



El Trimestre Económico

ISSN: 0041-3011

[trimestre@fondodeculturaeconomica.com](mailto:trimestre@fondodeculturaeconomica.com)

Fondo de Cultura Económica

México

Aroche, Fidel

Regímenes de crecimiento, cambio estructural y coeficientes de insumo

El Trimestre Económico, vol. LXXIII (4), núm. 292, octubre-diciembre, 2006, pp. 881-902

Fondo de Cultura Económica

Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31340948006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

[redalyc.org](http://redalyc.org)

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## REGÍMENES DE CRECIMIENTO, CAMBIO ESTRUCTURAL Y COEFICIENTES DE INSUMO\*

*Fidel Aroche*\*\*

### RESUMEN

El modelo de insumo-producto supone que cuando se desarrolla el sistema económico los coeficientes técnicos de la matriz cambian de acuerdo con dos tendencias contradictorias: *i*) las entradas de la matriz menguan debido a que la eficiencia en la línea de producción se incrementa, disminuyendo la demanda de insumos, o *ii*) los coeficientes se expanden cuando los incrementos en la productividad se concentran en los factores empleados (insumos no producidos). En seguida, se espera que la estructura económica se torne crecientemente más compleja a medida que las industrias se integran de manera vertical y se produzca el proceso de desarrollo mismo. Sin embargo, pocas veces se han analizado ambos fenómenos al mismo tiempo, a pesar de que están muy vinculados entre sí, y también con la evolución de la estructura productiva de la economía, así como con las oportunidades de desarrollo que se presentan a los distintos países. Este documento intenta examinar algunas consecuencias de estas tendencias en la evolución del sistema económico en relación con la dinámica que pudiera adoptar el proceso de crecimiento.

### ABSTRACT

The Input-Output model assumes that as economic systems develops, the technical coefficient matrix changes following either of two tendencies; one, the entries of the matrix shrink due to increased efficiency on the production lines; two, they expand, while productivity gains concentrate in the use of factors (nonproduced inputs). Further, the economic structure grows more complex as industries become more tightly (vertically) integrated and the development process evolves. Both phenomena have seldom been analysed together despite the apparent connections those may have with the evolution of economic structures and the development opportunities countries may

\* *Palabras clave:* estructura económica, cambio estructural, insumo-producto, crecimiento económico, economía mexicana. *Clasificación JEL:* C67, D57, O1, O54. Artículo recibido el 22 de junio de 2005 y aceptado el 2 de marzo de 2006.

\*\* Facultad de Economía, Universidad Nacional Autónoma de México (correo electrónico: aroche@servidor.unam.mx).

face. This paper intend to examine the implications of these tendencies on the evolution of the economic systems in regards to the dynamics the growth process may adopt.

### INTRODUCCIÓN

Este trabajo pretende revisar algunos aspectos acerca del cambio estructural, su relación con la integración intersectorial y con una definición limitada de tecnología que proviene del análisis estructural, en el contexto del modelo de insumo-producto (IP). El documento busca y analiza los determinantes del cambio estructural y emplea una base de datos de la economía mexicana como ejemplo.

En el marco de los modelos multisectoriales y de análisis estructural un sistema económico se define por el conjunto de productores, cada uno tomando decisiones económicas independientemente. Cada productor demanda insumos producidos y no producidos para realizar su propio proceso productivo, con base en una tecnología elegida en consonancia con el régimen de precios y los principios de maximización de la función de beneficios. Si todos los productores de un bien actúan de manera similar, es posible agruparlos de acuerdo con el bien que producen o con la tecnología empleada en actividades económicas o ramas productivas, según el nivel de agregación. De este modo cada rama produce un bien homogéneo y emplea una tecnología homogénea. Las ramas o sectores económicos se relacionan entre sí por medio de las demandas y ofertas mutuas de insumos, dadas en ciertas cantidades y proporciones, que definen la forma que adopta la estructura económica. Desde luego, estas relaciones entre los sectores provienen de la tecnología que cada industria elige, por ejemplo, la naturaleza de los insumos empleados en una línea de producción y sus proporciones son características de la tecnología empleada. Así cuando los productores de una rama sustituyen la tecnología empleada por otra, pueden también causar cambios en la estructura productiva si ello implica suplir unos insumos por otros o cambiar las proporciones en que éstos se emplean en una línea de producción.

Existe una amplia bibliografía del tema que analiza diversas hipótesis acerca de los determinantes y procesos de adopción de nuevas tecnologías y el cambio tecnológico, lo cual a su vez puede tener con-

secuencias en la distribución del ingreso entre los factores de la producción. Un aspecto importante en una vertiente de estos trabajos es el carácter neutro o sesgado del progreso técnico, en el sentido de si se produce un ahorro del factor trabajo o del capital (Acemoglu, 2002; Kennedy, 1964; Kruger, 1999; Romer, 1986; Zeira, 1998 *et al*).<sup>1</sup> Este trabajo, sin embargo, adopta una perspectiva en la que lo relevante es la relación que existe entre las relaciones de intercambio entre las ramas que constituyen el sistema económico y la característica que adopta el régimen de crecimiento de la economía, dejando los determinantes y los procesos de lado. Es importante destacar también que el cambio estructural puede explicarse como un resultado de la dinámica que genera la economía en su conjunto; por ejemplo, las tasas (desequilibradas) de crecimiento sectorial, la acumulación de capital sectorial, así como la forma que adoptan las relaciones intersectoriales. De este modo, un sector demandante de insumos que crece a tasas mayores que sus proveedores puede no sólo generar crecimiento en estos sectores sino también intensificar las relaciones que tiene la economía con el exterior si es posible la importación de bienes. Por otra parte, cada una de estas variables a su vez tiene sus propios determinantes, los cuales se relacionan también con el estilo de desarrollo particular que sigue cada sistema económico.

