



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN ECONOMÍA
FACULTAD DE ECONOMÍA

**DISTRIBUCIÓN FUNCIONAL DEL INGRESO,
PRODUCTIVIDAD LABORAL Y CAMBIO TÉCNICO: UN
ENFOQUE DE COMPLEJIDAD PARA MÉXICO (1980 - 2008).**

T E S I S
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA

PRESENTA
EDUARDO MORENO REYES

TUTOR:
DR. MARTÍN PUCHET ANYUL
FACULTAD DE ECONOMÍA, UNAM

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD.MX, OCTUBRE 2019.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*“Nadie vivirá para trabajar, pero todos trabajaremos para vivir ...
Nadie morirá por hambre, porque nadie morirá por indigestión ...
Justicia y libertad, hermanas siamesas, condenadas a vivir separadas, se
reunirán de nuevo, bien pegaditas, espalda con espalda”
Eduardo Galeano, el derecho al delirio.
Dedicado a
mi familia*

Índice general

Lista de figuras	V
Lista de tablas	VII
1. Introducción.	1
2. Cambio estructural en México:1980-2008	5
2.1. México:1980-2008; Cambios institucionales	5
2.2. México 1980-2008: Mercado laboral	11
3. La distribución funcional del ingreso <i>DFI</i>	17
3.1. ¿Por qué es necesario estudiar la distribución funcional del ingreso?	17
3.2. Causas del comportamiento de la <i>DFI</i>	19
4. México 1980-2008: <i>DFI</i> , φ e <i>ICS</i>	27
4.1. Índice de Integración Circular.	28
4.1.1. El determinante de una matriz de Leontief como indicador de integración y cambio técnico.	28
4.1.2. El Índice de Circularidad o Índice de Integración Circular como un indicador de complejidad.	35
4.2. Caracterización y comportamiento sectorial	44
4.2.1. Estadística descriptiva de las variables de estudio.	44
4.2.2. Caracterización sectorial.	53
4.2.3. Comportamiento sectorial.	65
5.	69

A. Árboles, Circuitos y Bucles	73
A.1. Teorema de los árboles y las matrices	73
A.2. Teorema de los bucles y circuitos.	85
B. Comportamiento sectorial	93
Bibliografía	101

Índice de figuras

3.1. Participación del Ingreso del Trabajo en el Ingreso Nacional	20
4.1. HPG en una matriz de Leontief de tres sectores	33
4.2. HPG en una matriz de tres sectores sin la participación de uno	34
4.3. Función de la derivada del IC respecto a Δ	41
4.4. Caracterización de los sectores por gráficas de dispersión.	53
4.5. México: 1980,2003 y 2018 Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t y Distribución Funcional del Ingreso w_i	57
4.6. México 1980,2003 y 2008: Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t y Distribución Funcional del Ingreso w_i	58
4.7. México: 1980,2003 y 2008 Productividad laboral φ_i y Distribución Funcional del Ingreso w_i	59
4.8. México 1980,2003 y 2008: Productividad laboral sectorial φ_i y Distribución Funcional del Ingreso DFI, w_i	60
4.9. México: 1980, 2003 y 2008 Productividad Laboral sectorial φ_i e Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t	62
A.1. Grafo de un determinante de una matriz de dimensión 3 descompuesto por árboles	86
A.2. Representación de un grafo parcial hamiltoniano.	88
A.3. HPG en una matriz de Leontief de tres sectores	91
B.1. Notas sobre homologación y procesos de deflación en las matrices de insumo producto de México	100

Índice de cuadros

3.1. Teorías neoclásica y no neoclásica sobre la Distribución Funcional del Ingreso.	25
4.1. Variables utilizadas para el documento	45
4.2. México: producción, empleo, salarios, excedente de operación y comercio exterior, a nivel sectorial, 1980, 2003 y 2008. (medias sectoriales con sus desviaciones estándar y rangos por periodos y variaciones entre periodos)	46
4.3. México: Distribución funcional del ingreso, productividad laboral, índices de circularidad y participaciones del valor agregado en el total y de exportaciones e importaciones intermedias en el valor bruto de la producción, a nivel de cada sector, 1980, 2003 y 2008 (medias sectoriales con sus desviaciones estándar y rangos)	49
4.4. México: Distribución del ingreso, productividad laboral e índices de circularidad a nivel de toda la economía, 1980, 2003 y 2008 (medias sectoriales y nacionales)	51
4.5. Posibles comportamientos de los sectores	65
4.6. México 1980-2008: Resultados del comportamiento sectorial Distribución Funcional del Ingreso Sectorial w_i , Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t y productividad laboral φ_i	66
4.7. México 1980-2008: Resultados del comportamiento sectorial Distribución Funcional del Ingreso Sectorial w_i , Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t y productividad laboral φ_i II	67
B.1. Posibles comportamientos de los sectores	93

B.2. México 1980-2008: Nombre y número de sectores industriales .	94
B.3. México 1980-2008: Sectores con comportamiento C.R.	95
B.4. México 1980-2008: Sectores con comportamiento C.R. y C.U.P.	95
B.5. México 1980-2008: Sectores con comportamiento C.R. y S.C. .	95
B.6. México 1980-2008: Sectores con comportamiento C.U.P y C.R.	96
B.7. México 1980-2008: Sectores con comportamiento C.U.P y C.U.P.	96
B.8. México 1980-2008: Sectores con comportamiento C.U.P y E. .	96
B.9. México 1980-2008: Sectores con comportamiento C.U.P y S.C.	96
B.10. México 1980-2008: Sectores con comportamiento E. y C.R. . .	97
B.11. México 1980-2008: Sectores con comportamiento E. y C.U.P. .	97
B.12. México 1980-2008: Sectores con comportamiento E. y E. . . .	97
B.13. México 1980-2008: Sectores con comportamiento E. y S.C. . .	98
B.14. México 1980-2008: Sectores con comportamiento S.C y C.R. .	98
B.15. México 1980-2008: Sectores con comportamiento S.C y E. . . .	98
B.16. México 1980-2008: Sectores con comportamiento S.C y S.C. . .	99

Capítulo 1

Introducción.

Los cambios estructurales experimentados por la economía mexicana desde 1980 representaron un giro en la relación entre el mercado y el Estado. Hasta principios de aquella década el Estado era, no sólo el regulador, sino, el rector de gran parte de la actividad económica en México, logrando tasas de crecimiento anuales de 6 por ciento, mejorando la distribución funcional del ingreso pasando de 24 a 35 por ciento la participación de los salarios en el ingreso nacional de 1940 a 1970, pero también desarrollando una dependencia de los bienes de capital importados, creando presiones sobre la cuenta corriente.

Así, en 1980 ante la imposibilidad de acceder a nuevos créditos en el mercado mundial y con la caída en los ingresos petroleros, se optó por cambios estructurales en la política económica que, representaron un cambio en la relación Estado-mercado.

Dichos cambios estaban caracterizados por orientar el crecimiento a través del mercado externo, impulsados por un proceso de privatización y de creación de mercados competitivos que permitieran la entrada de capital, a través de la Inversión Extranjera Directa y la Inversión de Cartera. A su vez, esto requería de la flexibilización del mercado laboral, con el objetivo de dar señales correctas de precios relativos a los tomadores de decisiones, y que los salarios estuvieran relacionados con la productividad laboral, al menos ese era el argumento teórico.

Sin embargo, la apertura de la economía mexicana no tuvo un efecto homogéneo en el sistema industrial, mucho menos tuvo todos los resultados esperados, o no todos, si bien hubo un control de los niveles de inflación, así como un aumento en la productividad laboral y mayor participación de las

exportaciones manufactureras en el ingreso nacional, la participación salarial en el ingreso nacional tuvo una contracción importante en 1980 y 2008, y las variación del crecimiento económico no ha superado los 5 puntos porcentuales de las décadas anteriores.

El estudio de la distribución del ingreso se ha vuelto relevante en las últimas dos décadas en todo el mundo, pues tras la caída de la participación del salario en el ingreso nacional desde la década de 1970, así como el desmantelamiento del Estado de Bienestar, la desigualdad entre y al interior de los países ha alcanzado niveles preocupantes, resultado de los retrocesos en los procesos de distribución y redistribución del ingreso; sin mencionar, las desigualdades en riqueza que han señalado autores como Piketty (2014).

Si bien, la desigualdad no tiene una causa unívoca, sino que su causa es multifactorial, la distribución funcional del ingreso es una variable relevante en la configuración de los procesos distributivos del ingreso. Atkinson (2016) llama la atención sobre las razones por las cuales se debería estudiar la distribución funcional del ingreso; la primera, hacer un vínculo entre los ingresos macroeconómicos y los de los hogares; segunda, ayudar a entender la inequidad de la distribución del ingreso personal y; tercera, abordar la preocupación de la justicia social con la equidad de las diferentes fuentes del ingreso.

Sin embargo, la causalidad de la caída de los ingresos del trabajo en el ingreso nacional es un debate abierto en la teoría económica. Por ejemplo, Harcourt (1975) menciona diferencias importantes respecto a la teoría de la distribución entre la teoría a la que él llama *neo neo clásica*, que en este documento será referida como neoclásica, respecto a otras teorías económicas. Por ejemplo, menciona que, para los primeros, la escasez relativa de los factores primarios y su productividad marginal determinan producción y distribución; en tanto para la teoría no neo neoclásica, la distribución primaria del ingreso no está desvinculada de las instituciones [por ejemplo, para los clásicos, Marx (2014b), Keynes (1936)].

Consecuentemente, los estudios empíricos sobre la distribución funcional del ingreso carecen también de consenso sobre la causalidad de la caída de la participación de los salarios en el ingreso nacional. Dao, Das, Koczan y Lian (2017), desde una perspectiva neoclásica, mencionan que esta caída ulterior a 1970, se debe al cambio tecnológico que incrementa la productividad del capital y las altas habilidades del trabajo, así como a la globalización.

Por otro lado, estudios como los realizados por Onaran y Obst (2016) sostienen que la caída de la participación de los salarios en el ingreso nacional

se ha debido a las políticas neoliberales, la financiarización y la pérdida del poder de negociación de los trabajadores.

En el caso de México, los estudios sobre distribución funcional del ingreso son pocos [Romero, Puyana y Dieck (2005), por ejemplo] y aún menos los que se realizan a nivel sectorial que, en una estructura interindustrial como la de México, supone una heterogeneidad de variables como productividad laboral, participación de los salarios en el ingreso, integración de un sector con el resto o técnica de producción (la cual, este documento sugiere puede asociarse al índice de circularidad sectorial o índice de integración sectorial de una matriz de insumo producto).

Así, con la relevancia y necesidad de ampliar los estudios sobre la distribución funcional del ingreso, aún más a nivel sectorial. Este documento tiene dos motivaciones principales; primero, demostrar que el determinante de las matrices de insumo-producto puede leerse como un indicador que captura el cambio técnico de un sistema interindustrial, a través del índice de circularidad sectorial o índice de integración circular *ICS* [Véase Lantner (1972b), Gazon (1976), Lantner y Lebert (2013)].

Segundo; una vez expuesta la posibilidad de interpretar al *ICS* como un indicador de cambio técnico y de complejidad, analizar su relación con la distribución funcional del ingreso y la productividad laboral, consecuentemente, obtener el comportamiento de estas relaciones a nivel nacional partiendo desde el nivel sectorial del sistema industrial ; durante el periodo de cambio en la relación entre el mercado y el Estado, para la economía mexicana en los años 1980,2003 y 2008. Por último; testar la tesis que sostiene que el cambio técnico en el sistema interindustrial mexicano y el aumento de la productividad laboral, no han implicado, como se esperaría según las deducciones derivadas de la teoría ortodoxa, un beneficio para mejorar la participación de los salarios en el ingreso nacional.

Para ello habrá que responder a la pregunta “la complejidad y el costo de las nuevas tecnologías y su impacto ¿cambian la estructura del ingreso y el ahorro de mano de obra y modifican la función de producción hacia métodos más intensivos en capital? [Puyana (2015)]”, la cual permitirá abordar qué tipo de relación existe, para el caso de México, entre el cambio tecnológico, la productividad laboral y las implicaciones que esta relación tiene sobre la distribución funcional del ingreso.

El documento está dividido en cuatro capítulos; el primero, una introducción, donde se plantea el objeto central y la estructura de la tesis; el segundo, resume los cambios estructurales e institucionales de la economía mexicana

y los procesos de flexibilización del mercado laboral; el tercero, que amplía la importancia y necesidad de entender el comportamiento y las causas de los movimientos de la distribución funcional del ingreso, así como algunos de los debates más importantes en torno a este tema; el cuarto, presenta los resultados de estadística descriptiva para las variables a analizar: distribución funcional del ingreso, productividad laboral e índice de circularidad sectorial para los tres años de estudio, a su vez, se presenta una caracterización sectorial y su comportamiento, comparativo, para los años de estudio; por último, uno destinado a las conclusiones.

Capítulo 2

Cambios estructurales e institucionales en la economía mexicana:1980-2008.

En 1970 culminan “los gloriosos treinta” de la economía capitalista a nivel mundial. Tanto el desempleo como la inflación se dispararon, anunciando una fase de estanflación global que se prolongó durante la mayor parte de la década de 1970; la caída de los ingresos fiscales y el aumento de los gastos sociales provocaron crisis en varios Estados destacando Reino Unido. Las políticas keynesianas habían dejado de funcionar [Harvey (2007)]. Eran necesarios ajustes macroeconómicos y comenzar el desmantelamiento del llamado Estado de Bienestar, América Latina no fue la excepción. Este capítulo resume los cambios estructurales e institucionales de la economía mexicana y los procesos de flexibilización del mercado laboral.

2.1. Cambios institucionales y efectos económicos en México:1980-*circa* 2008.

Katz (2000) caracteriza las fases y objetivos de las reformas estructurales en América Latina, de las cuales México también forma parte a partir de 1980 de la siguiente manera:

I) Ante la incapacidad de pago de la deuda y el desequilibrio macroeconómico, se amplían las reformas estructurales, así, el déficit en el sector externo comienza a bajar al contraerse las importaciones, dada la contrac-

ción del consumo interno, y el aumento de las exportaciones. La pérdida de reservas disminuye, la tasa de inflación cede y la tasa de interés comienza a caer, dando paso a una gradual recuperación del salario real y de la demanda interna.

II) El aumento paulatino del grado de utilización de la capacidad de producción instalada.

III) Las señales de sustentabilidad de largo plazo del nuevo conjunto de precios relativos prevalecientes en la economía (y el nuevo patrón de distribución del ingreso asociado); la disponibilidad de ahorro externo, con ello se incrementa la inversión, que involucran la instalación de nuevas plantas fabriles, expansiones significativas de la capacidad instalada y programas de modernización tecnológica. La apertura de nuevas empresas constituye el indicador más claro de que la economía ha entrado otra vez en un sendero de crecimiento, en el marco de un nuevo cuadro de equilibrio de sus cuentas externas y fiscales.

No obstante, Katz (2000) llama la atención sobre los pocos casos de éxito que han logrado posicionar nuevamente a las economías en un situación de sostenibilidad de crecimiento en el largo plazo, pues son más los fracasos de ajustes estructurales y programas estabilizadores, pues estos se ven interrumpidos por perturbaciones exógenas o bien limitaciones endógenas.

Por ejemplo, la insuficiente respuesta de la inversión o las exportaciones, que obligó a reiniciar los procesos de ajuste. México, junto con otros países de América Latina, retrasó la implementación de los ajustes estructurales, ayudado por la contratación de deuda externa que no le era negada tras el descubrimiento de los yacimientos de petróleo en 1976, lo cual garantizaba ingresos al Estado mexicano con los que podía hacer frente a sus obligaciones.

Sin embargo, hacia la década de 1980, la economía mexicana comenzó a experimentar vicisitudes mayores; en 1981, la apreciación del peso alcanzo un nivel histórico [Ros (1987)], el déficit financiero llegó a 14 puntos porcentuales respecto al PIB, aunado a una liberalización comercial de la importaciones en 1976 y una caída de las exportaciones no petroleras del orden de 30 por ciento comenzaron a crear presiones sobre el déficit comercial, el que se duplicó entre 1980 y 1981 [Moreno-Brid y Ros (2010)].

Lo anterior puso a México, durante la década de 1980, en un complicado entorno macroeconómico; primero, la crisis de la deuda en 1982 que limitaba la obtención de créditos externos; segundo, en 1986, la crisis del petróleo limitó una de las principales fuentes de ingreso del Estado [Moreno-Brid y Ros (2004)]. Esto caracterizó a la década de los años ochenta como el fin del

periodo de crecimiento de la economía mexicana e incluso se ha caracterizado como la década perdida. Era entonces necesario un ajuste macroeconómico y se optó por los ajustes de corte liberal.

Estos ajustes estuvieron caracterizados por: la privatización de empresas públicas, reformas a la política comercial, minimización de la intervención estatal en la política industrial (eliminarla); liberalización y desregulación de los mercados financieros, reformas a la tenencia de las tierras y, desregulación y políticas de competencia [Moreno-Brid y Ros (2010)], así como la flexibilización del mercado laboral, el cual permitiera una lectura adecuada de los precios relativos de los insumos primarios (capital y trabajo). Bajo el argumento de que el repliegue del Estado en la actividad económica era necesario, debido a su ineficiencia y que no podía, dadas las condiciones predominantes, acceder a crédito y atender las demandas de empleo. Se argumentó que el capital privado, principalmente en el extranjero dispuesto a invertir, a través de la Inversión Extranjera Directa, y con ello trasladar tecnología de punta que eficientara los procesos productivos, resolvería estos problemas. Entre 1983 y 1989 se privatizaron 845 empresas, en una primera ola de privatizaciones, sin embargo, entre 1990 y 1992 se dio el proceso de privatización con mayor importancia y escala financiera para el Estado, incluyendo teléfonos de México y bancos comerciales [Moreno-Brid y Ros (2010)]. Esto tuvo como resultado una contracción de la inversión pública que representó el 43 por ciento de la inversión total en 1980 a niveles cercanos al 13 por ciento en 2003.

En lo que respecta a la política comercial, se eliminó el complejo sistema proteccionista existente hasta entonces, incorporando a México en acuerdos de libre comercio; primero, multilateralmente con acuerdos como el GATT en 1986, y la liberalización de los regímenes de importaciones desde 1984, facilitando, en 1985, la importación de bienes intermedios y de bienes de capital, lo que implicó un abandono explícito de la Industrialización por Sustitución de Importaciones *ISI*, permitiendo incluso la liberalización de importaciones de bienes de consumo final en 1987. Así, la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), daría un segundo empuje a la liberalización comercial, en el cual se comprometía México a eliminar barreras arancelarias y no arancelarias. Con la entrada a estos marcos y acuerdos de libre comercio se ponía de manifiesto la nueva vocación exportadora de la economía mexicana, en el cual el crecimiento se daría vía las exportaciones. No obstante, esta nueva vocación exportadora necesitaba, según los ajustes macroeconómicos, canalizar recursos del exterior que permitieran financiar

nuevos proyectos productivos dentro del sistema industrial mexicano.

Así, la desregulación de los mercados financieros se interpretó como necesaria para la canalización de ahorro externo al país, si bien, está fue una de las últimas reformas aplicadas de forma normativa, en la realidad, desde el gobierno de Miguel de la Madrid, la ley de Inversión Extranjera de 1973, que limitaba la participación de ésta a un 49 por ciento de la participación de la inversión total, se tomaba con cierta flexibilidad entre 1982 y 1988.

En 1989, se promulgó una nueva ley de IED que abolía, formalmente, las restricciones de ley de 1973 [Lustig (2000)], seguida por una reforma aún más ambiciosa en 1993 que abolió el límite del 49 por ciento, como requisito y antesala al TLCAN, dando como resultado un incremento de 554 por ciento en la IED en 1994, respecto a 1980¹; estos flujos se centraron principalmente en la parte norte de México caracterizada por plantas maquiladoras. Durante los años noventa la participación de la maquila en la industria manufacturera pasó de 15 a 40 por ciento, al final de la década [Rodríguez (2009)].

Respecto a la reforma en el sistema de tenencia de la tierra y apoyo a las políticas agrícolas, el gobierno de Miguel de la Madrid comenzó una primera etapa de retiro de apoyos al sector agropecuario, eliminando el apoyo a los precios de garantía en cinco de los doce cultivos básicos y al reorganizar la Compañía Nacional de Subsistencia Popular. En el sexenio de Carlos Salinas de Gortari, en 1992 concluyó el proceso de reforma agraria bajo el argumento de la ineficiencia del ejido. Con la reforma del artículo 27 constitucional se eliminaron permisos de importación y se redujeron aranceles en productos agrícolas, una vez entrado en vigor el TLCAN, se abolieron estos aranceles en 2008 y desde 1991 se abolieron los precios de garantía para las cosechas básicas excepto frijol y maíz [Moreno-Brid y Ros (2010)]. Esto incrementó aún más la heterogeneidad productiva en el sector primario², privilegiando la participación del capital privado en dicho sector.

Todas estas reformas institucionales, trajeron consigo cambios estructurales en la economía, y con ello cambios en el comportamiento de las varia-

¹Las reformas subsecuentes han liberado aún más el mercado de capitales, según la UNCTAD (2014), México ocupó el lugar número 13 como país receptor de IED en 2014. En lo que refiere a la cuenta en cartera, las reformas comenzaron en 1988, se abandonaron las tasas de encaje legal, así como los topes máximos a las tasas de interés.

²Pues desde los gobiernos de Ávila Camacho y con mayor profundidad en el de Miguel Alemán, quienes también argumentaban una menor eficiencia del ejido (lo cual era cierto, dada la poca disponibilidad de crédito y acceso a bienes de capital [De la Peña y Aguirre (2006)]

bles macroeconómicas. Moreno-Brid, Pérez Caldentey y Ruiz Nápoles (2004) mencionan que la estabilidad de precios alcanzada a principios de la década de 1990 no trajo a la región de América Latina los efectos esperados en tanto al crecimiento, el PIB medio de la región entre 1990 y 2000 tuvo una variación media anual de 3.3 por ciento, en tanto, en el período comprendido entre 1950 y 1980 dicha variación fue de 5.5 por ciento.

Para México, los efectos de las reformas de estabilización tampoco fueron los esperados. Ruiz Nápoles (2017) menciona que la tasa de variación real promedio del PIB en México fue 6.9 por ciento para el período 1970 – 1981; de 1.7 por ciento para el período 1982 – 1993 y; de 2.6 por ciento para el período 1994 – 2015; en el caso de las exportaciones, las tasas de exportación anuales medias fueron de 11.9, 6.1, 8.4 por ciento, respectivamente; en tanto al empleo, fue de 4.8, 2.0 y 1.4 por ciento, respectivamente.

Ruiz Nápoles (2017), Ruiz-Nápoles (2004) concluye que los resultados de la liberalización comercial son paradójicos, de acuerdos a sus metas. Sostiene que la liberalización comercial y el TLCAN, como parte de paquete de políticas económicas e institucionales, para incentivar el crecimiento de la economía mexicana, si bien, tuvieron los efectos esperados en variables como la inflación y el crecimiento de las exportaciones, también fueron un fracaso principalmente en dos frentes: el primero, el crecimiento económico y el crecimiento en el empleo, este segundo agudizado por la nula libertad de movilidad de los trabajadores de México hacia Estados Unidos, a diferencia de la alta movilidad de capitales, sin embargo, la IED no ha sido tampoco el motor de crecimiento que se esperaba, y con una banca de desarrollo dismantelada, las presiones sobre la balanza comercial que ha sido crónicamente deficitaria (exceptuando a Estados Unidos), agudizó una restricción externa al crecimiento.

A partir de la liberalización comercial, las exportaciones mexicanas han tenido un importante crecimiento pasando de tasas de crecimiento anuales medias del 5.8 por ciento entre 1981 y 1993, a tasas de 11.1 por ciento entre 1993 y 2006, en el cual las exportaciones no petroleras han ido ganando terreno, no obstante, a pesar de este auge en las exportaciones manufactureras, México ha presentado un estructural déficit comercial exceptuando periodos de severa recesión y momentos de devaluación como el de 1994, exceptuando a Estados Unidos, país con el que hay un superávit comercial.

Esta restricción externa se debe, principalmente, al incremento incesante de las importaciones, tras la liberalización comercial, debido a que las exportaciones manufactureras mexicanas son altamente dependientes de insumos

importados [Moreno-Brid y Ros (2010)], lo cual ha traído consigo una desvinculación de los encadenamientos, del ya incipiente, sistema interindustrial que existía antes del periodo de las reformas estructurales. Estas tendencias son agudizadas, por la constante apreciación del tipo de cambio real. Es decir, no se ha superado la restricción externa que se supone las reformas estructurales sanearían.

2.2. Flexibilización del mercado laboral y aumento su productividad laboral: características de las reformas estructurales en México.

En el caso del mercado de trabajo mexicano, su flexibilización, a partir de 1980, se justificó, bajo el argumento que esta era necesaria para no distorsionar los precios relativos de los insumos primarios y con ello dar certeza a los tomadores de decisiones y a los nuevos inversores privados nacionales y extranjeros, a través de la Inversión Extranjera Directa (IED).

Por supuesto, los procesos de privatización en México requerían un mercado laboral flexible y la reestructuración de las relaciones laborales, lo que desencadenó protestas obreras en 1988, las cuales fueron reprimidas. Los mecanismos de control de las protestas fueron varios: a principios de la década de los noventa, varios líderes obreros fueron encarcelados acusados de corrupción [Harvey (2007)], o bien, la represión directa y el reforzamiento de la corporativización de los sindicatos.

Si bien, el mercado de trabajo no estuvo explícitamente incluido en el TLCAN, las diferencias salariales principalmente entre Estados Unidos y México, facilitaron las negociaciones y flexibilización del mercado laboral mexicano; por el lado de Estados Unidos, el argumento fue que el menor costo laboral de México podría incentivar el desplazamiento de plantas productivas a este país.

A su vez, en México, se argumentó que la baja productividad laboral, respecto a los procesos de producción en Estados Unidos, obligaban a aceptar condiciones laborales más restrictivas, de ahí que la maquila asociada a la IED, sea un sistema idóneo en términos de costos pues, “las maquiladoras importan materiales semi-elaborados de los EUA, el país más productivo, y agregan una parte significativa del costo salarial en México, el país de los bajos salarios. Para muchas industrias mayores valores-trabajo en México que en EUA o Canadá implican mayores costos no laborales. Simétricamente, habrá productos que sean más baratos en México que en los EUA a pesar de la menor productividad mexicana. Esto podría ser un elemento importante para predecir qué industrias o procesos son candidatos para emigrar en la búsqueda de bajos salarios [Valle (1994, pag.22)]”.

En México, los salarios comenzaron a estancarse en 1987 con el Pacto de Solidaridad Económica, con el cual se buscó una medida heterodoxa a la creciente inflación, es decir, se dejó de buscar una indexación del salario a los niveles de precios, cuya tasa anual de inflación había llegado a 160 por ciento en dicho año. Así, el pacto tenía como objetivo controlar la inflación, a través del congelamiento del tipo de cambio, salarios y precios de bienes consumidos por los trabajadores, principalmente tarifas públicas [Moreno-Brid y Ros (2010)].

A partir de estos cambios, se implantó la retórica de que el salario debería corresponder con la productividad del trabajo. Romero y col. (2005) demuestran que los salarios reales descienden entre 1980 y 1988, el primer periodo de ajuste estructural coincidente con la contracción del mercado interno. Entre 1988 y 2000, se da una recuperación de los salarios reales, pero insuficientes para alcanzar los niveles de 1981 y, advierten que, esta recuperación de los salarios reales³, parecería indicar que las reformas estructurales han tenido resultados esperados y por tanto la productividad y las remuneraciones comienzan a crecer, sin embargo, no es así.⁴

Empero, hay argumentos como el de Chiquiar y Ramos-Francia (2009) que sostienen que el mercado laboral mexicano es un mercado aún muy rígido que no permite una asignación eficiente de los precios relativos de los factores primarios, asignando de forma ineficiente la mano de obra en sectores y empresas de baja productividad. Dentro de las características de rigidez señaladas por Chiquiar y Ramos-Francia (2009) en el mercado laboral mexicano se destacan: “las dificultades para crear contratos de trabajo flexibles, y los altos costos de despido [Chiquiar y Ramos-Francia (2009, pag.14)]”.

Refiriendo índices de calidad institucional e índices de rigidez para la creación de contratos, así como un índice de rigidez para la ejecución de despidos, los autores [Chiquiar y Ramos-Francia (2009)] sustentan que el mercado de trabajo mexicano para la década del año 2000, seguía siendo uno de los más

³Cabe destacar que el estudio lo realizan a un nivel de 73 ramas industriales y esta recuperación, esta basada en el análisis de la pendiente de la mediana de las remuneraciones.

