



**El Colegio
de la Frontera
Norte**

Análisis del cambio estructural en la economía mexicana
(2003-2018) mediante matrices insumo-producto y teoría de
grafos

Tesis presentada por

Ingrid Murrieta Carballo

para obtener el grado de

MAESTRA EN ECONOMÍA APLICADA

Tijuana, B. C., México

2026

CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de Tesis: Dr. Noé Arón Fuentes Flores

Aprobada por el Jurado Examinador:

1. Dr. Alejandro Brugués Rodríguez, lector interno
2. Dra. Lilian Albornoz Mendoza, lectora externa

Dedicatoria

A mi mamá, Bibiana.

A ti, que has escuchado cada uno de mis sueños, dudas, planes y ocurrencias, y que siempre has sabido qué decirme. Gracias por confiar en mí, por dejarme crecer a mi manera y por estar detrás de cada decisión importante de mi vida. Incluso cuando tuve que irme lejos, nunca dejé de sentirte cerca.

Gracias por enseñarme a creer que podía hacerlo. Hoy, al terminar esta etapa, solo quiero que sepas que gran parte de este logro es tuyo. Te amo, mamá.

Agradecimientos

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el apoyo económico otorgado durante mis estudios de la Maestría en Economía Aplicada, el cual hizo posible mi formación de posgrado y la realización de este trabajo.

A El Colegio de la Frontera Norte (El Colef), por brindarme la oportunidad de formar parte de esta institución y por todo el aprendizaje que me llevo de estos dos años. Agradezco también al personal administrativo, de biblioteca y de comedor, quienes desde sus distintas funciones contribuyeron a hacer posible la vida cotidiana dentro del Colegio.

A mi director de tesis, El Dr. Noé Fuentes, por acompañarme durante el desarrollo de esta investigación, por compartir conocimientos, por sus observaciones y por la confianza que depositó en mí para desarrollar este trabajo. Su orientación fue fundamental para llevar esta investigación hasta su conclusión.

Al Dr. Alejandro Brugués, mi lector interno, por su tiempo, dedicación y disposición durante la revisión de esta tesis. Gracias por sus comentarios, observaciones y sugerencias, así como por orientarme en distintos momentos del proceso y ayudarme a fortalecer este trabajo. A mi lectora externa, la Dra. Lilian Albornoz, por el tiempo dedicado a la revisión de esta tesis, por sus oportunos y valiosos comentarios, que contribuyeron a mejorar este trabajo, muchas gracias.

Al Dr. Omar Stabridis, por sus enseñanzas y por ampliar mi manera de comprender la economía. Al Dr. Edgar Gaytán, por sus clases y por los conocimientos que aportaron de manera importante a mi formación. A la Dra. Rocío, quien además de haber sido coordinadora de la Maestría durante parte de mi formación, ha sido una profesora de quien aprendí y a quien agradezco su apoyo y cercanía. Al Dr. Pedro Orraca y a todos los profesores que contribuyeron a mi formación académica y profesional, gracias por compartir sus conocimientos y por formar parte de este proceso. A Mariana, asistente de la coordinación de la maestría por su apoyo, disposición y empatía a todos los de la maestría.

A mi mamá, Bibiana, quiero agradecerte especialmente. Gracias por estar conmigo desde el principio, por creer en mí y por apoyarme en cada decisión. Gracias por enseñarme que todo tiene un propósito y que cada experiencia puede ayudarnos a crecer. Cuando decidí dejar Martínez de la Torre para estudiar en Tijuana, ambas sabíamos que comenzaba una etapa completamente nueva. Aun con la distancia, siempre encontraste la manera de acompañarme,

escucharme y recordarme por qué valía la pena seguir adelante. Gracias por impulsarme a estudiar, por dejarme perseguir mis sueños y por confiar en mí. Este logro es también tuyo.

A mi padrino, Cornelio, gracias por estar presente en nuestra vida, por apoyarnos en tantas etapas y por hacer posible que pudiera emprender el camino hacia esta maestría. Sin tu ayuda y confianza, muchas cosas habrían sido mucho más difíciles.

A la memoria de mi padre, Evaristo, y de mis abuelos, Rosa y José Manuel, quienes ya no pueden acompañarme en este momento, pero siguen presentes en mi vida. De mi abuela guardo el recuerdo de sus comidas, de su cariño y de su tranquilidad. De mi abuelo guardo un recuerdo que ha acompañado especialmente mi vida académica: después de clases y durante los fines de semana, le gustaba que practicara matemáticas. Aunque él tuvo muy pocas oportunidades de estudiar y, sin saberlo, fue quien despertó en mí el gusto por los números que años después terminaría formando parte de mi camino profesional. Gracias papá, por tu cariño y por los momentos que compartimos, aunque el tiempo pasó y no pudiste ver todo lo que he logrado, sigues siendo parte de mi historia y de quien soy.

A mi hermana Aby, gracias por estar conmigo desde siempre. Hemos compartido muchas etapas, desde las peleas y juegos de nuestra infancia hasta los cambios y momentos importantes de la vida adulta. Gracias por acompañarme, por compartir conmigo tantos años y por estar presente de una manera que solo una hermana puede hacerlo.

A mis hermanos Nayeli y Abraham, por permitirme encontrar, después de la partida de mi papá, una parte de él en ustedes.

A mis tías Maribel, Marcela, Malena, Juana y Lucha, y a mis tíos Saúl, Urbano, Erasto y Manolo, así como a Alfredo, gracias por su cariño, por el apoyo que me han brindado en distintos momentos y por seguir formando parte de mi vida.

A mis compañeros de la maestría, Alma, Cristina, Mara, Ábalos, Jorge, Leo y Chuy, gracias por las clases, las tareas, el estrés compartido, las risas y todos los recuerdos que hicieron de esta etapa una experiencia mucho más especial. A Daniel, gracias por compartir conmigo estos dos años de maestría y por convertirte en una persona tan importante durante esta etapa.

A mis amigas Tonantzyn y Emma, gracias por seguir presentes en mi vida, por las conversaciones, los sueños compartidos y por todo lo que me han enseñado en estos años.

A todas las personas que formaron parte de este camino, gracias.

Resumen

El análisis del cambio estructural en México entre 2003 y 2018 se realizó a partir de las matrices insumo-producto a precios constantes, combinando tres enfoques: encadenamientos de Leontief y Ghosh, multiplicadores tipo I y II, y análisis de redes complejas. Los resultados rechazan parcialmente las hipótesis de fortalecimiento de los encadenamientos y expansión multiplicadora. El encadenamiento hacia atrás (arrastre) promedio de los 77 subsectores se contrajo un 31% real, afectando a 76 de ellos. El hallazgo más relevante es el colapso del sistema financiero como propagador sistémico: en 2003 banca central, seguros y dirección de corporativos eran los sectores con mayor encadenamiento hacia adelante; en 2018 ninguno se encuentra entre los primeros lugares. La red productiva se vuelve topológicamente más densa pero la intensidad ponderada de los vínculos reales disminuye. El canal salarial se contrae el doble que el canal de insumos. Se concluye que la economía mexicana experimentó una desintensificación productiva —entendida como la pérdida de profundidad de los encadenamientos productivos, en la que los vínculos entre sectores se vuelven más numerosos, pero de menor magnitud e intensidad —: creció en extensión de sus vínculos, pero perdió profundidad real en cada conexión, con una menor capacidad de arrastre sobre el empleo y el consumo de los hogares.