La principal hipótesis en la que se fundamenta este documento es que el cambio estructural en cada economía se basa en pautas que definen el estilo de desarrollo que el sistema adopta en un horizonte temporal definido, en el sentido de que la pauta puede ser cambiante. También es de esperar que los cambios técnico y estructural obedezcan a regímenes de largo plazo, asociados con el medio ambiente en el que se desenvuelve el crecimiento. Un medio ambiente en el que la innovación es frecuente, estimula estas conductas entre los agentes. Así por ejemplo, Antonelli y De Liso (2000) afirman que el crecimiento en los países de la OCDE entre los años cincuenta y sesenta se caracterizó por un ritmo sostenido de expansión del producto, asociado con una alta intensidad del empleo y de innovación tecnológica; por lo contrario, el régimen del crecimiento económico para el decenio de los setenta y ochenta fue definido por un bajo creci-

<sup>1</sup> Agradezco esta observación a un dictaminador anónimo de EL TRIMESTRE ECONÓMICO.

miento de la productividad, de la intensidad del empleo y de la innovación.

El documento ha sido organizado como sigue: la sección I revisa algunos conceptos teóricos acerca del cambio estructural y la generación de datos en el modelo IP. La sección II presenta algunas hipótesis de las pautas de desarrollo; la III presenta un análisis de los resultados de la economía mexicana y finalmente se ofrece algunas conclusiones.

## I. DEFINICIONES

Una tabla IP presenta en cada columna  $j$  las compras de insumos producidos y no producidos del sector  $j$  a cada una de las ramas 1, 2, ...,  $j$ , ...,  $n$  y a los oferentes de factores  $n_1, n_2, \dots, n_m$ . La tabla IP entonces es un arreglo numérico de doble entrada que muestra en las columnas las compras de insumos y factores por parte de los sectores  $j$  y en las filas, las ventas que cada sector  $i$  hace al resto. Normalizando esta tabla, si  $x_{ij}$  es la cantidad de insumos producidos por el sector  $j$  utilizados por  $i$  y  $Y_j$  es el valor del producto de  $j$ , entonces se define a los coeficientes técnicos como:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{Y_j} \quad (1)$$

Es decir, un coeficiente muestra el empleo del insumo  $i$  en la producción de una unidad del bien  $j$  en la rama  $j$ . La suma de los coeficientes de insumo  $\sum_j a_{ij}$  más los coeficientes de uso de los factores  $\sum_j v_{fj} (V_{fj}/Y_j)$ , en los que  $V_{fj}$  es el valor del factor  $f$  empleado en la industria  $j$  suman 1, por lo que una disminución en una entrada en la columna  $j$  de la matriz debe compensarse con un incremento en otra entrada y viceversa. La matriz de coeficientes técnicos refleja en este sentido la tecnología empleada en cada rama como un conjunto de materiales y factores incorporados en la producción de un bien en unas proporciones dadas. Se supone que una tabla IP refleja las condiciones de equilibrio de largo plazo, si los productores toman decisiones óptimas a un nivel de precios dado. Así la tabla IP muestra la tecnología de equilibrio.

Los cambios en los coeficientes técnicos (CT) en el largo plazo que

aparecen al comparar una serie de matrices IP admiten al menos tres explicaciones distintas; primero, el cambio técnico mismo, que a su vez acepta múltiples determinantes, como el desarrollo de nuevas líneas de producción por la invención de nuevos productos, la aparición de nuevos factores productivos y su desarrollo, la sustitución de un insumo por otro y finalmente el remplazo de procesos (Rose y Miernyk, 1989). En realidad, algunos autores explican que la velocidad y la profundidad del cambio técnico son una de las principales determinantes para explicar el cambio en los coeficientes de insumos (Östblom, 1992; Carter, 1970; Forsell, 1972).

La segunda causa de variación de los CT es el cambio en la mezcla de productos que define a una rama o a una industria en las cuentas nacionales (Schumann, 1990). Esta causa puede considerarse como un efecto estadístico de las diferencias en el crecimiento de las varias actividades agrupadas en una rama. Tal fenómeno puede ocurrir aun cuando ningún proceso productivo experimente alguna modificación técnica o de cualquier naturaleza, salvo por la intensidad en su empleo. Lo anterior, a su vez, se vincula con la evolución de la demanda final, si esta variable determina el nivel de producto, como en el modelo de Leontief abierto.

Existe además una tercera razón que explica los cambios en los CT, es decir, la variación de los precios relativos. Si existen diferencias en los índices de precios de las distintas industrias en la economía, el valor de los bienes empleados como insumos por alguna rama se modificará sin relación con el cambio técnico; de todos modos, los cambios diferenciados en los precios ocasionan cambios en todas las proporciones del sistema, incluyendo los CT. Esto puede suceder aun si las proporciones físicas de los insumos y productos permanecen invariadas.

Dejando de lado estas distorsiones estadísticas observadas en el cambio estructural, es posible postular que el progreso técnico incorporado es un resultado de la acumulación de capital; es decir, tanto la productividad de los factores como las relaciones interindustriales crecen o se modifican más rápidamente si los procesos de inversión son más veloces (Böhm y Punzo, 1999). Una economía en crecimiento mostrará simultáneamente una inversión y un acervo de capital en expansión, a la vez que tendrá cambios tecnológicos y estructura-

les. Además, la evolución estructural implica que cambian también otras proporciones y relaciones en la economía, por ejemplo, el valor agregado por persona empleada en cada sector, la proporción valor agregado/acervo de capital o en la formación de capital físico por persona empleada.

El cambio estructural implica el cambio en los coeficientes técnicos, como reflejo de que las relaciones entre industrias se modifican. Por ejemplo, si las relaciones entre las ramas se intensifican aumenta el valor de las entradas de la matriz de CT; por lo contrario, si algunas industrias se aíslan el valor de los coeficientes ya sea de compra o venta de insumos decrece. En el extremo, una entrada  $a_{ij}$  con valor nulo indica que la rama  $i$  no provee a  $j$  de insumos. Con el tiempo una entrada que se torna 0 entonces implica que la rama  $j$  deja de demandar insumos a  $i$ . El cambio estructural entonces refleja la evolución de la interdependencia entre industrias y actividades (Leontief, 1963), lo que también acarrea nuevas jerarquías entre los sectores en la composición del producto y nuevos indicadores de la integración entre los sectores en la economía.

