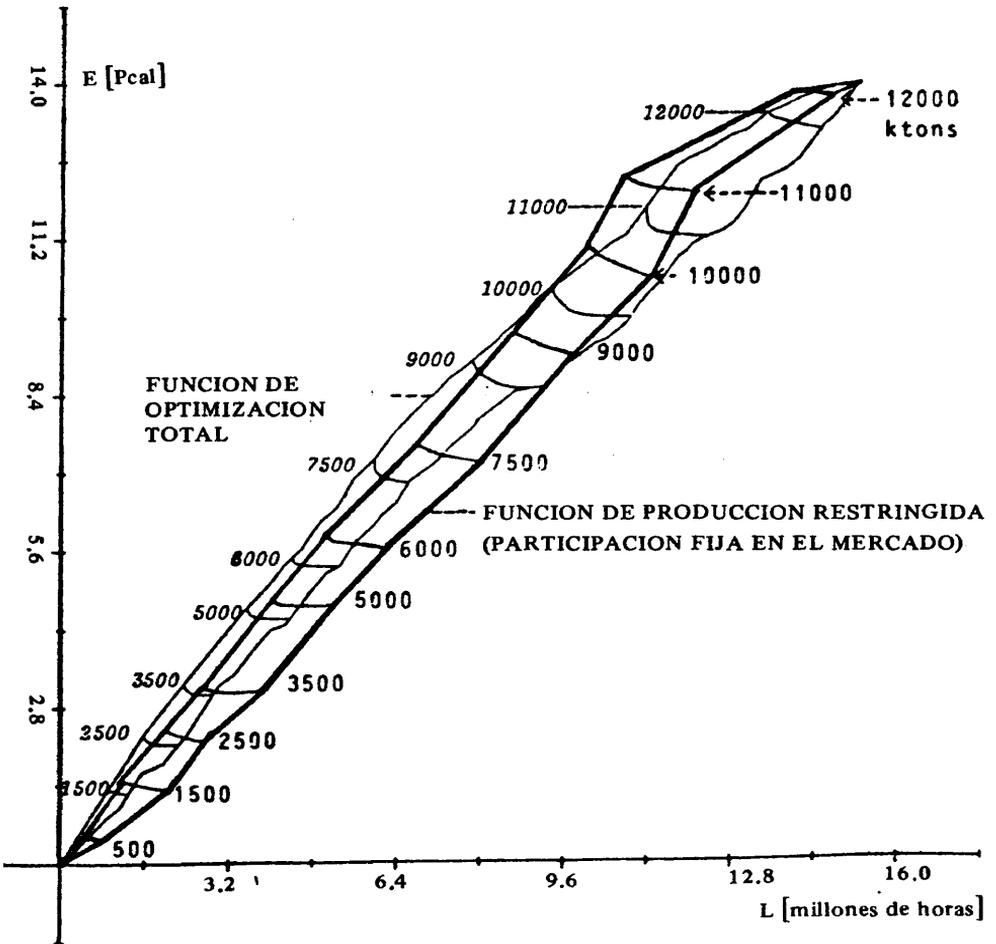
Como ya se mencionó, debe tenerse mucho cuidado de no hacer un énfasis exagerado en los conceptos estáticos de la eficiencia. Incluso en una industria sin segmentación de mercado, la presencia de algunas plantas marginales con coeficientes de insumos muy altos bien puede estar garantizada cuando se toman en consideración los costos de capital de equipo nuevo, la tasa de crecimiento de la demanda, la variación por temporada de la demanda, etcétera.

No obstante, en el caso de la industria cementera mexicana, sabemos que los costos del transporte y la competencia imperfecta son aspectos importantes y característicos. La implicación esencial de esto para el corto plazo es que las participaciones en el mercado son casi constantes. Primero, porque se trata de un arreglo natural entre compañías en un oligopolio y, segundo, por la existencia de mercados regionales protegidos. (Obsérvese que estamos hablando del corto plazo; ello no impide los cambios a largo plazo en el tamaño relativo de diferentes mercados regionales y/o en la participación en el mercado de las diversas partes en competencia.) Pearson (1981) también encontró este tipo de comportamiento oligopólico en la industria cementera argentina.

La Gráfica IV.14 muestra la región de sustitución y las *curvas de iso-producción* para una función de producción industrial de corto plazo obtenidas en el supuesto de que cada compañía se vea restringida a su participación fija en el mercado, pero que esté en libertad de optimizar su elección de insumos en el ámbito de esa participación. La metodología utilizada es exactamente la misma que la empleada en todo este capítulo (véase la Sección 1.3.), con la excepción de que la optimización de corto plazo se hace dentro de cada compañía respectiva, lo cual nos da seis funciones de macro-