⁴Romero y col. (2005) señalan que las fluctuaciones de salarios reales han estado íntimamente ligadas a la evolución del tipo de cambio real. Pues los procesos inflacionarios de 1980 a 1988, provocaron una subvaluación del peso que provocó un aumento de los precios de las importaciones en moneda local y con ello una reducción del salario real, para el periodo de 1988 y 2000, el peso ha experimentado una sobrevaluación lo que ha producido un aumento en el salario real, exceptuando la crisis de 1994.

rígidos dentro de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE), por ende, para estos autores la intervención institucional en el mercado de trabajo mexicano imposibilita la asignación eficiente de los precios y demandas de los factores primarios, consecuentemente, resta competitividad al industrial mexicano: creando menores oportunidades de empleo, bajo crecimiento y mayor desigualdad en el ingreso.

Sin embargo, Ros (2013) contradice el argumento que señala que el mercado laboral en México es altamente flexible. Si bien admite que en la parte nominal, es decir, en las legislaciones laborales México puede parecer un país con alta rigidez en el mercado laboral, como lo señalan Chiquiar y Ramos-Francia (2009), en términos reales no es así.

Ros (2013) argumenta que es la parte real no la nominal la que hay que observar en el mercado laboral, es decir, variables como: la relación entre el salario mínimo y el medio; los costos de despido; la tasa de sindicalización y los costos laborales no salariales como porcentaje del salario bruto. Analizando estas variables, el autor llega a la conclusión de que el mercado laboral mexicano es altamente flexible pues: la brecha entre el salario mínimo y el laboral ha aumentado desde 1980, al menos en el sector manufacturero, no obstante ambos han caído desde 1980, lo que implica un incremento de la desigualdad en la parte baja de la distribución salarial; en lo que refiere a los costos de despido, si bien, la legislación laboral mexicana parece rígida para poder llevar a cabo despidos, las altas tasas de rotación de los trabajadores entre el sector formal e informal sugiere que la legislación laboral no es tan rígida como se pensaría; por último, el decremento de la tasa de sindicalización ha implicado una pérdida del poder de negociación de los trabajadores por igualar la distribución salarial, aún más, la presencia de sindicatos en México no ha impedido un alto grado de flexibilización en el mercado de trabajo, pues las devaluaciones de 1982, 1986 y 1994-1995 ha provocado que los salarios reales sean altamente flexibles ⁵.

En tanto a la productividad laboral, diversos trabajos destacan, a diferentes niveles sectoriales y para diferentes periodos entre 1970 y 2009, que hay una correspondencia entre los movimientos de la productividad y el salario [Ortiz (1993)] en el periodo de auge y declinación del modelo ISI (1979 – 1980), sin embargo, hay una caída de la productividad en el perio-

⁵Ros (2013) también señala que los cambios institucionales en el mercado de trabajo en México y los movimientos en los salarios mínimos y medios reales tiene altas implicaciones distributivas -que se ha tornado regresiva- mas no son concluyente en sus efectos sobre el crecimiento económico

do de liberalización comercial respecto al periodo previo, especialmente en la década de 1980 [Ros (1994)], compensada por un incremento en la participación de la población en el empleo para producir un ingreso per-cápita prácticamente constante [Romero y col. (2005)].

A su vez, el comportamiento sectorial es diferente al medio; por ejemplo, los sectores comerciables (destacando equipo de transporte, petróleo y derivados, productos químicos [Dussel (1994)] o bienes de capital [Moreno-Brid y Ros (2010)] son los que presentan mejoras en la productividad laboral, sin embargo, estas mejoras fueron puntuales y no sostenibles a largo plazo [Ros (1995)]

Así, la nueva vocación exportadora de México, Katz (2000) la caracterizó de la siguiente manera “el caso de México y varias de las economías de Centroamérica, donde el patrón de especialización productiva ha ido gradualmente acentuando la participación relativa de la maquila productora de aparatos electrónicos y computadores, así como de indumentaria, básicamente para exportar al mercado estadounidense. En este caso se trata de ramas que hacen uso intensivo de mano de obra. La maquila mexicana ha generado cerca de un millón de nuevos puestos de trabajo en el curso de la década de 1990. Empleando tecnologías de última generación y una sofisticada logística de abastecimiento —basada en la sincronización con la demanda (*just-in-time*)— de partes y componentes, técnicas de calidad total, *Kanban* y otras, pero pagando salarios que son sólo una fracción — no mucho más del 10 por ciento del salario de los países desarrollados, las maquiladoras producen casi íntegramente para satisfacer la estrategia corporativa de grandes empresas estadounidenses, japonesas y coreanas que compiten estrechamente en el mercado interno de los Estados Unidos [Katz (2000, pag.62)]”.

En términos del empleo, en México, se pasó de 17.6 millones de personas empleadas en 1978 a 30.6 millones en 2000; el empleo directo e indirecto asociado a las actividades exportadoras pasó de 4.6 por ciento a 11.2 como participación del trabajo total remunerado; en tanto la mano de obra de obra directamente relacionado con las exportaciones pasó de representar el 2.7 por ciento de la mano de obra remunerada total a 5.9 en el mismo período. Sin embargo, este incremento del empleo asociado a las exportaciones implicó más un efecto sustitución, que un aumento total del empleo, pues el aumento de las importaciones para satisfacer la nueva industria de exportación implicó que industrias locales quebraran y con ellas el empleo. Por ejemplo, agudizando este proceso en las dos crisis de este periodo 1988 y 1994, por ende, es posible sostener que “mientras se ganaba algo de empleo en las actividades

de exportación, otro se perdía en las industrias locales desplazadas por las importaciones. Así que no fue un juego de ganar-ganar [Ruiz Nápoles (2017, pag. 87)]”.

La flexibilización laboral en México, que permitió un estancamiento en los salarios reales, no obstante algunos períodos de crecimiento en la productividad laboral (aunque no sostenidos), implicó, pareciera paradójicamente, una disminución de la desigualdad. Según datos del CEDLAS (2019), el índice de Gini de la distribución del ingreso familiar ($GINI_{dif}$) equivalente en México pasó de 0.483 en 1989, a 0.50 en 2000 y a 0.46 en 2014. Sin embargo, para el mismo periodo, que es el de la flexibilización laboral, el índice de Gini de distribución del ingreso laboral monetario equivalente en del hogar ($GINI_{dilmeu}$) se mantuvo en 0.48.

Calva y Lustig (2016) llaman la atención sobre este tipo de fenómenos, pues esta aparente disminución de la desigualdad no implica una no concentración del ingreso, es decir, los niveles del índice de Gini pueden disminuir y aún así presentarse una concentración del ingreso, pues este índice puede disminuirse si se cierra la brecha de variación entre los ingresos de los deciles bajos y altos, lo que no implica que en el último decil, y dentro de este, no haya un proceso de concentración del ingreso (muchas veces asociado a pagos al capital); esto puede explicar que en el caso de México, para todo el periodo de 1989 – 2014 el índice de ($GINI_{dilmeu}$) no tenga variaciones importantes.

Onaran y Galanis (2014) construyen un índice ajustado de la participación del salario en el ingreso nacional, para 16 países del llamado grupo *G 20* (1970:100), donde el índice de México ha caído 30 puntos de 1970 a 2000, con único período por encima del año base (1970 – 1980); el resto del período, dicho índice se ubica por debajo del nivel del año base, con ligeras recuperaciones entre 1988 – 1992 y entre 1994 – 2000.

Este paradójico, aunque explicable comportamiento en el empleo, salarios, participación salarial, productividad laboral y desigualdad, fue agudizado por la flexibilización del mercado laboral a nivel mundial ⁶, incluyendo América

⁶Panico y Pinto (2018) sostienen que el poder del sector financiero también juega un papel importante en la concentración del ingreso, pues el sector financiero ha incrementado el poder político para así crear leyes y legislaciones favorables a este sector y en detrimento de los otros sectores industriales e institucionales. A su vez, la caída de la participación de los salarios ha incrementado la de demanda de préstamos bancarios por parte de los trabajadores, lo que aumenta las ganancias del sector financiero y, si el crecimiento de estos préstamos es mayor al crecimiento del salario, esto generará también una concentración

Latina, proceso del cual, como se ha descrito, México no fue la excepción. La implicación de este fenómeno, fue: una mayor agudización de la concentración del ingreso y la riqueza a nivel mundial (Atkinson (2016), Milanovic (2016)) y, aún más, en América Latina (Moreno-Brid y col. (2004)).

Así, estos cambios en México crearon las condiciones que menciona Atkinson (2016) para aumentar la concentración del ingreso: dispersión de los salarios, ensanchamiento en el nivel más rico de la distribución del ingreso; desempleo y población fuera de la fuerza de trabajo, que en el caso de México, si bien no en el desempleo si en un mercado informal amplio de empleo que crea presiones salariales sobre el mercado formal, pero que también sirve como válvula de escape el desempleo formal; **baja participación de los salarios en el ingreso nacional**⁷ ; por ende, concentración del ingreso de capital; disminución en la escala de transferencias sociales (repliegue de la participación del Estado en el proceso distributivo); sistemas fiscales regresivos, donde los impuestos a las personas más ricas se reducen considerablemente así como al los ingresos al capital.

En el siguiente capítulo se profundiza sobre la importancia de la participación de los salarios en el ingreso nacional, y su relevancia para los procesos distributivos y redistributivos del ingreso.

del ingreso, por el incremento de la ganancias del sector financiero.

⁷Checchi y García-Peñalosa (2010) demuestra, para una muestra de 16 países miembros de la OCDE -México no incluido-, que esta es una variable ante la cual el índice de Gini es altamente sensible

Capítulo 3

La importancia de la distribución funcional del ingreso y la causalidad de su comportamiento.

Los estudios en economía sobre la distribución del ingreso han sido relevantes a lo largo del siglo XX, particularmente dentro de la teoría del desarrollo económico, su pertinencia y necesidad han aumentado desde la década de 1980, dada la creciente desigualdad en la distribución del ingreso y la riqueza. Sin embargo, dentro del tópico de la distribución del ingreso, los trabajos y documentos destinados a analizar la distribución funcional del ingreso son los menores, no obstante, es la producción donde surge la repartición primigenia del ingreso. Este capítulo tiene por objeto abordar la importancia y necesidad de entender el comportamiento y las causas de los movimientos de la distribución funcional del ingreso *DFI*, así como algunos de los debates más importantes en torno a este a su causalidad.

3.1. ¿Por qué es necesario estudiar la distribución funcional del ingreso?

En años recientes el estudio de la distribución del ingreso y la riqueza a nivel mundial se ha vuelto relevante, dado el creciente nivel de desigualdad a nivel mundial y al interior de los países, fenómeno que se ha presentado

18CAPÍTULO 3. LA DISTRIBUCIÓN FUNCIONAL DEL INGRESO *DFI*

desde la década de 1970, con el desmantelamiento del Estado de Bienestar.

Judt (2012), en su último libro, resume la caída y desmantelamiento del Estado de Bienestar alrededor del mundo, destacando el caso de Europa, donde el Estado deja de jugar un papel activo en el proceso redistributivo del ingreso o, en todo caso, se imponen esquemas regresivos. Otros estudios han puesto énfasis en la distribución del ingreso y la creciente desigualdad a nivel mundial entre los países y al interior de ellos. Por ejemplo, Deaton (2015) analiza a través de ondas de expansión de más de 250 años los procesos históricos que configuran la desigualdad en el siglo XXI; Milanovic (2018) analiza la distribución del ingreso y la desigualdad entre los países, así como la creciente desigualdad distributiva al interior de cada estos; Piketty (2014) realiza uno de los estudios más polémicos respecto a la distribución de la riqueza y sus implicaciones en la desigualdad del siglo XXI.

Empero, llama la atención el poco o nulo espacio que se deja dentro de los estudios de la distribución del ingreso a la distribución funcional del ingreso *DFI*, aquellas que surge en el proceso productivo. De forma simplificada, la *DFI* puede entenderse como la participación en el ingreso nacional o el producto que reciben los insumos primarios de una economía, trabajo y capital. La importancia de la *DFI*, no es simplemente la configuración de los pagos de los factores primarios en el proceso de producción de una economía, sino que en la *DFI* radica el proceso primigenio de todo proceso distributivo en cuanto a ingreso. Piénsese en una sociedad donde la participación de los sueldos y salarios sea relativamente baja frente a los pagos del capital, llevar a cabo un proceso de redistribución por parte del Estado será aún más complicado.

Atkinson (2016) llama la atención sobre las razones por las cuales se debería estudiar la distribución funcional del ingreso; la primera, hacer un vínculo entre los ingresos macroeconómicos y los de los hogares; segunda, ayudar a entender la inequidad de la distribución del ingreso personal y; tercera, abordar la preocupación de la justicia social con la equidad de las diferentes fuentes del ingreso.

Los tres puntos que destaca Atkinson (2016), quien ha dedicado gran parte de su trabajo a analizar problemas distributivos en economía, no son triviales, el primero es una necesidad imperiosa de las agencias estadísticas nacionales que es, sobre todo en escenarios con desigualdades crecientes, cerrar la brecha entre la cuentas macroeconómicas y los ingresos de los hogares (reportadas en las Encuestas de Ingreso y Gasto de los Hogares), las cuales estructuralmente muestran una brecha respecto a los Sistemas de Cuentas Nacionales (Para el caso de México y la brecha entre el Sistema de Cuentas

Nacionales y la ENIGH, (véase Leyva (2004)), de ahí que el estudio de la *DFI* pueda ayudar a las agencias estadísticas. Segundo, la inequidad de la distribución personal del ingreso está estrechamente ligada con la *DFI*, pues las personas que forma parte de la población económicamente activa *PEA* frecuentemente tiene como principal fuente de ingreso algún sueldo o salario que reciben por su trabajo.

El tercer punto; si bien menos técnico no es de menor importancia, abordar la preocupación de la justicia social con la equidad de las diferentes fuentes de ingreso donde, como se ha señalado, la *DFI* es la distribución primigenia del ingreso. Así, es fácil comprender que la desigualdad o equidad se configura desde el proceso de producción, el cual en tanto más desigual será más difícil de corregir con mecanismo redistributivos por parte del Estado.

Aunado a estas tres razones, también Piketty (2014), Onaran y Obst (2016) y Atkinson (2015), entre otros, advierten sobre las consecuencias de una alta desigualdad que empieza por la contracción de los sueldos y salarios en el ingreso nacional, crea barreras importantes al crecimiento.

Resumiendo, analizar y entender la Distribución Funcional del Ingreso, posibilitará comprender la configuración de los escenarios distributivos y redistributivos de una economía, pues al ser la fuente primigenia de la distribución del ingreso, configura ahorro e inversión, así como consumo de una economía. Sin embargo, no puede negarse lo polémica que es la intervención de dicha variable, pues sus causalidades a nivel teórico y empírico no tiene una explicación unívoca. Por ende, es importante abordar de forma sintética las teorías económicas que pretende explicar la configuración de la *DFI* en una economía.

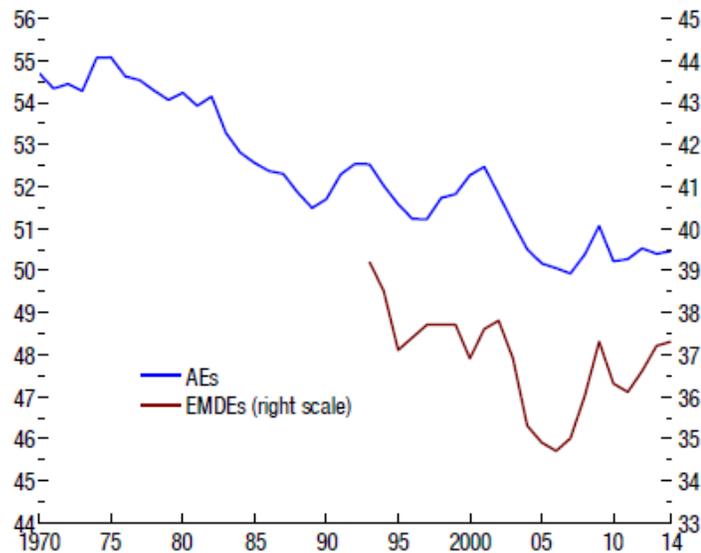
3.2. Causas del comportamiento de la *DFI*.

Antes de abordar las diferentes líneas teóricas sobre ¿qué causas **subyacen** al comportamiento de la *DFI*? es importante describir algunos de los hechos estilizados más importantes sobre esta variable. Dao y col. (2017) muestran que el comportamiento de la participación de los salarios en el ingreso nacional, para un conjunto de Economías desarrolladas *AEs* y un conjunto de Economías de Mercados Emergentes y en desarrollo *EMDEs*, las cuales se muestra en la Figura 3.1.

Para el caso de los países desarrollados la participación de los ingresos de los trabajadores en el Ingreso Nacional pasó de 55 puntos porcentuales a 39.5

20CAPÍTULO 3. LA DISTRIBUCIÓN FUNCIONAL DEL INGRESO DFI

Figura 3.1: Participación del Ingreso del Trabajo en el Ingreso Nacional



Fuente: de Karabarbounis y Neiman (2013) en Dao, Das, Koczan y Lian (2017).

Nota AEs: son economías avanzadas EMDEs: son mercados emergentes y en desarrollo

puntos porcentuales entre 1970 y 2014; en el caso de los países con mercados emergente o en desarrollo, la participación pasó de 50 puntos porcentuales a 37.5 puntos, entre 1990 y 2014. De este fenómeno se desprende la idea de la “*tercermundialización*” de los países desarrollados, donde la convergencia, entre las economías avanzadas y los mercados emergentes, de la participación de los salarios en el ingreso nacional se da en los niveles más bajos (véase Figura 3.1).

Sin embargo, a diferencia de los procesos redistributivos que tiene una parte explícita de conceptos morales como justicia, igualdad, equidad, el fenómeno de la *DFI* está anclado, al estar relacionado con los procesos de producción, a variables que no dependen sola y explícitamente, del marco ético-moral de una sociedad, sino también de condiciones materiales de producción y variables asociadas a este ⁸.

⁸Dos libros que ejemplifican bien este marco ético moral explícito en el proceso redistributivo y el papel la comunidad, sociedad y Estado, es decir el marco institucional en pos de

Por ejemplo, el nivel de producción, así como el nivel de producto y la variación de este, fijan límites a la masa de producto a distribuirse entre los factores primarios o bien la variación de esta masa. Ninguna teoría económica niega estas restricciones asociadas a las condiciones de producción, sin embargo, como se verá más adelante, hay algunas que asocian la parte distributiva exclusivamente a dichas condiciones, dejando fuera el marco institucional de una sociedad y las convenciones históricas.

Así, la causalidad de la caída de los ingresos del trabajo en el ingreso nacional es aún tema de debate dentro de la economía, Stockhammer (2009) divide las diversas teorías que pretenden explicar este fenómeno en dos conjuntos; primero, el de las visiones heterodoxas, que argumentan que son las políticas neoliberales, la financiarización, la pérdida de poder negociación de los trabajadores, las que explican la caída de la participación de los salarios en el ingreso; segundo, el enfoque neoclásico, la cual arguye que la caída se debe al cambio tecnológico que incrementa la productividad del capital y las altas habilidades del trabajo, así como la globalización. Sin embargo, estos dos conjuntos tienen origen en cinco teorías económicas distintas y sus variantes; clásica, marxista, marginalista, keynesiana y kaleckiana.

Los clásicos, principalmente Smith (2010) y Ricardo (2003), dividen el precio de mercado de una mercancía de la siguiente forma

$$p.m_i = f(\bar{w}_i, p\bar{r}_i, \bar{r}_i, \bar{\mu}) \quad (3.1)$$

donde $p.m_i$ es el precio de mercado de la i -ésima mercancía; \bar{w}_i es la tasa natural de salario que se paga en producción de la mercancía i -ésima; $p\bar{r}_i$ la tasa media de ganancia del sector i -ésimo; \bar{r}_i es la tasa de renta media del sector i -ésimo; $\bar{\mu}$ representa las desviaciones provocadas por las fluctuaciones de oferta y demanda. Para Ricardo (2003), al igual que para Smith (2010), en el precio estaba ya implícito un proceso distributivo del producto, pues un aumento en la tasa salarial implica una merma en la tasa de ganancia pero, a su vez, para los economistas clásicos la proporción de los salarios estaba determinada por el precio de oferta del trabajo medido en el precio del cereal necesario para subsistir, es decir, una medida de bienes salarios, no obstante, para Ricardo (2003), al igual que para Marx (2014b), las fluctuaciones en la distribución del ingreso están relacionadas con las clases sociales y su poder de organización y político.

sociedades justas son "La idea de la justicia"[Sen (2012)] y "Teoría de la justicia"[Rawls (2012)]

22CAPÍTULO 3. LA DISTRIBUCIÓN FUNCIONAL DEL INGRESO DFI

Desde la perspectiva de Marx (2014b), en el tomo I de *El Capital* menciona que el valor de la fuerza de trabajo, expresado en el salario, está determinado por elementos históricos y morales, sin embargo, Panico (1988) llama la atención sobre el papel que la tasa de interés juega en el tomo III de *El Capital* (Marx (2014a)) como variable relevante en la distribución del ingreso, pues la tasa de interés tiene una relación estrecha con la tasa de ganancia, donde la primera no puede superar a la segunda o se crearán problemas en la reproducción del sistema económico.

De tal suerte, al incorporar el tomo III de *El Capital* al análisis marxista de la distribución funcional del ingreso, los salarios son un remanente después de haber dividido el ingreso entre ganancias e interés, complejizando por la parte histórico-convencional de la determinación del salario, es decir, por la fuerza de negociación que los trabajadores y empresarios tienen para aumentar o disminuir la participación de los salarios en el ingreso. Donde el ejército industrial de reserva es una variable importante para presionar a la baja los salarios, a su vez, el cambio tecnológico, permite hacer más productivos los procesos y ampliar el tiempo excedente sobre el tiempo necesario de producción, reduciendo la participación del salario en el ingreso de una empresa o sector industrial.

La economía neoclásica o marginalista, menciona que cada factor primario recibe lo que le corresponde como parte de su contribución al producto total, y que esta proporción corresponde con la productividad marginal de cada insumo primario. En equilibrio la productividad marginal del trabajo es igual al salario real, por ende, si la productividad está aumentando, así como el número de trabajadores empleados l , la participación de las remuneraciones y los salarios tendría que aumentar en el producto o ingreso nacional. Por su parte, la productividad marginal del capital corresponde a la llamada tasa natural de interés.

Si bien Keynes, no escribió explícitamente sobre la distribución del ingreso funcional *DFI*, es posible describir algunas conjeturas implícitas en su trabajo sobre este tema. Keynes (1936) niega la idea de la tasa natural de interés, proponiendo un enfoque histórico convencional de la tasa de interés, por lo cual, abandona la teoría distributiva neoclásica, es decir, al no existir una tasa natural de interés la productividad marginal y, por ende, su pago no pueden estar anclados a esta variable [Panico (1988)].

A su vez, Kaldor (1955), recupera una idea de Keynes (1936), para quien la inversión determina los ahorros, por ende, la participación de las ganancias en el ingreso dependerá de las decisiones de inversión de los capitalistas, así,

para Kaldor (1955) los salarios son un residuo, donde las ganancias están determinadas por la propensión a invertir y a consumir de los empresarios. Entonces será el poder de negociación de las clases trabajadoras o empresariales; así como el poder del sector financiero, es decir, variables institucionales las que den cuenta del proceso distributivo entre los factores primarios. Esta misma idea la sostienen, nuevamente, Panico y Pinto (2018) ahondando en el papel que juega el sector financiero en los procesos distributivos de una sociedad, incluso en la parte funcional de la distribución.

Por su parte Kalecki (1977) propone que el precio de una mercancía está dividido entre los costos (incluyendo los salarios), el precio medio del sector industrial al que pertenece la empresa, así como del grado de monopolio que una empresa tenga *mark-up*. A su vez este *mark-up*, juega un papel importante en la participación salarial, pues en tanto mayor sean, menor será la proporción del salario en el producto o ingreso de la empresa y dado que este ingreso, vía los precios medios de cada industria, está relacionado con el sector al que pertenece, el mismo fenómeno se dará a nivel sectorial. Sin embargo, la visión de Kalecki, también admite un marco histórico convencional, pues si la fuerza de negociación de los trabajadores es tal que puedan incrementar su participación en el ingreso, esto sólo ocurrirá a costa de sacrificar una parte de las ganancias o bien aumentar el precio.

Cuatro de las cinco teorías aquí esbozadas, admiten la relevancia del marco histórico convencional, no obstante, es la teoría neoclásica la que se ha tomado como referencia, sino de forma dominante en la academia sí en los discursos de política económica, para flexibilizar los mercados laborales, bajo el argumento de no crear distorsiones en los precios relativos de los insumos primarios.

Sin embargo, existen importantes cuestionamientos a la teoría de la producción neoclásica, y con esta su implícita teoría de distribución: la controversia respecto al capital, principalmente abordada por Robinson (1953) sobre las inconveniencias que se tiene para medir el capital; o bien, la posibilidad de múltiples técnicas de producción que enfatiza Sraffa (1960) en el problema llamado *reverse capital deepening*. Salvadori (1985) recupera la crítica de Sraffa y enfatiza el problema que plantea un cambio de técnica en un modelo multisectorial, es decir, de producción conjunta.

A pesar de estas críticas, la teoría neoclásica es la que se utiliza frecuentemente para explicar la caída de la participación de los salarios en el ingreso nacional. Por ejemplo, Dao y col. (2017) sostienen que es el cambio tecnológico junto a los trabajos rutinarios (simples) lo que explica el 50 por ciento de

24CAPÍTULO 3. LA DISTRIBUCIÓN FUNCIONAL DEL INGRESO *DFI*

la caída de la participación de los salarios en el ingreso nacional, así como el aumento de la intensidad de capital en los procesos de producción, acompañada de la automatización. En un reporte para el año 2007, la Comisión Económica para la Unión Europea sugiere que las nuevas tecnologías sustituyen al trabajo no calificado y complementan al calificado, por lo cual la productividad del capital ha aumentado respecto al trabajo de ahí que su participación en el ingreso haya aumentado.

Sin embargo, existen críticos sobre esta postura neoclásica tanto en sus mecanismos como en sus implicaciones, Onaran y Obst (2016) menciona que bajo el argumento neoclásico después de la crisis de 2007–2008, se implementaron medidas de flexibilización en los mercados laborales, para que al crecer el salario por debajo de la productividad laboral, se pudiera crear espacio e incentivos para la inversión y con ello incentivar el crecimiento económico. Sin embargo, “los modelos poskeynesianos de distribución y crecimiento demuestran que la relación entre la participación salarial y el crecimiento es una cuestión empírica, que depende de las características estructurales de la economía. [Onaran y Obst (2016, pag.2)]”. Esto sin mencionar las consecuencias que Atkinson (2015), Milanovic (2016) señalan sobre el desmesurado crecimiento de la participación de las remuneraciones al capital en el ingreso nacional.

El cuadro 3.1 resume algunos de los rasgos más importantes de las teorías neoclásica y la no neoclásica, sobre el tópico de la distribución funcional del ingreso *DFI*.

Dadas las posiciones que se han abordado en ese capítulo respecto a las implicaciones que la teoría de la producción tiene sobre la *DFI*, es importante tener claro que la explicación causal de la *DFI* no es unívoca, no obstante todas estas controversias y debates abiertos, el discurso académico y, aún más, el de los hacedores de política económica suelen apoyarse en el argumento ortodoxo, es decir, según esta teoría, es necesario aumentar la productividad laboral para que la participación de los salarios en el ingreso nacional puede aumentar. Por ende, es importante testar la hipótesis convencional que pretende explicar la caída de la participación de los salarios en el ingreso nacional, arguyendo que esto se ha debido al cambio en técnicas de producción que aumentan la participación del capital respecto al trabajo, y lo simple y rutinario que se ha vuelto el trabajo, lo que resulta en una baja productiva, al menos relativa, respecto al capital. Sin embargo, no es posible anular e ignorar la idea que sostiene que las variables distributivas, como salario, ganancias e interés, están relacionadas con variables histórico-convencionales

Cuadro 3.1: Teorías neoclásica y no neoclásica sobre la Distribución Funcional del Ingreso.

	neoclásicos	no neoclásicos
Sobre la teoría de la distribución del ingreso.	La teoría de la distribución es solamente un aspecto marginal de la teoría del valor.	La teoría de la distribución no necesariamente coincide con los que son relevantes para la teoría del valor.
Teoría del capital y la distribución.	La escasez relativa de los factores primarios y su productividad marginal determinan producción y distribución.	La distribución primaria del ingreso no está desvinculado de las instituciones.
Sobre la caída de la participación de los ingresos al trabajo en el ingreso nacional.	Causas: el cambio tecnológico que incrementa la productividad del capital y las altas habilidades del trabajo, así como la globalización.	Causas: las políticas neoliberales, la financiarización, la pérdida de poder negociación de los trabajadores, son las que explican la caída de la participación de los salarios en el ingreso.