Palabras clave: cambio estructural, insumo-producto, redes productivas, análisis sectorial.

Abstract

Palabras clave: cambio estructural, insumo-producto, redes productivas, análisis sectorial.

The analysis of structural change in Mexico between 2003 and 2018 was carried out using input-output matrices at constant prices, combining three approaches: Leontief and Ghosh linkages, Type I and Type II multipliers, and complex network analysis. The results do not support the hypotheses of stronger linkages and multiplier expansion. The average backward linkages (pull effect) of the 77 subsectors decreased by 31% in real terms, affecting 76 of them. The most relevant finding is the collapse of the financial system as a systemic propagator: in 2003, central banking, insurance, and corporate management were the sectors with the highest forward linkages; however, by 2018, none of them remained among the top sectors. The productive network became topologically denser, but the weighted intensity of real linkages decreased. The wage channel contracted almost twice as much as the input channel. It is concluded that the Mexican economy experienced a productive de-intensification process: it expanded the number of connections in the network, but lost real depth in each linkage, reducing its capacity to generate spillover effects on employment and households.

Key words: structural change, input-output, productive networks, sectoral analysis.

Índice general

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Cambio estructural productivo: conceptos clave.....	4
2.1.1 Definición y evidencia empírica.....	4
2.1.2 El modelo dual de Lewis: alcance y límites	5
2.1.3 El modelo desequilibrado de Hirschman.....	7
2.2 El modelo de las interdependencias de Leontief	8
2.2.1 La matriz insumo-producto de Leontief	8
2.2.2 Encadenamientos directos y totales	10
2.2.3 Alcances y limitaciones del modelo insumo-producto	12
2.2.4 Enfoque de redes	13
2.3 Cambio estructural en México.....	15
2.3.1 Enfoque estructuralista latinoamericano	15
2.3.2 Evidencia empírica	16
2.3.3 Problemas estructurales	19
2.4 Redes y encadenamientos	20
2.4.1 Conceptos básicos de redes	20
2.4.2 Redes e insumo-producto	22
2.4.3 Sectores clave, propagación de shocks y aplicaciones recientes.....	24
2.5 Persistencia estructural	26
2.5.1 Cambios lentos en la estructura productiva.....	26
2.5.2 Jerarquías en la red	27
2.6 Síntesis y definición operativa.....	28
2.6.1 Integración del marco teórico	28
2.6.2 Definición e implicaciones	29
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	31
3.1 Fuentes de información y periodo de estudio	31
3.2 Procesamiento de las matrices insumo-producto.....	33
3.2.1 Método de doble deflación: conversión a precios constantes.....	33
3.3 Indicadores de insumo-producto	35

3.3.1 Coeficientes técnicos	36
3.3.2 Matriz inversa de Leontief.....	36
3.3.3 Encadenamientos productivos	37
3.3.4 Modelo de Ghosh: encadenamientos hacia adelante por oferta	39
3.4 Multiplicadores tipo I y II.....	41
3.4.1 Multiplicador tipo I (modelo abierto).....	41
3.4.2 Multiplicador tipo II (modelo cerrado).....	42
3.5 Métricas de red	43
3.5.1 Centralidad de grado.....	44
3.5.2 Centralidad de intermediación de nodos	45
3.5.3 Centralidad de intermediación de aristas.....	46
3.5.4 Centralidad de cercanía armónica.....	47
3.5.5 PageRank	48
3.5.6 Indicadores de cohesión de la red.....	48
3.5.7 Construcción de la red y procedimiento de cálculo.....	50
3.6 Estrategia de identificación del cambio estructural.....	50
3.6.1 Flujo de trabajo y vinculación con las hipótesis.....	50
3.6.2 Entorno computacional y replicabilidad.....	52
 CAPÍTULO IV. RESULTADOS	 53
4.1 Encadenamientos sectoriales	53
4.2 Multiplicadores y propagación de impactos	61
4.3 Redes productivas.....	70
4.4 Cambio estructural y síntesis.....	88
4.4.1 Correlación de Spearman.....	88
4.4.2 Cambio en la forma de las distribuciones.....	89
4.4.3 Magnitud global del cambio estructural (distancia euclidiana).....	90
4.4.4 Síntesis del cambio estructural	90
CONCLUSIONES.....	94
Bibliografía.....	96
ANEXOS.....	i
Anexo 1 Encadenamientos nominales.....	i
Anexo 2 Multiplicadores nominales.....	ii

Índice de cuadros

Cuadro 1. Correspondencia entre las tablas MIP 2003 y 2018 según el SCIAN (subsectores armonizados)	31
Cuadro 2. Clasificación de sectores según encadenamientos hacia atrás y hacia adelante	39
Cuadro 3. Categorías del índice de asimetría estructural	41
Cuadro 4. Estadísticas globales de encadenamientos	54
Cuadro 5. Cambios de clasificación 2003-2018	58
Cuadro 6. Subsectores por multiplicador tipo I: 2003	64
Cuadro 7. Subsectores por multiplicador tipo I: 2018	64
Cuadro 8. Subsectores que perdieron más capacidad de arrastre real multiplicador tipo I	68
Cuadro 9. Subsectores con mayores efectos de pérdida inducido constante (MII-MI)	69
Cuadro 10. Cohesión de la red	71
Cuadro 11. Subsectores con más grados de entrada	74
Cuadro 12. Subsectores con más grados de salida	75
Cuadro 13. Subsectores con mayor centralidad armónica: 2003 y 2018	78
Cuadro 14. Subsectores con más intermediación: 2003 y 2018	79
Cuadro 15. Los subsectores más altos de PageRank: 2003 vs 2018	87
Cuadro 16. Correlación de Spearman entre 2003 y 2018	89
Cuadro 17. Prueba de KS para las distribuciones entre 2003 y 2018	89

Índice de figuras

Figura 1. Estructura económica de México 2003, clasificación de sectores z-scores	56
Figura 2. Estructura económica de México 2018, clasificación de sectores z-scores	56
Figura 3. Asimetría estructural 2003	60
Figura 4. Asimetría estructural 2018	60
Figura 5. Multiplicador tipo I vs efecto inducido: 2003	63
Figura 6. Multiplicador tipo I vs efecto inducido: 2018	63
Figura 7. Multiplicador tipo II vs efecto inducido: 2003	66
Figura 8. Multiplicador tipo II vs efecto inducido: 2018	67
Figura 9. Distribución de medidas de centralidad de la red: 2003 y 2018.	72
Figura 10. Distribución de grado normalizado entrada y salida: 2003 y 2018	72
Figura 11. Distribución de la centralidad Armónica: 2003 vs 2018	76
Figura 12. Distribución intermediación nodos y aristas: 2003 vs 2018	80
Figura 13. Red productiva backbone 2003	83
Figura 14. Red productiva backbone 2018	84
Figura 15. Red productiva PageRank 2003	85
Figura 16. Red productiva PageRank 2018	85
Figura 17. Descomposición del cambio estructural	91

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Durante las últimas dos décadas, la economía mexicana ha experimentado cambios en su estructura productiva, los cuales han estado estrechamente asociadas a su inserción en cadenas globales de valor y a un modelo de crecimiento orientado a la manufactura de exportación. La profundización de la apertura comercial, la integración con los mercados internacionales y la especialización en actividades manufactureras vinculadas al comercio exterior han inducido cambios de manera visible en la composición sectorial de la producción y la dinámica del aparato productivo nacional.