GRAFICA IV.14

LA FUNCION DE PRODUCCION INDUSTRIAL RESTRINGIDA DE CORTO PLAZO. LOS IMPACTOS DE LAS PARTICIPACIONES FIJAS EN EL MERCADO



producción de corto plazo, cada una de las cuales, a su vez, nos indica en qué orden serían puestos en operación los hornos si la optimización debiera hacerse dentro de los grupos de compañías descritos en 6.2. Finalmente, esas seis funciones parciales fueron agregadas utilizando proporciones fijas (basadas en las participaciones reales en el mercado en 1976) para formar la función de producción de corto plazo restringida que se muestra en la Gráfica IV.14. Este es un ejemplo típico de suboptimización. Dos características distinguen a la nueva función de producción (trazada con líneas oscuras) de la anterior. Primero, la productividad es más baja (las *curvas de isoproductión* están aún más lejos del origen que las correspondientes de la región de sustitución de optimización total). Segundo, las proporciones de los factores son más intensivas en uso de mano de obra a niveles bajos de producción y más intensivas en uso de energía a niveles altos. Estos dos efectos se deben a la introducción anterior de ciertos hornos —pertenecientes, por ejemplo, a las compañías “independientes”, cuyos hornos tienen ahora que ser representados justo en el inicio de la región de sustitución debido a su participación fija en el mercado. Estos son hornos que en una optimización total son los primeros en el extremo final de la región de sustitución —véase *e.g.*, la Gráfica IV.13.

En lo que concierne a los efectos que ello podría tener sobre la eficiencia total, la *curva de isoproductión* de 11,400 kilotoneladas se encuentra situada ahora aproximadamente donde se encontraba la *curva de isoproductión* de 1,900 kilotoneladas en el diagrama anterior. Esto implicaría que alrededor de 4-5% del 9% de ineficiencia tecnológica encontrada en 1976 (véase el Cuadro IV.11, sección 5.2 del capítulo IV) podría ser explicado por esas participaciones fijas en el mercado. Además, una parte de la ineficiencia distributiva también podría ser explicada. Si se considera que el patrón real de la segmentación del mercado va probablemente mucho más allá que lo sugerido en nuestro modelo (*e.g.*, participaciones fijas en el mercado para cada *planta*, en lugar de para cada *compañía*), parece verosímil que la competencia restringida y los costos del transporte son las principales explicaciones para la “ineficiencia”¹¹ medida en la sección 5.2. de este capítulo.

7. Conclusión: comparación con otros métodos y sugerencias para la investigación futura

A través del uso de una función de producción industrial de corto plazo aplicada a datos sobre hornos individuales al micronivel, hemos visto que la

¹¹ Si los costos del transporte son el principal factor explicativo, entonces no hay nada de “ineficiente”, por supuesto, respecto a la distribución resultante de la producción de cemento entre las diversas plantas. Si, no obstante, las prácticas oligopólicas fuesen el principal factor, entonces podría ser razonable caracterizar la misma distribución de producción como ineficiente.

intensidad de uso de energía de una industria como la cementera mexicana es mucho más compleja que lo que sugiere el uso tradicional de funciones de producción promedio, como la *translog* aplicada a los datos agregados sobre toda la rama.

Vimos que, en el caso de esa industria, la elección tecnológica de equipo nuevo (a partir de la función de producción *ex ante* de largo plazo) no se ve muy afectada por los precios de la energía. Las compañías mexicanas tienen que comprar el mismo equipo estándar que las otras. Simplemente, no sería productivo para los productores de equipo industrial pesado el desarrollo de diseños especiales apropiados para un número limitado de países con diferentes precios relativos en comparación con la mayoría de sus clientes. Los precios de la energía probablemente ejercen alguna influencia en la demora para desechar los hornos más viejos, junto con otros factores como los efectos de la competencia restringida, la necesidad de capacidad de reserva y el rápido crecimiento del mercado. Y también es probable que los precios de la energía tengan una influencia potencial en el uso de la misma a través de los patrones de mantenimiento aplicados y de la prioridad otorgada a los costos de la energía en el trabajo cotidiano de los ingenieros de operación, pero el efecto de tal progreso tecnológico no incluido en el capital es pequeño en una industria como la cementera. Esto no significa que sean necesariamente pequeños en otras industrias, en las que los coeficientes de la energía pueden depender de manera crucial de ciertos tipos de insumos adicionales de mano de obra, materias primas y/o capital. Consecuentemente, el análisis detallado al micronivel de otras industrias similares es un campo importante para la investigación futura.¹²

Ahora que contamos con un conocimiento más detallado de la industria cementera mexicana, parece natural volver a los análisis y métodos de los Capítulos II y III para comparar los resultados y ampliar nuestra comprensión de la diferencia de alcance inherente a cada conjunto de métodos.