Fuente elaboración propia basada en Onaran y Obst (2016), Dao, Das, Koczan y Lian (2017), Harcourt (1975)

específicas, donde el poder de negociación de las clases sociales importa en la determinación de la *DFI*.

A su vez, el esfuerzo de este análisis debe hacerse en una estructura contable más amplia, que dé cuenta de la heterogeneidad que existe para las variables objetivo, es decir, cualquier economía, por más elemental que sea sus sistema industrial, se da en un contexto multi e inter sectorial, no hay sólo un bien de producción, modelo del cual se derivan los resultados teóricos, distributivos, de la teoría neoclásica⁹. Por ende, el análisis de las relaciones entre la distribución funcional del ingreso, la productividad laboral, el cambio tecnológico hacia técnicas más intensivas en capital, y los cambios estructurales en una economía, resultan pertinentes hacerse desde una perspectiva multisectorial. Estando claro que el debate teórico, pertenece a un parte epistemológica que en este capítulo se ha abordado de forma somera, pero el cual no es el objetivo central de la tesis. Sino el de analizar las pautas empíricas de las variables mencionadas en en un entorno de producción conjunta, multi e interdependiente.

⁹Si bien, en los modelos clásicos de una sola mercancía puede existir el mismo problema al no considerar la producción conjunta, o la producción de múltiples mercancías. Los clásicos, Marx, Keynes si explicitaron que la distribución entre los factores primarios es un problema institucional, histórico convencional.

Capítulo 4

Distribución funcional del ingreso w , productividad laboral φ , índice de integración circular IC y cambio estructural: un enfoque inter y multisectorial para el caso de México 1980-2008.

Este capítulo tiene dos objetivos; el primero, mostrar como el Índice de Circularidad, puede leerse como; uno, un índice de integración; dos, un índice de cambio tecnológico; tres, de complejidad. El segundo objetivo, es relacionar las variables Distribución Funcional del Ingreso (DFI) principalmente con el Índice de Circularidad Sectorial o Índice de Integración Circular (ics) para mostrar que en el periodo de 1980 a 2008, la distribución funcional en México fue regresiva, no obstante la productividad laboral se triplicó, en promedio; el cambio técnico en el mejor de los casos ha ayudado a este incremento de la productividad, pero no a la progresividad de la distribución funcional del ingreso.

4.1. Índice de Integración Circular.

En esta sección se muestra por qué el Índice de Circularidad o Índice de Integración Circular (Lantner (1974)) generalizado por Gazon (1976), se puede leer como un indicador de integración, cambio técnico y complejidad. Primero, se aborda cómo el determinante de una matriz de Leontief puede asociarse con integración y cambio técnico; posteriormente, se muestra como el índice de circularidad, que a su vez está en función del determinante, puede entenderse como un índice de complejidad.

4.1.1. El determinante de una matriz de Leontief como indicador de integración y cambio técnico.

Lantner (1972b), utilizando el *teorema de los árboles y matrices* (Bott y Mayberry (1954)), hace una generalización Lantner y Lebert (2013) para demostrar, a través del *teorema de los bucles y circuitos*¹⁰, que el determinante de una matriz de insumo-producto puede expresarse como la suma de todos los circuitos que contiene el grafo asociado a dicha matriz.

Teorema 1. Teorema de los bucles y circuitos. El determinante de una matriz A , de orden n , es igual a la suma de valores de los grafos hamiltonianos parciales (HPG por sus siglas en inglés) de su grafo asociado.

Un grafo parcial hamiltoniano¹¹ HPG es un conjunto de circuitos, C_j , tales que a cada vértice estructural le corresponde uno y sólo un circuito Lequeux (2002). El número de circuitos con dos o más arcos (i, j) en el h -ésimo HPG se denota por c_h . El producto de los coeficientes de los bucles (camino de un solo arco que relaciona a un vértice consigo mismo) y los circuitos es llamado valor de un h -ésimo HPG, el cual es denotado por $V_h = (-1)^{c_h} v_h$, donde (v_h) es el producto de los coeficientes (todos positivos) de los bucles y circuitos del h -ésimo HPG.

$$\Delta = \sum_{h=1}^H V_h \quad (4.1)$$

Supóngase un sistema interindustrial de tres sectores, representado por una matriz de Leontief $[I - A]$:

¹⁰En el Anexo 1 se demuestra que estos dos teoremas son un isomorfismo

¹¹En teoría de grafos el camino hamiltoniano es aquel que pasa una sola vez por cada vértice y termina en el mismo vértice de donde partió.

$$[I - A] = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & -a_{13} \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & -a_{23} \\ -a_{31} & -a_{32} & 1 - a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 & -a_{12} & -a_{13} \\ -a_{21} & l_2 & -a_{23} \\ -a_{31} & -a_{32} & l_3 \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Donde $a_{ij} = z_{ij}/X_j$ es el coeficiente técnico de la industria j -ésima; z_{ij} es el flujo industrial, es decir, la demanda de insumos intermedios que el sector j -ésimo demanda del sector i -ésimo. X_j es el valor bruto de la producción del sector j -ésimo.

Entonces, siguiendo la definición de la ecuación 4.1, el determinante de la matriz de Leontief para este caso está dado por:

$\Delta =$

$$\begin{aligned} & V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 \\ & = (-1)^0 v_1 + (-1)^1 v_2 + (-1)^1 v_3 \\ & \quad + (-1)^1 v_4 + (-1)^1 v_5 + (-1)^1 v_6 \\ & = (-1)^0 l_1 l_2 l_3 + (-1)^1 a_{13} a_{21} a_{32} + (-1)^1 a_{12} a_{23} a_{31} \\ & \quad + (-1)^1 a_{13} l_2 a_{31} + (-1)^1 l_1 a_{23} a_{32} + (-1)^1 a_{12} a_{21} l_3 \\ & = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 \\ & = (-1)^0 v_1 + (-1)^1 v_2 + (-1)^1 v_3 \\ & \quad + (-1)^1 v_4 + (-1)^1 v_5 + (-1)^1 v_6 \\ & = (-1)^0 l_1 l_2 l_3 + (-1)^1 a_{13} a_{21} a_{32} + (-1)^1 a_{12} a_{23} a_{31} \\ & \quad + (-1)^1 a_{13} l_2 a_{31} + (-1)^1 l_1 a_{23} a_{32} + (-1)^1 a_{12} a_{21} l_3 \\ & l_1 l_2 l_3 - a_{13} a_{21} a_{32} - a_{12} a_{23} a_{31} - a_{13} l_2 a_{31} - l_1 a_{23} a_{32} - a_{12} a_{21} l_3 \end{aligned} \quad (4.3)$$

En la Figura 4.1 pueden observarse los seis *HPG* que corresponden al sistema de una matriz de Leontief de dimensión 3. Como menciona el *teorema de los bucles y circuitos*, el primer término del producto vectorial que compone el determinante es el único *HPG* de los n bucles; después siguen los dos caminos estrictamente hamiltonianos, seguidos de los *HPG* que tiene un solo circuito con dos o más arcos, en este caso, son dos arcos que asocian a dos vértices. Es decir, hay tantos *HPG* como términos del determinante, generalizando una matriz de orden n tiene $n!$ *HPG*, mismo número que el de términos de un determinante.

Sin embargo, nótese que todos los circuitos que involucran a dos o más vértices harán que el valor del determinante sea menor (véase *teorema de*

los circuitos Lantner y Lebert (2013)). Entonces, el determinante al describir todas las relaciones entre los sectores, refleja el de relaciones multisectoriales; en la Figura 4.1 se muestra un grafo que relaciona a todos los sectores de ese sistema industrial, por ejemplo, la subfigura *c* es un camino hamiltoniano total, que pasa por todos los sectores industriales o vértices del grafo.

Piéñese en una economía de tres sectores donde el sector 1, supóngase que sea agricultura, compra insumos intermedios, por ejemplo, fertilizantes, al sector 2, supóngase que sea el sector manufacturero (esta compra se ve reflejada a través del arco a_{21}); a su vez, el sector 2 compra (término a_{32}) al sector 3, supóngase que es el sector de servicios, algún insumo intermedio, como servicio de transporte; por último, el sector de servicios 3, compra al sector agrícola 1, por ejemplo, semillas para convertirlas en *commodities*, es así, que el término $a_{12}a_{23}a_{31}$ es un circuito que involucra a los tres sectores de este sistema industrial.

Véase un segundo caso, el de un *HPG*, la subfigura *f* de la Figura 4.1; este subgrafo al no pasar por los tres vértices o sectores, no de forma conjunta, es un *HPG*, pues tiene al menos un circuito que involucra a dos sectores $a_{23}a_{32}$ y un bucle en el sector 1, que refleja su autoconsumo. Un ejemplo, el sector 3 puede demandar del sector 2 insumo, como discos duros; en tanto, el sector 2, puede demandar, del sector 3, un seguro que proteja la producción de ese año; estas transacciones no implicaron que el sector 1 estuviera involucrado, sin embargo, es parte de ese *HPG*, pues no se puede excluir del término $l_1a_{23}a_{32}$.

Así, el determinante puede ser un indicador sí, como mencionan Lantner (1974), Gazon (1976), Defourny y Thorbecke (1984), de un grafo de influencia y, por ende, el nivel de difusión en ese grafo, en este caso de insumos intermedios, en una red. Sin embargo, en tanto menor sea el determinante de una matriz de insumo-producto, por la existencia de mayores circuitos, entonces esto implicará que ese sistema industrial estará más integrado.

Para clarificar, la anterior afirmación, supóngase la siguiente matriz, donde el sector 1 no interactúa con otros sectores más que consigo mismo:

$$[I - A]^1 = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 1 - a_{22} & -a_{23} \\ 0 & -a_{32} & 1 - a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 & 0 & 0 \\ 0 & l_2 & -a_{23} \\ 0 & -a_{32} & l_3 \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

Donde $[I - A]^1$ es la matriz de Leontief, sin interacciones del sector 1 más que consigo mismo. Así, el determinante del sistema de la ecuación 4.4 está

dado por:

$$\Delta^1 = l_1 l_2 l_3 - l_1 a_{23} a_{32} \quad (4.5)$$

La representación gráfica de los *HPG* se expresa en la Figura 4.2, es posible observar que sólo queda un *HPG*, entonces es claro que el determinante de esta segunda matriz será más grande, pues:

$$\Delta^1 - \Delta = +a_{13} a_{21} a_{32} + a_{12} a_{23} a_{31} + a_{13} l_2 a_{31} + a_{12} a_{21} l_{33} \quad (4.6)$$

Es decir, el determinante es más grande por todos los caminos *HPG* en los que no está involucrado l_1 . Por ende, es posible hacer una generalización para cualquier sector i –ésimo que no tenga intercambios con los $n - 1$ sectores restantes de un sistema:

$$\Delta^k > \Delta \quad (4.7)$$

Donde k puede ser cualquier sector k –ésimo, así, si este retirara los insumos de la interacción con otros sectores, obligará a los otros a modificar su red de insumos. *Por ende, es posible afirmar que el determinante de una matriz de Leontief también es un indicador de cambio técnico.* Por ejemplo, en la Figura 4.2 los sectores 2 y 3 han modificado sus técnicas de producción, respecto a la Figura 4.1, donde aún estaban presentes las interacciones del sector 1.

Una pregunta pertinente es ¿Cómo se puede observar el cambio técnico en el determinante de una matriz de Leontief?

a) la desaparición o aparición de nuevos arcos (i, j) , por lo tanto, de los coeficientes (a_{ij}) . Si desaparecen y esto anula circuitos, el determinante será mayor; esto puede deberse al hecho de que algunos insumos se han vuelto obsoletos o que han aparecido nuevos insumos, que no necesariamente implican la creación de nuevos *HGP* sino sólo refuerzan otros ya existentes.

b) el uso más intensivo de insumos intermedios también puede alterar el determinante de la matriz, si la matriz comienza a saturarse también en intensidad, es decir, si los elementos a_{ij} crecen, el determinante será menor.

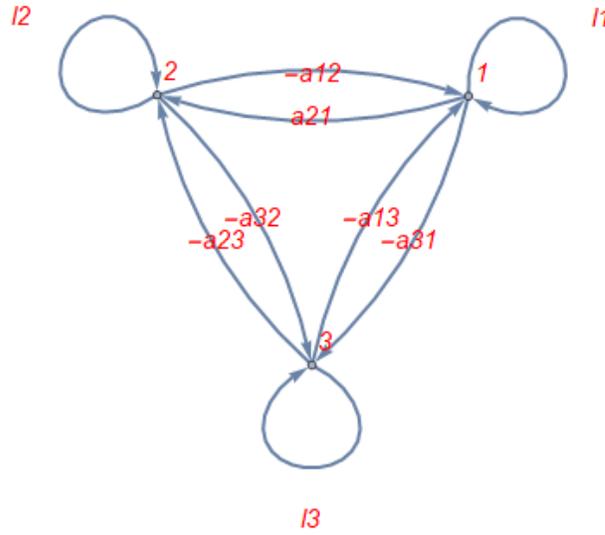
Por lo tanto, el determinante de una matriz de Leontief puede variar por dos razones, en el sentido económico: i) la reconfiguración de las relaciones comerciales, por ejemplo, debido a una guerra comercial, cambiaría el flujo de los insumos intermedios, por lo tanto, la intensidad de difusión de la red, si se rompen los circuitos, será menor y, por ende, la integración (véase Figura

4.2), obligando a los sectores a cambiar la configuración de la red y por tanto las técnicas de producción.ii) la intensidad del uso de insumos intermedios, si aumenta, esto implicaría una mayor participación de los insumos intermedios sobre los insumos primarios (mano de obra y capital), es decir, por cada unidad monetaria de producto bruto, los ingresos disponibles para la DFI serán menores.

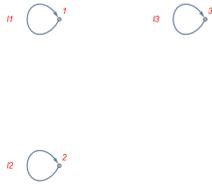
Lo anterior permite afirmar que el determinante de una matriz de insumo producto y sus cambios pueden leerse como un indicador de cambio técnico e integración, en un sistema interindustrial.

Figura 4.1: HPG en una matriz de Leontief de tres sectores

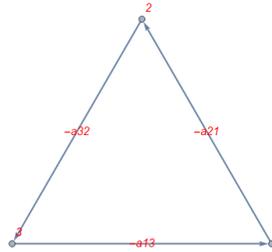
(a) Suma de HPG en una matriz de orden 3



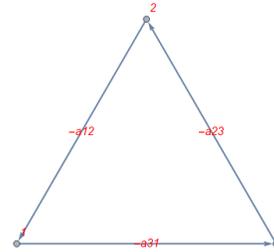
(b) $l_1 l_2 l_3$



(c) $a_{13} a_{21} a_{32}$



(d) $a_{12} a_{23} a_{31}$



(e) $a_{13} l_2 a_{31}$



(f) $l_1 a_{23} a_{32}$



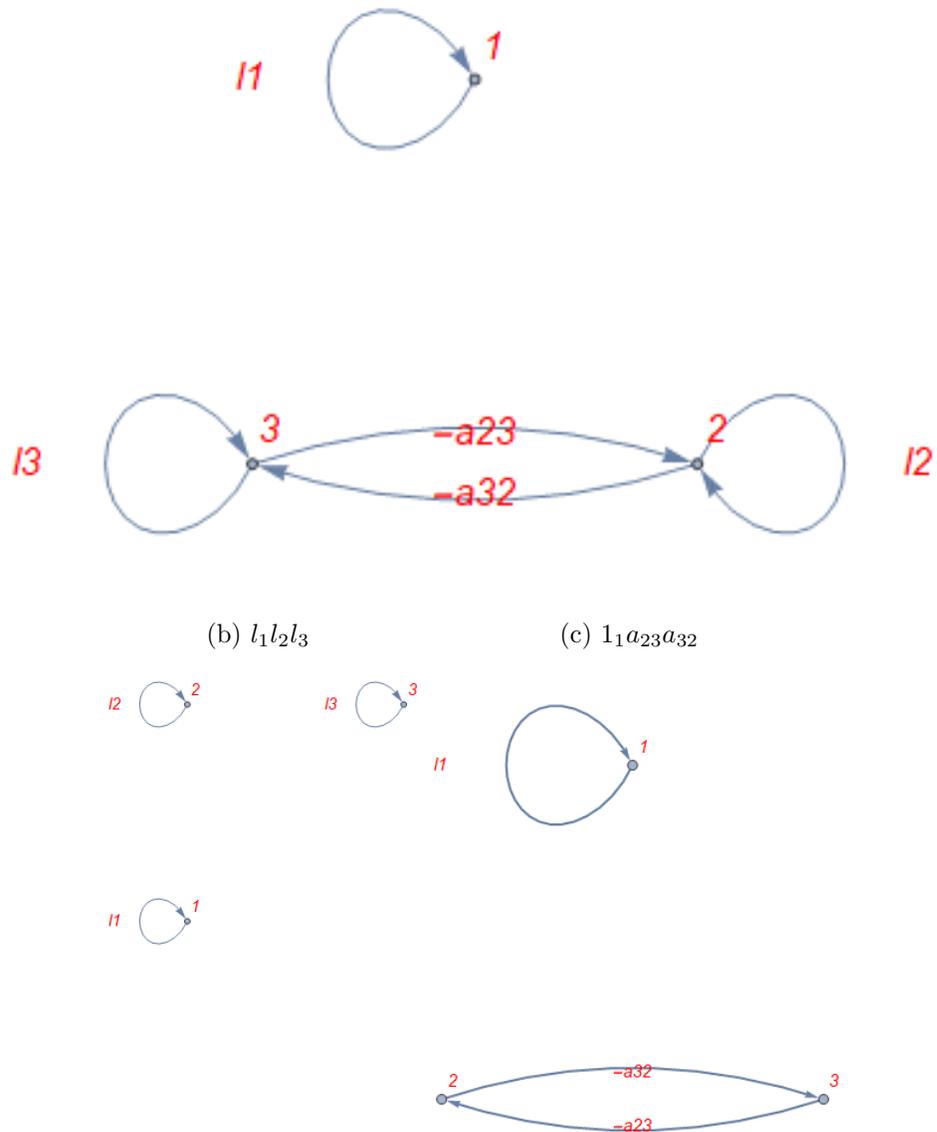
(g) $a_{12} a_{21} l_3$



Fuente: elaboración propia

Figura 4.2: HPG en una matriz de tres sectores sin la participación de uno

(a) Sum of HPG



Source: own elaboration

4.1.2. El Índice de Circularidad o Índice de Integración Circular como un indicador de complejidad.

Gazon (1976) hace una generalización del índice de circularidad propuesto por Lantner (1974, 1972a), definiendo la circularidad como “*los productos de las intensidades de los arcos que componen un circuito [Gazon (1976, p.216)]*”; entonces el Índice de Circularidad puede interpretarse, según este autor, como la capacidad de generar influencia en una estructura en tanto mayor número de circuitos haya la capacidad de la estructura para generar influencia entre los sectores será mayor. El índice de circularidad está representado por:

$$IC = (1 - \Delta)/\Delta \quad (4.8)$$

Entonces, cuanto mayor sea la intensidad de los circuitos que involucran a dos o más vértices o sectores, por ende, el valor del determinante Δ será menor y mayor la circularidad. Como se mencionó en el apartado anterior, el valor del determinante Δ puede variar incluso al aumentar la intensificación de los arcos o coeficientes a_{ij} , por ende, toda variación positiva en estos coeficientes (para todo $i \neq j$) aumentará la circularidad.

Sin embargo, sin eliminar ningún *HPG* también es posible que el valor del índice de circularidad varíe; Gazon (1976) llama la atención al caso dónde los coeficientes a_{ii} comiencen a tener una variación positiva, esto implicaría que, si los demás coeficientes a_{ij} permanecen constantes o disminuyen ¹², el índice de circularidad disminuiría. “La modificación iso-centrífuga que minimiza la circularidad estructural de una estructura es la que la hace autárquica [Gazon (1976, p.228)]”, es decir, en tanto el autoconsumo de los sectores aumente, disminuirá la circularidad y con ello la capacidad de difusión de influencia en la red, así como el nivel de integración de la red, pues dicho sistema estará reduciendo sus relaciones interindustriales; si bien no desaparecerán si serán menos intensas.

¹²Incluso si los elementos a_{ij} donde $i \neq j$ crecen, le índice de circularidad puede disminuir, si el crecimiento total de los elementos a_{ii} supera el de los a_{ij} , lo que implicaría que la participación del valor agregado en el valor bruto de la producción disminuiría.

Entonces, si el cambio técnico y la integración de un sistema interindustrial están en función del determinante *¿Por qué el Índice de integración circularidad o índice de circularidad puede leerse como un indicador de complejidad y no simplemente de influencia en una red?*

Antes de abordar el caso específico del índice de integración circular como un índice de complejidad, es necesario recordar en qué consiste un sistema complejo. Bar-Yam (2003) describe las características de un sistema complejo, los cuales son muy comunes tanto en estructuras naturales como en estructuras sociales. El autor hace algunas importantes aclaraciones sobre estos sistemas; la principal sobre el concepto de Interconexión pues un sistema complejo está integrado por muchos componentes que interactúan entre sí, no obstante, esto no es suficiente para decir que un sistema es complejo, pues los sistemas simples, por definición, en tanto sistemas, están compuestos por elementos que interactúan entre sí (dadas ciertas reglas de relaciones).

Sin embargo, es el propio concepto de interconexión el que permite dadas sus características distinguir entre un sistema simple y un complejo pues: “Para explicar la diferencia entre sistemas simples y complejos, el término “interconectado” o “entretejido” es de alguna manera esencial. Cualitativamente, para comprender el comportamiento de un sistema complejo se debe comprender no solo el comportamiento de las partes sino también cómo actúan juntas para formar el comportamiento del conjunto. Esto porque no se puede describir el todo sin describir cada parte, y porque cada parte debe describirse en relación con otras partes, los sistemas complejos son difíciles de entender. Esto es relevante para otra definición de “Complejo”: “no es fácil de entender o analizar”. Estas ideas cualitativas sobre qué el sistema complejo se puede hacer más cuantitativo. Articularlos de una manera clara es esencial y fructífero para señalar el camino hacia el progreso en la comprensión de propiedades universales de estos sistemas [Bar-Yam (2003, p.1)]”.

En un trabajo ulterior, Bar-Yam (2004) amplía y especifica las características cualitativas de los sistemas complejos. Características que retoman Alatraste, Brida y Puchet (2019) para explicar los cambios estructurales en una matriz de insumo producto como la características emergente de un sistemas complejo, lo que sugiere que una matriz de insumo producto puede verse como un sistema complejo.

Las características cualitativas señaladas por Bar-Yam (2004) para definir un sistema complejo son las siguientes: autoorganización, emergencia, retroalimentación, caminos de dependencia, condiciones iniciales, heterogeneidad,

evolución, dinámica y criticidad.

Ahora bien, si se toma en cuenta la estructura de las matrices de insumo producto, el determinante y el índice de integración circular, es posible argumentar que éste es un indicador de complejidad, pues existe:

- Autoorganización: El comportamiento individual conduce a un comportamiento general y agregado, a través de la interdependencia, el cual está basado en reglas locales. Si bien, las matrices de insumo producto representan relaciones multi e intersectoriales, en una economía de mercado cada industria producirá en función de su estructura de costos, los cuales buscará minimizar y ampliar la tasa y masa de ganancia, esto estará sujeto a la estructura de oferta y precios de los insumos primarios e intermedios, así como los acuerdos institucionales que afecten cada industria.
- Emergencia: Esta es una de las propiedades más importantes que distinguen a los sistemas complejos de los simples pues, en el caso de los sistemas complejos “el comportamiento colectivo no se entiende fácilmente del comportamiento de las partes. Sin embargo, el comportamiento colectivo está contenido en el comportamiento de las partes si se estudian en el contexto en el que se encuentran conjunto [Bar-Yam (2003, p.10)]”. En el caso de las matrices de insumo producto, el determinante es la propiedad emergente de este sistema, pues este no se puede explicar si se analizan las partes de forma aislada, es decir, para el caso de la matriz de Leontief, si se estudian los elementos a_{ij} por separado es imposible saber el comportamiento colectivo. No obstante, utilizando el *teorema de los bucles y circuitos* [Lantner y Lebert (2013)] es posible obtener el comportamiento colectivo de este sistema donde, cada uno de los elementos involucrados en la interconexión del sistema son parte de esa configuración colectiva, a través de los *HPG*.

Podría pensarse que el *teorema bucles y circuitos* y su resultado el determinante de una matriz dada, no cumplen la propiedad de emergencia pues, ¿si el determinante Δ de una matriz de orden n es el resultado de la suma de los *HPG*, el todo (el determinante) no es la suma de de sus partes (los *HPG*)?.

Para responder a esta pregunta es necesario ampliar algunas características de la complejidad emergente o emergencia en un sistema

complejo. “Podemos describir un sistema compuesto por piezas simples, donde el comportamiento colectivo es complejo? Esta es una posibilidad importante, llamado complejidad emergente. Cualquier sistema complejo formado a partir de átomos es un ejemplo. La idea de la complejidad emergente es que los comportamientos de muchas partes simples interactúan de tal manera que el comportamiento de la todo es complejo. Los elementos son aquellas partes de un sistema complejo que pueden ser considerados sencilla cuando se describe el comportamiento de la totalidad. [Bar-Yam (2003, p.5)]

Entonces es importante plantear ¿cuáles son los elementos o partes simples del sistema de la matriz de Leontief, qué pueden describirse de forma sencilla, son los coeficientes a_{ij} o son los *HGP*? Si se analiza las restricciones y relaciones de estos dos elementos es posible clarificar, cuál de ellos es el elemento más simple (átomo del sistema) pero donde el comportamiento colectivo esta contenido.

i) Restricciones de los coeficientes a_{ij} . La matriz A tiene algunas restricciones contables, delimitadas por la estructura de los cuadros de insumo-producto, por ejemplo:

$$0 \leq a_{ij} \leq 1 \quad \forall i, j$$

a su vez

$$1 \geq \sum_{i=1}^n a_{ij}$$

ii) Restricciones de los *HGP*

Importante señalar que, el valor de *los grafos parciales hamiltonianos son el producto de diferentes elementos de la matrix e Leontief, la cual a su vez contiene a la matriz A, este producto toma n elementos, cada uno de esos elementos pertenece a una fila y columna distinta d ela matriz*, retomando las ecuación 4.1 es posible ver que el valor de un h –ésimo *HGP* está denotado por

$$V_h = (-1)^{c_h} v_h$$

$$-1 < V_h \leq 1$$

donde v_h es el producto de los coeficientes (todos positivos) y c_h denota el número de circuitos con 2 o más arcos, el cual está en función de las permutaciones naturales de los subíndices de las columnas de los elementos que conforman v_h .

Entonces, el determinante Δ captura el comportamiento global del sistema de una matriz de Leontief, por ende, es su propiedad emergente ya que no es la suma de sus elementos más simples, los cuales son a_{ij} pues su reglas y restricciones son las más elementales dentro de esta matriz. No obstante, estos elementos simples configuran el comportamiento de elementos más sofisticados como los *HGP* y la suma de estos sí da lugar a una propiedad emergente Δ , pero, insistiendo, no la suma de sus elementos más simples.

- Retroalimentación: Como puede observarse, a través, nuevamente, del *teorema de los bucles y circuitos* [Lantner y Lebert (2013)], los circuitos capturados en el grafo asociado de una matriz de Leontief y que pueden expresarse descomponiendo el determinante de dicha matriz, exponen claramente la retroalimentación que existe en un sistema multi e interindustrial. Donde el vértice que emite un impulso inicial puede ser el último en beneficiarse de este. Por supuesto, está el camino hamiltoniano parcial que está conformado sólo por bucles, este no aumenta la retroalimentación interdependiente sino autárquica, por ende, si este tipo de circuitos se retroalimentan la circularidad será limitada.
- Caminos de dependencia: Nuevamente la interconexión se vuelve relevante para caracterizar un sistema complejo, en el caso de la matriz de Leontief, los diferentes grafos parciales hamiltonianos (*HPG*) dependen de las conexiones de los diferentes sectores *i* – *ésimos*, en tanto mayor sea la relación entre ellos mayor será la interdependencia que existirá en el sistema interindustrial, por ende, mayor será el número de *HPG* que se generen o bien mayor el valor de estos.
- Condiciones iniciales: Esta característica no está excluida de los sistemas simples, sin embargo, en un sistema complejo implicará que existirán relaciones multi e interdependientes iniciales entre los elementos que conforman el sistema. Estas condiciones iniciales están presentes por definición en una matriz de insumo producto.