En efecto, Leontief (1963) definió una economía subdesarrollada como la que carece de partes del sistema productivo; por tanto, instalar nuevas líneas de producción que demanden insumos de otras industrias e integren al aparato productivo es un medio para desarrollar la economía. De este modo se espera que a medida que una economía se desarrolle la cantidad de entradas nulas en la matriz de insumos disminuya también (Forsell, 1983; Skolka, 1983) y que la complejidad del sistema se incremente: es decir, los sectores deberían entonces ser más interdependientes o el sistema más integrado. Carter (1970) argumenta que cuando una economía se desarrolla la división de trabajo entre las industrias se despliega y se torna más compleja. Es decir, si las industrias se especializan crecientemente, cada una cubre un segmento menor del proceso productivo, ocasionando una cantidad mayor de transacciones entre las actividades.

En una aplicación empírica Carter (1970) argumenta que, como tendencia general, en los Estados Unidos entre 1939 y 1961 los requerimientos de insumos intermedios por unidad de producto son estables o un poco crecientes; entonces, el incremento de la productividad se centra en los insumos primarios utilizados. Urata (1988)

obtiene conclusiones similares para la economía soviética entre 1959 y 1972. No obstante, hay pruebas de que al menos para algunas economías la hipótesis de los coeficientes menguantes a lo largo del tiempo es válida (Craven, 1983; Östblom, 1992; Aroche, 1995); en otras palabras los CT decrecen como resultado del incremento de la productividad en el uso de insumos intermedios. De acuerdo con los resultados de Feldman, McClain y Palmer (1987), en los Estados Unidos para el periodo 1963-1978, las industrias declinantes tanto como las de más rápido crecimiento son las que reflejan mayores cambios en los CT. Fujimagari (1989) repitió este ejercicio para Canadá para el periodo 1961-1986 y obtuvo resultados similares, que se hacen más claros con el tiempo. De acuerdo con el trabajo son las industrias de menor crecimiento las más afectadas por los cambios en los CT. No obstante, ninguno de estos trabajos especifica la dirección del cambio de los coeficientes.

## II. ALGUNAS HIPÓTESIS

Una explicación plausible de la contradicción aparente entre los resultados para distintos países es que no existe una pauta única de desarrollo económico, por lo que los países podrían clasificarse también según el modelo que siguen en el largo plazo. Como se explicó líneas arriba, la inversión puede causar cambios técnicos que en principio toman tres direcciones posibles y determinan el régimen de desarrollo en la economía. Primero, las nuevas tecnologías incrementan la eficiencia de los procesos y reducen el uso de insumos por unidad de producto; el empleo de los factores primarios debería incrementarse como contrapartida. La productividad de los factores puede no crecer tan rápido, pero si la demanda intermedia decrece, entonces, puede compensar este aparente estancamiento. Además, sobre todo en el caso de la demanda de recursos naturales, si la innovación es de esta naturaleza estaría de acuerdo con los preceptos del llamado modelo de desarrollo sostenible, incrementando la riqueza y reduciendo el empleo de los recursos. Por tanto este modelo puede ser llamado “la pauta amigable con el medio ambiente” (Von Weizsäcker, Lovins y Lovins, 1998).

En este régimen de crecimiento los CT menguantes son compati-



bles con una redefinición de las relaciones entre las industrias, que sin embargo no forzosamente desaparecen; aún más, pueden incluso aparecer nuevas relaciones interindustriales. En este caso, la cantidad de entradas nulas podría decrecer en la matriz IP, mientras que el número de coeficientes importantes (CI)<sup>2</sup> podría incrementarse (Schintke y Stäglin, 1988), de modo que los sectores económicos se integran. En una palabra, esta puede ser una pauta de desarrollo que procura la integración entre las industrias si bien decrece el empleo de insumos.

En otro caso, los CT decrecientes pueden coexistir también con la desaparición de las relaciones entre industrias, menguando o no la cantidad de CI. Por ejemplo si las industrias se especializan se reduce el número de procesos y productos en cada una de ellas, de modo que disminuyen los enlaces con otros sectores. Sin embargo tal especialización de las industrias puede también estrechar las relaciones intersectoriales supervivientes. En cualquier caso, en la tabla IP el número de ceros podría crecer, cuando se pierden relaciones entre las ramas.

La segunda pauta de desarrollo aparece cuando la innovación incrementa la productividad de factores, reduciendo su empleo por unidad de producto, lo cual sin embargo no implica que estos coeficientes lleguen a 0, desapareciendo la relación entre los sectores que representa estas entradas de la matriz. En este caso el uso decreciente de capital y de trabajo por unidad de producto se compensa con el uso creciente de los insumos, por lo cual se incrementa el valor de los CT en la matriz IP, el número de ceros en la matriz decrece y la integración entre las ramas se fortalece, mientras que se incrementan los CI. La estructura económica se hace más compleja. Esta pauta de desarrollo pudiera llamarse el “modelo de integración vertical tipo Hirschman”.

Otro aspecto relacionado es la importación de insumos en relación con la producción interna. En efecto, la innovación en un pro-

<sup>2</sup> Un coeficiente importante es el que, independientemente de su valor o su magnitud relativa, indica que un cambio menor en su valor ocasiona cambios mayores en el producto de alguna rama relacionada. Los CI aparecen cuando las ramas  $i$  y  $j$  intercambian insumos directamente y esa relación directa implica una mayor cantidad de intercambios indirectos entre las ramas  $f, g, h, \dots$  con  $j$ , que demanda insumos directamente de  $i$  e indirectamente de estas últimas ramas. El número de CI se utiliza como indicador de integración de un sistema económico.

ceso que puede requerir nuevos productos intermedios, que los productores nacionales son incapaces de producir oportunamente, por lo que se redefinen las relaciones industriales y, más aún, las relaciones entre la economía nacional y la internacional, si los productores nacionales de insumos no innovan tan rápidamente como su demanda intermedia. Sin embargo, la innovación en los sectores productores de bienes finales es también una oportunidad de desarrollo para los productores internos, si son capaces de desplazar a las importaciones de materiales intermedios previamente importados. En síntesis, el cambio técnico caracteriza a la economía como una que “sustituye importaciones” o bien como una “orientada hacia fuera”. Ambos casos son compatibles con CT internos y totales crecientes, si el cambio técnico implica la integración entre ramas o sectores de la economía o decrecientes en caso contrario. Por último, es posibles que los coeficientes internos sean crecientes o decrecientes mientras los CT totales crecen si las importaciones desplazan o no a la producción interna.