Empezando por el Capítulo II, debemos tener presente que el énfasis principal de ese capítulo se puso al nivel del sector manufacturero total. A pesar de ello, existen dos razones para reconsiderar el Capítulo II en este contexto. Primero, los datos utilizados para 1970 y 1975 (de los censos quinquenales) nos ofrecen una fuente independiente y confiable de información con la que podemos verificar nuestros datos. Segundo, esos mismos datos nos permiten comparar también la industria cementera con otras del mismo sector industrial de dos dígitos. Los Cuadros II.5 y II.6 muestran que la intensidad de uso de energía de la industria "33" (que contiene 18 industrias de cuatro dígitos productoras de ladrillos, cerámica, vidrio, cemento, etcétera) aumentó en realidad y analizan ese aumento desde el

¹² Investigación que está siendo planeada por el autor en cooperación con el Departamento de Planeación a Largo Plazo de PEMEX.

punto de vista de la tecnología y la estructura. El incremento en los coeficientes de consumo de energía para la industria "33" debido a la "tecnología"¹³ es menor que el promedio de las industrias de dos dígitos, tanto para el combustible como para la electricidad. El examen de cada una de las industrias de cuatro dígitos nos da una confirmación al ver que la industria cementera no tiene coeficientes de insumos crecientes, sino rápidamente decrecientes, para el combustible (y para la electricidad). En realidad, esa reducción (y una reducción similar para la industria de cerámica, 3311) es la razón principal de que el incremento en la intensidad de uso de combustible sea tan baja para la industria "33" de dos dígitos. No obstante, los coeficientes de la electricidad son reducidos tanto en la industria ladrillera (3332) como en la del "concreto" (3354), al igual que en la industria cementera. En el caso del resto de las industrias clasificadas bajo el número "33", los coeficientes de la energía aumentan —muy sustancialmente en algunos casos—, pero, puesto que el cemento por sí solo representa casi el 30% de la producción en esa industria de dos dígitos, las reducciones de sus coeficientes de energía influyen grandemente en el promedio.

Otra característica distintiva de la industria "33" en el Capítulo II es el hecho de que el cambio estructural al nivel de los cuatro dígitos es utilizador de factores tanto para los combustibles como para la electricidad. (En realidad, es la única industria con cambio positivo en los coeficientes del combustible debido al cambio estructural al nivel de los cuatro dígitos, según la opción II —esto es, utilizando las intensidades de uso de combustibles de 1975 como ponderadores.) Esto, nuevamente, se debe en gran medida a la industria cementera, que, al mismo tiempo, es la más intensiva en uso de combustible de todas las industrias mexicanas (con dos excepciones menores) y fue, durante ese período, una de las de expansión más rápida. Consecuentemente, la industria cementera aumentó su participación en el valor agregado del total del sector de dos dígitos de 22% a 28% durante ese período de cinco años.

Así, en lo que se refiere a la industria cementera, la información utilizada en el Capítulo II confirma el uso relativo decreciente de energía, pero prácticamente no puede darnos más información sobre esa misma industria en particular. Sí nos dice, no obstante, que la industria cementera, con sus coeficientes de energía decrecientes y su rápido crecimiento de producción, está lejos de ser típica. Ello nos obliga a mostrar cautela antes de generalizar los resultados del análisis de la industria cementera y subraya la necesidad de realizar más estudios al mismo nivel de desagregación.

En lo que concierne al Capítulo III, creemos que ese análisis, que incluye todos los factores de producción, puede ser un complemento útil de la función de producción industrial de corto plazo en el capítulo presente. Con la mayor cantidad de información que ahora tenemos sobre la

13

Como se definió en el Capítulo II, esto es, coeficientes promedio de insumos.

industria cementera, es también más fácil interpretar las elasticidades derivadas mediante modelos como el *translog*.

CUADRO IV.14

PORCIONES DE COSTOS EN LA INDUSTRIA CEMENTERA

Año	Electricidad	Combustible	Materias primas	Mano de obra	Capital ^a
1966	12.6%	13.2%	15.3%	25.3%	33.7%
1981 (Prec. nominales)	8.0%	5.5%	11.8%	25.3%	49.3%
1981 (Precios de 1966)	11.2%	9.0%	15.8%	13.2%	51.2%

^a A todo lo largo de esta sección, el capital será ponderado mediante el valor del equipo de capital, en vista de que los resultados obtenidos con el valor agregado fueron muy pobres en el caso de la industria cementera; véanse los Cuadros III.A.1 y III.A.2.