- Heterogeneidad: Los elementos o integrantes de un sistema complejo no deben tener el mismo comportamiento ni la misma conformación. Las matrices de insumo-producto se caracterizan por que las relaciones de cada sector industrial con resto son distintas, en el caso de la matriz de Leontief, la demanda de insumos (intermedios y primarios) varía entre los sectores dependiendo de la mercancía o servicio que produzcan, así como de la oferta de insumos.
- Dinámica y evolución: Alatríste y col. (2019) muestran cómo analizar la matriz de coeficientes técnicos A puede estudiarse de forma dinámica, es decir, comparar estos coeficiente a través del tiempo t , así “Para ver si hubo un cambio en la estructura, medimos $A(t) - A(t + 1)$. Luego, para cada entrada de la matriz, evaluamos si:

$$a_{ij}(t) - a_{ij}(t + 1) = \begin{cases} = 0 & \text{si no hay cambios} \\ > 0 & \text{si la conexión (entre el sector } i \text{ y } j) \\ & \text{se fortalece} \\ < 0 & \text{si la conexión (entre el sector } i \text{ y } j) \\ & \text{se debilita} \end{cases}$$

[Alatríste y col. (2019, p.96)]”. Este cambio estructural al formar parte de los coeficientes técnicos a_{ij} , afectará en los diversos momentos t al determinante de la matriz de Leontief.

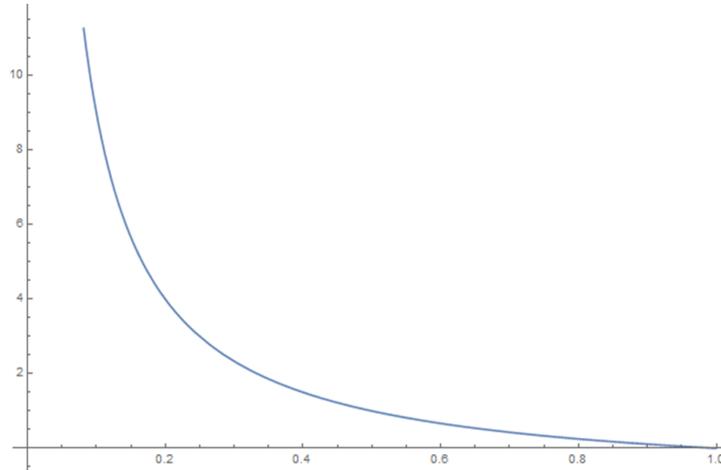
A su vez, analizando el índice de circularidad de forma estática puede observarse que este no tiene una relación lineal con los cambios en el determinante de la matriz de Leontief Δ , el cual puede analizarse de forma dinámica al analizar los cambios en los coeficientes técnicos de la matriz A .

Retomando la ecuación 4.5 y derivando respecto a Δ se obtiene:

$$IC = (1 - \Delta)/\Delta = f(\Delta)$$

$$\delta IC = -1/\Delta^2 \quad (4.9)$$

Es posible observar que el comportamiento del IC ante cambios en Δ no es lineal, y dado que satisface otras condiciones del sistema complejo, entonces el índice de circularidad es un indicador de complejidad

Figura 4.3: Función de la derivada del IC respecto a Δ 

Fuente: elaboración propia

de un sistema interindustrial representado en una matriz de insumo-producto.

- **Criticidad:** Como se ha visto la relación del Índice de Circularidad IC es no lineal en función del determinante Δ de la matriz de Leontief $[I - A]$, el cual a su vez, depende de los cambios en la matriz de coeficientes técnicos A , siendo el determinante un indicador altamente sensible a cambios mínimos en la estructura de la matriz de coeficientes técnicos, por ende, el IC es altamente sensible y en relaciones no lineales a los cambios presentados en A , lo que puede crear un fenómeno de criticidad, donde el sistema presenta una respuesta altamente no lineal.

Por ende, la matriz de Leontief es un sistema complejo, porque es un sistema con muchos componentes que interactúan fuertemente, a través de los arcos a_{ij} ; tiene una propiedad emergente, un comportamiento colectivo, es decir, las relaciones entre los modos colectivos son de una naturaleza diferente a las que operan entre los componentes, son el resultado del comportamiento global del sistema (Δ); tiene relaciones no lineales, punto medular que diferencia sistemas complicados de complejos (pequeños cambios en el sistema conducen a cambios importantes (el IC)).

Así, sin alterar las propiedades del determinante de una matriz de Leontief, es posible, dado lo expuesto en las subsecciones 4.1.1 y 4.1.2, interpretar al determinante como un indicador que sintetiza el nivel de integración de un sistema interindustrial y cuyos cambios son susceptibles de interpretarse como cambio técnico; a su vez, el índice de circularidad ($IC = f(\Delta)$) es un indicador de la complejidad de una matriz de Leontief, cuanto menor sea Δ mayor será la complejidad del sistema y su integración, por ende, también puede llamársele, Índice de Integración Circular, sin embargo, en este texto se manejará el acrónimo IC

El Índice de Integración Circular sectorial *ics* total e interno.

Es posible también analizar el índice de integración circular por sector, es decir, al sistema original $[I - A]$ se le extrae la fila y columna i -ésima de la matriz A , donde $i = 1, \dots, n$. Retomando la ecuación 4.2 y sustrayendo la fila y columna cuando $i = 1$, se obtiene el determinante de este sistema, Δ_i , dado que se está extrayendo una fila y una columna entonces se obtienen $(n - 1)!$ HPG que es menor que los $n!$ HPG de la matriz completa, por ende, el determinante de este nuevo subsistema será mayor y, por tanto, su índice sectorial de circularidad menor, así es posible hacer la siguiente generalización.

Dado que:

$$\Delta_i > \Delta; i = 1, \dots, n \quad (4.10)$$

Esto implica que el índice de integración circular sectorial ics_i es menor que el Índice Integral de Circularidad del Sistema IC, siempre:

$$(1 - \Delta_i)/\Delta_i < (1 - \Delta)/\Delta; i = 1, \dots, n \quad (4.11)$$

Dos variantes más, los casos de las matrices totales e internas; las primeras, son las matrices de flujos totales que contiene en ella los intercambios de flujos interindustriales tomando no sólo los insumos intermedios producidos al interior de la economía en cuestión sino los insumos intermedios importados, la matriz A^t de esta matriz total contiene a los cocientes a_{ij}^t que pueden ser llamados coeficientes de costos totales; las segundas, matrices de flujos internos, que sólo consideran los intercambios de flujos interindustriales de los insumos intermedios producidos al interior de la economía en cuestión, los coeficientes a_{ij}^i de la matriz A^i de esta matriz interna reciben el nombre de coeficientes de costos internos.

Es lógico hacer la siguiente relación:

$$a_{ij}^t \geq a_{ij}^i \quad (4.12)$$

Por ende, es posible sostener la siguiente relación entre el determinante de la matriz total Δ^t y el de la matriz interna Δ^i :

$$\Delta^t \leq \Delta^i \quad (4.13)$$

Así, las relación entre el índice de integración circular total ICT y el índice de integración circular interno ICI es:

$$ICT = (1 - \Delta^t)/\Delta^t \geq ICI = (1 - \Delta^i)/\Delta^i; \quad (4.14)$$

Para el caso de las relaciones entre el subdeterminante sectorial total Δ_i^t y el interno Δ_i^i , así como los índices de integración circular sectorial total o índice de circularidad sectorial total ics_t^i y el índice de integración circular sectorial interno o índice de circularidad sectorial interno, las relaciones son análogas a las de las ecuaciones 4.13 y 4.14. Así:

$$\Delta_i^t \leq \Delta_i^i \quad (4.15)$$

y

$$ics_t = (1 - \Delta_i^t)/\Delta_i^t \geq ics_i = (1 - \Delta_i^i)/\Delta_i^i; \quad (4.16)$$

Las interpretaciones e implicaciones de estos subdeterminantes e índices de circularidad, son análogas a las del determinante del sistema Δ y al índice de circularidad del sistema IC , sin embargo, leídas a nivel sectorial, es decir, el grado de integración, intensidad en insumos intermedios y complejidad, que el sector i –ésimo provee al sistema.

4.2. Caracterización y comportamiento de los sectores industriales en México.

En este apartado, se abordará la relación existente entre la distribución funcional DFI o w_i , la productividad laboral sectorial φ_i y el índice de integración circular sectorial total ics_{it} para el caso de México para los años 1980, 2003 y 2008. Sin embargo, como se ha mencionado, se pondrá énfasis en el nivel multi e intersectorial.

La información utilizada para esta sección se tomó de las matrices de insumo-producto de México para los años 1980, 2003 y 2008, generadas por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística *INEGI*, no obstante para hacer comparable el análisis a través del tiempo, se realizó un proceso de homologación de las matrices a 62 sectores; a su vez, se deflataron¹³, por ende, estas están expresadas en términos reales (2003:100). Estos dos procedimientos permiten una comparación no sólo a través del tiempo sino también entre sectores.

La sección, a su vez, contiene tres subsecciones; la primera, que describe las variables que se utilizarán, así como algunas medidas de estadística descriptiva de dichas variables; la segunda, que plantea una caracterización sectorial que permita clasificar el comportamiento de los sectores para cada uno de los años, respecto a la variables de interés: distribución funcional sectorial DFI o w_i , la productividad laboral sectorial φ_i y el índice de integración circular sectorial total ics_{it}^t ; la tercera, clasifica esta caracterización a través del tiempo, para con ello poder describir el comportamiento sectorial.

4.2.1. Estadística descriptiva de las variables de estudio.

El Cuadro 4.1 describe las variables que explícita o implícitamente se ocuparon para este documento, dentro de las que se destacan los índices de integración circular total ics_{it}^t e interno ics_{it}^i ; el indicador de distribución funcional del ingreso sectorial w_i y la productividad laboral sectorial φ . Por supuesto, se utilizarán variables auxiliares para el análisis del comportamiento de los sectores y del sistema industrial mexicano.

¹³las notas sobre el proceso de deflación y homologación de las matrices están disponibles en el sitio web enlazado al código QR que se encuentra al final del Apéndice B

Cuadro 4.1: Variables utilizadas para el documento

símbolo	variable
t	año
vbp_i	valor bruto de la producción sectorial millones de pesos (2003:100)
vab_i	valor agregado bruto sectorial , millones de pesos(2003:100)
$m.s._i$	masa salarial sectorial, millones de pesos (2003:100)
G_i	Excedente bruto de operación sectorial, millones de pesos (2003:100)
l	número de personas empleadas por sector
x_i	exportaciones sectoriales , millones de pesos (2003:100)
m_i	importaciones intermedias sectoriales, millones de pesos (2003:100)
Δ_i^t	subdeterminante sectorial de la matriz total
Δ_i^i	subdeterminante sectorial de la matriz interna
w_0	$m.s._i/vbp_i$
w_i	indicador de la distribución funcional del ingreso $m.s._i/vab_i$
g_i	G/vbp_i
φ_i	productividad laboral millones de pesos por empleado (2003:100) $vbp_i/empleo_i$
ics_i^t	índice de integración circular sectorial total o índice de circularidad sectorial total
ics_i^i	índice de integración circular sectorial interno o índice de circularidad sectorial interno
$pvab_i$	participación del vap_i sectorial en el vab total
pw_i	participación de la masa salarial sectorial $m.s._i$ en la masa salarial total
px_i	participación de las exportaciones sectoriales en el vbp_i
pm_i	participación de importaciones intermedias sectoriales en el vbp_i

Fuente: elaboración propia basada en las MIP de México

El cuadro 4.2 muestra algunos indicadores de estadística descriptiva de las variables relevantes; en el caso de la producción o valor bruto de la producción sectorial, la variación anual media fue de 3 por ciento entre el período de 1980 a 2003. Para el período 2003-2008 la variación anual pasó a 4.67 por ciento; a su vez, las variaciones para el caso del valor agregado bruto sectorial vab_i fueron en promedio de 2.26 por ciento y 4.97¹⁴, respectivamente; es decir, la tasa de variación del producto sectorial fue mayor a la de la producción sectorial para este último período.

Las variables que integran el valor agregado bruto sectorial vab_i , la masa salarial $m.s._i$ y el excedente bruto de operación G_i , tuvieron, para el período 1980-2003, una variación de sus medias anual promedio de 1.90 por ciento y

¹⁴Recuérdese que es la variación media sectorial, diferente de la variación total del Valor Agregado Bruto que contablemente es igual al Producto Interno Bruto, y cuya tasa de variación media para el periodo 2003-2008 no supera los 3 puntos porcentuales (véase Ruiz Nápoles (2017))

2.83 por ciento; para el periodo 2003-2008, las respectivas tasas fueron 2.86 por ciento y 7.12 por ciento.

Cuadro 4.2: México: producción, empleo, salarios, excedente de operación y comercio exterior, a nivel sectorial, 1980, 2003 y 2008.
(medias sectoriales con sus desviaciones estándar y rangos por periodos y variaciones entre periodos)

—1980—							
variable	obs.	media sectorial	dev.std.	mín	máx.	var.total de la media sectorial	var. anual promedio de la media sectorial
vbp_i	62	101,539	226,398	3,862	1,646,626		
vab_i	62	69,156	192,316	675	1,420,947		
$m.s._i$	62	24,296	56,324	460	266,371		
G_i	62	38,551	110,588	307,801	818,919		
l_i	62	288,322	698,984	6,807	4,120,328		
x_i	62	3,419	11,757	-	92,012		
m_i	62	2,754	3,932	-	20,152		
—2003—						1980-2003	1980-2003
vbp_i	62	200,404	274,746	2,863	1,464,031	97.37 %	3.00 %
vab_i	62	115,621	202,892	758	1,088,748	67.19 %	2.26 %
$m.s._i$	62	37,444	75,711	273	385,503	54.12 %	1.90 %
G_i	62	73,260	147,171	401	813,815	90.03 %	2.83 %
l_i	62	682,520	1,439,890	2,869	7,180,413	136.72 %	3.82 %
x_i	62	29,245	63,404	-	366,962	755.26 %	9.78 %
m_i	62	22,787	44,046	183	303,357	727.35 %	9.62 %
—2008—						2003-208	2003-2008
vbp_i	62	251,748	352,898	5,046	1,761,310	25.62 %	4.67 %
vab_i	62	147,374	264,812	1,870	1,357,891	27.46 %	4.97 %
$m.s._i$	62	43,117	89,227	152	414,040	15.15 %	2.86 %
G_i	62	103,341	212,948	1,700	1,151,896	41.06 %	7.12 %
l_i	62	765,147	1,772,807	3,384	9,318,208	12.11 %	2.31 %
x_i	62	41,172	102,197	-	725,128	40.78 %	7.08 %
m_i	62	35,450	87,265	244	655,113	55.57 %	9.24 %

Fuente: elaboración propia basada en las MIP de México

Es decir, en el primer periodo (1980-2003), que comprende los procesos de estabilización de la economía mexicana, la llamada década pérdida y las crisis de 1988 y 1994, donde hubo procesos de estancamiento del salario real, la masa salarial sectorial $m.s._i$ media varió anualmente 1.90 por ciento; en tanto el excedente bruto de operación sectorial G_i medio tuvo una variación

anual media mayor en 0.93 puntos porcentuales respecto a la $m.s_i$ media, es decir, 2.83 por ciento. Sin embargo, para el segundo período (2003-2008), donde la apertura comercial está consolidada y las políticas de flexibilización del mercado laboral también, la masa salarial sectorial $m.s_i$ media pasó de una variación anual media de 1.90 puntos porcentuales a 2.86, 0.96 puntos porcentuales más que en el primer período. No obstante, como se ha mencionado, el excedente bruto de operación sectorial G_i medio pasó de una variación anual media de 2.83 por ciento, entre 1980 y 2003, a una variación de 7.12 por ciento anual.

Si se analiza la variación de estos datos de punta a punta, la masa salarial sectorial media tuvo una variación de 54.12 por ciento entre 1980 y 2003; en tanto que para el segundo periodo, 2003-2008, la variación total fue de 15.5 por ciento; es decir en los últimos cinco años de estudio varió cerca de una tercera parte de lo que lo hizo en los 23 años previos, variación proporcionalmente mayor al tiempo transcurrido entre los dos periodos.

Sin embargo, para el caso del excedente bruto de operación sectorial G_i medio, la variación total fue de 90.3 por ciento entre 1980 y 2003, y de 41.06 por ciento entre 2003 y 2008, una variación proporcional mayor respecto al tiempo transcurrido entre los dos periodos, más alta que la de la masa salarial sectorial $m.s_i$ media.

En lo que respecta al empleo sectorial l_i medio, la variación anual media para el primer periodo (1980-2003) fue de 3.82 por ciento; en tanto que para el segundo periodo (2003-2008) fue menor pasando de 3.82 a 2.31 por ciento anual. Lo cual reafirma lo argumentado por Ruiz Nápoles (2017), que en cuestiones de empleo el periodo de apertura comercial no ha tenido los resultados esperados, pues la tasa de variación de esta variable, si bien ha sido positiva es menor respecto al periodo previo.

Las exportaciones sectoriales también tuvieron un cambio sustancial entre los dos periodos de análisis; entre 1980 y 2003, la tasa de crecimiento anual media de las exportaciones sectoriales x_i medias fue de 9.78 por ciento; sin embargo, para el segundo periodo (2003-2008) la variación de las exportaciones sectoriales medias anuales ha caído a 7.08 por ciento. Por supuesto, esto implicó que las variaciones totales de los dos periodos fueran de 755.26 por ciento para el primer periodo y de 40.78 por ciento para el segundo periodo.

Frecuentemente, ante la apertura comercial, se habla del crecimiento benéfico de las exportaciones, cuenta positiva para el *PIB*. En el caso de México, este resultado no se puede negar dado el párrafo anterior. Sin embargo, este crecimiento de las exportaciones, va acompañado también del cre-

cimiento de las importaciones de insumos intermedios m_i . Para el periodo de 1980-2003, las importaciones de insumos intermedios tuvieron una variación anual media de 9.62 por ciento, cercana a la variación de las exportaciones.

Si tomamos en cuenta que sólo son los insumos de demanda intermedia dicha variación anula casi el efecto positivo de las exportaciones, abonando a la restricción externa para países como México [véase Moreno-Brid (2003)]; este fenómeno se agudizó aún más en el periodo 2003-2008, donde la variación anual media de las exportaciones sectoriales fue de 7.08 por ciento, en tanto las importaciones de insumos intermedios variaron 9.24 por ciento.

En el Cuadro 4.3 se pueden observar los estadísticos descriptivos de las variables que son participaciones o cocientes; por ejemplo, el indicador de la distribución funcional del ingreso sectorial w_i , para 1980, la participación de la masa salarial $m.s._i$ en el valor agregado bruto sectorial vab_i fue de 35.79 puntos porcentuales; para 2003, la participación había caído a 32.57 puntos porcentuales; en tanto para 2008, el indicador de DFI cayó 32.57 [cuidado] por ciento, es decir, perdió 3.22 puntos porcentuales, sin embargo, para 2008 la caída de la participación de los salarios media llegó a 24.47 puntos porcentuales, esto implicó una caída de 11.22 por ciento de punta a punta.

En el caso de la participación del excedente bruto de operación sectorial en el valor agregado bruto sectorial g_i , ha aumentado a través del tiempo pasando de 60.01 por ciento en 1980, a 65.55 por ciento en 2003 y a 74.58 por ciento en 2008. Es decir, ha habido un proceso en la cuenta de pago a factores primarios en el cual ha perdido participación el trabajo.

Al mismo tiempo, la media de la productividad laboral sectorial ¹⁵ φ_1 , pasó de 0.65 millones por empleado en 1980 a 0.91 millones por empleado en 2003 y a 1.52 millones por empleado en 2008. Es decir de punta a punta, de 1980 a 2008, la productividad media sectorial por empleado, aumentó en 2.31 veces.

La media del índice de integración circular sectorial total ics_i^t pasó de 123.56 en 1980 a 247.11 en 2003 y 687.68 en 2008; llama la atención que la diferencia de esta media entre 1980 y 2003 sea de 123 puntos; en tanto, la diferencia entre 2008 y 2003, es de 440 puntos índice. Es decir, para el caso

¹⁵La decisión de medir la productividad laboral entre el total de Valor Bruto de la Producción es porque los insumos intermedios necesitan de trabajo para ser transformados o transportados; incluyendo los procesos "automatizados", aún; por ende, se asume una postura clásica respecto a la productividad laboral

Cuadro 4.3: México: Distribución funcional del ingreso, productividad laboral, índices de circularidad y participaciones del valor agregado en el total y de exportaciones e importaciones intermedias en el valor bruto de la producción, a nivel de cada sector, 1980, 2003 y 2008

(medias sectoriales con sus desviaciones estándar y rangos)

—1980					
variable	obs.	media	des.std.	mín.	máx
w_i	62	35.79 %	15.99 %	3.07 %	96.77 %
g_i	62	60.01 %	23.33 %	3.01 %	176* %
φ_i	62	.65	.39	.03	1.75
ics_i^t	62	123.56	11.26	79.85	133.37
ics_i^i	62	38.864	3.164	26.298	41.229
$pvab$	62	1.61 %	4.49 %	0.02 %	33.14 %
px_i	62	4.63 %	6.79 %	0.00 %	31.20 %
pm_i	62	6.12 %	6.95 %	0.00 %	33.31 %
—2003—					
w_i	62	32.57 %	13.92 %	0.95 %	77.01 %
g_i	62	65.55 %	14.42 %	22.69 %	98.02* %
φ_i	62	0.91	1.03	.03	4.98
ics_i^t	62	247.11	25.87	132.89	269.84
ics_i^i	62	14.422	0.825	11.929	15.124
$pvab$	62	1.61 %	2.83 %	0.01 %	15.19 %
px_i	62	17.05 %	21.25 %	0.00 %	86.57 %
pm_i	62	14.57 %	14.55 %	0.56 %	71.57 %
—2008—					
w_i	62	24.47 %	17.13 %	1.63 %	90.14 %
g_i	62	74.58 %	17.22 %	9.46 %	98.029* %
φ_i	62	1.52	1.84	0.04	9.18
ics_i^t	62	687.68	91.49	206.87	759.05
ics_i^i	62	16.618	1.090	12.452	17.446
$pvab_i$	62	1.61 %	2.90 %	0.02 %	14.86 %
px_i	62	20.75 %	23.49 %	0.00 %	96.66 %
pm_i	62	17.19 %	16.97 %	0.31 %	87.33 %

Nota: w_i es indicador de la *DFI*, masa salarial sectorial entre valor agregado sectorial; g_i es la participación del excedente bruto de operaciones sectorial en el valor bruto de la producción sectorial; φ_i es la productividad laboral; ics_i^t índice de integración circular total sectorial; ics_i^i índice de integración circular interno; $pvab_i$ participación del valor agregado bruto sectorial en el total de la economía px_i es la participación de las exportaciones sectoriales en el valor bruto de la producción sectorial; pm_i es la participación de las importaciones de insumos intermedios sectoriales en el valor bruto de la producción sectorial.

*Los valores máximos pueden superar el 100 % pues son sectores con altos subsidios o transferencias hacia la cuenta de excedente bruto de operación

Fuente: elaboración propia basada en las MIP de México

de la matriz total que contempla insumos importados, la apertura comercial aumentó la capacidad de los sectores de crear circuitos entre sí, intensificar las relaciones y hace más complejo el sistema industrial en México. Sin embargo, cuando se compara la media del índice de integración circular de la matriz interna ics_i^i , es decir, la que corresponde al sistema industrial interno sin considerar las importaciones, este índice ha caído, pues en 1980 el valor del índice era de 38.86; para 2003, fue de 14.62 y en 2008 tuvo una ligera recuperación para ubicarse en 16.61; por supuesto, este incremento no es comparable proporcionalmente al incremento que experimentó el índice de circularidad sectorial total.

Lo anterior implica que si bien la capacidad de integración del sistema interindustrial mexicano ha aumentado, esta capacidad depende de las importaciones intermedias; por supuesto, esto no es ninguna novedad, sin embargo, el crecimiento del índice total y la caída del índice interno de integración circular, refuerzan la idea de que los insumos importados no son complementarios a los nacionales sino sustitutos, pues de ser complementarios, ambos índices tendrían que crecer, empero, no ocurre así.

Aún más, esta dependencia puede reforzar la idea de Clavijo y Ros (2015), que sugieren que para economías pequeñas, sin negar la restricción externa de México por el lado de la demanda, el principal problema es el de la oferta, pues al depender tanto de las importaciones intermedias, el sistema productivo no tiene la capacidad de aumentar la oferta por un proceso de acumulación que no se dé al interior de la economía mexicana, es decir, no hay inversión, por ende, el crecimiento de las exportaciones tiene un límite y este está dado por las restricciones de oferta.

Si se toma el índice de integración circular interno, puede observarse que al menos para el caso del capital circulante (insumos intermedios), el sistema interno industrial mexicano no ha sido complementado por las importaciones intermedias sino desplazado. La caída del índice de circularidad interno sugiere entonces la pérdida de la capacidad de retroalimentación de los insumos intermedios en el sistema industrial mexicano, lo que implica, un proceso si no de desacumulación al menos de no acumulación, reforzando así la restricción externa pero por el lado de la oferta.

Así, dados los indicadores descritos en los Cuadros 4.2 y 4.3, pueden observarse cambios estructurales en los procesos de distribución del ingreso en la demanda sectorial, donde las exportaciones se han vuelto una componente importante de la demanda de cada sector; por el lado de la oferta un sistema industrial interno, menos integrado y complejo, donde el cambio tecnológi-

co está condicionado por las importaciones intermedias que desplazan a los insumos internos.

A su vez, el crecimiento de la varianza para cada una de las variables descritas, y por ende, de sus errores estándar, sugiere que el análisis a nivel sectorial se vuelve relevante pues el sistema industrial mexicano parece ser cada vez más heterogéneo.

Cuadro 4.4: México: Distribución del ingreso, productividad laboral e índices de circularidad a nivel de toda la economía, 1980, 2003 y 2008

(medias sectoriales y nacionales)

año	estadístico	w	g	φ	ics_i^t	ics_i^i
1980	media sectorial	35.79 %	60.01 %	0.66	123.56	38.86
	nacional	35.13 %	55.75 %	0.35	133.37	41.23
2003	media sectorial	32.57 %	65.55 %	0.92	247.11	14.42
	nacional	32.39 %	63.36 %	0.29	269.84	15.12
2008	media sectorial	24.47 %	74.58 %	1.52	687.68	16.62
	nacional	29.26 %	70.12 %	0.33	759.05	17.45

Fuente: elaboración propia basada en las MIP de México

El cuadro 4.4 muestra la comparación del indicador de la distribución funcional del ingreso w , la participación del excedente bruto de operación g , la productividad laboral φ , el índice de circularidad total ics^t e índice de circularidad interno ics^i , sin embargo, se hace con dos variantes; la media sectorial, misma que está reportada en el Cuadro 4.3, que es la media simple de las observaciones a nivel sectorial; el valor de las variables a nivel nacional, no suponen desagregación sectorial.

Es importante ver las diferencias entre estos dos niveles de agregación y las implicaciones que tiene para el análisis, por ende, la pertinencia de hacer este documento a un nivel multi e intersectorial. Por ejemplo, para el indicador de la DFI el nivel agregado nacional es de 35.13 por ciento, mientras la media sectorial es de 35.79; la diferencia no es tan grande para el año 2003; sin embargo, la diferencia se hace mayor para 2008 donde el nivel nacional es de 29.26 por ciento mientras la media sectorial es de 24.47 por ciento, lo que implica un aumento en la brecha entre los sectores respecto a esta variable. Para el caso de la participación del excedente bruto de operación g ; cuando se toma el dato nacional, siempre es menor que el la media sectorial; nueva-

mente esto implica que el agregado nacional no muestra el crecimiento de la divergencia del comportamiento sectorial.

El caso de la productividad laboral, cuando se toma el agregado nacional puede apreciarse de punta a punta una caída, pues en 1980 era de 0.35 millones por trabajador, en tanto, para 2008 0.33 millones por trabajador, es decir, se perdió una productividad de 0.02 millones por trabajador. Sin embargo, en el caso de la media sectorial el crecimiento de la productividad ha sido sostenido pasando de 0.66 millones por trabajador en 1980 a 0.92 en 2003 y a 1.52 en 2008.

Ahora bien ¿qué implicaciones tiene esto para el análisis económico y, aún más, para la política económica en términos salariales y (o) distributivos?. En términos de análisis estas observaciones muestran la pertinencia de hacer los estudios a nivel sectorial pues en el agregado siempre se tenderá a suavizar las variables, sin embargo, con el análisis multi e intersectorial se tiene una percepción más clara de lo heterogénea que es una estructura; así en tanto más cercana esté la media sectorial al dato nacional menos heterogénea será la estructura. En términos de política económica, si el argumento es que los incrementos del salario y participación deben estar atados a movimientos en la productividad, valdría la pena preguntarse ¿por qué se debería tomar el indicador nacional y no el el sectorial? cuando la media sectorial se ha triplicado de punta a punta en el periodo de análisis.