La evidencia empírica señala que estas transformaciones no se han traducido necesariamente en un proceso de desarrollo endógeno sólido. Aroche Reyes (2005) documenta un proceso de desintegración productiva interna, mientras que Boundi Chraki (2016) identifica a los sectores de bienes intermedios y de capital como los motores clave de la economía, sugiriendo un crecimiento impulsado desde la oferta. Junto con Murrillo Villanueva (2020), estos autores coinciden en que la modernización productiva observada en México ha sido parcial y condicionada por una elevada dependencia de insumos importados y por encadenamientos intersectoriales relativamente débiles.

A partir de esto, se deriva la pregunta central: ¿los cambios en los coeficientes técnicos de la matriz insumo-producto mexicana entre 2003 y 2018 constituyen un auténtico proceso de cambio estructural o reflejan ajustes coyunturales en la composición sectorial sin una transformación profunda del sistema productivo?, entendiendo al cambio estructural como la reconfiguración duradera de las relaciones intersectoriales y de la red productiva.

Desde la teoría del desarrollo económico, con autores como Lewis (1967), Kuznets (1973) y Hirschman (1961), el cambio estructural se concibe como una evolución de largo plazo que implica desplazamientos duraderos de los factores productivos desde actividades de baja productividad hacia sectores con mayor capacidad de generar rendimientos crecientes, aprendizaje tecnológico y efectos multiplicadores sobre el resto de la economía. No obstante, en el ámbito empírico, el concepto de cambio en la estructura productiva suele asociarse a variaciones cuantitativas observadas en la composición sectorial o en las relaciones interindustriales captadas por las matrices insumo-producto (Chenery y Watanabe, 1958;

Leontief, 1936; Rasmussen, 1956), sin que ello implique necesariamente una reorientación estructural profunda. Esta distinción resulta central para el presente estudio, ya que el análisis busca identificar transformaciones estructurales persistentes y no meras reconfiguraciones inducidas por choques externos.

Desde el punto de vista teórico, la investigación busca orientarse en la tradición del estructuralismo clásico (Pinto, 1970; Prebisch, 1996) y sus desarrollos contemporáneos. En particular, retoma los planteamientos de la teoría del cambio estructural, que concibe el desarrollo económico como una dinámica de transformación persistente en la estructura productiva y de las interdependencias intersectoriales, más allá del simple crecimiento del producto agregado. Este enfoque se complementa con las aportaciones del neoestructuralismo latinoamericano (Cimoli et al., 2015), que enfatiza la heterogeneidad productiva, el contenido nacional del valor agregado y la relevancia de los encadenamientos internos en economías abiertas, así como con enfoques recientes que modelan la economía como una red productiva compleja (Alatraste Contreras, 2025; García Muñiz y Ramos Carvajal, 2003; Morillas Raya, 1983), en la cual la posición relativa de los sectores resulta determinante para comprender la dinámica estructural de este sistema económico.

En coherencia con este marco teórico, la investigación adopta una estrategia metodológica que combina el análisis estructural tradicional basado en tablas insumo-producto con herramientas provenientes de la teoría de grafos dirigidos. Esta aproximación se utiliza para analizar de manera sistemática las interdependencias sectoriales de la economía mexicana, considerando no sólo la magnitud de los flujos productivos entre sectores, sino también su dirección, conectividad y posición relativa dentro del sistema económico. La representación de la estructura productiva como una red interindustrial posibilita evaluar la centralidad sectorial, la intermediación y otras métricas de conectividad que resultan fundamentales para identificar procesos de reorganización estructural.

El análisis compara los años 2003 y 2018, seleccionados por su relevancia histórica y por la disponibilidad de información estadística homogénea. Este intervalo coincide con la publicación de las tablas insumo-producto nacionales del INEGI para ambos años y abarca un ciclo completo de expansión, crisis financiera global y recuperación económica, lo que permite evaluar la

evolución de la estructura productiva en un horizonte suficientemente amplio, sin restringirse a los efectos de perturbaciones coyunturales específicas.

El objetivo general de la investigación es analizar la magnitud y las características del cambio estructural en la economía mexicana entre 2003 y 2018, mediante el uso combinado de matrices insumo-producto y teoría de grafos dirigidos. De manera específica, se busca identificar las transformaciones en los encadenamientos productivos, medir la evolución de la centralidad sectorial dentro de la red productiva nacional y analizar los cambios en la topología del sistema económico, con el fin de determinar si se produjo una reorganización estructural persistente o si predominó un patrón de crecimiento con limitada transformación productiva.

La hipótesis general es que la economía mexicana experimentó un cambio estructural significativo entre 2003 y 2018, reflejado tanto en la recomposición sectorial del producto como en una reorganización persistente de la estructura interindustrial. Se espera una reorientación hacia sectores de mayor valor agregado (manufacturas y servicios tecnológicos), aumento en la articulación del tejido productivo (mayor integración entre sectores), y transformaciones en la topología de la red productiva nacional, observables a través de cambios en la centralidad sectorial y en el grado de integración sistémica.

El documento se organiza de la siguiente manera. A continuación de la presente introducción que corresponde al capítulo uno. En el segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, donde se revisan los principales enfoques sobre cambio estructural, estructuralismo latinoamericano, análisis insumo-producto y teoría de redes económicas. El tercer capítulo presenta la metodología utilizada, detallando el procesamiento, deflación y homologación de las matrices insumo-producto, así como las métricas estructurales y de red utilizadas en el análisis. En el cuarto capítulo se exponen los resultados empíricos, comparando la estructura productiva de la economía mexicana en 2003 y 2018. Finalmente, se presentan las conclusiones, en las que se discuten los principales hallazgos del estudio y sus implicaciones para el análisis del desarrollo económico y el diseño de políticas industriales en México.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Cambio estructural productivo: conceptos clave

2.1.1 Definición y evidencia empírica

Como plantean Cimoli et al. (2015, p. 7) al inicio de su trabajo, “la teoría del desarrollo siempre ha estado vinculada a la idea de cambio estructural —entendido como un proceso de cambios en la composición de la producción de bienes y servicios de un país— y por lo tanto de la estructura del empleo”. Por ello, para fines de esta investigación el cambio estructural se define como un proceso en que la organización productiva se transforma, implica, sobre todo, la reasignación de recursos entre sectores de diferente productividad. Otro aspecto es, que supone una reconfiguración de las relaciones intersectoriales que articulan el sistema económico.

En este sentido, esta definición busca integrar dos dimensiones del cambio estructural: composicional y relacional. Por un lado, la dimensión composicional se refiere al cambio en los pesos relativos de los sectores dentro de la economía, mientras que la dimensión relacional alude a la densidad y dirección de los encadenamientos productivos entre sectores. Ambas son necesarias para evaluar si los cambios observados en la economía mexicana entre 2003 y 2018 constituyen una transformación estructural en sentido estricto, es decir, una reorganización persistente de los encadenamientos y no una simple recomposición de los pesos sectoriales..