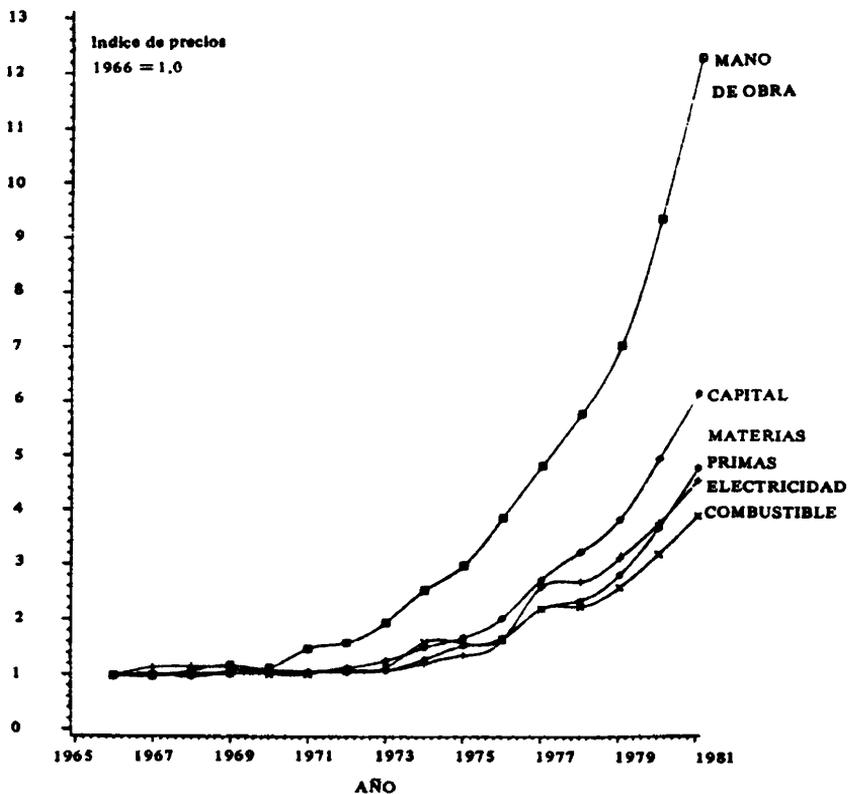
El Cuadro IV.14 nos indica cómo fue el desarrollo de las porciones de costos para cada uno de los cinco factores de producción de 1966 a 1981. Puesto que el costo total aumentó únicamente 3% menos que la producción total, la industria cementera mostró, en nuestro modelo, regresos a la escala casi exactamente constantes, por lo que podemos identificar esas porciones de costos con los correspondientes coeficientes de insumos. Desde el punto de vista nominal, la porción de costos de la mano de obra fue constante y todas las porciones de costos de los otros factores disminuyeron. Sin embargo, para entender cómo cambiaron los coeficientes de insumos reales, tenemos que deflacionar y tomar en cuenta las porciones de costos de los factores a precios de 1966, lo cual se muestra en el último renglón del cuadro. En el Cuadro IV.15 se muestra el correspondiente desarrollo de los precios de los factores, cuya característica más sobresaliente es el rápido desarrollo de los salarios en comparación con los precios de todos los demás factores. Así, el uso de la mano de obra se reduce a la mitad, mientras que los salarios casi se duplican (en relación con el costo promedio de los factores) y la porción de salarios nominales se mantiene al mismo nivel. Esto ayuda a explicar el hecho de que la elasticidad de la mano de obra con respecto a los precios sea la más grande y la más estable de las estimadas.

Debido a que encontramos que las elasticidades estimadas en el Capítulo III no sólo variaron con el tiempo sino que también se mostraron muy sensibles a los cambios en las especificaciones del modelo y a los cambios en el período de observación, extendimos el análisis de la industria cementera aproximadamente de la misma manera que el de la categoría "industria total" en el capítulo anterior. Así, el Cuadro IV.15 combina algunas de las características de los Cuadros III.7 y III.10 mediante la introducción del cambio tecnológico neutro de Hicks y de la homoteticidad, así como mediante el cambio del período de observación. El Cuadro IV.16 corresponde al III.6 y muestra el desarrollo en el tiempo de las elasticidades en la corrida base. En esta corrida no se supone ninguna restricción, como la homoteticidad o el cambio tecnológico neutro, y en todos los casos se utiliza el valor de la maquinaria como medida del capital, ya que se encontró que esto tiene mucho mejores estadísticos de ajuste que el análisis mediante el valor agregado (véanse los Cuadros III.A.1 y III.A.2).

Lo que es un tanto sorprendente es que, en todos esos análisis, las materias primas parecen ser un sustituto tanto de la mano de obra como, sobre todo, de los combustibles; además, muestran una elasticidad-precio propia importante (y estadísticamente significativa), de alrededor de -0.25. Esto parece un poco difícil de creer, ya que, en la industria cementera, la relación entre las materias primas y la producción debe caer, técnicamente, dentro de márgenes muy reducidos. Además, suponemos que las estadísticas publicadas respecto a la cantidad y precios de las materias primas "compradas" por la industria cementera debieron

GRAFICA IV.15

PRECIOS DE LOS FACTORES EN LA INDUSTRIA CEMENTERA
1966-1981



haber sido "estimadas" mediante algún procedimiento, ya que todas las industrias cementeras que conocemos poseen su propia cantera y ¡simplemente extraen por sí mismas la mayor parte de las materias primas! Por esta razón, en el Cuadro IV.5 consignamos también la estimación de un modelo sin materias primas. No obstante, ello no ejerce ningún efecto realmente considerable sobre las elasticidades, que se mantienen, aunque la elasticidad-precio del capital aumente.