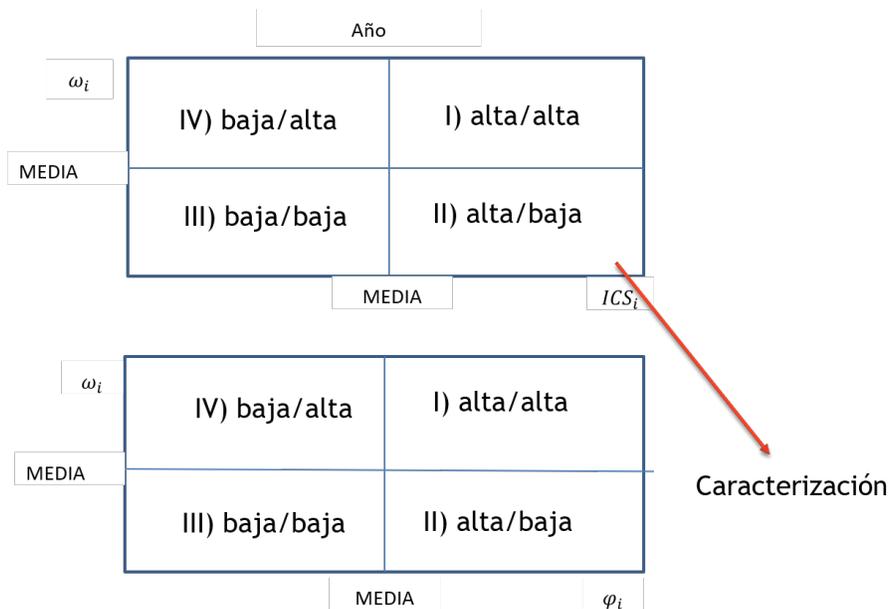
Este tipo de resultados paradójicos entre el nivel agregado y el sectorial vuelven pertinente el análisis a este segundo nivel, pues permite caracterizar a los sectores y con esto describir el comportamiento de los mismos y los movimientos de la estructura económica en su conjunto.

4.2.2. Caracterización sectorial.

En esta sección se realiza una caracterización de los sectores industriales para el caso de la economía mexicana en el periodo de 1980-2008, con el fin de testar la relación de las siguientes variables: el indicador de la DFI, w_i ; el índice de integración circular sectorial total ics_i^t ; y la productividad laboral sectorial φ_i .

La Figura 4.4 presenta la forma en que se define la caracterización de un sector. Se construyeron mapas de dispersión para los siguientes pares ordenados: ics_i^t y w_i ; φ_i y w_i ; φ_i y ics_i^t . Cada uno de estos pares a su vez tiene mapas de dispersión para cada uno de los años de estudio 1980, 2003 y 2008, aunado a un mapa de dispersión conjunta, es decir, de los tres periodos.

Figura 4.4: Caracterización de los sectores por gráficas de dispersión.



Fuente:elaboración propia

Cada uno de los mapas de dispersión está dividido en cuatro cuadrantes (véase Figura 4.4), la frontera de división es la media sectorial de la variable respectiva para cada año. Para los gráficos que unen los tres años, la frontera de división es la media de la variable para los tres años, es decir, la media

general. Así, dependiendo del par ordenado en cuestión cada cuadrante estará caracterizado de la siguiente manera, por ejemplo, para el caso de la relación entre el índice de integración circular sectorial ics_i y la distribución funcional del ingreso w_i : el cuadrante I, contiene los sectores que tienen un índice de integración circular alto (por encima de la media) y una distribución funcional del ingreso alta (por encima de la media sectorial); el cuadrante II, contiene a los sectores con un alto índice de integración circular sectorial (por encima de la media sectorial) y una baja distribución del ingreso (por debajo de la media sectorial); el cuadrante III, contiene a los sectores en los cuales ambos indicadores están por debajo de la media sectorial; por último el cuadrante IV, contiene a los sectores con una baja integración circular sectorial pero una alta distribución funcional de ingreso. La lectura para la relación de la productividad laboral sectorial φ_i y el indicador de la DFI, w_i , es análoga a la ya descrita.

Por último, se obtuvo, a través de polinomios fraccionarios, una línea de tendencia que pudiera describir la relación entre los indicadores sectoriales, sin que esto implique ser necesariamente un modelo econométrico pues el tamaño de las muestras no lo permite, sin embargo, al utilizar el polinomio fraccionario se hace un ajuste más robusto que las funciones lineales o cuadráticas, pues, proporcionan una amplia gama de formas que incluyen todas las formas proporcionadas por polinomios comunes. Este polinomio servirá para caracterizar el comportamiento global o de la economía en su conjunto, a través de los comportamientos sectoriales; por ende, podríamos esperar los siguientes comportamientos: si se asume la teoría neoclásica que prescinde, en su teoría de la distribución funcional, del marco institucional de una sociedad, las siguientes relaciones:

I) Es posible establecer una relación, para el par ordenado del índice de integración circular sectorial total ics_i^t , y la distribución del ingreso sectorial w_i desde el enfoque neoclásico, puede esperarse que sea negativa para los tres periodos; esto implicaría que al crecer el índice de circularidad los requerimientos de capital circulante estarían ganando terreno sobre los requerimientos de trabajo, y eso presionaría el precio de los bienes de capital al alza, consecuentemente, moviendo su precio natural y remuneración. ¹⁶

¹⁶Esto implica un supuesto donde no hay oferta excedente de bienes de capital y por ende, el aumento de la demanda relativa de este, es decir, su creciente escasez relativa altera el precio, no obstante el propio Samuelson (1966) ha hecho críticas importantes a tal conjetura. Los clásicos, incluyendo a Marx, también admiten esta relación antagónica entre capital y trabajo, sin embargo, para ellos, aunado a que la distribución del ingreso primario

Tomando en cuenta que el índice de integración circular sectorial ics_i^t medio tuvo una variación anual media entre 1980 y 2003 de 2.9 por ciento, y una variación total de 100 por ciento, en tanto para 2003 y 2008 la variación anual media fue de 18.6 por ciento, para una variación total de 178.3 por ciento.

II) Por su parte, la tendencia esperada para el par ordenado correspondiente a la Distribución Funcional del Ingreso DFI o w_i y la productividad laboral φ_i media, tendría que ser la siguiente: para 1980 y 2003, la línea de tendencia debería tener una pendiente negativa si bien la productividad sectorial media crecía a 1.39 por ciento anualmente, en este periodo, la participación del salario en el valor agregado w_i pasó del 35.79 al 32.39 puntos porcentuales es decir una caída de 0.04 por ciento anual y de 9.9 por ciento total; a su vez, la variación del incremento del empleo sectorial medio era de 3.82 por ciento, es decir, la tasa de empleo crecía a un ritmo mayor que la productividad, es decir, una diferencia de 1.43 puntos porcentuales entre variaciones anuales medias. Recuérdese que la baja productividad laboral durante ese periodo fue una de los argumentos para flexibilizar el mercado laboral en México [véase capítulo 2, cuadros 4.4 y 4.2]. Para el caso de 2008: la tendencia esperada sería contraria a la esperada para 1980 y 2003, pues en tanto la productividad sectorial media creció a tasas del 8.73 por ciento anual el nivel de empleo medio varió a tasas 2.31 por ciento pues como se puede observar en el cuadro 4.4, es decir, la variación anual media de la productividad sectorial φ_i media fue 6.41 puntos porcentuales mayor a la variación anual media del empleo sectorial l_i medio. No obstante en este mismo periodo la participación del salario w_i media pasó de 32.57 a 24.47 puntos porcentuales, es decir, una variación anual media de -4.7 por ciento y una total de -24.9 por ciento.

Así para la gráfica que corresponde a todo el periodo se esperaría una tendencia negativa con algún punto de inflexión que reflejara la recuperación de la distribución funcional del ingreso, esperada, para 2008.

era institucional, la demanda de mayor capital constante o circulante no necesariamente presionaría estos costos y sus precios al alza, pues el capital constante podría aumentar la productividad del trabajo incluyendo a los sectores productores de bienes de capital.

México 1980-2008: caracterización sectorial.

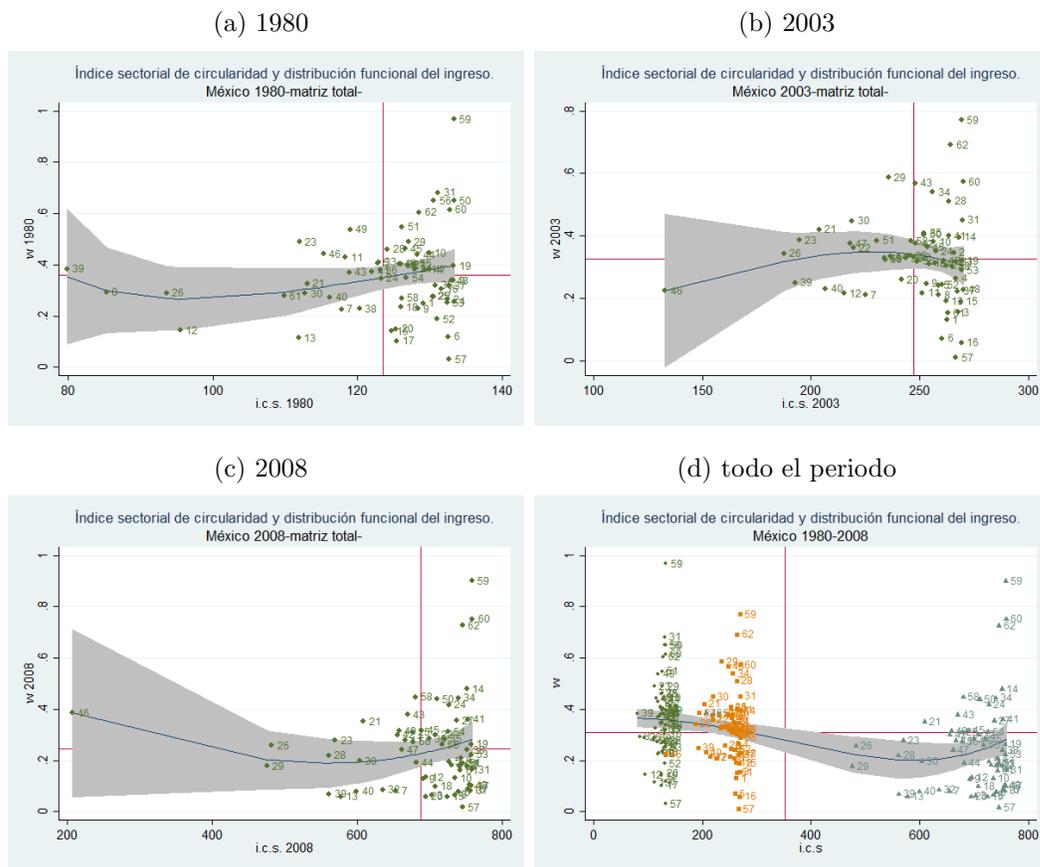
La Figura 4.5 presenta las gráficas de pares ordenados entre el índice integración circular sectorial ics_i y la distribución funcional del ingreso sectorial w_i para los años 1980, 2003 y 2008.

Para la subfigura *a* de la Figura 4.5, podría advertirse que la relación entre el índice de integración circular sectorial total ics_i^t y la distribución funcional del ingreso sectorial w_i presenta una tendencia positiva para la mayoría de sectores, sin embargo, muy pocos están en el cuadrante de una alta circularidad y una alta distribución del ingreso; la subgráfica *b* que presenta la misma relación ordenada para el 2003, muestra una relación inversa entre el índice de integración circular sectorial total ics_i^t y la distribución funcional del ingreso w_i , es decir, en tanto más está integrado el sistema industrial a través de los insumos intermedios, por ende, donde la técnica se vuelve intensiva en bienes de capital la participación del salario en el ingreso sectorial cae, exceptuando para algunos sectores, por ende, la línea de ajuste tiene un cresta superior y cae; para 2008, la tendencia general también es negativa, a mayor ics_i menor w_i . Por último, si se observa la gráfica conjunta de los tres periodos, subgráfico *d*, se observa una relación general inversa, para los tres años, sin embargo, para todo el periodo comparado, algunos sectores para el 2008 el aumento en el ics_i está acompañado de un aumento en la *DFI*, aunque cabe destacar que ninguna de las tendencias positivas supera los niveles medios en ninguna de las gráficas.

Esta relación negativa entre el ics_i^t y el indicador de la *DFI*, dada la caracterización propuesta en este trabajo, para el caso de México utilizando los años 1980, 2003 y 2008, puede reforzarse con los resultados de la Figura 4.6; se verifica que para 1980, 21 de los 32 sectores industriales, es decir, 34 por ciento del total, tenían una alta integración circular y una alta distribución del ingreso, lo cual ha cambiado para el año 2003 y 2008, donde sólo el 26 por ciento del total de sectores, tienen esta condición; el cuadrante que más ha ganado participación es el II, es decir, el que contiene sectores con una alto índice de integración circular total ics_i^t y una baja distribución funcional del ingreso w_i , pasando de 21 sectores, 34 por ciento del total, a 25 sectores, 40 por ciento del total.

Todos los ajustes y cambios en la caracterización son en detrimento del número de sectores con una alta distribución funcional del ingreso. Donde los sectores con un alto índice de circularidad, es decir, los que abonan a un cambio técnico, cohesión en el sistema industrial y mayor complejidad

Figura 4.5: México: 1980,2003 y 2018
 Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t y Distribución Funcional del Ingreso w_i .



Fuente: elaboración propia

(aunque recuérdese que se están considerando también insumos intermedios importados) han sido al menos dos terceras partes de los sectores para los tres años; en tanto los sectores con alta distribución funcional del ingreso han pasado de ser 48 por ciento del total en 1980 a 42 por ciento del total en 2003 y 2008.

Figura 4.6: México 1980,2003 y 2008:
Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t y Distribución Funcional del Ingreso w_i

México 1980				México 2003				México 2008			
D.F.I	>media	9	21	D.F.I	>media	14	16	D.F.I	>media	10	16
	<media	11	21		<media	7	25		<media	11	25
		<media	>media			<media	>media			<media	>media
I.C.S.				I.C.S.				I.C.S.			

México 1980						México 2003						México 2008					
32% bajo I.C.S						34% bajo I.C.S						34% bajo I.C.S					
D.F.I	baja D.F.I	52%	>media	15%	34%	D.F.I	baja D.F.I	52%	>media	23%	26%	D.F.I	baja D.F.I	58%	>media	16%	26%
			<media	18%	34%				<media	11%	40%				<media	18%	40%
			<mean	>mean					<mean	>mean					<mean	>mean	
			alto I.C.S	68%					alto I.C.S	66%					alto I.C.S	66%	
I.C.S.						I.C.S.						I.C.S.					

Fuente: elaboración propia

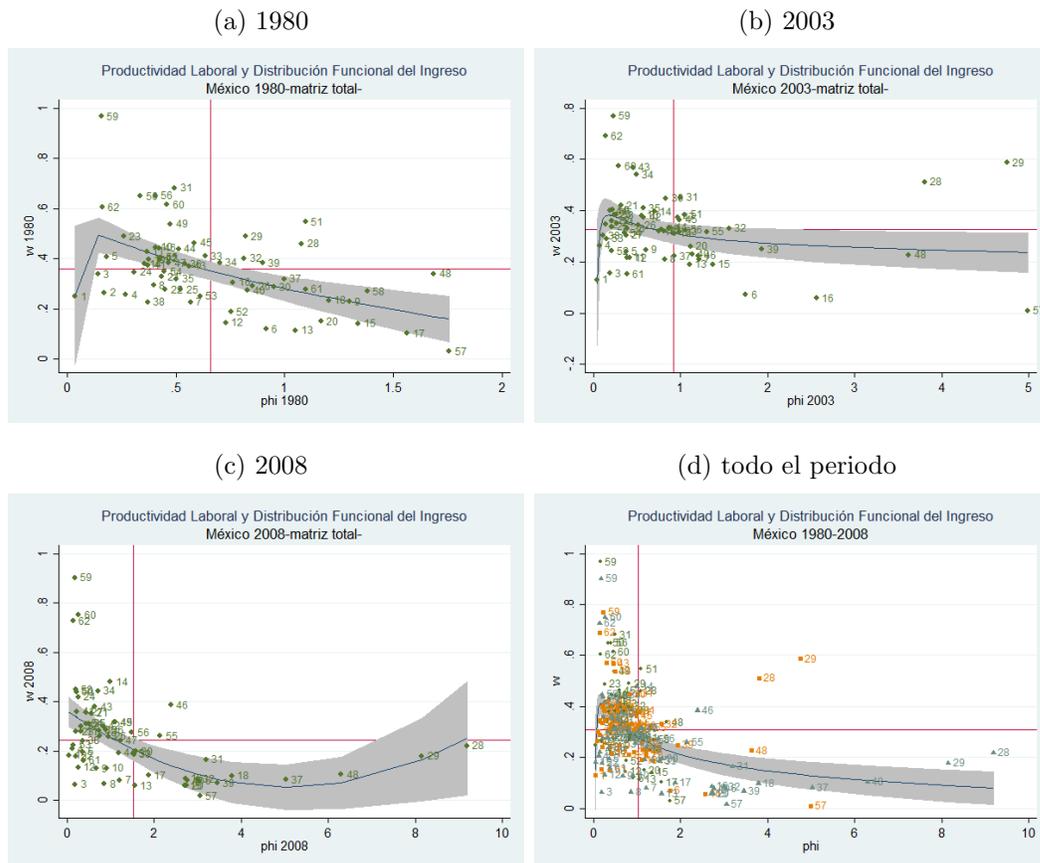
En la Figura 4.7 pueden observarse las gráficas de dispersión para los años de estudios de la relación entre la productividad laboral sectorial φ_i y el indicador de la distribución funcional del ingreso w_i .

Para el año 1980, la relación entre la productividad laboral y la distribución funcional del ingreso era negativa, es decir, a mayor productividad menor participación funcional del ingreso, exceptuando algunos sectores con baja productividad y alta distribución funcional del ingreso ¹⁷.

Para 2003, la tendencia inversa entre la productividad laboral y la participación distribución funcional del ingreso, continuó siendo negativa. Es decir, a mayor productividad, menor participación del salario en el ingreso,

¹⁷Recuérdese que la productividad laboral no es el recíproco de la DFI o w_i , pues la productividad laboral en este trabajo no se mide producto por trabajador vab_i/l_i , sino producción por trabajador vbp_i/l_i

Figura 4.7: México: 1980,2003 y 2008
 Productividad laboral φ_i y Distribución Funcional del Ingreso w_i



Fuente:elaboración propia

es importante también observar, como señala el Cuadro 4.3, la productividad sectorial media había aumentado 40 por ciento, en tanto la distribución funcional había caído en 3.22 puntos porcentuales pasando de 35.79 por ciento a 32.57 por ciento; para 2008, la relación inversa entre la productividad laboral y distribución funcional del ingreso se acentuó, pues son muy pocos los sectores del cuadrante I. Esta relación inversa entre estas variables se mantiene a lo largo de los tres años de estudio.

Figura 4.8: México 1980,2003 y 2008:
Productividad laboral sectorial φ_i y Distribución Funcional del Ingreso
 DFI, w_i

México 1980				México 2003				Mexico 2008			
D.F.I	>media	24	6	D.F.I	>media	23	7	D.F.I	>media	25	2
	<media	14	18		<media	16	16		<media	17	18
		<media	>media			<media	>media			<mean	>mean
Productividad laboral				Productividad laboral				Productividad laboral			

Mexico 1980				Mexico 2003				Mexico 2008								
D.F.I	baja D.F.I.	61% baja phi		D.F.I	baja D.F.I.	63% baja phi		D.F.I	baja D.F.I.	68% baja phi						
		>media	38.7%			9.7%	>media			37.1%	11.3%	>media	40.3%	3.2%		
	52%	<media	22.6%	29.0%		52%	<media	25.8%	25.8%		56%	<media	27.4%	29.0%	alta D.F.I.	48%
		<media	>media			<media	>media			<media	>media			<media	>media	
		alta phi	39%			alta phi	37%			alta phi	32%			alta phi	32%	
Productividad laboral				Productividad laboral				Productividad laboral								

Fuente: elaboración propia

La Figura 4.8 muestra el comportamiento de los cuadrantes para los tres años de estudio; donde todos los cuadrantes han tenido un comportamiento errático, exceptuado el cuadrante III de baja productividad laboral y baja distribución funcional del ingreso el cual ha aumentado sostenidamente su participación. En 1980, este cuadrante representó 22.6 por ciento de los sectores, es decir 14 de 62 sectores totales; para 2003, representó 25.8 por ciento del total de sectores; en tanto en 2008, representó el 29 por ciento.

En la Figura 4.8 puede observarse que uno de los cuadrantes con mayor cambio para los tres años fue el I de alta productividad laboral y alta distribución funcional del ingreso; para 1980, 6 sectores integraban ese cuadrante, 9.7 por ciento del total; para 2003, 7 sectores que representan, el 11.3 por ciento del total; sin embargo, para 2008, sólo eran 2 sectores, es decir, 3.2 por ciento el total.

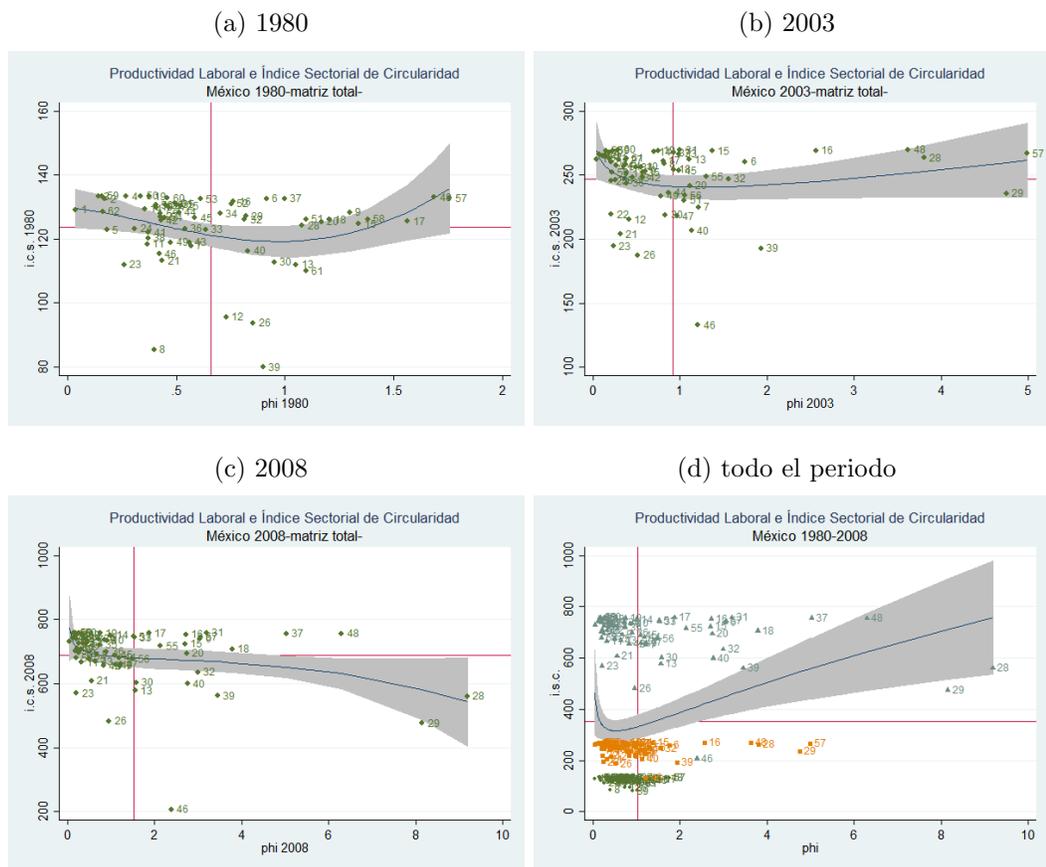
Estos dos comportamientos del cuadrante I y III, se deben al incremento sostenido de la productividad laboral media sectorial que, de acuerdo con el Cuadro 4.3, pasó de 0.65 millones por empleado a 1.52 millones por empleado, es decir, un incremento de 133 por ciento. Sin embargo, también la desviación estándar de esta variable es una de las más altas, incluso mayor que su media, por ende, está afectada por sectores altamente productivos y otros con una productividad laboral media baja. Así, un menor número de sectores se encuentra por arriba de la media de la productividad laboral a través de los años.

Así, el número de sectores con alta productividad laboral (por encima de la media sectorial) ha pasado de 24 en 1980, a 23 en 2003 y 20 en 2008, representado el 39, 37 y 32 por ciento del total de sectores respectivamente, es decir, no obstante, la productividad media se ha triplicado sesgada por valores altos, el total de sectores que han salido de la caracterización de alta productividad son cuatro. En tanto el número de sectores que ha salido de una alta distribución funcional del ingreso han sido tres, representado el 48 por ciento en 1980 y 2003 del total del sectores y el 44 por ciento en 2008. Sin embargo, recuérdese que a diferencia de la productividad laboral media sectorial, que ha crecido 133 por ciento de punta a punta en los años de estudio, la participación del salario en el ingreso sectorial o el indicador de *DFI* ha caído 31.61 por ciento.

*En resumen, en tanto la variación media anual de la productividad laboral sectorial φ_i medaa exige una mayor productividad laboral a cada sector para mantenerse en un caracterización alta de la productividad; la caída de la media de la participación salarial en el ingreso sectorial w_i , o indicador de la *DFI*, implica que una menor participación salarial en el ingreso sectorial puede mantener a un sector en la caracterización de alta distribución funcional a través del tiempo. Por ende, lo que parecería una caída lógica de la distribución funcional del ingreso y, consecuentemente, un declive de la participación del cuadrante I, ahora no es tan consistente, por los movimientos de las medias, en tanto la de la productividad laboral sectorial φ_i media ha crecido 133 por ciento, la participación del salario w_i ha caído en 33 por ciento. Esto es lo que explica el comportamiento inverso entre la productividad laboral y la distribución funcional del ingreso, no es una caída de la productividad laboral per se.*

La Figura 4.9, presenta las gráficas de dispersión entre la productividad laboral sectorial φ_i y el índice de integración circular sectorial total ics_i^t . Puede observarse que la relación entre estas dos variables para los años 1980

Figura 4.9: México: 1980, 2003 y 2008
Productividad Laboral sectorial φ_i e Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t



Fuente:elaboración propia

y 2003 es positiva, sin embargo, para 2008 la relación es inversa, obsérvese que la parte inversa está sesgada por la alta productividad de dos sectores (28 y 29) y su bajo índice de circularidad. Sin embargo, cuando se comparan los tres periodos en conjunto la relación entre la productividad laboral sectorial φ_i y el índice de integración circular sectorial total ics_i^t es positivo. Es decir, a mayor integración circular de la economía, la productividad aumenta, pues al aumentar la intensidad de las relaciones entre los sectores industriales, la necesidad de transformar o transportar más insumo por unidad de trabajo aumenta, aunado el menor incremento relativo que se han tenido en el número de trabajadores por industria en el último periodo (2003-2008) a diferencia del primer periodo.

A su vez, es importante destacar que, el incremento de la productividad media sectorial entre 2003 y 2008, hace que el nivel de productividad sectorial para los años 1980 y 2003 sea menor que para el año 2008, en todos los sectores. No obstante ese crecimiento de la productividad para 2008, sólo 4 sectores han salido de la caracterización de alta productividad laboral, como se vio en la Figura 4.8.

Las tendencias descritas en este apartado, por supuesto, no están desprovistas de relación con el capítulo 2. Por ejemplo, recordando la descripción que hace Katz (2000), el aumento del índice de integración circular sectorial total, puede relacionarse con el aumento paulatino del grado de utilización de la capacidad de producción instalada, incluso el incremento de la misma, la cual aumenta con la apertura de nuevas empresas, avocadas principalmente a la exportación (maquiladoras), que estuvo impulsada por los procesos de liberalización, bajo el argumento que la IED trasladaría su tecnología, lo cual ocurrió, pero implicó una contracción de la inversión pública, Moreno-Brid y Ros (2010), así como de la interna reflejada, en la caída del índice de circularidad sectorial interno ics_i^i medio [véase cuadro 4.4].

Es decir, el índice de integración circular de la economía total aumentó exponencialmente, sin embargo, esto implicó una dependencia de los insumo importados, que a su vez implicó que en tanto el índice de circularidad sectorial total aumentaba el interno disminuía, como puede observarse en el Cuadro 4.3.