Finalmente, el tercer paradigma ocurre cuando el crecimiento y la inversión en la economía se estancan, por lo que la innovación no es tan dinámica. En este caso la productividad de los factores productivos y la eficiencia en el uso de insumos pueden no incrementarse o incluso decrecer. La integración vertical entre los sectores puede también disminuir, ya que los productores nacionales no son capaces de competir con las importaciones. Además, algunos segmentos completos de la producción desaparecen, en contraposición del precepto de Leontief (1963) respecto al desarrollo. Este fenómeno se refleja en las tablas IP como un incremento en las entradas nulas y decremento en el número de CI, particularmente en la matriz de transacciones internas, mientras que las importaciones intermedias crecen.

### *Más allá de los coeficientes IP*

En una palabra, los cambios en los CT implican una dinámica más allá de los límites del modelo IP y para entenderlos es necesario incluir otros aspectos del desarrollo económico. La acumulación de capital parece ser una variable importante que define el carácter y

la dirección del desarrollo, quizás al estilo del modelo de crecimiento de Kaldor (Böhm y Punzo, 1999; Burmeister y Dobell, 1973). En efecto, el progreso técnico incorporado es un determinante principal de la dinámica económica.

La evolución del valor agregado y de la formación de capital por persona empleada pueden tomarse como indicadores de la inversión para cada industria a lo largo del tiempo. Sea  $v_j^t$  la proporción del valor agregado por persona empleada en el sector  $j$  en la fecha  $t$ ; la tasa de crecimiento estará dada por (suprimiendo los superíndices de tiempo):

$$v_j = [d(VA_j/E_j)/dt] \quad (2)$$

en la que  $VA$  es el valor agregado y  $E$  el empleo. Análogamente  $i_j$  es la tasa de crecimiento de la formación de capital por trabajador en el tiempo para una rama  $j$ :

$$i_j = [d(FBK_j/E_j)/dt] \quad (3)$$

Si se define el sistema económico como un conjunto de industrias interrelacionadas, algún promedio ponderado de la evolución sectorial describe la senda que sigue el sistema como un todo.

Volviendo a la estructura económica, puede postularse la existencia de una relación entre los indicadores presentados y las relaciones intersectoriales, tal como las describen los CT, que se escribe en términos discretos como:

$$\Delta_j = [\Delta a_j / v_j] v_j^t / a_j^t \quad (4)$$

en la que  $\Delta a_j$  es la diferencia de los coeficientes promedio  $a_{ij}$  en la columna  $j$  entre los periodos  $t$  y  $T$ ;  $v_j$  es la diferencia correspondiente entre el valor agregado por trabajador en la industria  $j$ ;  $v_j^t$  y  $a_j^t$  representan estas variables en el periodo  $t$ . Desde luego,  $\Delta_j$  mide la respuesta promedio de los coeficientes al valor agregado por trabajador. Análogamente,  $\Delta_i$  se define como sigue:

$$\Delta_i = [\Delta a_j / i_j] i_j^t / a_j^t \quad (5)$$

en la que  $i$  es la tasa de formación de capital por trabajador y  $\Delta_i$  mide la capacidad de respuesta de los CT promedio frente a la formación de capital en cada industria  $j$ .

$\beta_j$  y  $\gamma_j$  son dos parámetros que permiten analizar la senda por la que evolucionan las relaciones estructurales del sector  $j$ , de acuerdo con el estilo que adopta el progreso técnico en cada industria como se describe líneas arriba. Para las industrias en las que  $\beta_j$  es mayor que  $\gamma_j$  el progreso técnico favorece la productividad de los factores en la inversión; a la inversa, si  $\gamma_j$  es mayor, el crecimiento en la industria está determinado por la tasa de acumulación de capital. Posiblemente en estas industrias el acervo de capital se incrementa con más rapidez que la demanda de trabajo. Sin embargo, debería ser posible que una  $\beta_j$  mayor esté asociada a menores CT si las importaciones sustituyen a la producción nacional de insumos, lo que rompe las cadenas productivas y la integración entre productores nacionales. En tal caso, la inversión crecería a tasas desiguales entre las industrias, en función de la capacidad de supervivencia de los productores internos frente a las importaciones.

### III. BASE DE DATOS Y RESULTADOS

A continuación se prueba las ecuaciones planteadas anteriormente con datos mexicanos, incluyendo las tablas IP correspondientes a 1970, 1980 y 1990 desagregadas a 72 ramas industriales; se han incluido las matrices de transacciones internas y totales, que incluyen las importaciones por sector de origen y destino. El contraste entre los resultados de estas tablas puede indicar la gravitación de las importaciones intermedias en la estructura productiva. Las tablas IP de 1970 y 1980 han sido publicadas por el INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática), la de 1990 es una actualización publicada por la empresa de Consultoría Internacional Especializada (CIESA), ya que el INEGI dejó de preparar estas matrices después de 1980. Si bien es posible actualizar la matriz para un año posterior, hay que reconocer que la distancia creciente del año base puede afectar la calidad de la matriz actualizada; asimismo, se considera que los resultados alcanzados bastan para probar la metodología propuesta en este trabajo. Por otra parte, los resultados empíricos de la economía mexicana presentados aquí pueden ser de utilidad para caracterizar el estilo de desarrollo seguido por ésta y tal vez propiciar un debate respecto a las posibilidades futuras. La base de