Como se recordará a partir del Capítulo III, la industria cementera fue una de las pocas para las que los modelos restringidos por el cambio tecnológico neutro de Hicks y por la homoteticidad no pudieron ser rechazados por la prueba de ji-cuadrada y para las que dichos modelos tuvieron un buen desempeño conforme a las medidas de bondad de ajuste cuando fueron comparados con el modelo irrestricto. Esto podría ayudar a explicar el hecho, descubierto en el Cuadro IV.15, de que la introducción de esas restricciones tenga un efecto tan reducido sobre los valores estimados. Al examinar las elasticidades-precio propias, vemos que la única afectada es la correspondiente a la mano de obra, que aumenta un poco en el modelo sin tiempo y sin producción, ya que estas dos variables juntas muestran cierto sesgo de ahorro de mano de obra (véanse los Cuadros III.8 y III.9) que tiene que ser compensado por la elasticidad propia de la mano de obra respecto a los precios.

Considerando las evaluaciones obtenidas a lo largo de este capítulo, resulta un poco sorprendente el descubrir que la mano de obra sea tan dependiente del nivel de salarios. La impresión que tenemos es que son más bien la escala y la tecnología las decisivas para la reducción en los coeficientes de la mano de obra. Por lo tanto, aunque los efectos de la agregación y el uso de muchos factores pueden ser engañosos, podríamos sospechar que esa reducción en el uso de mano de obra habría ocurrido (parcialmente) sin importar el nivel de los salarios y que, consecuentemente, las elasticidades estimadas se deben a una correlación un tanto espuria entre dicha reducción y nivel, aunque este último no es el único (¿o ni siquiera el principal?) factor que provoca tal reducción.

La única elasticidad de sustitución estadísticamente significativa a niveles convencionales en el modelo irrestricto es la elasticidad entre la mano de obra y el capital. Esta, confirmada en todos los otros modelos probados, muestra que existe un alto grado de posibilidad de sustitución entre la mano de obra y el capital, lo cual, intuitivamente, también es razonable, al menos siempre que el capital sustituya a la mano de obra. Si la mano de obra se volviera más barata en relación con el capital, el proceso de sustitución en el sentido inverso podría no ser tan fácil. Entre las otras elasticidades de sustitución, debemos mencionar la posibilidad de sustitución encontrada entre el combustible y la electricidad, que también parece razonable desde un punto de vista técnico (dentro de márgenes más bien estrechos). Sin embargo, esta elasticidad disminuyó considerablemen-

CUADRO IV.15

ESTIMACIONES *TRANSLOG* DE LAS ELASTICIDADES DE SUSTITUCION
Y DE ELASTICIDADES-PRECIO EN EL SECTOR MANUFACTURERO DE CEMENTO.
VARIOS MODELOS

	Irrestringidos				Restringidos		
	Periodo de observación reducido		Corrida básica 66-81	Sin materias primas	Con homoteticidad	Con cambio tecnológico neutro	Con Homoteticidad y cambio tecnológico neutro
	67-81	66-80					
S_{EF}	1.03	0.21	1.31	1.41	1.04	0.93	1.33
S_{EM}	0.23	1.05	0.52	--	0.13	0.07	0.17
S_{EL}	-0.01	-0.07	-0.22	-0.06	-0.13	-0.06	-0.02
S_{EK}	0.32	0.21	0.20	0.16	0.25	0.31	0.14
S_{FM}	1.08	1.80	1.19	--	1.56	1.99	2.27
S_{FL}	-0.28	-0.66	-0.37	-0.20	-0.35	-0.15	-0.11
S_{FK}	-0.13	0.23	-0.29	-0.02	-0.23	-0.43	-0.94
S_{LK}	1.33	1.33	1.37	1.37	1.36	1.47	2.01
S_{ML}	1.17	1.14	1.09	--	0.95	0.73	0.76
S_{MK}	-0.50	-0.81	-0.60	--	-0.64	-0.71	-0.91
E_{EE}	-0.28	-0.25	-0.26	-0.26	-0.21	-0.23	-0.24
E_{FF}	-0.18	-0.23	-0.15	-0.14	-0.20	-0.23	-0.16
E_{MM}	-0.26	-0.34	-0.25	--	-0.21	-0.17	-0.17
E_{LL}	-0.63	-0.56	-0.59	-0.55	-0.58	-0.62	-0.81
E_{KK}	-0.26	-0.25	-0.22	-0.40	-0.23	-0.22	-0.25

Nota: Las elasticidades se refieren al año base y en todas las corridas se utilizó el valor de la maquinaria como medida del capital. Para mayores detalles respecto a los errores estándar de la corrida base, véanse los Cuadros III.3, III.4 y III.5. Los errores estándar no se indican aquí, ya que, en comparación con la corrida base, cambian relativamente poco.