Por ende, la importación de insumos intermedios, tras la liberalización comercial no fue una oferta complementaria sino sustituta de los insumo internos. A la misma conjetura se ha llegado en otro estudio que también ha usado el índice de circularidad como un índice de integración, Ruiz Nápoles (2000, p.16) menciona que la reducción del índice de circularidad interno y

el aumento del índice de circularidad total muestra un aspecto importante de estructura económica mexicana pues “la economía está más integrada al sector importador que al interno. El proceso de apertura proporcionó la posibilidad de sustituir insumos internos por importados”; a su vez, en este mismo artículo se sostiene la idea que la oferta de insumo importados no fue complementaria sino sustituta, lo cual es compatible con los resultados obtenidos en este trabajo [véase Cuadro 4.3].

En lo que respecta a la DFI el proceso regresivo que ésta ha tenido puede explicarse por dos cosas: primero, el incremento de la productividad laboral sectorial media que de punta a punta (1980-2008) ha sido de 133 por ciento que a su vez, ha posibilitado un incremento de la media del valor bruto de la producción sectorial vab_i , cuya variación media anual ha sido de 2.26 por ciento en el periodo 1980-2003 y de 4.97 por ciento entre 2003 y 2008.

Si estos datos se toman junto con los procesos de flexibilización en el mercado laboral, que comenzaron en la década de 1980, bajo el argumento que la poca productividad laboral relativa de México respecto al mercado mundial necesitaba de un costo laboral más bajo y si a esto se suma el Pacto de Solidaridad Económica, el resultado fue un estancamiento de los salarios reales [Moreno-Brid y Ros (2010)], con un crecimiento desacelerado en el número de empleos totales [véase Cuadro 4.2]. La participación del salario en el producto sectorial w_i pasó de 35.79 por ciento en 1980 a 24.47 por ciento en 2008. Así, el proceso de estabilización de la inflación implicó, un congelamiento de los salarios, un crecimiento menor del producto nacional, por ende, una variación en la generación de empleo más baja, no obstante, la productividad laboral media sectorial aumentó, la participación del salario en el ingreso no acompañó a este aumento en ninguno de los años estudiados.

4.2.3. Comportamiento sectorial.

En esta subsección se describirá el comportamiento de la estructura sectorial del sistema interindustrial mexicano, dada la caracterización de los tres años de los pares ordenados, es decir, dado el comportamiento de cada sector para la relación entre el índice de integración circular sectorial ics_i y la distribución funcional del ingreso sectorial w_i y la caracterización de cada sector para la relación de la productividad laboral sectorial φ_i y la distribución funcional del ingreso sectorial w_i .

El Cuadro 4.5 describe el comportamiento posible para cada uno de los pares ordenados, por ejemplo, los sectores con comportamiento *C.R.* son los sectores que cambian de cuadrante en 2003 y se mantienen en este cuadrante para el año 2008; los sectores con *C.U.P.* son sectores que cambiaron de cuadrante sólo hasta el último año, es decir, para 2008; los sectores *E.* errantes son sectores que en cada año estuvieron en un cuadrante distinto; por último, los sectores *S.C.* son sectores que se mantuvieron en el mismo cuadrante para los tres años.

Cuadro 4.5: Posibles comportamientos de los sectores

C.R.	Cambios con las Reformas	Sectores que cambiaron su caracterización entre 1980 y 2003 y, se mantuvieron en el mismo sector para 2008
C.U.P	Cambios en el Último Período	Sectores que cambiaron su caracterización sólo hasta 2008
E.	Erráticos	Sectores que en los tres períodos tuvieron una caracterización distinta
S.C	Sin Cambios	Sectores cuya caracterización no cambió

Fuente: elaboración propia

Los Cuadros 4.6 y 4.7, muestran el comportamiento de los sectores para los pares ordenados. En el caso de los pares ordenados del índice de integración circular sectorial total ics_i^t y la distribución funcional del ingreso sectorial w_i , de los 62 sectores, 24 son sectores sin cambio *S.C.*, es decir, 38.71 por ciento de los sectores; seguido de los sectores errantes, 18 de los 62 sectores, es decir, el 29.03 por ciento del total; en tercer lugar, están los sectores que cambiaron en el primer periodo con las reformas *C.R.*, los cuales son 12 sectores, representado el 19.35 por ciento del total; por último, los

sectores que cambiaron en el último periodo que representan 12.90 por ciento del total.

Cuadro 4.6: México 1980-2008:
Resultados del comportamiento sectorial
Distribución Funcional del Ingreso Sectorial w_i , Índice de Integración
Circular Sectorial total ics_i^t y productividad laboral φ_i

ics_i^t & w_i	φ_i & w_i				Total
	C.R	C.U.P	E.	S.C.	
C.R	7	1		4	12
C.U.P.	1	2	1	4	8
E.	3	3	9	3	18
S.C.	4		2	18	24
Total	15	6	12	29	62

C.R cambios con reformas; C.U.P. cambios en el último periodo; E Erráticos; S.C. sin cambios

Fuente: elaboración propia

En el caso del par ordenado de la productividad laboral sectorial φ_i y la distribución funcional del ingreso w_i , el comportamiento más recurrente fue sin cambios *S.C.*, con 29 sectores de los 62 totales, es decir, el 46.77 por ciento del total; seguido del comportamiento con cambio en las reformas *C.R.* con 15 sectores de los 62, es decir, el 24.19 por ciento del total; en tercer lugar, los sectores errantes *E.* con 12 sectores, 19.35 por ciento del total; por último, los sectores con cambios en el último periodo *C.U.P.* con seis sectores, 9.68 por ciento del total.

Si se observa el cruce de los comportamientos para los pares ordenados, el comportamiento con más peso en la estructura económica mexicana es el comportamiento sin cambios *S.C.*, con 18 sectores totales, es decir, estos sectores no cambiaron de cuadrante para ninguna de las relaciones, representando el 29.03 por ciento del total de sectores. Estos sectores no son sensibles a los cambios institucionales y económicos, no obstante, el nivel de cambio en las variables se mantienen en el mismo cuadrante.

Sin embargo, comportamiento que sigue al sin cambios es el comportamiento errante *E.* que representa 14.52 por ciento de los sectores, con nueve sectores, es decir, estos sectores son altamente sensible a los cambios institucionales y económicos en cada periodo; el tercer comportamiento más

recurrente es con cambios en el periodo de reformas *C.R.* con 7 sectores que representan el 11.29 por ciento del total, los cuales se estabilizaron en el periodo donde la apertura comercial y el TLCAN se habían consolidado. Entre estos tres comportamientos conjuntos *S.C.*, *E.* y *C.R.* suman el 55.84 por ciento de los sectores.

Cuadro 4.7: México 1980-2008:
Resultados del comportamiento sectorial
Distribución Funcional del Ingreso Sectorial w_i , Índice de Integración Circular Sectorial total ics_i^t y productividad laboral φ_i II

ics_i^t & w_i	φ_i & w_i				Total
	C.R	C.U.P	E.	S.C.	
C.R	11.29 %	1.61 %	0.00 %	6.45 %	19.35 %
C.U.P.	1.61 %	3.23 %	1.61 %	6.45 %	12.90 %
E.	4.84 %	4.84 %	14.52 %	4.84 %	29.03 %
S.C.	6.45 %	0.00 %	3.23 %	29.03 %	38.71 %
Total	24.19 %	9.68 %	19.35 %	46.77 %	100.00 %

C.R cambios con reformas; C.U.P. cambios en el último periodo; E Erráticos; S.C. sin cambios

Fuente: elaboración propia

Observar y analizar con mayor profundidad estos tres grupos que representa más del 50 por ciento de la estructura industrial en México, no es trivial.

Por el ejemplo, el grupo con mayor peso, implica que no obstante los cambios institucionales como la indiscriminada apertura económica o la flexibilización salarial que ocurrió en México, 18 de los 62 sectores no experimentan cambios relativos respecto a otros sectores, respecto a la caracterización que se ha dado en este trabajo. Si se observan estos 18 sectores (véase Apéndice B), 12 de estos tienen un alto índice de integración circular total ics_i^t y una baja distribución funcional del ingreso w_i : 1. Agricultura; 3. Silvicultura; 4. Caza y pesca; 6. Extracción de petróleo y gas (sectores primarios que están sujetos a precios internacionales, particularmente el petróleo) 15. Aceites y grasas vegetales comestibles; 16. Alimentos para animales; 18. Cerveza; 37. Cemento; 38. Otros productos de minerales no metálicos; 48. Vehículos automóviles; 53. Restaurantes y hoteles; 57. Alquiler de inmuebles, de los cuales 7 tienen una alta productividad laboral sectorial φ_i : 6. Extracción de

petróleo y gas (por supuesto el volumen de este sector en producción es alto); 15. Aceites y grasas vegetales comestibles; 16. Alimentos para animales; 18. Cerveza; 37. Cemento; 48. Vehículos automóviles; 57. Alquiler de inmuebles.

Los otros 6 sectores sin cambio 14. Azúcar y subproductos; 41. Productos metálicos estructurales; 59. Servicios de educación; 60. Servicios médicos; 62. Otros servicios, tienen una alta circularidad, una alta distribución del ingreso pero una baja productividad, varios de estos sectores están asociados a estructuras sindicales o servicios burocráticos. *Así, casi una tercer parte del sistema industrial permanece indistinto, en términos relativos, a los movimientos distributivos en el resto del sistema, los cambios técnicos, la complejidad del sistema productivo, o la productividad laboral.*

El segundo grupo con mayor peso en la estructura económica es aquel que en las tres variables de estudio: distribución funcional del ingreso w_i , productividad laboral sectorial φ_i e índice de integración circular sectorial total ics_i^t son altamente susceptibles a los cambios institucionales, productivos y por ende, distributivos que ocurran en el sistema económico mexicano. Tales sectores son: 2. Ganadería; 11. Molienda de trigo y sus productos; 19. Refrescos embotellados; 27. Imprentas y editoriales; 30. Química básica, Jabones, detergentes, perfumes y cosméticos y Otras industrias químicas; 46. Equipo y accesorios electrónicos; 47. Otros equipos y aparatos eléctricos; 55. Comunicaciones; 56. Servicios financiero (sectores asociados a precios mundiales, como las materias primas; o bien asociados al mercado mundial, por ejemplo el sector 59). *Es decir, una sexta parte del sistema industrial mexicano es altamente inestable en el comportamiento relativo de las variables de estudio.*

Por último, los sectores que son susceptibles a cambios institucionales y técnicos pero que se estabilizan después de esta innovación: 5. Extracción y beneficio de carbón y grafito y fabricación de sus derivados, Explotación de canteras y extracción de arena, grava y arcilla y Extracción y beneficio de otros minerales no metálicos; 21. Hilado y tejido de fibras blandas, Hilado y tejido de fibras duras y Otras industrias textiles; 24. Aserraderos incluso triplay; 26. Papel y cartón; 33. Productos medicinales; 35. Artículos de plástico; 39. Industrias básicas del hierro y acero, que son sectores asociados a la maquila o bien a la exportaciones de insumos.

Capítulo 5

Conclusiones.

Este trabajo mostró la relevancia que tiene la distribución funcional del ingreso, pues es la variable primigenia de todo proceso distributivo y por ende, condicionante de los esfuerzos redistributivos de un Estado que tendrán que ser mayores en tanto más desigual sea la distribución funcional del ingreso, es decir, la distribución del ingreso entre el trabajo y el capital.

En el caso de México el tema no es menos trivial, pues la participación media del trabajo en el ingreso nacional ha caído 11 puntos porcentuales pasando de 35.79 por ciento a 24.47 por ciento; en tanto la participación del excedente bruto de operación (que se puede asociar con pagos al capital, en todos sus expresiones) pasó de 60.01 por ciento a 74.58 por ciento.

A su vez, se demostró la importancia que tiene realizar estos análisis a nivel sector, es decir, no utilizar *exclusivamente* variables agregadas o macroeconómicas, sino utilizar variables mesoeconómicas que permitan dar cuenta de la heterogeneidad de una estructura productiva. Al utilizar matrices de insumo producto homologadas, armonizadas y deflactas fue posible hacer un análisis sectorial y comparable que posibilita abordar y analizar dicha heterogeneidad.

Por ejemplo, para el caso de México en los años 1980, 2003 y 2008. La productividad laboral sectorial media aumento en 2.33 veces, pasando de 0.65 millones de pesos por trabajador en 1980 a 1.52 millones de pesos por trabajador en 2008; en tanto, la distribución funcional del ingreso sectorial media cayó 31.08 por ciento. Donde las desviaciones estándar, a través del tiempo, fueron aumentando, y así la variación, poniendo de manifiesto el incremento del proceso de heterogenización de la estructura industrial mexicana, a partir de los cambios institucionales experimentados en la década de 1980.

Para responder a la pregunta de qué relación guarda la productividad, el

cambio técnico y el aumento de la complejidad y costos de la nueva tecnología con la distribución funcional de ingreso, se relacionaron productividad laboral sectorial, distribución del ingreso e índice de circularidad sectorial total.

Demostrando que este último puede leerse como un indicador, sí de integración, pero también de cambio técnico y complejidad, al aumentar la relación, o bien, intensidad del intercambio, de insumos intermedios, en un sistema industrial. Para el caso de México se elaboraron los índices de integración circular total e interno para 1980, 2003 y 2008.

Se mostró a nivel sectorial que los insumos importados no han sido una oferta complementaria a la oferta de insumos interna en México, sino ha sido sustituta, lo cual al ser creciente crea presiones sobre la balanza comercial en México, aumentando su restricción externa que no sólo está asociada al movimiento de la demanda mundial, sino a las restricciones de oferta que tiene el sistema industrial interno de México, que depende cada vez más de insumos importados, sin que estos complementen o aporten al proceso de acumulación interno que incrementa la capacidad de oferta.

Por ejemplo, el índice de integración circular sectorial total se ha incrementado de 1980 a 2008, pasando de 123.56 puntos a 687.68; en tanto el interno, pasó de 38.86 puntos a 16.61 puntos. Es decir, la integración del sistema económico mexicano, su complejidad y cambio técnico depende de los insumos importados, por ende, de las tribulaciones del mercado mundial, esto no es una novedad, sin embargo, lo que sí lo es, es que en esta tesis se ha mostrado que, contrario al discurso para justificar la indiscriminada apertura comercial, los insumos importados no han sido capaces de complementar o incentivar la acumulación interna en México, de ser esto cierto ambos índices de circularidad (interno y total) aumentarían, por supuesto, no en la misma proporción pero no tendrían una tendencia inversa.

Al relacionar de forma cruzada las variables de estudio (productividad laboral, índices de integración circular y distribución funcional del ingreso, a nivel sectorial). Se demostró que el cambio técnico, el aumento de la productividad laboral media (en 2.33 veces) no ha coadyuvado a mejorar la distribución funcional del ingreso en México, por el contrario, los aumentos en la productividad y los controles y estancamiento del salario, así como el menor crecimiento del empleo, después del primer periodo de apertura comercial, han implicado que la participación del excedente bruto de operación haya aumentado en 14 puntos porcentuales entre 1980 y 2008.

En resumen, en tanto el incremento medio de la productividad laboral sectorial exige una mayor productividad a cada sector para mantenerse en un

caracterización alta de esta variable, la caída de la media de la participación salarial en el ingreso sectorial w_i , implica que una menor participación salarial en el ingreso sectorial puede mantener a un sector en la caracterización de alta distribución funcional, a través del tiempo. Por ende, lo que parecería una caída lógica de la distribución funcional del ingreso y, consecuentemente, un declive del número de sectores con una alta participación del los salarios en el valor agregado sectorial w_i , se muestra como un fenómeno no consistente, por los movimientos de las medias, en tanto la de la productividad laboral sectorial media creció 133 por ciento entre 1980 y 2008, la participación del salario ha caído en 33 por ciento. Esto es lo que explica el comportamiento inverso entre la productividad laboral y la distribución funcional del ingreso, no una caída de la productividad laboral per se.

Aún más, al analizar la estructura económica mexicana a nivel sectorial la idea de que la productividad laboral en México es baja se pone en duda, si bien no se hicieron estimaciones comparadas de productividad con otros países lo cual se vuelve necesario para trabajos ulteriores. Un nivel alto de productividad laboral media sectorial exige cada vez mayores niveles de productividad a cada sector para que este se mantenga caracterizado como un sector de alta productividad; en tanto, para que un sector permanezca en nivel de distribución funcional alto, es posible lograrlo con menor nivel de participación del salario, dada la caída de la distribución funcional media sectorial.

Por último, la pertinencia del análisis sectorial se refuerza al mostrar los diversos resultados entre las relaciones de las variables, es decir, no hay una relación unívoca y directa entre el cambio tecnológico, la productividad laboral y la distribución funcional del ingreso, relación que podría esperarse cuando se están analizando modelos con un sólo bien, o a nivel macroeconómico o cuando se prescinde de los marcos histórico convencionales. Por ejemplo, para el caso de México, 18 de los 62 sectores analizados, es decir 29 por ciento de los sectores industriales no experimentan cambios cualitativos en su comportamiento a través de los años de estudio; en tanto a 9 sectores de los 62, es decir, 15.52 por ciento de los sectores no es posible caracterizarlo o asociarlos a un comportamiento estable; por último, como ejemplo, aunque no como caso posible, 7 de los 62 sectores estudiados, es decir, el 11.29 por ciento del total de sectores tuvo un cambio en el primer periodo de reformas para estabilizarse en el último. Por ende, no es posible hacer una generalización para el comportamiento de las relaciones entre las variables de estudiadas; a su vez, cada sector dentro de este grupo de comportamientos tiene caracterizaciones

y trayectorias distintas.

Sin embargo, no obstante, el diverso comportamiento local o sectorial, es posible argumentar que, en México a nivel colectivo, el cambio técnico y el aumento de la productividad laboral no han beneficiado a una distribución funcional del ingreso progresiva; y no puede afirmarse que esto se deba a una baja productividad *per se*, pues hay variables institucionales, incluso acuerdos internacionales, que afectan la distribución de cada uno de estos sectores. A su vez, si bien, el aumento de la complejidad en el sistema productivo, a través del incremento de las relaciones intersectoriales parecería tener una relación negativa respecto a la distribución funcional del ingreso, empero, esta relación no puede asumirse de forma unívoca pues los arreglos histórico convencionales pueden alterar (o no) los procesos distributivos en cada sector del sistema interindustrial, independientemente de lo complejo que ese sector se vuelva o de la complejidad que aporte al sistema industrial.

Sin embargo, las implicaciones que esta caída de la participación del salario en el ingreso ha tenido es relevante para una sociedad como la mexicana, que en la actualidad presenta elevados índices de desigualdad y, asociados, de violencia. No es posible entonces separar los procesos distributivos incluso los primarios de las variables institucionales, y aún más, estas decisiones institucionales tendrían que estar basadas en marcos ético-morales que buscarán conceptos como justicia, pues, al menos para el caso de México, las pautas empíricas muestran que no es plausible ignorar los procesos históricos convencionales y los efectos que tienen sobre los procesos distributivos.

Una limitante importante de este trabajo, que no anula la relevancia del mismo, es que no se llevaron a cabo comparaciones internacionales, que permitan saber si el comportamiento inverso entre el cambio técnico, el aumento en la productividad laboral y la regresión en la distribución funcional del ingreso, realmente se justifica por productividades laborales relativamente bajas o bien, porque es un proceso de desigualdad creciente a nivel mundial. No obstante, incluso este tipo de estudios deberían realizarse a nivel multi e interdependiente, por las virtudes que dicho se han destacado en este documento.

Apéndice A

Teoremas de arboles y matrices, de bucles y circuitos y de los circuitos

Lantner (1972a) aplica el teorema desarrollado por Bott y Mayberry (1954). Este teorema se basa en las propiedades del determinante de una matriz de orden n que hacen posible que ese determinante Δ de una matriz A de números complejos se exprese en términos de los valores de una función f_A , asociada con A , que está definida sobre los arcos de un grafo Γ .

Lantner y Lebert (2013) extienden la aplicación mencionada, vinculan el teorema de los árboles y las matrices con el teorema de los bucles y los circuitos y demuestran el teorema de los circuitos. El objeto de este apéndice es explicitar las relaciones entre estos tres teoremas.

A.1. Teorema de los árboles y las matrices

Teorema 1. El determinante de una matriz A , Δ , es igual a la suma de los valores de los árboles incluidos en caminos (carriers) que pasan por todos los vértices $c(A)$ del grafo Γ .

$$\Delta = \sum_{T \subset c(A)} V_A(T) \tag{A.1}$$

La demostración de Bott y Mayberry (1954) requiere de algunas definiciones previas y se basa en una colección de lemas que permiten obtener el teorema. **Demostración**

Definiciones D1. Un grafo consta de $(n + 1)$ objetos, que reciben el nombre de vértices (indexados con los números $0, 1, 2, \dots, n$), y de la totalidad de pares ordenados del producto cartesiano de $(0, 1, 2, \dots, n)$; el vértice 0 es exógeno respecto al sistema de ecuaciones asociado con la matriz A de orden n .

D2. Un par ordenado de vértices, por ejemplo, el vértice i -ésimo y el j -ésimo nombra al arco (i, j) si se representa como un segmento de línea que va de i a j . Cada i y j se llamará el primer y segundo “vértices finales”, respectivamente, de ese segmento de línea.

D3. Un subgrafo $G \subset \Gamma$ es un subconjunto de los vértices y arcos de Γ que contiene, junto con cualquier arco (i, j) , sus vértices finales i y j .

D4. Un vértice i está conectado con j en G , donde G es un subgrafo de Γ , si G contiene los arcos $(i, \lambda_1), (\lambda_1, \lambda_2), \dots, (\lambda_{k-1}, \lambda_k), (\lambda_k, j)$ o $i = j$. Obsérvese que si se cumple que i esté conectado con j no significa que j esté conectado con i .

D5. Un subgrafo $T \subset G$ es un árbol enraizado de G si:

1. T contiene $(n + 1)$ vértices de Γ
2. El número de arcos en T es menor en una unidad que el número de vértices en T
3. El vértice 0 está conectado en T a cada punto de T .

D6. Un subgrafo $T_\lambda \in G$ es un árbol parcial de G si cumple con 2 y 3.

D7. La matriz A determina una función f_A en los arcos de Γ , de la si-

guiente manera:

$$\begin{aligned}
 f_A((i, j)) &= -a_{ij}, & (i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j) \\
 f_A((i, 0)) &= 0, & (i = 1, 2, \dots, n) \\
 f_A((0, j)) &= \sum_{i=1}^n a_{ij}, & (j = 1, 2, \dots, n)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Las relaciones definidas en la ecuación [1] se pueden leer como el valor de f_A en la arista (i, j) es $-a_{ij}$, etc.

Aclaración 1. La función f_A es

a) $f_A : C \rightarrow R^{n+1^2}$ donde $n + 1 = \#$ de vértices (Γ)

$$\begin{aligned}
 C &= \begin{bmatrix} X & (0, 1) & (0, 2) & (0, 3) & \dots & (0, n) \\ (1, 0) & X & (1, 2) & (1, 3) & \dots & (1, n) \\ (2, 0) & (2, 1) & X & (2, 3) & \dots & (2, n) \\ (3, 0) & (3, 1) & (3, 2) & X & \dots & (3, n) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ (n, 0) & (n, 1) & (n, 2) & (n, 3) & \dots & X \end{bmatrix} = \\
 f_A(C) &= \begin{bmatrix} X & \sum_{i=1}^n a_{i1} & \sum_{i=1}^n a_{i2} & \sum_{i=1}^n a_{i3} & \dots & \sum_{i=1}^n a_{in} \\ 0 & X & -a_{12} & -a_{13} & \dots & -a_{1n} \\ 0 & -a_{21} & X & -a_{23} & \dots & -a_{2n} \\ 0 & -a_{31} & -a_{32} & X & \dots & -a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & -a_{n1} & -a_{n2} & -a_{n3} & \dots & X \end{bmatrix} \tag{A.2}
 \end{aligned}$$

D8. De forma opuesta, una función de valores complejos g , definida en las aristas de Γ , tal que

$$g((i, 0)) = 0, \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{2}$$

con las relaciones

$$\begin{aligned}
b_{ij} &= -g((i, j)), & (i, j = 1, 2, \dots, n; i \neq j) \\
b_{jj} &= \sum_{i=0, i \neq j}^n g((i, j)), & (j = 1, 2, \dots, n)
\end{aligned} \tag{3}$$

define una matriz B con elementos b_{ij} cuya comparación de [1] con [2] y [3] verifica que:

$$f_B = g \tag{A.3}$$

Aclaración 2.

b) La imagen de la función g es:

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13}, & \dots & , b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23}, & \dots & , b_{2n} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33}, & \dots & , b_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3}, & \dots & , b_{nn} \end{bmatrix} =$$

$$f_B(C) = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n g((i, 1)) & -g((1, 2)) & -g((1, 3)) & \dots & -g((1, n)) \\ -g((2, 1)) & \sum_{i=1}^n g((i, 2)) & -g((2, 3)) & \dots & -g((2, n)) \\ -g((3, 1)) & -g((3, 2)) & \sum_{i=1}^n g((i, 3)) & \dots & -g((3, n)) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -g((n, 1)) & -g((n, 2)) & -g((n, 3)) & \dots & \sum_{i=1}^n g((i, n)) \end{bmatrix} \tag{A.4}$$

De esta forma Bott y Mayberry (1954) definen una correspondencia bi-unívoca entre las funciones definidas en los arcos de Γ , que satisfacen la condición [2], y las matrices de orden n .

D9. El camino asociado con A , denotado como $c(A)$, es el subgrafo más largo de Γ que no contiene aristas en las que f_A toma el valor 0. Por lo tanto $c(A)$ contiene todos los puntos de Γ y, a su vez, todos los arcos (i, j) tal que $f_A((i, j)) \neq 0$.

D10. Si T es un árbol enraizado de Γ , el valor definido por la matriz A de ese árbol T es el que se escribe como:

$$V_A(T) = \prod_{(i,j) \in T} f_A((i,j)) \quad (\text{A.5})$$

Así, el valor del árbol T , $V_A(T)$, es el producto de los valores de los arcos (i,j) que pertenecen a dicho árbol.

D11. Una función D_A :

$$D_A = \sum_{T \subset \Gamma} V_A(T) \quad (\text{A.6})$$

es igual a la suma de los valores de los árboles T que forman parte del grafo Γ .

El propósito de estas definiciones es llegar a demostrar que el determinante de A , Δ es:

$$\Delta = \sum_{T \subset c(A)} V_A(T) \quad (\text{A.7})$$

Las definiciones anteriores dan lugar a las siguientes observaciones:

Si el subgrafo T es un árbol, pero no es un subconjunto del camino $c(A)$, entonces el valor del árbol T , $V_A(T)$, es cero.

[4]

Si un árbol enraizado no es un subconjunto de un camino significa que existe un arco (i,j) de ese árbol tal que $f_A((i,j)) = 0$ y por lo tanto su valor es cero.

Aclaración 3. Una forma multilineal de elementos componentes de espacios vectoriales de dimensión n es la siguiente función:

D_B es una forma multilineal de grado n en los valores de f_B . [5]

$$c) \quad f_B : R^{n^2} \rightarrow R \text{ si para } 1 \leq j \leq ny \quad b_{*j} = \begin{bmatrix} b_{1j} \\ b_{2j} \\ \vdots \\ b_{nj} \end{bmatrix}$$

i)

$$f_B(b_{*1}, b_{*2}, \dots, b_{*j} + b'_{*j}, \dots, b_{*n}) =$$

$$f_B(b_{*1}, b_{*2}, \dots, b_{*j}, \dots, b_{*n}) + f_B(b_{*1}, b_{*2}, \dots, b'_{*j}, \dots, b_{*n})$$

ii)

$$\forall \alpha \in R; \alpha \neq 0$$

$$f_B(b_{*1}, b_{*2}, \dots, \alpha b_{*j}, \dots, b_{*n}) = \alpha f_B(b_{*1}, b_{*2}, \dots, b_{*j}, \dots, b_{*n})$$

iii)

$$\forall j \neq i$$

$$f_B(b_{*1}, b_{*2}, \dots, \underbrace{b_{*j}}_i, \dots, \underbrace{b_{*j}}_j, \dots, b_{*n}) = 0$$

D_B es la suma de los valores de los árboles enraizados T cada uno de los cuales es un subconjunto del grafo Γ ; cada término de dicha suma es el producto de los valores de los arcos (i, j) que pertenecen a T y cuyo valor respectivo es $B((i, j))$; en cada T por definición ningún arco se puede repetir. Por lo tanto, se cumple la definición de una forma multilineal sobre las columnas de la matriz B .