La tradición basada en la evidencia empírica que inició Kuznets (1973) permitió documentar que el crecimiento económico de largo plazo conlleva a cambios en la estructura sectorial. A partir del análisis histórico de las economías desarrolladas, Kuznets señaló que el crecimiento moderno implica una disminución sostenida del empleo y el producto de la participación agrícola, junto con la expansión de la industria manufacturera, y sucesivamente, del sector servicios. Esto no es casualidad, porque refleja como la productividad del trabajo en las actividades tradicionales suele ser más baja y más creciente en las modernas, en consecuencia, la transferencia de recursos entre sectores es el mecanismo central para elevar la productividad agregada.

El crecimiento del producto agregado no se debe asociar directamente al cambio estructural, dado que, el primero puede ocurrir incluso sin alterarse la estructura productiva. Mientras que el cambio estructural implica una reconfiguración de la forma en que genera valor, utiliza sus recursos y crea vínculos entre sus actividades económicas en una sociedad.

2.1.2 El modelo dual de Lewis: alcance y límites

El proceso empírico documentado por Kuznets, encuentra su formalización teórica en el modelo de economía dual propuesto por (Lewis, 1967). Una economía se compone de dos sectores distintos; para Lewis (1967), se encuentra un sector tradicional, que suele ser identificado con la agricultura de subsistencia, en el cual presenta una productividad marginal del trabajo cercana a cero o incluso nula. Este supuesto ocasiona que exista una diferencia teórica fundamental con la teoría neoclásica del mercado de trabajo, en la que el salario iguala la productividad marginal, ya que implica la existencia de una oferta ilimitada de mano de obra disponible al salario de subsistencia. Por otra parte, existe el sector moderno capitalista, que se caracteriza por el uso de capital reproducible, capacidad de acumulación y un mayor rendimiento promedio por recurso utilizado.

El mecanismo de cambio estructural en Lewis es a través de la transferencia progresiva de trabajo desde el sector tradicional hacia el moderno. Cuando se expande, el sector moderno absorbe el excedente laboral del sector tradicional sin que se generen presiones salariales al alza, debido al supuesto de que permanece elástica la oferta de trabajo. En el cambio estructural hay modificaciones en la composición del empleo y la producción, entendiendo el desarrollo como un proceso de reasignación sectorial de recursos.

En cambio, la aplicación del modelo de Lewis tiene límites para el caso mexicano. Por un lado, una proporción considerable de la actividad manufacturera de exportación presenta una elevada dependencia de insumo importados (Murillo Villanueva et al., 2020), lo que reduce el efecto multiplicador interno y contradice el supuesto de reinversión plena de utilidades en la economía doméstica.

El segundo límite es respecto a las características del sector tradicional. Para el caso mexicano, el sector que destaca por su baja productividad no es sobre todo el sector agrícola, como advierte

el modelo, sino que está conformado por numerosas actividades urbanas informales, por ejemplo: comercio ambulante, servicios personales, pequeñas unidades de producción y trabajo doméstico, entre otras. Por consiguiente, estas actividades tienen dinámicas de reproducción y relación con el sector moderno que difieren en gran medida de las hipótesis de Lewis, en particular porque una parte importante de estas actividades no constituye una reserva de mano de obra fácilmente transferible hacia el sector moderno ni opera exclusivamente bajo la lógica de un salario de subsistencia (Aroche Reyes, 2005; Pinto, 1970).

El tercer límite, que es más relevante para esta investigación, Lewis en su modelo no considera la calidad de los vínculos productivos entre sectores al contrario de Hirschman. La expansión del sector moderno implica una integración productiva, ya que dicho sector puede importar la mayoría de sus insumos y exportar su producción, lo que provoca una débil articulación con el resto del aparato productivo nacional: el sector exportador compra pocos insumos a proveedores locales y vende poco a otros sectores internos, de modo que sus encadenamientos hacia atrás y hacia adelante con la economía doméstica son reducidos.

Este límite es característico de la manufactura exportadora mexicana, el cual fue documentado por Aroche Reyes (2005). Mediante el análisis de coeficientes importantes (cuya variación genera mayores choques en el sistema productivo), el autor observa un proceso de desintegración productiva en México. Este resultado se puede entender como una reducción en la capacidad de arrastre interno de los sectores manufactureros. Por lo cual, a mayor evolución estructural comprende una considerable integración con la economía internacional y como consecuencia, un superior empleo de importaciones en productos intermedios en los procesos productivos (Aroche Reyes, 2005). Bajo este enfoque, Fuentes et al. (2013) descubrieron que a pesar de tener una expansión externa activa para el caso del estado de Baja California, presenta una limitada integración intersectorial.

Todas estas limitaciones revelan la necesidad de complementar el enfoque de Lewis, bajo la perspectiva que considere la calidad de los vínculos productivos, como la desarrollada por Hirschman (1961) en su teoría de los encadenamientos. En el siguiente apartado se desarrolla este horizonte, que es importante para este trabajo de análisis de cambio estructural en México entre 2003 y 2018.

2.1.3 El modelo desequilibrado de Hirschman

En el libro *“La estrategia del desarrollo económico”*, Albert O. Hirschman (1961) menciona que el desarrollo está conformado en un proceso esencialmente desequilibrado, derivado de presiones inducidas que revelan y movilizan recursos. Lo que es opuesto a las ideas basadas en el modelo de Harrod-Domar, las cuales muestran la necesidad de inversiones equilibradas en todos los sectores. El aporte clave de Hirschman es la deslocalización de recursos estáticos hacia una secuencia dinámica de estrategias de inversión, al desarrollarse en un contexto de interdependencia y escasez de capital, que da lugar a procesos acumulativos de industrialización.

Para Hirschman, la importancia de una actividad económica no está condicionada por la cantidad que produce directamente o cuanto aporta al producto de la economía. Lo que realmente era importante para Hirschman es si esa actividad impulsa a otras actividades económicas, esto ocurre gracias a los eslabonamientos. Los “eslabonamientos anteriores” son cuando una actividad demanda insumos de otros sectores, a diferencia de los “eslabonamientos posteriores” que ocurren cuando lo que produce esa actividad sirve como insumos para otras industrias (Hirschman, 1961). También se puede denominar a los “eslabonamientos anteriores” como “encadenamientos hacia atrás”, y los “eslabonamientos posteriores” como “encadenamientos hacia adelante”. Este autor señala que los eslabonamientos son fuerzas inductivas a través de mecanismos de mercado y de la presión social, mostrando oportunidades de inversión que de otra forma no serían visibles.

Hirschman diferencia entre los CSF (costos sociales fijos)—inversiones en infraestructura física— y ADP (actividades directamente productivas)—inversiones privadas en la producción de bienes y servicios—(1961). Debido a que la clave de su análisis está en la interdependencia dinámica entre ambos grupos: las ADP que tienen fuertes eslabonamientos provocaran presión social para el abastecimiento de CSF, pero al igual a la inversa, la provisión de CSF puede inducir en el abastecimiento de ADP. No es estrictamente necesario contar con la dotación de CSF antes de iniciar las ADP, de hecho, Hirschman (1961) advierte que la provisión anticipada y excesiva de infraestructura puede debilitar el mecanismo de presión inducida, el cual es esencial para movilizar recursos e impulsar la iniciativa privada. En cambio, cuando se instala

una ADP en un contexto de escasez de CSF, generan presiones por parte de empresarios, trabajadores y transportistas, para que el Estado provea la infraestructura necesaria.