CUADRO IV.16

**EL DESARROLLO EN EL TIEMPO DE LAS ELASTICIDADES
DE LA INDUSTRIA CEMENTERA
(MODELO IRRESTRICTO, EQUIPO DE CAPITAL)**

Elasticidades-precio propias

Año	EE	FF	MM	LL	KK
1966	-0.28	-0.19	-0.26	-0.59	-0.22
1967	-0.31	-0.20	-0.26	-0.59	-0.22
1968	-0.31	-0.18	-0.24	-0.59	-0.22
1969	-0.29	-0.17	-0.27	-0.59	-0.22
1970	-0.26	-0.15	-0.25	-0.59	-0.22
1971	-0.22	-0.10	-0.22	-0.59	-0.22
1972	-0.22	-0.10	-0.22	-0.59	-0.22
1973	-0.16	-0.02	-0.20	-0.58	-0.22
1974	-0.12	-0.10	-0.20	-0.59	-0.22
1975	-0.09	-0.00	-0.21	-0.58	-0.22
1976	-0.07	0.16	-0.17	-0.58	-0.22
1977	-0.19	0.12	-0.13	-0.59	-0.22
1978	-0.14	0.32	-0.07	-0.58	-0.21
1979	-0.12	0.38	-0.07	-0.58	-0.21
1980	-0.07	0.49	-0.07	-0.58	-0.21
1981	-0.02	0.60	-0.10	-0.58	-0.20

Elasticidades de sustitución^a

Año	EF	EM	EL	EC	FM	FL	FK	LK
1966	1.28	0.54	-0.15	0.19	1.17	-0.25	-0.28	1.38
1967	1.26	0.58	-0.11	0.23	1.17	-0.28	-0.28	1.40
1968	1.27	0.55	-0.12	0.25	1.19	-0.31	-0.27	1.38
1969	1.29	0.55	-0.17	0.21	1.18	-0.34	-0.31	1.38
1970	1.31	0.52	-0.22	0.20	1.19	-0.37	-0.29	1.37
1971	1.35	0.49	-0.24	0.21	1.21	-0.45	-0.34	1.35
1972	1.37	0.43	-0.31	0.19	1.22	-0.46	-0.31	1.33
1973	1.46	0.35	-0.41	0.15	1.25	-0.57	-0.38	1.31
1974	1.44	0.31	-0.52	0.10	1.23	-0.44	-0.25	1.31
1975	1.52	0.30	-0.55	0.08	1.26	-0.61	-0.39	1.30
1976	1.64	0.22	-0.55	0.11	1.33	-0.89	-0.58	1.28
1977	1.50	0.31	-0.36	0.26	1.34	-0.91	-0.51	1.30
1978	1.67	0.18	-0.44	0.23	1.45	-1.23	-0.72	1.27
1979	1.73	0.15	-0.49	0.22	1.47	-0.36	-0.79	1.27
1980	1.84	0.10	-0.57	0.19	1.51	-1.54	-0.91	1.26
1981	1.97	0.07	-0.66	0.14	1.53	-1.72	-1.04	1.26

^a Las elasticidades para las materias primas/mano de obra y para las materias primas/capital fueron virtualmente constantes.

te cuando se redujo el período de observación a 1966-1980. Esto también fue confirmado por una corrida para 1966-1979, la cual no fue consignada en el Cuadro IV.15 porque arrojó resultados muy similares. Aparte de este cambio, el haber eliminado un año del período de observación no tuvo otros efectos dignos de mención.

En el caso del Cuadro IV.16, vemos que también existe cierto grado de estabilidad, al menos para la mano de obra y el capital. Como ya se mencionó, la elasticidad negativa de la mano de obra es fácil de explicar, ya que los salarios aumentan con una rapidez mucho mayor que todos los otros precios, mientras que el uso de mano de obra decrece de manera constante. No obstante, en el caso del combustible, los coeficientes de insumo disminuyen, como se mostró en el Cuadro IV.14, a pesar de que sus precios descienden. Intuitivamente, esto debería dar como resultado elasticidades positivas respecto a los precios, por lo que perturba un poco el hecho de encontrar valores negativos en todos los modelos mostrados en el Cuadro IV.15. En primer lugar, no obstante, esos valores no son estadísticamente significativos (véase el Cuadro III.3) y, en segundo lugar, varían considerablemente en el tiempo, como se muestra en el Cuadro IV.16; en realidad, son positivos para los últimos seis años del período, los cuales corresponden a los años en que el precio del combustible cayó más rápidamente en comparación con los precios de todos los otros factores (véase la Gráfica IV.15). Las elasticidades respecto a los precios para la electricidad y las materias primas también se reducen a casi cero hacia el final del período.

La única elasticidad para la que no sería posible ningún tipo de comparación entre el modelo *translog* y la función de producción industrial de corto plazo es la elasticidad entre la mano de obra y los combustibles, ya que éstas son las únicas dos variables de insumos de factores incluidas en la función de producción industrial. En efecto, la comparación sería muy difícil porque los modelos son completamente diferentes. Además, no existe ninguna manera evidente de calcular elasticidades de sustitución para la función de producción industrial de corto plazo. El examen de la Gráfica IV.6 y del Cuadro IV.9 nos hace ver con mucha claridad que las posibilidades totales de sustitución de la mano de obra por combustible son reducidas. Además, la mayoría de las *curvas de isoproducción* (excepto, quizá, la última -12,000 kilotoneladas) muestran una forma en U muy marcada, lo cual implica que los precios relativos tienen que cambiar considerablemente antes de que se produzca una sustitución. Así, sería de esperarse que las elasticidades de sustitución a lo largo de esas *curvas de isoproducción* fuesen bastante bajas. Por desgracia, no es fácil encontrar un solo valor numérico que confirme esa impresión. El problema reside en que, como las calculamos, las *curvas de isoproducción* son lineales por secciones y, por ende, la elasticidad es infinita a lo largo de los segmentos de *curva de isoproducción* y cero en los ángulos. Una posibilidad sería aproximar el contor-