El determinante de B , Δ_B , es determinado por los valores de la función f_B a partir de la matriz B . [6]

La demostración del teorema se hará siguiendo los siguientes pasos. En la descripción de cada uno de ellos se señala como intervienen los resultados y las observaciones que se han enumerado de [3] a [6] y los lemas que se demostrarán previamente.

1) Se muestra que: i) el valor de un camino asociado a la matriz A que es la suma de los valores de los respectivos árboles enraizados y ii) el determinante de A son, ambos, formas multilineales de orden n . Para ello se usan los siguientes enunciados que se obtienen en relación con la matriz B : [5] D_B es una forma multilineal de grado n en los valores de f_B ; [6] El determinante de B , Δ_B , es determinado por los valores de la función f_B a partir de la matriz B , y el lema 1: el determinante de la matriz B es una forma multilineal de grado n en los valores de f_B .

2) Se hace ver que, según el lema 4, el teorema 1 es equivalente a probar que $D_A = \Delta_A$. El lema 4 afirma que: si $c(B)$ contiene exactamente n arcos, y $c(B)$ no es un árbol enraizado de Γ , entonces $\Delta_B = D_B$.

3) Se comprueba que si exactamente n de los valores de f_A sobre Γ son diferentes de cero entonces: $\Delta_A = D_A$, o bien: $c(A)$ es un árbol enraizado de Γ .

4) Se prueba, mediante el lema 5, que si $c(A)$ es un árbol enraizado de Γ también entonces: $\Delta_A = D_A$. El lema 5 afirma que: Si $c(B)$ está contenido en T , un árbol arraigado de Γ , entonces $\det(B) = D_B$.

La demostración del lema 4 requiere probar los previos que afirman: lema 2: Si hay un punto $j \neq 0$ tal que j es el segundo vértice final de $C(B)$, entonces $\Delta_B = D_B$ y, lema 3: si $c(B) = G_1 \vee G_2$, donde G_1 y G_2 son subgrafos no vacíos y disjuntos de Γ , entonces $\Delta_B = D_B$.

A continuación se demuestran los cinco lemas.

Lema 1. Δ_B es una forma multilineal en los valores de f_B .

Demostración. Cada término de Δ_B es de la forma

$$b_{i_1 1} b_{i_2 2} \dots b_{i_n n};$$

no obstante, por [3] es posible observar que $b_{i_k k}$ es una combinación lineal de

$$f_B((j, k)) \quad (j = 0, 1, 2, \dots, n; j \neq k). \quad (\text{A.8})$$

Por lo tanto, $f_B((j, k))$ no puede aparecer dos veces en un solo término.

Lema 2 Si hay un punto $j \neq 0$ tal que j es el segundo vértice final del camino $C(B)$, entonces $\Delta_B = D_B$.

Demostración. Para todo $i = 1, 2, 3, \dots, n$, es cierto que b_i es una combinación lineal de $f_B((k, j))$, donde $k = 0, 1, 2, 3, \dots, n; k \neq j$. Por lo tanto,

$b_{i\beta} = 0$ para todo $i = 1, 2, 3, \dots, n$ y $\det(B) = 0$.

La hipótesis implica también que 0 no está conectado a j en $c(B)$. Por lo tanto $D_B = 0$

Lema 3 Si $c(B) = G_1 \vee G_2$, donde G_1 y G_2 son subgrafos no vacíos y disjuntos de Γ , entonces $\Delta_B = D_B$.

Demostración. Que $D_B = 0$ es obvio, ya que $c(B)$ no contiene ningún árbol arraigado. Construyendo el conjunto de ecuaciones homogéneas lineales de las cuales B es la matriz. Después, con una solución no trivial a estas ecuaciones, se demuestra que $\Delta_B = 0$.

Considere el conjunto de ecuaciones

$$\sum_{i=1}^n b_{ij}x_i = 0, \quad (j = 1, 2, \dots, n); \quad (\text{A.9})$$

esto es equivalente, por [3] a

$$- \sum_{i=1, i \neq j}^n f_B((i, j))x_i + \sum_{i=0, i \neq j}^n f_B((i, j))x_j = 0, \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (\text{A.10})$$

Definiendo $x_0 = 0$, obtenemos

$$\sum_{i=0}^n f_B((i, j))[x_i - x_j] = 0. \quad (j = 1, 2, \dots, n). \quad (\text{A.11})$$

Suponemos que el vértice 0 está en G_1 . Luego vemos que establecer $x_i = 0$ para i en G_1 y $x_i = 1$ para i en G_2 nos dará una solución de este conjunto de ecuaciones; Dado que G_2 no está vacío, esta solución no es trivial y su existencia demuestra que

$$\Delta_B = 0 = D_B.$$

Lema 4. Si $c(B)$ contiene exactamente n arcos, y $c(B)$ no es un árbol enraizado de Γ , entonces $\Delta_B = D_B$.

Si algún vértice $\neq 0$ nunca ocurre como el segundo punto final de un vértice de $c(B)$, entonces aplicamos el Lema 2 para obtener la conclusión.

Considere el conjunto J de vértices de Γ a los que 0 está conectado en $c(B)$. Si este conjunto no incluye cada vértice de Γ , entonces $c(B)$ se divide en dos partes separadas, y el Lema 3 proporciona nuestro resultado. Sin embargo, si este conjunto J incluyera cada vértice de Γ , $c(B)$ sería un árbol arraigado, una posibilidad excluida por hipótesis.

Lema 5 Si $c(B)$ está contenido en T , un árbol arraigado de Γ , entonces $\det(B) = D_B$.

Demostración Si se ordenan y renombran los vértices de T , tal que cada vértice $(1, 2, 3, \dots, n)$ es el punto final de una arista (i_i, i) , donde $i_i < i$. Esto es posible porque T es un árbol.

$$i_i < i \quad [7]$$

$$f_B((j, i)) = 0, \text{ si } j \neq i_i \quad [8]$$

De [3] es posible observar:

$$b_{ii} = f_B((i_i, i)) \quad [9]$$

$$b_{ji} = 0 \quad \text{si } j \neq 1, i_i \quad [10]$$

$$b_{ji} = 0 \quad \text{si } j > 1 \quad [11]$$

Por ende Definiendo $x_0 = 0$, obtenemos

$$\Delta_B = \prod_{i=1}^n b_{ii} = \prod_{i=1}^n f_B((i_i, i)). \quad (\text{A.12})$$

Si el operador de B , $c(B)$, es igual a T , entonces

$$\Delta_B = \prod_{i=1}^n f_B((i_i, i)) = D_B. \quad (\text{A.13})$$

Si $c(B)$, es distinto de T , entonces $\Delta_B = 0 = D_B$

Con este corolario, Bott & Mayberry Bott y Mayberry (1954) , plantean el teorema de los árboles y matrices.

Teorema 1. El determinante de una matriz A , Δ , está determinado por la suma del valor de los árboles de los subgrafos G de Γ .

$$\Delta = \sum_{T \subset (A)} V_A(T). \quad (\text{A.14})$$

De [5], [6] y el Lema 1, es posible ver que D_A y Δ son formas multilineales de grado n en los valores de f_A sobre Γ .

De [4] es posible observar que el Teorema 1 es equivalente a $\Delta = D_A$. Para que dos formas multilineales de grado n en las mismas variables sean idénticas, es necesario y suficiente que sean iguales cuando n de las variables son diferentes de 0. El Lema 4 afirma que si exactamente n de los valores de f_A en Γ son diferentes de 0, entonces $\Delta = D_A$ y $c(A)$ es un árbol arraigado.

Entonces el Lema 5 muestra que en este último caso también $\Delta = D_A$.

Bott y Mayberry Bott y Mayberry (1954) señalan que este teorema es útil para el caso de las matrices de insumo-producto, que tienen una particularidad importante, pues en el caso de $f_B((i, j))$ siempre será no negativa, desde la suma de filas de la matriz A será no negativa y los elementos fuera de la diagonal serán no positivos. Entonces, para cualquier $T \subset ; V(T) \geq 0$, y Δ desaparecerá si y sólo si $c(A)$ contiene un árbol no arraigado en el vértice 0.

Como una aplicación del teorema de Bott y Mayberry Bott y Mayberry (1954), Whitin (1954) desarrolla el caso para una matriz de insumo producto, para hacer una generalización y sostener que el determinante de una matriz de orden n , puede descomponerse en $(n + 1)^{n-1}$ árboles.

La siguiente descomposición de árboles se realiza para el determinante de una matriz de Leontief orden 3.

$$[I - A] = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & -a_{13} \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & -a_{23} \\ -a_{31} & -a_{32} & 1 - a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 & -a_{12} & -a_{13} \\ -a_{21} & l_{22} & -a_{23} \\ -a_{31} & -a_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \quad (\text{A.15})$$

Donde $a_{ij} = \frac{z_{ij}}{X_j}$ es el coeficiente técnico de la industria j -ésima; z_{ij} es el flujo industrial, es decir, la demanda de insumos intermedios que el sector j -ésimo demanda del sector i -ésimo. X_j es el valor bruto de la producción del sector j -ésimo.

Así, la siguiente es una identidad contable

$$1 = \frac{X_j}{X_j} = \frac{W_j}{X_j} + \sum_{i=1}^n a_{ij} = \sum_{i=1}^n a_{ij} + w_j \quad (\text{A.16})$$

Donde w_j , es la participación del valor agregado (W_j) del sector j -ésimo en el valor bruto de la producción (X_j) del sector j -ésimo.

Sin embargo, para usar el teorema de árboles y matrices, los autores hacen una transformación a los elementos de la diagonal principal de la matriz de Leontief. Donde:

$$l_{ii} = 1 - a_{ii} = (a_{i1} + a_{i2} + a_{i3} + w_j) - a_{i1} = \sum_{i=1, i \neq j}^n a_{ij} + w_j. \quad (\text{A.17})$$

Sustituyendo la identidad l_{ii} en el sistema A.25 se obtiene:

$$[I - A] = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & -a_{12} & -a_{13} \\ -a_{21} & 1 - a_{22} & -a_{23} \\ -a_{31} & -a_{32} & 1 - a_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} (a_{12} + a_{13} + w_1) & -a_{12} & -a_{13} \\ -a_{21} & (a_{21} + a_{13} + w_2) & -a_{23} \\ -a_{31} & -a_{32} & (a_{31} + a_{23} + w_3) \end{bmatrix} \quad (\text{A.18})$$

Obteniendo el determinante de esta matriz:

$$\Delta = |I - A| =$$

$$\begin{aligned} & (a_{12} + a_{13} + w_1)(a_{21} + a_{13} + w_2)(a_{31} + a_{23} + w_3) \\ & \quad - a_{21}a_{32}a_{13} - a_{31}a_{12}a_{23} \\ & \quad - (a_{31}a_{13}(a_{21} + a_{13} + w_2)) \\ & \quad - (a_{21}a_{12}(a_{31} + a_{23} + w_3)) \\ & \quad - (a_{32}a_{23}(a_{12} + a_{13} + w_1)) \end{aligned} \quad (\text{A.19})$$

En el primer término del determinante, se obtienen 27 árboles; el segundo y tercer término crean, cada uno, un camino hamiltoniano entre cada uno de los polos del sistema de dimensión n ; el cuarto término describe todos los circuitos¹⁸ posibles entre el vértice 1 y 3 puesto que tiene como elemento común $a_{31}a_{13}$; el quinto término, describe todos los caminos posibles que involucran al circuito creado por los vértices 2 y 1; por último, sexto elemento describe todos los caminos que involucran al circuito creado por los vértices 2 y 3.

Desarrollando todos los términos del determinante se obtienen:

$$\Delta = |I - A| =$$

$$\begin{aligned} & a_{12}a_{21}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{31} + w_1a_{21}a_{31} + \\ & a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{23}a_{31} + w_1a_{23}a_{31} + a_{12}w_2a_{31} + \\ & a_{13}w_2a_{31} + w_1w_2a_{31} + a_{12}a_{21}a_{32} + a_{13}a_{21}a_{32} + \\ & w_1a_{21}a_{32} + a_{12}a_{23}a_{32} + a_{13}a_{23}a_{32} + w_1a_{23}a_{32} + \\ & a_{12}w_2a_{32} + a_{13}w_2a_{32} + w_1w_2a_{32} + a_{12}a_{21}w_3 + \\ & a_{13}a_{21}w_3 + w_1a_{21}w_3 + a_{13}a_{23}w_3 + a_{13}a_{23}w_3 + \\ & w_1a_{23}w_3 + a_{12}w_2w_3 + a_{13}w_2w_3 + w_1w_2w_3 - \\ & a_{13}a_{21}a_{32} - a_{12}a_{23}a_{31} - a_{12}a_{23}a_{31} - a_{13}a_{23}a_{31} - \\ & a_{13}w_2a_{31} - a_{12}a_{21}a_{31} - a_{12}a_{21}a_{32} - a_{12}a_{21}w_3 - \\ & a_{12}a_{23}a_{32} - a_{13}a_{23}a_{32} - a_{13}a_{23}a_{32} - w_1a_{23}a_{32} \end{aligned}$$

(A.20)

$$\Delta = |I - A| =$$

$$\begin{aligned} & w_1a_{21}a_{31} + w_1a_{23}a_{31} + a_{12}w_2a_{31} + w_1w_2a_{31} + \\ & w_1a_{21}a_{32} + a_{12}w_2a_{32} + a_{13}w_2a_{32} + w_1w_2a_{32} + \\ & a_{13}a_{21}w_3 + w_1a_{21}w_3 + a_{12}a_{23}w_3 + a_{13}a_{23}w_3 + \\ & w_1a_{23}w_3 + a_{12}w_2w_3 + a_{13}w_2w_3 + w_1w_2w_3 \end{aligned}$$

(A.21)

¹⁸Si se entiende como circuito a un camino en un grafo, donde el vértice emisor termina recibiendo el impulso que ha iniciado; es decir, el vértice donde comienza el camino, en el grafo, es también el vértice donde termina. Por ejemplo, el tercer elemento $(-a_21a_32a_13)$ del determinante de la matriz I-A. Representa un circuito, donde cada uno de los vértices (1, 2, 3), pueden comenzar un camino, que de involucra más de dos arcos, el cual termina en sí mismo

Es posible observar que esta expresión del determinante de la matriz $|I - A| = \Delta$, no contiene ningún circuito, son conjuntos de árboles que cumplen con la definición planteada por Bott y Mayberry Bott y Mayberry (1954) pues: cada T , contiene $(n + 1)$ puntos de Γ ; el número de arcos en T es menor por unidad que el número de puntos en T ; el vertice 0 está conectado en T a cada punto de T , y cada uno de estos árboles no contiene ningún circuito.

Nótese que, como indica el Teorema 1, en el determinante no aparece ninguno de los árboles que no están arraigados al vértice exógeno, vertice 0.

A.2. Teorema de los bucles y circuitos.

Teorema 2. El determinante de una matriz A , de orden n , es igual a la suma de valores de los grafos hamiltonianos parciales (HPG por sus siglas en inglés) en su grafo asociado.

Un grafo parcial¹⁹ hamiltoniano²⁰ HPG es un conjunto de circuitos, C_j , tales que a cada vértice estructural le corresponde uno y sólo un circuito Lequeux (2002). El número de circuitos con dos o más arcos (i, j) en el h -ésimo HPG se denota por c_h . El producto de los coeficientes de los bucles (camino de un solo arco que relaciona a un vértice consigo mismo) y los circuitos es llamado valor de un h -ésimo HPG, el cual es denotado por $V_h = (-1)^{c_h} v_h$, donde (v_h) es el producto de los coeficientes (todos positivos) de los bucles y circuitos del h -ésimo HPG.

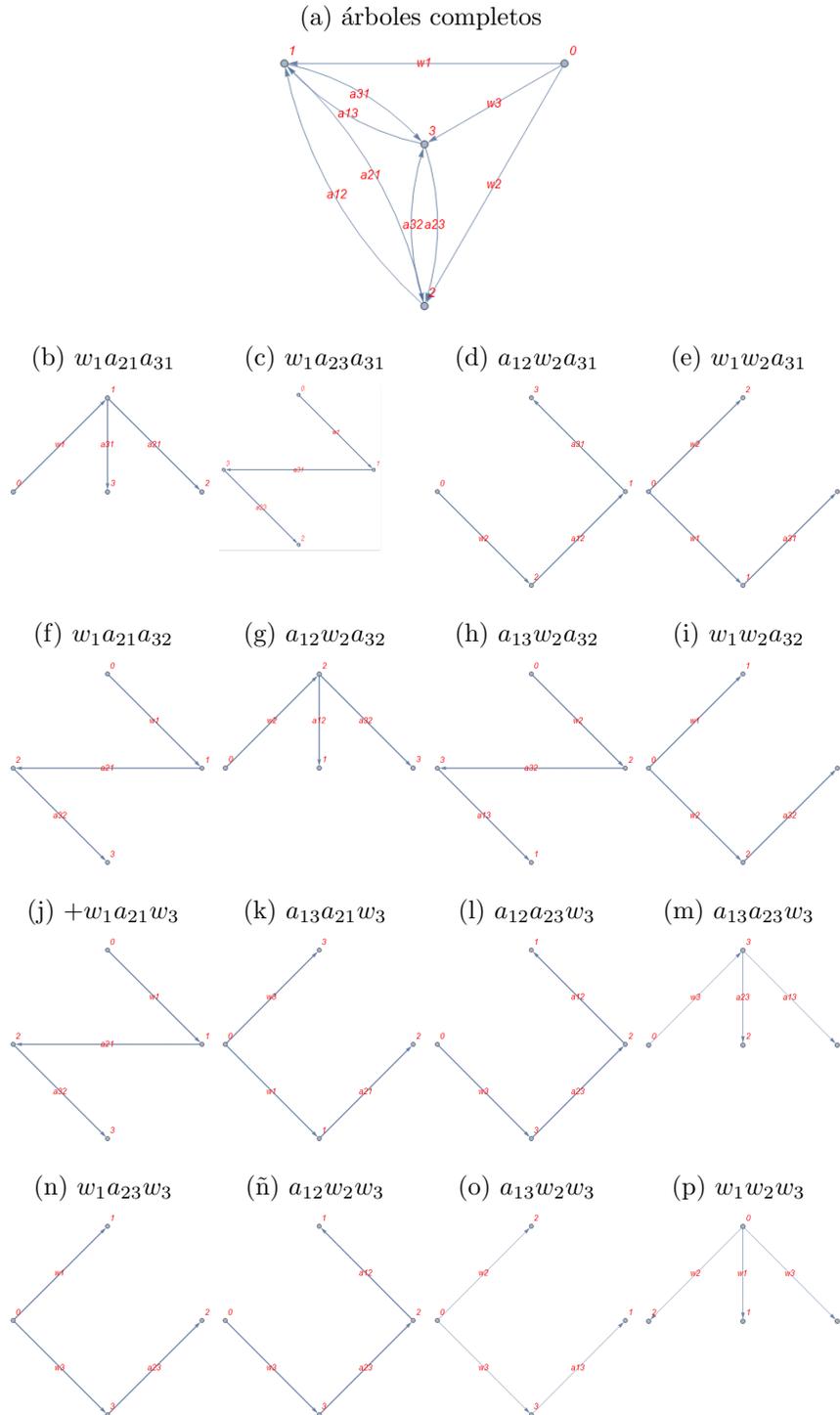
$$D_A = \sum_{h=1}^H V_h \quad (\text{A.22})$$

Demostración Lequeux Lequeux (2002), define un dígrafo como una representación gráfica de una estructura de n vértices donde cada vértice está conectado a los otros $(n - 1)$ a través de arcos (i, j) o consigo mismo a través

¹⁹Es decir, un grafo parcial de $G = (X, U)$ engendrado por $V \subset U$, es el grafo $G' = (X, V)$ cuyos vértices son los mismos de G y cuyos arcos son las que conforman el conjunto $V \subset \Gamma$.

²⁰En teoría de grafos el camino hamiltoniano es aquel que pasa una sola vez por cada vértice y termina en el mismo vértice de donde partió.

Figura A.1: Grafo de un determinante de una matriz de dimensión 3 descompuesto por árboles



Fuente: elaboración propia

de bucles, arcos (i, i) , que son un tipo de arista particular que conecta a un vértice consigo mismo sin pasar por otro, es decir, el vértice es i es el primer y último “punto final” sin necesitar de arcos (i, j) .

Teorema 2.1. Si se estuviera hablando de un grafo dirigido completo con n - vértices, el total de números de grafos parciales hamiltonianos $HPG_{(n)}$ en este grafo es:

$$HPG_{(n)} = n!$$

Demostración. Lequeux Lequeux (2002), hace una proposición para demostrar este teorema. Dado que cada uno de los vértices del grafo parcial hamiltoniano pertenece a uno y sólo a uno de los circuitos. De esta forma, cada HPG puede ser asociado con un conjunto de dos permutaciones. La primera está formada por los vértices del grafo clasificado en el orden natural y denota el vértice-origen de los arcos mientras que la segunda es una permutación de los primeros n enteros y puntos de vértices-destino de los arcos.

Por ejemplo, en una estructura de tres vértices las dos permutaciones $P_1 = (1, 2, 3)$ y $P_2 = (1, 3, 2)$ o la sustitución equivalente:

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 3 & 2 \end{pmatrix}$$

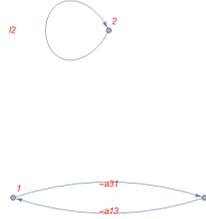
corresponden con el siguiente grafo parcial hamiltoniano²¹ HPG (véase Figura A.2):

Dada la primera permutación P_1 , se tienen n posibilidades para escoger el primer elemento de la permutación P_2 , $(n - 1)$ posibilidades de escoger el segundo elemento de esta permutación, 1 posibilidad de escoger el último elemento. Entonces, para un grafo dirigido completo con n vértices, se tienen $n(n - 1)(n - 2) \dots, 1 = n!$.

Lantner y Lebert Lantner y Lebert (2013) toman la definición de determinante, por cofactores, es decir, este es igual a la suma de todos los productos de los términos de la matriz que pertenecen a diferentes filas y diferentes columnas, siendo $n!$, los términos posibles para cada determinante. Estos

²¹Todos los grafos (a menos que se especifique lo contrario) se generaron a través del software Mathematica 12.

Figura A.2: Representación de un grafo parcial hamiltoniano.



Fuente:elaboración propia

productos se multiplican por $(-1)^{(i+j)}$ donde $(i+j)$ denota el número de inversiones de la permutación del índice de las columnas j cuando los factores se ponen de tal manera que el índice de las filas i entra en el orden natural, $i = 1, 2, \dots, n$.

Sea A una matriz cuadrada de orden n , podemos obtener una submatriz A_{ij} eliminando la i -ésima fila y la columna j -ésima de la matriz A ; el determinante de esta submatriz $|A_{ij}|$ recibe el nombre de menor del elemento a_{ij} y el producto $(-1)^{i+j}|A_{ij}|$ recibe el nombre de cofactor de a_{ij} , d_{ia_j} . Así el determinante por cofactores queda definido:

$$\Delta = \sum (-1)^{i+j} d_{1a_1} d_{2a_2}, \dots, d_{na_n} \quad (\text{A.23})$$

Así, desarrollando los términos del determinante Δ que contiene cero, uno, dos, ..., hasta $(n-1)$ transposiciones, es posible encontrar sucesivamente el HPG único de los n bucles, los HPG con un solo circuito de dos o más arcos, hasta los circuitos hamiltonianos de n arcos, si la estructura de interrelaciones entre vértices y aristas hace posible que existan cada uno de estos casos.

Entonces es posible probar que:

$$D_A = \sum (-1)^{i+j} d_{1a_1} d_{2a_2}, \dots, d_{na_n} = \sum_{h=1}^H (-1)^{c_h} v_h = \sum_{h=1}^H V_h. \quad (\text{A.24})$$

Tómese el sistema (A,12), la matriz de Leontief.

$$[I - A] = \begin{bmatrix} 1 - a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & 1 - a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & 1 - a_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_1 & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & l_2 & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & l_3 \end{bmatrix} \quad (\text{A.25})$$

Bot y Mayberry Bott y Mayberry (1954), sustituyen en (A,12), los términos de la diagonal principal $(1 - a_{ii})$ por $\sum_{i=1, i \neq j}^n a_{ij} + w_j$, que si bien es su igualdad contable, estos términos descomponen los bucles en arboles T del grafo Γ al realizar esta sustitución. Sin embargo, Lantner Lebert (2013) no sustituyen los elementos $(1 - a_{ii})$ de la diagonal principal, sino que toman el bucle como parte del grafo del sistema, pues los bucles están incorporados en lo que ellos llaman HPG.

Entonces para el caso del sistema de una matriz de Leontief de dimensión 3, el número de términos que componen el determinante de esta matriz son 6. La gráfica 3, muestra la descomposición de los 6 HPG de una matriz de Leontief de tres sectores industriales.

$\Delta =$

$$\begin{aligned} & V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 \\ & = (-1)^0 v_1 + (-1)^1 v_2 + (-1)^1 v_3 \\ & \quad + (-1)^1 v_4 + (-1)^1 v_5 + (-1)^1 v_6 \\ & = (-1)^0 l_1 l_2 l_3 + (-1)^1 a_{13} a_{21} a_{32} + (-1)^1 a_{12} a_{23} a_{31} \\ & \quad + (-1)^1 a_{13} l_2 a_{31} + (-1)^1 l_1 a_{23} a_{32} + (-1)^1 a_{12} a_{21} l_3 \\ & = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 \\ & = (-1)^0 v_1 + (-1)^1 v_2 + (-1)^1 v_3 \\ & \quad + (-1)^1 v_4 + (-1)^1 v_5 + (-1)^1 v_6 \\ & = (-1)^0 l_1 l_2 l_3 + (-1)^1 a_{13} a_{21} a_{32} + (-1)^1 a_{12} a_{23} a_{31} \\ & \quad + (-1)^1 a_{13} l_2 a_{31} + (-1)^1 l_1 a_{23} a_{32} + (-1)^1 a_{12} a_{21} l_3 \\ & l_1 l_2 l_3 - a_{13} a_{21} a_{32} - a_{12} a_{23} a_{31} - a_{13} l_2 a_{31} - l_1 a_{23} a_{32} - a_{12} a_{21} l_3 \end{aligned} \quad (\text{A.26})$$

El desarrollo del determinante anterior satisface la igualdad:

$$D_A = \sum (-1)^{i+j} d_{1a_1} d_{2a_2}, \dots, d_{na_n} = \sum_{h=1}^H (-1)^{c_h} v_h = \sum_{h=1}^H V_h. \quad (\text{A.27})$$

Nótese que el exponente $(i + j) = c_h$, es decir, el número de inversiones de la permutación del índice de las columnas j cuando los factores se ponen de tal manera que el índice de las filas i entra en el orden natural es igual al número de circuitos de un HPG. De igual forma $d_{ia_i} = v_h$.

En la gráfica 3 pueden observarse, los seis HPG que corresponden al sistema de una matriz de Leontief de dimensión 3. Como menciona el teorema 2, el primer término del producto vectorial que compone el determinante es el único HPG de los n bucles; después siguen los dos caminos estrictamente hamiltonianos, seguidos de los HPG que tiene un solo circuito con dos o más arcos, en este caso, son dos arcos que asocian a dos vértices.

Entonces si bien, la representación gráfica del teorema 1 de los árboles y matrices (Bott & Mayberry, 1954) , es distinta de la representación gráfica del teorema de los bucles y circuitos ((Lantner R. , Théorie de dominance économique, 1974); (Lantner & Lebert, 2013)), uno es un isomorfismo del otro.

Así, en tanto el número de árboles que se encontrará en una matriz de orden n , de acuerdo con el teorema 1, serán $(n + 1)^{n-1}$ árboles; el número de HPG que se encontrará en una matriz de orden n , de acuerdo con el teorema 2, será $n!$.

Por ende, es posible afirmar que:

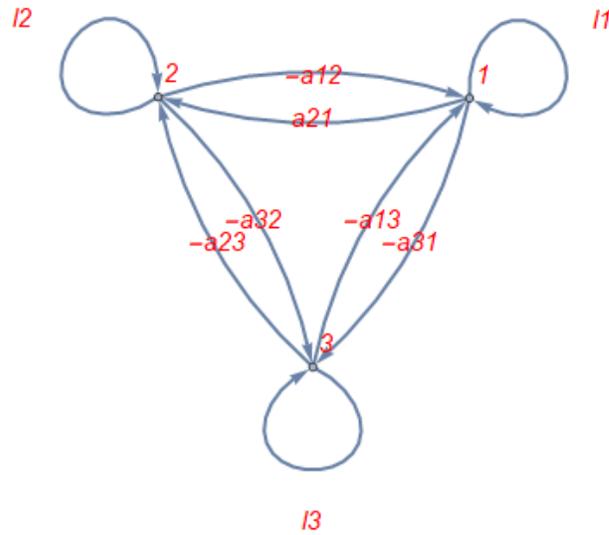
$$\Delta = \sum_{T \subset \Gamma} V_A(T) = \sum_{h=1}^H V_h. \quad (\text{A.28})$$

Gráfica 3

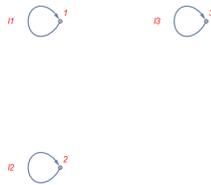
Por último, puede observarse de la generalización del teorema de los bucles y circuitos, cada HPG que tenga un circuito que involucre dos o más arcos y dos o más vértices, implicará un menor valor para el determinante. Lantner Lebert (2013) asocian a este hecho un teorema llamado el teorema de los circuitos.