CUADRO 1. *Matrices de transacciones internas*<sup>a</sup>

Rama	Diferencia promedio (porcentaje, 1970)	Crecimiento del PIB 1970-1990 (promedio anual)	Crecimiento de la FBK, 1970-1990 (promedio anual)	Crecimiento del empleo, 1970-1990 (promedio anual)
<i>Diferencias positivas (CT decrecientes en promedio)</i>				
6 Extracción de petróleo crudo y gas natural	.0031 (63.3)	391.6 (8.8)	(2.6)	35.1 (2.6)
15 Beneficio y molienda de café	.0021 (21.2)	72.6 (2.1)	(4.9)	35.4 (1.5)
18 Alimentos para animales	.0049 (56.2)	53.7 (2.5)	(6.8)	15.0 (0.9)
22 Refrescos y aguas	.0036 (44.6)	136.0 (4.9)	(12.4)	111.9 (4.0)
38 Productos farmacéuticos	.0026 (48.6)	200.5 (5.9)	(30.0)	24.0 (1.1)
42 Artículos de plástico	.0025 (39.4)	254.4 (6.8)	(5.4)	85.4 (3.4)
50 Otros productos metálicos, excepto maquinaria	.0027 (41.2)	84.6 (3.4)	(12.2)	20.6 (1.1)
55 Equipos y aparatos eléctricos	.0030 (45.9)	167.0 (5.5)	(4.8)	77.3 (3.2)
56 Vehículos automotores	.0029 (41.9)	449.5 (11.4)	(14.6)	154.7 (5.6)
59 Otras manufacturas	.0022 (39.9)	2.5 (0.7)	(11.0)	111.6 (3.9)
<i>Diferencias positivas (CT crecientes en promedio)</i>				
2 Canaduría	.0017 (31.6)	43.9 (1.9)	(2.6)	49.9 (2.1)
8 Extracción y beneficio de minerales metálicos no ferrosos	.0006 (9.8)	104.7 (3.9)	(31.5)	64.9 (2.7)
34 Petroquímica básica	.0016 (21.5)	1 032.4 (13.1)	(2.6)	723.3 (12.6)
36 Fertilizantes	.0005 (7.01)	269.5 (7.3)	(47.6)	81.1 (3.5)
37 Resinas sintéticas y fibras químicas	.0023 (45.1)	441.0 (9.0)	(8.9)	157.7 (5.0)
41 Productos de hule	.0005 (10.1)	208.9 (6.1)	(16.4)	69.7 (2.8)
61 Electricidad	.0028 (111.3)	324.4 (7.5)	(21.5)	201.5 (5.9)
62 Comercio	.0011 (66.4)	148.1 (7.6)	(6.4)	59.6 (2.4)
66 Servicios financieros	.0035 (144.6)	208.7 (5.9)	(21.5)	104.0 (3.8)
72 Otros servicios	.0005 (12.6)	39.7 (4.2)	(15.1)	43.2 (1.9)
Promedio	.0008 (13.6)	125.2 (4.2)	(2.6)	75.2 (2.9)

<sup>a</sup> Diferencias promedio entre los coeficientes técnicos por columna, 1970-1990. Diez grandes diferencias positivas y negativas.

CUADRO 2. *Matrices de transacciones totales*<sup>a</sup>

<i>Rama</i>	<i>Diferencia promedio (porcentaje, 1970)</i>	<i>Crecimiento del PIB 1970-1990 (promedio anual)</i>	<i>Crecimiento de la FBK, 1970-1990 (promedio anual)</i>	<i>Crecimiento del empleo, 1970-1990 (promedio anual)</i>
<i>Diferencias positivas (CT decrecientes en promedio)</i>				
5 Extracción y beneficio de carbón y grafito	.0015 (23.5)	149.7 (5.0)	(24.8)	225.4 (6.3)
6 Extracción de petróleo crudo y gas natural	.0025 (46.9)	391.6 (8.8)	(2.6)	35.1 (2.6)
14 Molienda de maíz	.0016 (16.7)	95.0 (3.4)	(8.3)	43.1 (1.8)
15 Beneficio y molienda de café	.0020 (20.6)	72.6 (2.1)	(4.9)	35.4 (1.5)
16 Azúcar	.0015 (18.5)	42.5 (2.1)	(166.9)	40.7 (1.9)
22 Refrescos y aguas	.0025 (31.2)	136.0 (4.9)	(12.4)	111.9 (4.0)
32 Imprentas y editoriales	.0017 (18.8)	90.8 (3.5)	(52.5)	34.6 (1.6)
38 Productos farmacéuticos	.0025 (33.3)	200.5 (5.9)	(30.0)	24.0 (1.1)
45 Productos a base de minerales no metálicos	.0012 (20.6)	73.2 (2.9)	(7.8)	40.9 (1.9)
50 Otros productos metálicos, excepto maquinaria	.0013 (16.7)	84.6 (3.4)	(12.2)	20.6 (1.1)
<i>Diferencias positivas (CT crecientes en promedio)</i>				
2 Ganadería	.0017 (31.7)	43.9 (1.9)	(2.6)	49.9 (2.1)
4 Pesca	.0012 (29.4)	223.7 (6.2)	(2.6)	255.4 (6.6)
7 Extracción y beneficio de mineral de hierro	.0013 (55.3)	135.4 (4.6)	(190.2)	118.0 (4.2)
8 Extracción y beneficio de minerales metálicos no ferrosos	.0010 (14.6)	104.7 (3.9)	(31.5)	64.9 (2.7)
18 Alimentos para animales	.0023 (24.4)	53.7 (2.5)	(6.8)	15.0 (0.9)
34 Petroquímica básica	.0022 (28.6)	1 032.4 (13.1)	(2.6)	723.3 (12.6)
37 Resinas sintéticas y fibras químicas	.0015 (20.2)	441.0 (9.0)	(8.9)	157.7 (5.0)
57 Carrocerías, motores, partes y accesorios para vehículos automotores	.0007 (9.4)	236.5 (7.1)	(4.5)	138.7 (4.9)
62 Comercio	.0012 (70.1)	148.1 (7.6)	(6.4)	59.6 (2.4)
66 Servicios financieros	.0034 (122.8)	208.7 (5.9)	(21.5)	104.0 (3.8)
Promedio	.0002 (3.3)	125.2 (4.2)	(2.6)	75.2 (2.9)

<sup>a</sup> Diferencias promedio entre los coeficientes técnicos por columna, 1970-1990. Diez grandes diferencias positivas y negativas.

datos se complementa con el valor agregado, el producto interno bruto y las series de empleo desagregadas también a 72 industrias, tomados del INEGI; los datos de formación bruta de capital y los acervos de capital se tomaron del Banco de México.

Los cuadros 1 y 2 muestran a las 20 ramas con mayores cambios promedio en los CT, clasificada la dirección del cambio: CT crecientes o decrecientes en las tablas IP de transacciones internas y totales entre 1970 y 1990. Antes de analizar las cifras vale recordar que en un documento anterior (Aroche, 1995) no se rechazó la hipótesis de que las diferencias entre las matrices en el tiempo no son estadísticamente diferentes de 0, aun cuando estas diferencias pudieron haber sido negativas entre 1970 y 1990. En una palabra, los CT son bastante estables en promedio, aunque la evolución específica de las ramas tomadas individualmente es muy variada y hasta divergente con el promedio.