no de la *curva de isoproducción* mediante una función polinomial u otro tipo de función sin discontinuidades; otra, que fue utilizada aquí, consiste en calcular las elasticidades de sustitución del segmento directamente mediante el cálculo de las razones entre los cambios porcentuales en las proporciones de los factores y el cambio porcentual en la pendiente para pares consecutivos de segmentos de *curvas de isoproducción*. En el Cuadro IV.17 se consignan los resultados para cierto número de *curvas de isoproducción* a un nivel cercano al nivel de producción real de 1976. Desafortunadamente, las elasticidades de sustitución de los segmentos varían muy considerablemente de un par de segmentos al siguiente, lo que hace más difícil la interpretación. No obstante, es claro que, en su mayoría, los valores de las elasticidades son muy bajos.

CUADRO IV.17

ELASTICIDADES DE SUSTITUCION EN LOS SEGMENTOS¹

Par de segmentos de curva de isoproducción No. ^a	Niveles de producción en kilotoneladas por año		
	11 000	11 500	12 000
1	0.27	4.86	0.03
2	0.17	0.01	0.00
3	6.00	2.38	0.10
4	0.02	0.16	0.01
5	0.01	0.01	0.05
6	0.04	1.20	3.44
7	0.06	0.66	0.10
8	0.03	0.43	10.55
9	0.12	1.27	0.75
10	0.05	0.02	0.20
11	0.34	2.89	0.05
12	0.16	0.26	0.20
13	0.02	0.37	
14	0.08	0.02	
15	0.03	0.04	
16		0.07	
17		0.33	
18		0.01	
19		0.27	
20		0.01	

^a Contando a partir del límite superior.

¹ Calculadas mediante la fórmula:

$$\sigma^s = \frac{\left(\frac{L^s}{E^s} - \frac{L^{s+2}}{E^{s+2}} \right) \left(\frac{L^s - L^{s+1}}{E^{s+1} - E^s} + \frac{L^{s+1} - L^{s+2}}{E^{s+2} - E^{s+1}} \right)}{\left(\frac{L^s}{E^s} + \frac{L^{s+2}}{E^{s+2}} \right) \left(\frac{L^s - L^{s+1}}{E^{s+1} - E^s} - \frac{L^{s+1} - L^{s+2}}{E^{s+2} - E^{s+1}} \right)}$$

donde L^s, E^s son las coordenadas en el punto del ángulo N^0 s y S es el número de ángulos a lo largo de la *curva de isoproducción*.

($s = 1, \dots, S-2$).

En el modelo *translog* encontramos que, en lugar de mostrar una posibilidad de sustitución reducida, el combustible y la mano de obra son complementarios (aunque la elasticidad no sea estadísticamente significativa). No obstante, entre los modelos existen varias diferencias que indican que ello no es de ninguna manera una contradicción. En primer lugar, la mano de obra y el combustible no pueden ser complementarios en los análisis de corto plazo porque, en este tipo de modelos de dos factores, es imposible. En segundo lugar, el análisis de corto plazo nos indica cómo se llevaría a cabo una sustitución hipotética con una capacidad fija, mientras que el *translog* nos muestra lo que ocurre realmente a medida que pasa el tiempo, que los precios cambian y que la capacidad aumenta. En realidad, el uso de ambos factores parece verse dominado por el progreso tecnológico, al menos en el largo plazo. Puesto que lo que ocurre es que la reducción en el uso de combustible (y de mano de obra) se ve acompañada por un incremento tan dominante en los precios de la mano de obra, es natural que el modelo *translog* haya estimado la relación como una complementariedad. Sin embargo, al igual que en el caso de la gran elasticidad-precio de la mano de obra, esa complementariedad podría deberse a una coincidencia, por lo que debemos ser cautelosos antes de extraer ninguna conclusión respecto a una causalidad sin examinar más detalladamente esta cuestión en particular.

La comparación entre el modelo *translog* y la función de producción industrial de corto plazo es un campo en el que sería particularmente interesante la investigación futura: con más datos al micronivel, quizá podría generalizarse la función de corto plazo para incluir varios factores de producción, y la disponibilidad de varias observaciones para diferentes años haría posible el estudio en mayor detalle tanto del progreso tecnológico incluido en el capital como del no incluido (así como de los efectos de la escala). Eso también nos permitiría estudiar la importancia de factores institucionales tales como la competencia restringida, la distribución regional y la estructura de la propiedad (así como los costos del transporte,

etcétera), factores que implican todos que los costos no están realmente minimizados —al menos no de la manera como nosotros los definimos— al nivel de toda la industria. Esto es de considerable interés para la interpretación del modelo *translog* y de otros similares, ya que también en ellos se presupone que los costos están realmente minimizados y que los mercados de factores son competitivos.