Esta perspectiva genera interés para el presente estudio, debido a que sitúa el análisis en como ciertos sectores tienen la capacidad de generar encadenamientos y presiones que transforman a la estructura productiva, sin solo depender de su peso en el producto. Esta noción sienta las bases para los trabajos posteriores que, a través de tablas insumo-producto buscan cuantificar los encadenamientos productivos, como los propuestos por Chenery y Watanabe (1958), que se estudian a continuación.

2.2 El modelo de las interdependencias de Leontief

2.2.1 La matriz insumo-producto de Leontief

Wassily Leontief en la década de 1930, formula la matriz insumo-producto que proporciona una representación estructurada y organizada de las transacciones intersectoriales de una economía en un momento determinado. Para Leontief (1936), esto ayuda a “examinar la estructura de la economía en términos de las relaciones entre los diferentes sectores productivos, mostrando como la producción de cada sector se distribuye entre los demás y como cada sector obtiene sus insumos de los otros” (p.105). Esta herramienta se ha considerado fundamental para el estudio de las interdependencias productivas y también para el análisis del cambio estructural.

Especialmente Schuschny (2005), define a las matrices insumo-producto como “un conjunto integrado de matrices que muestran el equilibrio entre oferta y utilización de bienes y servicios” (p.7). De forma básica, las filas registran las ventas que cada sector realiza con el resto de los sectores (lo que conforma la demanda intermedia) y a los componentes de la demanda final (consumo, inversión, gasto público, variación de existencias y exportaciones). Asimismo, las columnas registran las compras de cada sector realiza de insumos intermedios que provienen de otros sectores, junto con el valor agregado (remuneraciones, impuestos, beneficios y amortizaciones). Las identidades contables básicas se reflejan en esta estructura de doble entrada, porque la producción total de cada sector es equivalente tanto a la suma de sus ventas

intermedias y finales como a la suma de sus insumos intermedios y su valor agregado (Schuschny, 2005).

Con base en esta matriz se calcula los coeficientes técnicos, que son el centro del análisis insumo-producto. Mariña Flores (1993) señala que estos coeficientes “expresan los requerimientos de insumos por unidad de producto asociados a las condiciones tecnológicas de producción vigentes” (p.38). Técnicamente, se obtienen dividiendo el flujo monetario del sector i al sector j entre la producción total del sector j , es decir: $(a_{ij} = X_{ij}/X_j)$ (Mariña Flores, 1993). Los coeficientes técnicos representan la cantidad de insumos que un sector requiere para producir una unidad de producto, bajo el supuesto de que la tecnología de producción es homogénea dentro de cada sector y que la relación entre producción e insumos es proporcional (Mariña Flores, 1993). La matriz de coeficientes técnicos $A = [a_{ij}]$ representa de manera condensada cómo interactúan tecnológicamente los distintos sectores de una economía.

El modelo de Leontief se expresa de la siguiente forma: $\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f}$, donde $\mathbf{x}$ es el vector de producción total y $\mathbf{f}$ es el vector de demanda final. Al resolver el sistema se obtiene $\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f}$, siendo $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ la conocida matriz inversa de Leontief. Como señala Schuschny (2005), “Cada elemento $[l_{ij}]$ r de la matriz de Leontief, representa la cantidad de producción que debería realizar el sector i , para satisfacer, *ceteris paribus*, una unidad de demanda final neta de importaciones del producto j -ésimo” (p.16). En la notación empleada en este trabajo, dicha matriz corresponde a la matriz inversa de Leontief $\mathbf{L} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$, y sus elementos se denotan como l_{ij} . Esta matriz mide los requerimientos totales en la producción, tanto los directos como los indirectos, que sean necesarios para enfrentar un cambio en la demanda final, expresando así la producción total como la suma de los efectos acumulados en múltiples rondas de gasto. De esta forma, se muestra cómo un incremento en la demanda final se propaga en cadena a través de los sectores económicos, resultando en efectos multiplicadores acumulados.

2.2.2 Encadenamientos directos y totales

Una primera aproximación a la medición de las interdependencias sectoriales está en los trabajos de Chenery y Watanabe (1958), en los cuales desarrollaron indicadores de encadenamientos directos a partir de la matriz de coeficientes técnicos. Los autores proponen dos estrategias que se combinan. Primeramente, el encadenamiento directo hacia atrás de un sector j se obtiene sumando a los coeficientes de la columna j de la matriz A , equivalente a la proporción de insumos intermedios que dicho sector obtiene del resto de la economía por cada unidad de producto que genera. Segundo, el encadenamiento directo hacia adelante del sector i se calcula como la suma de los coeficientes de la fila i , teniendo así, la proporción de su producción que se destina a otros sectores como insumos intermedios (Schuschny, 2005). Teniendo como base estos indicadores, es posible clasificar los sectores en cuatro categorías que combinan su carácter manufacturero o no manufacturero con su orientación hacia la demanda final o intermedia, lo que permite distinguir, aunque de forma preliminar, el rol que tiene cada actividad en la estructura productiva (Schuschny, 2005).

Si bien los encadenamientos directos proporcionan una visión útil de las relaciones intersectoriales inmediatas, no plasman los efectos que se propagan por medio de sucesivas rondas de compras intermedias. Para enfrentar esta limitación, Rasmussen (1956) propone utilizar la matriz inversa de Leontief, cuyos elementos l_{ij} contabilizan los requerimientos totales (directos e indirectos) de producción. Para evitar ambigüedad de notación, en adelante los coeficientes técnicos (elementos de la matriz A) se denotan a_{ij} y representan los requerimientos directos, mientras que los elementos de la matriz inversa de Leontief $L = (I - A)^{-1}$ se denotan l_{ij} y representan los requerimientos totales, directos e indirectos. Se define entonces el encadenamiento hacia atrás de un sector j como la suma de los elementos de la columna j de tal matriz, y se define como el incremento total en la producción de todos los sectores ante un aumento de una unidad en la demanda final del sector j ; altos valores en este indicador señalan la existencia de una fuerte capacidad de arrastre sobre el resto de la economía (Schuschny, 2005).

De la misma manera, el encadenamiento hacia adelante del sector i se obtiene sumando los elementos de la fila i de la matriz inversa, y mide el aumento en la producción del sector i

cuando se incrementa unitariamente la demanda final de todos los sectores, es decir, refleja el grado en que los demás sectores dependen de los insumos dados por i (Schuschny, 2005). Es importante considerar que estos cálculos tienen que basarse exclusivamente en matrices de insumos de origen nacional, debido a que los bienes importados, al provenir del exterior, no generan encadenamientos productivos dentro de la economía interna.