Los cuadros incluyen la tasa de crecimiento promedio anual del PIB, del empleo y de la formación de capital en el periodo 1970-1990, lo que permite tener un panorama inicial de las relaciones posibles entre estos fenómenos. Los coeficientes de correlación entre el cambio promedio de los CT para las 72 ramas en la economía y el PIB nacional, el empleo y la formación de capital no son concluyentes; si se dividen las series en dos subperiodos de acuerdo con los decenios, las pruebas estadísticas no mejoran la significación de las pruebas estadísticas, aunque podrían ser mejores para el periodo 1970-1980. Esto es congruente con la hipótesis de CT estables: las diferencias estadísticas entre las matrices IP en promedio son nulas; es decir, no parece haber ocurrido mayor cambio técnico en la economía mexicana entre 1970 y 1990, como lo describen las matrices 10. Asimismo es válido destacar que los resultados no son muy distintos entre las tablas de transacciones internas y totales, es decir, las importaciones intermedias no modifican las tendencias; sin embargo, esta conclusión podría modificarse después de 1990, cuando la apertura del sector externo hubiera ampliado el papel de este sector en la conformación del aparato productivo. Aparentemente entonces, la economía corresponde al tercer régimen de crecimiento descrito líneas arriba, en el que no existe cambio técnico (CT estables) y ello no se relaciona de manera positiva con el crecimiento del producto, el empleo o el acervo de capital.

En efecto, el periodo 1970-1990 es altamente inestable para la economía mexicana, a pesar de que el PIB creció 125% entre 1970 y 1990 o 4% promedio anual (6.7% para 1970-1980 y 1.7% para 1980-1990), con un incremento de la volatilidad (el coeficiente de variación es 5.6 entre 1970 y 1980 y 15 entre 1980 y 1990). Además, la formación bruta de capital es baja, expandiéndose 17% en el periodo (2.6% por año); este promedio, sin embargo, enmascara una conducta errática de esta variable para la economía como un todo, además de las diferencias entre industrias. Por último, la expansión del empleo promedio es menor a 3% por año, pero de nuevo cada industria parece funcionar de modo diferente. Como resultado, Brown y Domínguez (2003) encuentran que la productividad de los factores crece moderadamente entre 1984 y 2000 en la industria manufacturera, aun si el cuadro está lejos de ser uniforme para el conjunto de las ramas; las autoras también afirman que las industrias que presentan el crecimiento más rápido en la productividad de los factores manifiestan los mayores cambios tecnológicos.

El grupo de industrias que muestran los cambios tecnológicos y sus relaciones intersectoriales más profundas como se les ha definido en este trabajo, independientemente de su dirección, comprende actividades de todas clases, como la ganadería, la minería, ramas manufactureras o servicios. Entonces este progreso parece distribuirse de modo aleatorio en la economía en un horizonte de largo plazo, aunque —como se ha dicho— el cambio no es muy considerable: los resultados confirman que los CT son más bien estables. Los resultados también sugieren que los cambios son mayores para las tablas de transacciones internas, lo cual permite esperar modificaciones en la manera en que se relacionan las industrias con el resto del sistema y con el sector externo, además de cualquier progreso técnico en sí. Tomando la matriz de transacciones totales, las ramas que muestran los mayores incrementos promedio en los CT parecen crecer más rápidamente; estas ramas tienden a importar insumos intermedios en mayor proporción y cambian su pauta de integración con el sector productivo interno. Al mismo tiempo, las industrias que muestran CT decrecientes tienden a crecer más lentamente. Sin embargo, es difícil encontrar una pauta de comportamiento de la formación de capital para estas industrias. Acerca del empleo, sin



CUADRO 3. *Matrices de transacciones internas. Diez grandes diferencias positivas y negativas*

<i>Industria</i>	<i>1990-1970</i>		<i>1990-1980</i>		<i>1980-1970</i>	
<i>Diferencias positivas (CT decrecientes en promedio)</i>						
6 Extracción de petróleo crudo y gas natural	0.057	1.245	1.492	1.380	0.094	1.056
15 Beneficio y molienda de café	0.103	0.618	0.066	0.135	0.052	0.013
18 Alimentos para animales	0.155	1.314	0.344	0.644	0.225	0.339
22 Refrescos y aguas	0.370	2.006	0.058	0.042	0.338	0.148
38 Productos farmacéuticos	0.059	0.096	0.034	0.274	0.024	0.007
42 Artículos de plástico	0.131	0.837	0.072	0.045	0.092	0.119
50 Otros productos metálicos, excepto maquinaria	0.101	0.122	0.052	0.009	0.187	0.083
55 Equipos y aparatos eléctricos	0.217	0.830	0.278	0.182	0.086	0.088
56 Vehículos automotores	0.143	0.272	0.098	0.471	0.039	0.023
59 Otras manufacturas	16.601	2.085	0.898	0.137	0.475	0.088
<i>Diferencias positivas (CT crecientes en promedio)</i>						
2 Ganadería	0.358	0.882	0.392	0.369	0.095	0.005
8 Extracción y beneficio de minerales metálicos no ferrosos	0.056	0.005	0.071	0.274	0.061	0.010
34 Petroquímica básica	0.149	8.660	0.005	0.051	0.247	0.089
36 Fertilizantes	0.020	0.341	0.019	0.015	0.023	0.033
37 Resinas sintéticas y fibras químicas	0.161	0.939	0.028	0.107	0.156	0.025
41 Productos de hule	0.033	0.163	0.012	0.009	0.025	0.008
61 Electricidad	0.696	0.162	0.052	0.046	1.138	0.013
62 Comercio	0.277	14.318	0.460	0.434	0.081	0.017
66 Servicios financieros	0.727	0.105	0.447	0.094	0.154	0.023
72 Otros servicios	0.136	0.031	0.590	0.202	0.132	0.008
Promedio	0.081	0.575	0.034	0.129	0.053	0.010

CUADRO 4. *Matrices de transacciones totales. Diez grandes diferencias positivas y negativas*