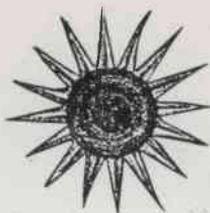
Finalmente, reiteramos que nuestro conocimiento de la industria mexicana se beneficiaría grandemente si este tipo de análisis se llevara a cabo para varias ramas que muestren diferentes tipos de tecnología, estructuras de mercado y otras características.

REFERENCIAS DEL CAPITULO 4

- Carlsson, B., "Choice of Technology in the Cement Industry. A Comparison of the United States and Sweden", en *The Importance of Technology and the Permanence of Structure in Industrial Growth* B. Carlsson, G. Eliasson e I. Nadiri, eds., The Industrial Institute of Economic and Social Research, Estocolmo, 1978, pp. 97-137.
- CEMBUREAU, *World Cement Directory*, 1983, 1977, 1972 y 1959, The European Cement Association, París.
- Díaz-Alejañdro, C.F., *Labour Productivity and Other Characteristics of Cement Plants*, Yale University, Economic Growth Center, 1974, Artículo núm. 212.
- Farrell, J.M., "The Measurement of Productive Efficiency", en *Journal of the Royal Statistical Society*, Serie A, nov. 120, 1957, núm. 3, pp. 11-181.
- Fog, M.H., y K.H. Nadkarni, "Energy Efficiency and Fuel Substitution in the Cement Industry with Emphasis on Developing Countries", en *World Bank Technical Paper*, Washington, 1983.
- Førsund, F.R., O. Eiterheim, L. Hjalmarsson, J. Karko y T. Summa, *An Intercountry Comparison of Productivity and Technical Change in the Nordic Cement Industry*, ETLA, Helsinki, 1985.
- Førsund, F.R., y L. Hjalmarsson, "Technical Progress and Structural Change in the Swedish Cement Industry 1955-1979", en *Econometrica*, vol. 51, núm 5, sep. 1983, pp. 1449-1467.
- — — — — "Analysis of Industrial Structure: A Production Function Approach", The Industrial Institute for Economic and Social Research, Papel de Trabajo núm. 135, Estocolmo, 1984.
- Johansen, L., *Production Functions*, North-Holland, Amsterdam, 1972.
- McBride, M.E., "The Nature and Source of Economies of Scale in Cement Production", en *Southern Economic Journal*, vol. 48, núm. 1, 1981, pp. 105-115.
- Norman, G., "Economies of Scale in the Cement Industry", en *The Journal of Industrial Economics*, jun. 1979, pp. 316-337.
- Pearson, R., "The Mexican Cement Industry, Technology Market Structures and Growth", ONU, CEPAL, Programa de Investigación en Ciencia y Tecnología, Papel de Trabajo núm. 11, Buenos Aires, 1977.
- — — — — *Technology Transfer and Technological Dependency: A Case Study of the Argentin Cement Industry 1875-1975*, tesis de doctorado, Sussex University, 1981.
- Anuario estadístico*, PEMEX, México, 1982.
- Salter, W.E.G., *Productivity and Technical Change*, Cambridge University Press, Cambridge, 1960.
- Schutz, F., "Uso eficiente de la energía en México", Instituto de Investigaciones Eléctricas, Documento de Trabajo IIE/11/1765/202/F, 1982.

- Schutz, F., *et al.*, "Sector Industrial", cap. 7, El Colegio de México, México, 1985.
- Secretaría de Programación y Presupuesto, *Manual de estadísticas básicas*, Sector Industrial, SPP, México, 1981.
- Ziss, R., "Transferencia de tecnología en la industria mexicana de cemento", en *Demografía y economía*, vol. XV, núm. 45, El Colegio de México, 1985.

El uso de la energía en la Industria Mexicana
Se terminó de imprimir en agosto de 1987
en Impresos y Reproducciones Landeros
Monte Albán 228
Col. Narvarte México 12, D.F.
La edición consta de 400 ejemplares
Diseñó la portada Pedro Baz M.
Cuidó la edición Cecilia Escalante del
Programa de Energéticos de El Colegio de México



El estudio del Profesor Thomas Sterner de la Universidad de Gotenburgo en Suecia analiza el uso de la energía como factor de producción en la industria manufacturera de México durante los setenta cuando el uso interno de la energía en el país estaba fuertemente subsidiado. Los precios de los combustibles y de la energía eléctrica equivalían en ese periodo a apenas una fracción de los precios correspondientes no solamente en Estados Unidos sino en muchos otros países latinoamericanos.

El estudio indica que el aumento considerable de la intensidad del uso de los energéticos en la industria manufacturera ocurrió en todas las ramas manufactureras importantes y que una reducción de los subsidios internos para la energía representaría una política relativamente efectiva para disminuir el uso de energía en el sector manufacturero mexicano sin efectos serios sobre los costos totales en la productividad total.