Una forma de ampliar el modelo tradicional consiste en incorporar el consumo de los hogares dentro del propio sistema, con el fin de reflejar los efectos inducidos que surgen cuando un aumento en la producción crece el ingreso de las familias, y, por ende, su nivel de consumo. A diferencia del modelo abierto (tipo I) en donde los hogares se tratan como un componente externo, incorporado en la demanda final, por lo que, los multiplicadores que se obtienen consideran sólo los efectos directos e indirectos, como los asociados a la matriz inversa de Leontief estándar $B = (I - A)^{-1}$ (Schuschny, 2005). En el modelo cerrado (tipo II), se incorpora una fila adicional con los coeficientes de remuneraciones y una columna con los coeficientes de consumo, tratando a los hogares como un sector productivo más (Schuschny, 2005).

La nueva matriz de coeficientes técnicos ampliada, A , tiene dimensiones $(n + 1) \times (n + 1)$ y su correspondiente matriz inversa de Leontief tipo II, $\tilde{B} = (I - \tilde{A})^{-1}$, lo que permite medir también los impactos inducidos por el consumo, ofreciendo así, un panorama más completo de los efectos multiplicadores de un cambio en la demanda final. Miller y Blair (2009) hacen esta distinción dado que es necesaria pues los multiplicadores tipo II suelen ser significativamente mayores que los tipos I, al incorporar el efecto retroalimentación del ingreso sobre la demanda de los hogares.

A partir de los encadenamientos totales, Rasmussen (1956) introduce dos medidas normalizadas que permiten comparar la importancia relativa de los sectores. El poder de dispersión del sector j se define como:

$$\pi_j = \frac{n \sum_{i=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}}$$

donde n es el número de sectores (ramas) de la economía.

Si $\pi_j > 1$, el estímulo que fue generado por un incremento en la demanda final del sector j es superior al promedio, lo que indica una alta capacidad de arrastre. La sensibilidad de la dispersión del sector i se define de la siguiente forma:

$$\tau_i = \frac{n \sum_{j=1}^n b_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n b_{ij}}$$

donde n es el número de sectores de la economía.

Cuando $\tau_j > 1$, el sector reacciona con mayor intensidad que el promedio ante cambios en la demanda, lo que puede llegar a generar restricciones en el funcionamiento del resto de la economía: si su capacidad de oferta es limitada (por cuellos de botella, capacidad instalada o escasez de insumos), el sector no logra responder al arrastre de la demanda y se convierte él mismo en un cuello de botella que restringe la expansión de los demás sectores. La combinación de ambos indicadores permite clasificar a los sectores en: clave ($\pi_j > 1$, $\tau_j > 1$), estratégicos o base ($\pi_j < 1$, $\tau_j > 1$), impulsores ($\pi_j > 1$, $\tau_j < 1$) e independientes ($\pi_j < 1$, $\tau_j < 1$) (Schuschny, 2005). Esta clasificación separa a los sectores que favorecen el crecimiento y aquellos que muestran mayor fragilidad frente a alteraciones ante cambios económicos.

2.2.3 Alcances y limitaciones del modelo insumo-producto

Es interesante como el análisis insumo-producto que fue desarrollado por Leontief (1936), sigue siendo una herramienta básica para comprender cómo se entrelazan los sectores productivos de una economía. Además de que ofrece una fotografía minuciosa de los flujos de bienes y servicios entre ramas, así permite identificar la importancia relativa de cada sector y el grado de articulación existente entre ellos (Schuschny, 2005). A partir de la matriz de coeficientes técnicos y su inversa, se puede calcular multiplicadores y encadenamientos que revelan los efectos directos e indirectos de cambios en la demanda final, también como detectar los sectores que tienen mayor capacidad de arrastre en la economía (Chenery y Watanabe, 1958; Rasmussen, 1956).

Sin embargo, esta claridad metodológica tiene una limitación: el modelo se basa sobre supuestos bastantes rígidos por lo que limitan su capacidad para mostrar la complejidad del mundo real. Por un lado, se establece que cada sector produce un solo bien homogéneo, sin tomar en cuenta la producción secundaria que suele ocurrir en la práctica y forzando la agregación de actividades diversas bajo el mismo nombre del producto (Schuschny, 2005). Por otro lado, para producir un bien, siempre se necesita la misma combinación de insumos, se omite cualquier posibilidad de cambiar unos insumos por otros ante cambios en los precios o innovaciones tecnológicas (Mariña Flores, 1993). Además, existe cierta inconsistencia de considerar a los bienes de capital como parte de la demanda final: la maquinaria, el equipo y las construcciones no conforman un uso final precisamente, sino que se usan para producir en el futuro. Si bien estos supuestos facilitan la formalización matemática, la limitación es que el modelo es estático y no captura cambios en el tiempo.

El modelo tiene limitaciones teóricas y también problemas en su aplicación práctica. La agregación de sectores convierte a los coeficientes técnicos en promedios que esconden diferencias importantes dentro de cada sector por ejemplo: la valuación monetaria supone precios homogéneos y un equilibrio entre flujos monetarios y físicos que en la realidad no existe (Schuschny, 2005). Además de que un mal tratamiento de las importaciones distorsiona los resultados, ya que sobreestiman los efectos internos.

Para Mariña Flores (1993) el modelo de insumo-producto es una herramienta inicial, pero no es suficiente por sí sola. Es por ello que la teoría de redes mejora el análisis del modelo tradicional, añade elementos que el modelo insumo-producto no considera, como la posición de los sectores y dirección de las relaciones, debido a que el modelo tradicional no capta estas dimensiones.

2.2.4 Enfoque de redes

El modelo insumo-producto es útil, pero no permite entender por completo el entramado productivo. Debido a que los coeficientes técnicos tienen limitaciones importantes, dado que no muestran: la posición de cada sector dentro de la economía, la dirección de las relaciones y cómo fluye la influencia económica entre sectores (García Muñoz y Ramos Carvajal, 2003).

Además, no basta con ver los encadenamientos pues hay diferencias en su importancia estructural, pues existen distintos roles dentro de la red productiva. En este sentido, un sector puede actuar como nodo articulador, el cual conecta muchos sectores y ejerciendo una alta influencia en la economía, o bien como un sector periférico que tiene poca conexión y una baja influencia sistemática.

Los autores García Muñiz y Ramos Carvajal (2003) describen que teoría de redes ofrece un marco más amplio para analizar la economía, puesto que la economía se representa con nodos que son los sectores y con aristas que representan las relaciones entre sectores. Estas relaciones tienen dirección e intensidad (peso). Así, la teoría de redes introduce la estructura de las conexiones en el análisis, pues considera cómo están organizadas las relaciones entre sectores y no solo cuánto intercambian, sino cómo están conectados. Algo importante de la teoría de redes es que usa indicadores específicos para analizar la posición de los sectores, como la centralidad de grado, cercanía e intermediación, desarrolladas en la literatura de redes (Freeman, 1978). Estas métricas permiten comprender el papel que tiene cada sector en la economía, gracias a que no solo miden conexiones, sino también muestran que tan importante es un sector y cómo transmite efectos económicos.

Cada metodología se enfoca en dimensiones distintas del sistema económico. El modelo insumo-producto permite cuantificar la magnitud de los flujos entre sectores, a diferencia de la teoría de redes que permite estudiar la estructura de sus interrelaciones y la posición relativa que estos ocupan. Este enfoque amplía el análisis, por su incorporación al estudio de jerarquías sectoriales, la formación de agrupamientos productivos y las trayectorias de propagación de perturbaciones económicas. Como advierten García Muñiz y Ramos Carvajal (2003), la importancia de cada sector se relaciona a su posición dentro de la red, la cual puede ser evaluada través de medidas de centralidad que identifican los sectores más influyentes y precisan su función en las transacciones económicas.