Industria	1990-1970			1990-1980			1980-1970		
<i>Diferencias positivas (CT decrecientes en promedio)</i>									
5 Extracción y beneficio de carbón y grafito	0.347	0.958	0.219	0.136	0.003	0.011			
6 Extracción de petróleo crudo y gas natural	0.041	0.911	0.556	1.993	1.055	0.655			
14 Molienda de maíz	0.076	0.308	0.160	0.164	0.001	0.003			
15 Beneficios y molienda de café	0.099	0.588	0.112	0.122	0.036	0.013			
16 Azúcar	0.177	0.359	0.200	0.034	0.041	0.034			
22 Refrescos y aguas	0.254	1.376	0.164	0.108	0.013	0.051			
32 Imprentas y editoriales	0.088	0.372	0.134	0.052	0.010	0.001			
38 Productos farmacéuticos	0.041	0.066	0.269	0.184	0.011	0.004			
45 Productos a base de minerales no metálicos	0.114	0.134	0.130	0.033	0.009	0.014			
50 Otros productos metálicos, excepto maquinaria	0.042	0.050	0.100	0.035	0.008	0.012			
<i>Diferencias positivas (CT crecientes en promedio)</i>									
2 Ganadería	0.358	0.882	0.220	0.393	0.003	0.005			
4 Pesca	0.334	4.195	0.227	0.619	0.004	0.028			
7 Extracción y beneficio de mineral de hierro	0.493	0.167	0.059	0.056	0.319	0.060			
8 Extracción y beneficio de minerales metálicos no ferrosos	0.090	0.008	0.215	0.366	0.010	0.010			
18 Alimentos para animales	0.068	0.578	0.114	0.249	0.010	0.037			
34 Petroquímica básica	0.195	11.30	0.020	0.094	0.103	0.107			
37 Resinas sintéticas y fibras químicas	0.072	0.42	0.046	0.041	0.033	0.016			
57 Carrocerías, motores, partes y accesorios para vehículos automotores	0.052	0.32	0.115	0.069	0.003	0.004			
62 Comercio	0.302	15.62	0.333	0.434	0.038	0.021			
66 Servicios financieros	0.627	0.091	0.968	0.101	0.023	0.015			
Promedio	0.020	0.141	0.005	0.011	0.001	0.003			

embargo, las industrias que muestran mayores cambios de los CT en las matrices de transacciones internas (en cualquier dirección) muestran mayores tasas de crecimiento en esta variable.

Una hipótesis pendiente de probar es si la expansión del producto ha sucedido empleando la misma tecnología en al menos un grupo de las ramas, lo cual parece ser una conclusión válida para toda la economía (PIB), desde el punto de vista del análisis estructural. Por otra parte este resultado podría explicarse por el equilibrio de fuerzas entre las industrias que muestran incrementos y decrecimientos en los CT.

En cuanto a los “régimenes de crecimiento” que prevalecen en diferentes ramas de la economía, como sugieren las ecuaciones presentadas líneas arriba, los cuadros 3 y 4 muestran estas medidas para el mismo conjunto de industrias innovadoras. Antes que nada, para la economía nacional, los CT parecen ser más elásticos (en términos absolutos) a los cambios en las proporciones formación bruta de capital/empleo ( ) respecto a la proporción valor agregado/empleo ( ). Los signos negativos se deben a las diferencias negativas entre los CT promedio (CT declinantes). Ello significa que la formación de capital es más importante que el incremento de productividad para explicar la dinámica económica. Esto no es el caso para los años setenta, cuando la economía parece ser más sensible al incremento de la productividad de los factores. Este resultado debe ponderarse porque la formación de capital no es estable ni se mueve con mucha rapidez. En otros términos, en esta economía volátil que muestra un incremento de la productividad moderada, la lenta formación de capital parece ser la variable más significativa para explicar el cambio estructural.

Mirando más de cerca al conjunto de “industrias innovadoras”, definido por la rapidez del cambio de los CT, vale la pena señalar algunos otros puntos, por ejemplo, los CT que en promedio decrecen son más elásticos a la formación de capital por trabajador que a la productividad de los factores para el periodo 1970-1990. Por lo contrario, los CT crecientes están más relacionados con la productividad de los factores, aunque ello no es cierto para todas las ramas. Al examinar estas relaciones para los periodos 1970-1980 y 1980-1990, de manera análoga a lo anterior, la productividad de trabajo

parece perder relevancia para explicar la dinámica sectorial. Es decir, la productividad del trabajo pierde importancia cuando la economía crece más lentamente y se torna más volátil.

Es importante tener en cuenta al menos tres debilidades de los indicadores propuestos: *i*) comparan datos estáticos para dos momentos y no consideran las tendencias de largo plazo; *ii*) aunque las diferencias entre CT parecen ser importantes para algunas industrias, en general, son insignificantes, por lo cual los resultados pueden no ser concluyentes, y *iii*) la formación de capital es también muy errática y dispersa entre las industrias, lo que tampoco ayuda a que los resultados sean sólidos.

A fin de resolver algunas de estas deficiencias puede proponerse otra elasticidad similar a  $\epsilon_j$ , remplazando la formación bruta de capital con el acervo de capital, a pesar de que este nuevo indicador mezcla variables de flujo y acervo, además de los argumentos contra el acervo de capital como una variable explicativa del crecimiento (Scott, 1989). Los cuadros 5 y 6 muestran que el acervo de capital y la formación bruta de capital mantienen la misma relación con el PIB en el horizonte temporal largo (medida por el coeficiente de correlación entre las series); sin embargo, el acervo de capital para la economía en su conjunto crece más rápidamente que el PIB, la formación de capital y el empleo. Asimismo, el comportamiento del acervo de capital es sensiblemente menos errático (su coeficiente de variación es de 9.4 entre 1970 y 1990). La nueva elasticidad es como sigue:

$$\epsilon_j = [a_j / \kappa_j] \kappa_j^t / a_j^t \quad (6)$$

en la que  $\epsilon_j$  es la elasticidad del CT promedio respecto al capital por trabajador y  $\kappa$  representa el capital por trabajador en la industria  $j$ .