Figura A.3: HPG en una matriz de Leontief de tres sectores

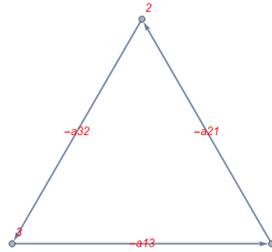
(a) Suma de HPG en una matriz de orden 3



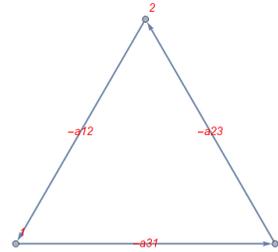
(b) $l_1 l_2 l_3$



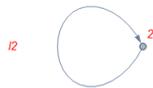
(c) $a_{13} a_{21} a_{32}$



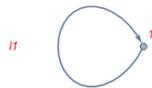
(d) $a_{12} a_{23} a_{31}$



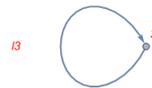
(e) $a_{13} l_2 a_{31}$



(f) $l_1 a_{23} a_{32}$



(g) $a_{12} a_{21} l_3$



Fuente: elaboración propia

Teorema 3. Cada circuito en un grafo de influencia lleva a un decrecimiento en el valor del determinante.

Demostración. Llámese C_j a un circuito de un grafo de influencia y J al conjunto de vértices pertenecientes a C_j . J^c es el conjunto de los vértices que no pertenecen a C_j . Así el conjunto de grafos parciales hamiltonianos puede dividirse en dos conjuntos: los que pertenecen al circuito y los que están excluidos. La contribución del circuito C_j a la expresión del determinante D es llevada a cabo por todo el HPG incluido el circuito C_j y solo por ellos. Para evaluar el impacto o efecto del circuito C_j en el valor del determinante D , debemos considerar este subconjunto de HPG solamente.

Tómese el circuito C_j de todos los HPG de este subconjunto. Sus partes restantes coinciden exactamente con el HPG del subgrafo J^c , cuyos vértices pertenecen a J^c . Como el producto de los coeficientes del circuito C_j se denota por π_j la contribución del circuito C_j al valor del determinante D es igual a $(1)\pi_j m_j$, donde m_j es el “multiplicador” del circuito C_j .

Este multiplicador es exactamente la suma del valor de todos los HPG en el subgrafo $[J^c]$.

Por lo tanto, del teorema 1 (de los bucles y circuitos), este multiplicador m_j es igual al determinante D_{J^c} de la submatriz correspondiente al subgrafo $[J^c]$. Por lo tanto, la parte del valor del determinante D explicada por el circuito C_j tomada por separado es $(1)\pi_j D_{J^c}$. Como el producto π_j es positivo y el determinante de cualquier subgrafo del gráfico de influencia es positivo, se prueba el teorema del circuito: cada circuito en el gráfico de influencia conduce a una disminución en el valor del determinante D .

Apéndice B

Comportamiento sectorial

Este anexo contiene el nombre de los 62 sectores cuyos indicadores se utilizaron en el cuerpo de la tesis, así como el comportamiento descrito en la subsección 4.2.3 detallando la caracterización de cada uno de los sectores y su comportamiento.

]

Cuadro B.1: Posibles comportamientos de los sectores

C.R.	Cambios con las Reformas	Séctores que cambiaron su caracterización entre 1980 y 2003 y, se mantuvieron en el mismo sector para 2008
C.U.P	Cambios en el Último Período	Sectores que cambiaron su caracterización sólo hasta 2008
E.	Erráticos	Sectores que en los tres períodos tuvieron una caracterización distinta
S.C	Sin Cambios	Sectores cuya caracterización no cambio

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.2: México 1980-2008:
Nombre y número de sectores industriales

Nombre del Sector	no.sector	Nombre del Sector	no.sector
1.Agricultura	1	32.Resinas sintéticas y fibras artificiales	32
2.Ganadería	2	33.Productos medicinales	33
3.Silvicultura	3	34.Productos de hule	34
4.Caza y pesca	4	35.Artículos de plástico	35
5.Extracción y beneficio de carbón y grafito y fabricación de sus derivados, Explotación de canteras y extracción de arena, grava y arcilla y Extracción y beneficio de otros minerales no metálicos	5	36.Vidrio y sus productos	36
6.Extracción de petróleo y gas	6	37.Cemento	37
7.Mineral de hierro	7	38.Otros productos de minerales no metálicos	38
8.Minerales metálicos no ferrosos	8	39.Industrias básicas del hierro y acero	39
9.Carnes y lácteos y Otros productos alimenticios	9	40.Industrias básicas de metales no ferrosos	40
10.Envasado de frutas y legumbres	10	41.Productos metálicos estructurales	41
11.Molienda de trigo y sus productos	11	42.Otros productos metálicos	42
12.Molienda de nixtamal y productos de maíz	12	43.Maquinaria y equipo no eléctrico	43
13.Procesamiento de café	13	44.Maquinaria y aparatos eléctricos	44
14.Azúcar y subproductos	14	45.Aparatos electro-domésticos	45
15.Aceites y grasas vegetales comestibles	15	46.Equipo y accesorios electrónicos	46
16.Alimentos para animales	16	47.Otros equipos y aparatos eléctricos	47
17.Bebidas alcohólicas	17	48.Vehículos automóviles	48
18.Cerveza	18	49.Carrocerías, motores, partes y accesorios para automóviles y Equipo y material de transporte	49
19.Refrescos embotellados	19	50.Construcción e instalaciones	50
20.Tabaco y sus productos	20	51.Electricidad, gas y agua	51
21.Hilado y tejido de fibras blandas, Hilado y tejido de fibras duras y Otras industrias textiles	21	52.Comercio	52
22.Prendas de vestir	22	53.Restaurantes y hoteles	53
23.Cuero y sus productos	23	54.Transporte	54
24.Aserraderos incluso triplay	24	55.Comunicaciones	55
25.Otros productos de madera y corcho, Muebles metálicos y sus accesorios y Otras industrias manufactureras	25	56.Servicios financieros	56
26.Papel y cartón	26	57.Alquiler de inmuebles	57
27.Imprentas y editoriales	27	58.Servicios profesionales	58
28.Refinación de petróleo	28	59.Servicios de educación	59
29.Petroquímica básica	29	60.Servicios médicos	60
30.Química básica, Jabones, detergentes, perfumes y cosméticos y Otras industrias químicas	30	61.Servicios de esparcimiento	61
31.Abonos y fertilizantes	31	62.Otros servicios	62

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.3: México 1980-2008: Sectores con comportamiento C.R.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980					I.C.S & D.F.I 2003-2008					Car.	φ & D.F.I 1980					φ & D.F.I 2003-2008					Car.
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	
#de sectores	2	3	1	1	7	2	2	1	2	7	2	2	1	2	7	0	2	1	4	7		
%del total de sectores	3%	5%	2%	2%	11%	3%	3%	2%	3%	11%	3%	3%	2%	3%	11%	0%	3%	2%	6%	11%		
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a			
5	*				1		*			1			*		1			*		1	C.R.	
21		*			1			*		1			*		1			*		1	C.R.	
24		*			1	*				1		*			1		*			1	C.R.	
26			*		1			*		1	*				1		*			1	C.R.	
33	*				1		*			1		*			1		*			1	C.R.	
35		*			1	*				1		*			1		*			1	C.R.	
39			*		1			*		1	*				1		*			1	C.R.	

5.Extracción y beneficio de carbón y grafito y fabricación de sus derivados, Explotación de canteras y extracción de arena, grava y arcilla y Extracción y beneficio de otros minerales no metálicos; 21. Hilado y tejido de fibras blandas, Hilado y tejido de fibras duras y Otras industrias textiles; 24. Aserraderos incluso triplay; 26. Papel y cartón; 33. Productos medicinales; 35. Artículos de plástico; 39. Industrias básicas del hierro y acero

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.4: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento C.R. y C.U.P.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980					I.C.S & D.F.I 2003-2008					Car.	φ & D.F.I 1980-2003					φ & D.F.I 2008					Car.
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	
#de sectores	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1		
%del total de sectores	0%	2%	0%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	2%		
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a			
7		*			1		*			1		*			1		*			1	C.U.P.	

7.Mineral de hierro

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.5: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento C.R. y S.C.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980					I.C.S & D.F.I 2003-2008					Car.	ϕ & D.F.I 1980					Car.
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	
#de sectores	2	1	1	0	4	0	1	1	2	4	0	1	1	2	4		
%del total de sectores	3%	2%	2%	0%	6%	0%	2%	2%	3%	6%	0%	2%	2%	3%	6%		
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a			
8			*		1		*			1			*		1	C.R.	
23	*				1			*		1			*		1	C.R.	
40		*			1		*			1	*				1	C.R.	
49	*				1			*		1		*			1	C.R.	

8.Minerales metálicos no ferrosos; 23. Cuero y sus productos; 40. Industrias básicas de metales no ferrosos; 49. Carrocerías, motores, partes y accesorios para automóviles y Equipo y material de transporte

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.6: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento C.U.P y C.R.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980-2003					I.C.S & D.F.I 2008					Car.	phi & D.F.I 1980					phi & D.F.I 2003-2008					Car.			
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total				
#de sectores	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
%del total de sectores	0%	0%	2%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	2%
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a	
	12		*		1		*			1	C.U.P.	*			1		*			1	C.R				

12.Molienda de nixtamal y productos de maíz

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.7: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento C.U.P y C.U.P.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980-2003					I.C.S & D.F.I 2008					Car.	phi & D.F.I 1980-2003					phi & D.F.I 2008					Car.			
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total				
#de sectores	1	1	0	0	2	1	1	0	0	2	0	0	1	1	2	0	0	1	1	2	0	0	1	1	2
%del total de sectores	2%	2%	0%	0%	3%	2%	2%	0%	0%	3%	0%	0%	2%	2%	3%	0%	0%	2%	2%	3%	0%	0%	2%	2%	3%
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a	
	10	*			1		*			1	C.U.P.	*			1		*			1	C.U.P				
	54		*		1		*			1	C.U.P.		*		1		*			1	C.U.P				

10.Envasado de frutas y legumbres; 54.Transporte

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.8: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento C.U.P y E.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980-2003					I.C.S & D.F.I 2008					Car.	φ & D.F.I 1980					φ & D.F.I 2003					φ & D.F.I 2008					Car.				
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total					
#de sectores	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	
%del total de sectores	2%	0%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	2%	2%	2%	0%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	0%	2%	0%	0%	2%	
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		
	31	*			1		*			1	C.U.P.	*			1		*			1		*			1		*			1	E.

31.Abonos y fertilizantes

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.9: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento C.U.P y S.C.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980-2003					I.C.S & D.F.I 2008					Car.	φ & D.F.I 1980					Car.				
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total					
#de sectores	3	1	0	0	4	0	0	2	2	4	1	1	0	2	4	1	1	0	2	4	
%del total de sectores	5%	2%	0%	0%	6%	0%	0%	3%	3%	6%	2%	2%	0%	3%	6%	2%	2%	0%	3%	6%	
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		
	13		*		1		*			1	C.U.P.	*			1		*			1	S.C.
	28	*			1		*			1	C.U.P.	*			1		*			1	S.C.
	42	*			1		*			1	C.U.P.	*			1		*			1	S.C.
	43	*			1		*			1	C.U.P.	*			1		*			1	S.C.

13.Procesamiento de café; 28. Refinación de petróleo; 42. Otros productos metálicos; 43. Maquinaria y equipo no eléctrico

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.10: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento E. y C.R.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980					I.C.S & D.F.I 2003					I.C.S & D.F.I 2008					Car.	phi & D.F.I 1980					phi & D.F.I 2003-2008					Car.
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	
#de sectores	0	3	0	0	3	0	0	0	3	3	3	0	0	0	3	0	1	2	0	3	0	0	0	3	3	E.	
%del total de sectores	0%	5%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	5%	5%	5%	0%	0%	0%	5%	0%	2%	3%	0%	5%	0%	0%	0%	5%	5%	E.	
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		E.	
22		*			1				*	1				*	1		*			1		*			1	C.R	
25		*			1				*	1				*	1		*			1		*			1	C.R	
58		*			1				*	1				*	1		*			1		*			1	C.R	

22.Prendas de vestir; 25. Otras industrias manufactureras; 58.Servicios profesionales

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.11: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento E. y C.U.P.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980					I.C.S & D.F.I 2003					I.C.S & D.F.I 2008					Car.	phi & D.F.I 1980					phi & D.F.I 2003-2008					Car.
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	
#de sectores	3	0	0	0	3	0	0	0	3	3	0	2	1	0	3	2	0	0	1	3	2	0	0	1	3	E.	
%del total de sectores	5%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	5%	5%	0%	3%	2%	0%	5%	3%	0%	0%	2%	5%	3%	0%	0%	2%	5%	E.	
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		E.	
32	*				1				*	1		*			1	*				1	*				1	C.U.P	
44	*				1				*	1		*			1	*				1	*				1	C.U.P	
51	*				1				*	1		*			1	*				1	*				1	C.U.P	

32.Resinas sintéticas y fibras artificiales;44.Maquinaria y aparatos eléctricos; 51.Electricidad, gas y agua

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.12: México 1980-2008:
Sectores con comportamiento E. y E.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980					I.C.S & D.F.I 2003					I.C.S & D.F.I 2008					Car.	phi & D.F.I 1980					phi & D.F.I 2003					phi & D.F.I 2008					Car.
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	
#de sectores	7	2	0	0	9	1	4	2	2	9	4	1	2	2	9	0	1	1	7	9	1	3	3	2	9	2	1	2	4	9	E.	
%del total de sectores	11%	3%	0%	0%	15%	2%	6%	3%	3%	15%	6%	2%	3%	3%	15%	0%	2%	2%	11%	15%	2%	5%	5%	3%	15%	3%	2%	3%	6%	15%	E.	
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		E.	
2		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
11		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
19		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
27		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
30		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
33		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
46		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
47		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
55		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	
56		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1		*			1	E.	

2.Ganadería; 11.Molienda de trigo y sus productos; 19.Refrescos embotellados; 27.Imprentas y editoriales; 30.Química básica, Jabones, detergentes, perfumes y cosméticos y Otras industrias químicas; 46.Equipo y accesorios electrónicos; 47.Otros equipos y aparatos eléctricos;

55.Comunicaciones; 56.Servicios financieros

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.13: México 1980-2008:
Sector con comportamiento E. y S.C.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980					I.C.S & D.F.I 2003					I.C.S & D.F.I 2008					Car.	φ & D.F.I 1980-2008					Car.
	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	
#de sectores	2	1	0	0	3	0	0	1	2	3	1	1	1	0	3	1	1	0	1	3		
%del total de sectores	3%	2%	0%	0%	5%	0%	0%	2%	3%	5%	2%	2%	2%	0%	5%	2%	2%	0%	2%	5%		
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a			
	20	*			1			*		1		*			1	E.		*		1	S.C.	
	29	*			1			*		1		*			1	E.	*			1	S.C.	
	36	*			1			*		1		*			1	E.	*			1	S.C.	

20.Tabaco y sus productos; 29.Petroquímica básica; 36.Vidrio y sus productos

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.14: México 1980-2008:
Sector con comportamiento S.C y C.R.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980-2008					Car.	φ & D.F.I 1980					φ & D.F.I 2003-2008					Car.
	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	
#de sectores	1	3	0	0	4		1	3	0	0	4	0	0	3	1	4	
%del total de sectores	2%	5%	0%	0%	6%		2%	5%	0%	0%	6%	0%	0%	5%	2%	6%	
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a			a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		
	9	*			1	S.C.		*		1			*		1	C.R.	
	34	*			1	S.C.	*			1			*		1	C.R.	
	52	*			1	S.C.	*			1		*			1	C.R.	
	61	*			1	S.C.	*			1		*			1	C.R.	

9.Carnes y lácteos y Otros productos alimenticios; 34.Productos de hule;
52.Comercio; 61.Servicios de esparcimiento

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.15: México 1980-2008:
Sector con comportamiento S.C y E.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980-2008					Car.	φ & D.F.I 1980					φ & D.F.I 2003					phi & D.F.I 2008					Car.
	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	I	II	III	IV	total	
#de sectores	1	1	0	0	2		0	1	0	1	2	1	0	1	0	2	0	1	0	1	2	
%del total de sectores	2%	2%	0%	0%	3%		0%	2%	0%	2%	3%	2%	0%	2%	0%	3%	0%	2%	0%	2%	3%	
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a			a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		a/a	a/b	b/b	b/a		
	17	*			1	S.C.	*			1		*			1		*			1	E.	
	45	*			1	S.C.	*			1	*				1	*				1	E.	

17.Bebidas alcohólicas; 45.Aparatos electro-domésticos

Fuente: elaboración propia

Cuadro B.16: México 1980-2008:
Sector con comportamiento S.C y S.C.

Cuadrante	I.C.S & D.F.I 1980-2008					Car.	phi & D.F.I 1980-2008					Car.
	I	II	III	IV	total		I	II	III	IV	total	
#de sectores	6	12	0	0	18		0	7	5	6	18	
%del total de sectores	10%	19%	0%	0%	29%		0%	11%	8%	10%	29%	
no.sector	a/a	a/b	b/b	b/a			a/a	a/b	b/b	b/a		
1		*			1	S.C.			*		1	S.C.
3		*			1	S.C.			*		1	S.C.
4		*			1	S.C.			*		1	S.C.
6		*			1	S.C.	*				1	S.C.
14	*				1	S.C.				*	1	S.C.
15		*			1	S.C.	*				1	S.C.
16		*			1	S.C.	*				1	S.C.
18		*			1	S.C.	*				1	S.C.
37		*			1	S.C.	*				1	S.C.
38		*			1	S.C.		*			1	S.C.
41	*				1	S.C.				*	1	S.C.
48		*			1	S.C.	*				1	S.C.
50	*				1	S.C.				*	1	S.C.
53		*			1	S.C.		*			1	S.C.
57		*			1	S.C.	*				1	S.C.
59	*				1	S.C.				*	1	S.C.
60	*				1	S.C.				*	1	S.C.
62	*				1	S.C.				*	1	S.C.

1.Agricultura; 3.Silvicultura; 4.Caza y pesca; 6.Extracción de petróleo y gas; 14.Azúcar y subproductos; 15.Aceites y grasas vegetales comestibles; 16.Alimentos para animales; 18.Cerveza; 37.Cemento; 38.Otros productos de minerales no metálicos; 41.Productos metálicos estructurales; 48.Vehículos automóviles; 50.Construcción e instalaciones; 53.Restaurantes y hoteles; 57.Alquiler de inmuebles; 59.Servicios de educación; 60.Servicios médicos; 62.Otros servicios

Fuente: elaboración propia

Figura B.1: Notas sobre homologación y procesos de deflación en las matrices de insumo producto de México



Fuente: elaboración propia

Bibliografía

- Alatríste, M. G., Brida, J. G. & Puchet, M. (2019). Structural change and economic dynamics: Rethinking from the complexity approach. *Journal of Dynamics & Games*, 6(2), 87-106.
- Atkinson, T. (2015). What can be done about inequality? *Juncture*, 22(1), 32-41. doi:10.1111/j.2050-5876.2015.00834.x
- Atkinson, T. (2016). *Desigualdad:¿ Qué podemos hacer?* Fondo de Cultura Económica.
- Bar-Yam, Y. (2003). *Dynamics of complex systems*. OCLC: 52738378. Boulder, CO: Westview Press.
- Bar-Yam, Y. (2004). *Making things work: solving complex problems in a complex world*. Knowledge Industry.
- Bott, R. & Mayberry, J. (1954). Matrices and trees. *Economic activity analysis*, 391-400.
- Calva, L. F. L. & Lustig, N. (2016). *La disminución de la desigualdad en la América Latina:¿ Un decenio de progreso?* Fondo de Cultura Económica.
- CEDLAS. (2019). Centro de Estudios Distributivos, Laborales y Sociales (CEDLAS). Recuperado desde <http://www.cedlas.econo.unlp.edu.ar/wp/estadisticas/sedlac/estadisticas/#1496165297107-cedda6d3-6c7d>
- Checchi, D. & García-Peñalosa, C. (2010). Labour market institutions and the personal distribution of income in the OECD. *Economica*, 77(307), 413-450.
- Chiquiar, D. & Ramos-Francia, M. (2009). Competitividad y Crecimiento de la Economía Mexicana.
- Clavijo, P. H. & Ros, J. (2015). La Ley de Thirlwall: una lectura crítica. *Investigación económica*, 74(292), 11-40.

- Dao, M. C., Das, M. M., Koczan, Z. & Lian, W. (2017). *Why is labor receiving a smaller share of global income? Theory and empirical evidence*. International Monetary Fund.
- De la Peña, S. & Aguirre, T. (2006). La revolución social económica y política:1933-1938. En *De la Revolución a la industrialización, Historia Económica de México, Tomo IV*. México: OCEANO-UNAM.
- Deaton, A. (2015). *El gran escape: salud, riqueza y los orígenes de la desigualdad*. Fondo de Cultura Económica.
- Defourny, J. & Thorbecke, E. (1984). Structural path analysis and multiplier decomposition within a social accounting matrix framework. *The Economic Journal*, 94(373), 111-136.
- Dussel, E. (1994). Cambio estructural y potencialidades de crecimiento del sector manufacturero en México (1982-1991). *México: La Nueva Macroeconomía, Nuevo Horizonte, México*.
- Gazon, J. (1976). *Transmission de linfluence- une approche structurale*. París Siley.
- Harcourt, G. C. (1975). *Teoría del capital: una controversia entre los dos Cambridge*. México: Oikos.
- Harvey, D. (2007). *Breve historia del neoliberalismo*. Ediciones Akal.
- Judt, T. (2012). *Algo va mal*. Taurus.
- Kaldor, N. (1955). Alternative theories of distribution. *The review of economic studies*, 23(2), 83-100.
- Kalecki, M. (1977). *Teoría de la dinámica económica: ensayo sobre los movimientos cíclicos ya largo plazo de la economía capitalista*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Karabarbounis, L. & Neiman, B. (2013). The global decline of the labor share. *The Quarterly journal of economics*, 129(1), 61-103.
- Katz, J. (2000). *Reformas estructurales, productividad y conducta tecnológica en América Latina*. CEPAL.
- Keynes, J. M. (1936). *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. México: Fondo de cultura económica.
- Lantner, R. (1972a). L'analyse de la dominance économique. *Revue d'économie politique*, 82(2), 216-283.
- Lantner, R. (1972b). Recherche sur l'interprétation du déterminant d'une matrice input-output. *Revue d'économie politique*, 82(2), 435-442.
- Lantner, R. (1974). *Théorie de la dominance économique*. Dunod.

- Lantner, R. & Lebert, D. (2013). Dominance, dependence and interdependence in linear structures. A theoretical model and an application to the international trade flows. halshs-00825477.
- Lequeux, F. (2002). Thinking about structural decomposition in the influence graphs theory. *Cahiers de la MSE*.
- Leyva, G. (2004). El Ajuste del Ingreso de la ENIGH con la Contabilidad Nacional y la Medición de la Pobreza en México. *Serie: Documentos de Investigación*, (19), 114-126.
- Lustig, N. C. (2000). *Mexico: The remaking of an economy*. Brookings Institution Press.
- Marx, K. (2014a). *El capital, Tomo I*, México: siglo XXI.
- Marx, K. (2014b). *El Capital Tomo III*. México: Siglo XXI.
- Milanovic, B. (2016). *Increasing capital income share and its effect on personal income inequality*. LIS Working Paper Series.
- Milanovic, B. (2018). *Desigualdad mundial: Un nuevo enfoque para la era de la globalización*. Fondo de Cultura Económica.
- Moreno-Brid, J. C. (2003). Capital flows, interest payments and the balance-of-payments constrained growth model: A theoretical and empirical analysis. *Metroeconomica*, 54(2-3), 346-365.
- Moreno-Brid, J. C., Pérez Caldentey, E. & Ruiz Nápoles, P. (2004). El Consenso de Washington: aciertos, yerros y omisiones. *Perfiles latinoamericanos*, 12(25), 149-168.
- Moreno-Brid, J. C. & Ros, J. (2004). México: las reformas del mercado desde una perspectiva histórica. *Revista de la CEPAL*.
- Moreno-Brid, J. C. & Ros, J. (2010). *Desarrollo y crecimiento en la economía mexicana: una perspectiva histórica*. Fondo de cultura económica.
- Onaran, O. & Galanis, G. (2014). Income Distribution and Growth: A Global Model. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 46(10), 2489-2513. doi:10.1068/a46265
- Onaran, O. & Obst, T. (2016). Wage-led growth in the EU15 member-states: the effects of income distribution on growth, investment, trade balance and inflation. *Cambridge Journal of Economics*, 40(6), 1517-1551.
- Ortiz, E. (1993). Políticas de cambio estructural e Industrialización de la economía mexicana. *Investigación Económica*, 53(204), 37-55.
- Panico, C. (1988). *Interest and Profit in the Theories of Value and Distribution*. Springer.
- Panico, C. & Pinto, A. (2018). Income inequality and the financial industry. *Metroeconomica*, 69(1), 39-59.

- Piketty, T. (2014). *El capital en el siglo XXI*. Fondo de cultura económica.
- Puyana, A. (2015). *Desigualdad, crecimiento y pobreza: ¿es posible romper el círculo?*. FLACSO – México. México.
- Rawls, J. (2012). *Teoría de la justicia*. Fondo de cultura económica.
- Ricardo, D. (2003). *Principios de economía política y tributación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Robinson, J. (1953). The production function and the theory of capital. *The Review of Economic Studies*, 21(2), 81-106.
- Rodríguez, A. (2009). Apertura comercial, balanza comercial e inversión extranjera directa en México, 1980-2006. *Investigación económica*, 68(269), 73-111.
- Romero, J., Puyana, A. & Dieck, L. (2005). Apertura comercial, productividad, competitividad e ingreso: la experiencia mexicana de 1980 a 2000. *Investigación económica*, 64(252), 63-121.
- Ros, J. (1987). Mexico from the oil boom to the debt crisis: An analysis of policy responses to external shocks, 1978–85. En *Latin American debt and the adjustment crisis* (pp. 68-116). Springer.
- Ros, J. (1994). Mexico's trade and industrialization experience since 1960: A reconsideration of past policies and assessment of current reforms. En *Trade policy and industrialization in turbulent times* (pp. 188-234). Routledge.
- Ros, J. (1995). Trade liberalization with real appreciation and slow growth: Sustainability issues in Mexico's trade policy reform. En *Manufacturing for Export in the Developing World* (pp. 115-146). Routledge.
- Ros, J. (2013). *Algunas tesis equivocadas sobre el estancamiento económico de México*. Google-Books-ID: MIa0AwAAQBAJ. El Colegio de Mexico AC.
- Ruiz Nápoles, P. (2000). Apertura y crecimiento económico en México. *Revista Momento Económico*, (112).
- Ruiz Nápoles, P. (2017). Reformas neoliberales y TLCAN en México. *Economía UNAM*, 14(41), 75-89.
- Ruiz-Nápoles, P. (2004). Exports, growth, and employment in Mexico, 1978-2000. *Journal of Post Keynesian Economics*, 27(1), 105-124.
- Salvadori, N. (1985). Switching in Methods of Production and Joint Production. *The Manchester School*, 53(2), 156-178. doi:10.1111/j.1467-9957.1985.tb01173.x
- Samuelson, P. A. (1966). A summing up. *The quarterly journal of economics*, 80(4), 568-583.

- Sen, A. (2012). *La idea de la justicia*. Taurus.
- Smith, A. (2010). *Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Sraffa, P. (1960). *Production of commodities by means of commodities: Prelude to a critique of economic theory*. Cambridge University Press.
- Stockhammer, E. (2009). *Determinants of functional income distribution in OECD countries*. IMK Study.
- UNCTAD, U. N. C. o. T. a. D. (2014). *Transnational corporations top prospective host economies for 2014-2016*. *World Investment*.
- Valle, A. (1994). Diferencias de Salarios Medios entre Países: Canadá, Estados Unidos y México. *Economía: teoría y práctica*, num. 3, 79-91.
- Whitin, T. M. (1954). An economic application of 'Matrices and trees'. *Economic activity analysis*, 401-418.