2.3 Cambio estructural en México

2.3.1 Enfoque estructuralista latinoamericano

Raúl Prebisch (1996) sostiene que el comercio internacional no generan beneficios mutuos para todos los países por igual, por lo que critica el modelo clásico de división internacional del trabajo. Prebisch plantea la distinción entre el centro industrial y una periferia que se especializa en materias primas puede producir asimetrías estructurales. El progreso técnico, concentrado en el centro, no se distribuye de forma automática ni equitativa hacia la periferia, lo que contribuye al deterioro de los términos de intercambio y limita su capacidad de acumulación.

Si bien el aumento de la productividad en los países industrializados puede estimular la demanda de materias primas e impulsar el crecimiento periférico. Este mismo proceso tiende a limitar la capacidad de acumulación de la periferia, a causa de la relación de precios, la cual se mueve constantemente en contra de la producción primaria (Prebisch, 1996).

Pinto (1970) profundiza el análisis estructuralista con el concepto de heterogeneidad estructural, el cual alude a la coexistencia de estratos productivos, que tienen diferencias muy marcadas en su productividad dentro de una misma economía. A diferencia del enfoque dualista de Lewis, identifica tres estratos: un sector “primitivo” de muy baja productividad, un “polo moderno” que tiene una productividad similar a la de países desarrollados, y un estrato “intermedio”, cuya productividad es similar a la media nacional. Una diferencia significativa es la productividad por persona, en el sector moderno es más de veinte veces mayor a la del sector primitivo, lo que refleja la magnitud de esta disparidad estructural.

El problema central no radica en la existencia de esta heterogeneidad estructural, sino la poca capacidad de arrastre del sector moderno hacia el resto del sistema productivo (Pinto, 1970). La teoría es útil para analizar la economía mexicana, donde se ha observado una dualidad económica entre el sector moderno (manufactura exportadora) y un sector rezagado (baja productividad, alta informalidad, predominio de servicios). La economía mexicana presenta heterogeneidad estructural, puesto que gran parte de la economía se encuentra en la informalidad, además que no hay suficientes encadenamientos productivos. Asimismo, el crecimiento económico tiene una tendencia a concentrarse en ciertas regiones, principalmente en el norte y centro de México.

2.3.2 Evidencia empírica

Vega y Yacila (2024) analizan el cambio estructural utilizando matrices insumo-producto y los índices de encadenamientos de Rasmussen, abarcaron un periodo más extenso entre 1980 y 2018. Encontraron que el cambio estructural medido por la participación sectorial en el valor agregado no fue significativo, pero se observó que en 2018 aumentó la presencia de sectores con capacidad de arrastre y dispersión dentro del sistema productivo. Crece el número de subsectores manufactureros considerados clave (de 5 a 11), mientras ningún subsector manufacturero se clasifica como estratégico en ninguno de los años analizados, lo que indica “la baja probabilidad de que algún subsector manufacturero pueda representar un posible estrangulamiento de todo el sistema económico mexicano” (Vega y Yacila, 2024, p.123). La manufactura ha evolucionado: de los sectores que incrementaron sus vínculos hacia atrás, 16 pertenecen a esta actividad, y la mayoría de los que ampliaron su capacidad de dispersión también son manufactureros. A pesar de estos cambios, los autores concluyen que no se observa una mejora en los encadenamientos de la manufactura con el resto del sistema productivo entre 1980 a 2018.

Aroche Reyes (2005) analiza la estructura productiva mexicana entre 1980 y 1996, utilizó el método de coeficientes importantes. El autor muestra que durante ese periodo se produjo un reajuste en la estructura productiva, caracterizado por una disminución de la integración entre las ramas domésticas y, simultáneamente, una mayor articulación con los flujos comerciales internacionales. Tuvo lugar un reajuste entre las ramas productivas, el sector servicios aumentó su participación, mientras que los sectores manufactureros redujeron su capacidad de arrastre interno. Aroche Reyes expone que, pese a una mayor integración con la economía internacional, no se fortalecieron los encadenamientos domésticos, sino que se profundizó la dependencia de insumos importados (2005).

Sumado a esto, identifica que la desintegración productiva se vincula a la apertura comercial y a la nueva estrategia de desarrollo adoptada a partir de los años ochenta, las ramas perdieron empleo como las extractivas y manufactureras, mientras que las que ganaron empleo en su mayoría servicios y algunas manufacturas modernas (dependientes fuertemente de

importaciones). A partir de ello, el empleo generado es en promedio, de menor productividad y más precario, fomentando la informalidad y la migración.

Desde otra arista metodológica, Fuentes y Andrés (2009) aplican la teoría de grafos a la matriz insumo-producto de 2003 para clasificar los sectores de acuerdo con su capacidad de arrastre, que va más allá de los encadenamientos tradicionales. Los autores buscan identificar los sectores con mayor importancia estructural, en su análisis utilizan el concepto de centralidad (grado, cercanía e intermediación) dentro de una red, además identifican sectores que funcionan como “núcleos” y tienen una mayor influencia en la dinámica productiva. Los resultados establecen que los encadenamientos productivos están concentrados en pocos sectores, sin embargo, pocos sectores (como dirección de corporativos y servicios de apoyo a negocios) aparecen como impulsores en índices de Rasmussen, pero en análisis de centralidad son núcleos de la red.

Es por ello que el análisis de grafos añade mayor complejidad frente a enfoques tradicionales. Cabe mencionar que estos sectores núcleo son estratégicos y permiten la transmisión de efectos productivos. Este enfoque permite discernir entre los sectores grandes, pero poco articulados, con alta participación en el PIB y baja capacidad de conexión, como algunas manufacturas de ensamble, y entre sectores pequeños pero estratégicos, que presentan menor tamaño económico y una posición central en la red, como los servicios especializados. La tipología final clasifica los sectores en: clave, base, impulsores e independientes; lo que ofrece un análisis más preciso, además de que supera lo que muestran los multiplicadores tradicionales (Fuentes y Andrés, 2009).

En un estudio más reciente, Murillo Villanueva (2020) aborda las estructuras de producción total y doméstica, utilizando las matrices de 2003 y 2013. La autora para ello calcula los encadenamientos hacia adelante y hacia atrás para ambas estructuras, luego aplica el método de extracción hipotética para poder medir la dependencia sectorial de las importaciones intermedias. Los resultados son contrastantes, en promedio las exportaciones manufactureras contienen un 38% de insumos importados y por otro lado, en sectores más estratégicos como equipo de cómputo contienen un 73% y en equipo de transporte el 50% (Murillo Villanueva, 2020).

Sectores como equipo de cómputo y equipo de transporte impulsan el crecimiento agregado,

pero su impacto dentro de la economía nacional es limitado, lo que implica pocos encadenamientos internos, puesto que sus relaciones productivas se orientan principalmente hacia el exterior. Hay sectores (ej. Derivados del petróleo, industria química, metálicas básicas) que tienen una fuerte capacidad de arrastre interno, puesto que producen encadenamientos dentro de la economía nacional. Por ello tienen un papel estratégico en la estructura productiva, pueden ser útiles para impulsar el crecimiento, debido a que ayudan a un desarrollo con mayor contenido nacional.