CUADRO 5. *Tasas de crecimiento medio para el periodo 1970-1990*

(Coeficiente de variación)

Periodo	PIB		Empleo		Formación bruta de capital		Acervo bruto de capital	
1970-1980	6.7	(5.1)	4.7	(12.7)	4.5	(212.9)	8.0	(3.7)
1980-1990	1.7	(13.3)	1.1	(5.0)	0.7	(486.3)	3.5	(4.7)
1970-1990	4.2	(15.3)	2.9	(12.1)	2.6	(353.1)	5.7	(9.4)

FUENTE: Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México, con año base 1980.

CUADRO 6. *Coefficiente de correlación con el crecimiento del PIB*

<i>Periodo</i>	<i>Formación bruta de capital-PIB</i>	<i>Acervo bruto de capital-PIB</i>
1970-1980	0.40	0.57
1980-1990	0.62	0.35
1970-1990	0.49	0.48

FUENTE: Elaboración propia con datos del INEGI y Banco de México, con año base 1980.

Desafortunadamente los resultados para esta elasticidad no ofrecen mejoras al análisis anterior; además a partir de los resultados para no es posible sugerir ningún régimen que relacione el cambio tecnológico y la acumulación de capital que permita teorizar esta relación, ya que se supone que el proceso de inversión se aproxima por la formación bruta de capital, no por el crecimiento de los acervos.

### CONCLUSIONES

Este documento analiza la hipótesis de la existencia de regímenes de cambio tecnológico en la economía, determinados ya sea por la innovación y la productividad de los factores o por la inversión de capital por unidad de trabajo. Estas variables se relacionan también con factores como el proceso de inversión y sus determinantes. La formación de capital permite también incorporar la innovación o implicar el crecimiento del acervo de capital en los procesos productivos.

Los indicadores propuestos se probaron con una base de datos para la economía mexicana. Se trata de una economía que ha transitado por un largo periodo de volatilidad e inestabilidad, mientras el cambio tecnológico no parece ser muy dinámico. No obstante, ha sido posible caracterizar los cambios en los CT como más cercanos a la acumulación capital y menos a las ganancias en la productividad de los factores. Sin embargo estas características se han magnificado a la vez que el crecimiento ha sido más lento y menos estable.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acemoglu, D. (2002), "Directed Technical Change", *The Review of Economic Studies*, vol. 69, pp. 781-809.

- Antonelli, G., y N. de Liso (2000), "Introduction: An Appraisal of the Economic Analysis of Technological Change. The Path to the Last Decade", G. Antonelli y N. de Liso (comps.), *Economics of Structural and Technological Change*, Londres y Nueva York, Routledge.
- Aroche, F. (1995), "Cambio técnico y cambio estructural. La hipótesis de coeficientes decrecientes. Pruebas estadísticas con datos para México", *Estudios Económicos*, vol. 10, núm. 2, julio-diciembre.
- Böhm, B., y L. Punzo (1999), *Productivity-Investment Fluctuations and Structural Changes*, IDEE, Industrial Dynamics and Employment in Europe, Network Working Papers Series, Valbonne.
- Brown, F., y L. Domínguez (2003), "Productivity Developments in Post-Trade Opening in Mexico. A Malmquist Approach", Working Paper, UNAM.
- Burmeister, E., y R. Dobell (1973), *Teorías matemáticas del crecimiento económico*, Barcelona, Antoni Bosch.
- Carter, A. (1970), *Structural Change in the American Economy*, Cambridge, Harvard University Press.
- Craven, J. (1983), "Input-Output Analysis and Technical Change", *Econometrica*, vol. 51.
- Feldman, S., D. McClain y K. Palmer (1987), "Sources of Structural Change in the U.S. 1963-1978: An Input-Output Perspective", *Review of Economics and Statistics*, vol. 69, pp. 503-510.
- Forsell, O. (1972), "Explaining Changes in Input-Output Coefficients of Finland", Brody y Carter (comps.), *Input-Output Techniques*, Amsterdam, North Holland Publishing Co.
- (1983), "Experiences of Studying Changes in Input-Output Coefficients in Finland", A. Smyshilav (comp.), *Proceedings of the Fourth IIASA Task Force Meeting on the I-O Model*, Viena.
- Fugimagari, D. (1989), "The Sources of Change in Canadian Industry Output", *Economic Systems Research*, vol. 1, pp. 187-201.
- Kennedy, C. (1964), "Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution", *Economic Journal*, vol. LXXIV, pp. 541-547.
- Kruger, A. (1999), "Measuring Labour's Share", *American Economic Review*, vol. 89, pp. 45-51.
- Leontief, W. (1963), "The Structure of Development", *Scientific American*, vol. 209, pp. 148-166.
- Östblom G. (1992), "Parametric and Non-parametric Tests on Technical Change for Sweden", *Economic Systems Research*, vol. 4, núm. 3 pp. 235-243.
- Romer, P. (1986), "Increasing Returns and the Long-Run Growth", *Journal of the Political Economy*, vol. 94, pp. 1002-1037.
- Rose, A., y W. Miernyk (1989), "Input-Output Analysis: The First Fifty Years", *Economic Systems Research*, vol. 1, pp. 229-271.
- Schintke, J., y R. Stäglin (1988), "Important Input-Output Coefficients in Market Transactions Tables and Production Flow Tables", M. Ciaschini (comp.),

- Input-Output Analysis. Current Developments*, Londres y Nueva York, Chapman and Hall.
- Schumann, J. (1990), "On some Basic Issues of Input-Output Economics: Technical Structure, Prices, Imputations, Structural Decomposition, Applied General Equilibrium", *Economic Systems Research*, vol. 2, pp. 229-239.
- Scott, F. (1989), *A New View of Economic Growth*, Oxford, Clarendon Press.
- Skolka, J. (1983), "Important Input Coefficients in Austrian Input-Output Tables for 1964 and 1976", A. Smyshilav (comp.), *Proceedings of the Fourth IIASA Task Force Meeting on the I-O Model*, Viena.
- Urata, S. (1988), "Economic Growth and Structural Change in the Soviet Economy, 1959-72", M. Ciaschini (comp.), *Input-Output Analysis. Current Developments*, Londres y Nueva York, Chapman and Hall.
- Von Weizsäcker, E., A. Lovins y L. H. Lovins (1998), *Factor Four. Doubling Wealth, Halving Resource Use*, Londres, Earthscan Publications.
- Zeira, J. (1998), "Workers, Machines and Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, pp. 1091-1118.