Boundi Chraki (2016) realiza un análisis intertemporal, utiliza métodos de Chenery y Watanabe, y de Rasmussen, utiliza matrices 1990, 2000 y 2010. Él encuentra que los sectores clave en México son bienes intermedios y de capital, los sectores más relevantes hallados son los derivados del petróleo y carbón, industria química, metálicas básicas, y equipo de transporte. El autor obtuvo información importante, una disminución del número de sectores clave de 6 a 2 (en 2010), al mismo tiempo aumentaron los sectores independientes, esto se puede interpretar en un cambio en el patrón productivo, un efecto de la apertura comercial y el TLCAN.

Desde una perspectiva regional, Fuentes et al. (2013) analizan Baja California con la matriz del 2008, descubrieron la existencia de una baja integración intersectorial, encadenamientos internos débiles, pese a tener una alta dinámica exportadora. Esto nos dice que la fragmentación productiva también ocurre a nivel regional.

Morales-López (2023) utiliza la matriz interregional construida por Amaral Haddad et al. (2020), para el año 2013. Identifica que los sectores-estado más importantes por sus encadenamientos se concentran en el centro (Ciudad de México y Estado de México), el noreste (Nuevo León) y la región petrolera y vinculados a los derivados del petróleo, química y plásticos. En cambio, los productos eléctricos, electrónicos y de transporte presentan altos encadenamientos hacia atrás, pero con una fuerte orientación exportadora y un uso intensivo de insumos importados (hasta 58% del consumo intermedio en Coahuila). El autor concluye la necesidad de avanzar hacia la diversificación sectorial y la integración de las entidades federativas más desconectadas.

Alatriste Contreras (2025) encontró que entre 2008 y 2018 en un análisis de insumo-producto y redes complejas, hubo menos sectores manufactureros que eran clasificados centrales. Concluyó la autora que existió un proceso de desindustrialización en México entre 2008 y 2018 (utilizando las matrices insumo producto 2008, 2013 y 2018) derivado del cambio en la

organización jerárquica de los sectores y de la transformación de los vínculos externos e internos de las actividades manufactureras. Salma (2020, como se citó en Alatríste, 2025) afirma que “las elevadas importaciones en las industrias manufactureras son un signo de desindustrialización, ya que limita el nivel de desarrollo industrial y la transformación de las industrias manufactureras en un tejido más complejo” (p.65). Entendiéndose esta reconfiguración no como un cambio estructural sino como una reorganización en la jerarquía de los sectores, debido a que los sectores manufactureros perdieron protagonismo en la estructura productiva (Alatríste Contreras, 2025). A diferencia de los sectores relacionados con el petróleo como la extracción y la transformación, comercio y los servicios cobraron mayor relevancia en 2018.

En conjunto, todos estos estudios nos dicen que existe un proceso de desintegración productiva en México, donde se forman dos estructuras productivas, una estructura orientada al exterior, con fuertes encadenamientos externos, débiles vínculos internos y, por otro lado, una estructura orientada al mercado interno, que cuenta con un mayor dinamismo y una mayor capacidad de arrastre interno.

2.3.3 Problemas estructurales

La economía mexicana no ha logrado que su apertura comercial al exterior se traduzca en una fuerte integración interna. Debido a una apertura comercial acompañada más del uso de insumos importados, y no de vínculos nacionales más sólidos. Como se ha estudiado, pocas actividades concentran la capacidad de arrastrar a otras. En efecto, se forma una estructura dividida, sectores orientados al exterior y sectores al interior. El cambio estudiado no solo es que sectores pesen más, sino como se conectan entre sí. Los estudios previos de Fuentes y Andrés (2009), Fuentes et al. (2013), Boundi Chraki (2016) y Murillo Villanueva, 2020) han documentado diversos aspectos de la estructura productiva mexicana. No obstante, persiste la necesidad de complementar dichos análisis con una perspectiva que, además de cuantificar los encadenamientos, examine la evolución de la posición relativa de los sectores dentro de la red productiva nacional.

Por lo cual, se propone analizar los cambios a lo largo del tiempo, no solo un punto específico, por lo cual se hará una comparación entre 2003 y 2018 para identificar cambios en la estructura.

Empleando herramientas de redes para ver la estructura productiva como un sistema de relaciones, además del interés tanto en el tamaño de los encadenamientos como su forma y evolución. Utilizando medidas para ubicar qué sectores son más influyentes o centrales dentro de la red. Son útiles los indicadores que muestran qué tan conectada o fragmentada esta la estructura productiva. Con una perspectiva de separar la producción total de la que realmente genera valor en el país, asimismo sirve como base para pensar políticas que fortalezcan la integración productiva.

2.4 Redes y encadenamientos

2.4.1 Conceptos básicos de redes

La teoría de redes económicas sirve como un método adicional al análisis insumo-producto, puesto que propone ver a la economía como un sistema de relaciones, no solo como sectores aislados. Se debe aclarar, que los sectores productivos se interpretan como nodos dentro de una red, los flujos entre sectores se entienden como enlaces (conexiones) entre esos nodos. Esos enlaces tienen dirección y peso (qué tan importante es el flujo).

La red se representa como un grafo $G = (V, E)$, donde V es el conjunto de sectores y E es el conjunto de relaciones de intercambio. Cuando la dirección de los flujos importa, el grafo es dirigido, mientras que, si se incorpora la magnitud de las transacciones, se convierte en un grafo valuado. García Muñiz y Ramos Carvajal (2003) estudian que este planteamiento da paso en el análisis no solo cuánto se intercambia, sino cómo están conectados los sectores, pues aporta información sobre la posición de cada sector dentro de la estructura productiva, mencionan además la importancia de tratar sectores como actores dentro de una red de relaciones.

Carvalho (2014) define a la red de producción por medio de tres elementos: 1) un conjunto de n nodos o vértices, donde cada uno representa un sector de la economía; 2) un conjunto de aristas dirigidas, donde una arista que conecta dos vértices representa un vínculo de suministro de insumos entre dos sectores; y 3) un conjunto de pesos, cada uno asociado a una arista dirigida específica y dado por el exponente w_{ij} en la función de producción.

Carvalho (2014) demuestra la forma en que se organizan las conexiones entre sectores, determinando la magnitud de la propagación de los shocks económicos. En una red horizontal, donde los sectores no intercambian insumos entre sí, un shock local no afecta a los demás, su multiplicador es igual a 1. A diferencia de una red vertical (es una cadena lineal de proveedores y clientes), los efectos indirectos permiten que estos choques se transmitan a lo largo de la cadena, provocando una amplificación que se vea en un multiplicador de red mayor a 1 (Carvalho, 2014). Y, por último, en una red en estrella, donde existe un sector “*hub*” que provee insumos a todos los demás, aquí el multiplicador de red es el más alto. La presencia de sectores altamente conectados (*hubs*) convierte a la red productiva en un amplificador de perturbaciones, justificando el uso de métricas de centralidad cuando se quiere identificar aquellos sectores cuyo desempeño puede tener efectos sistémicos (Carvalho, 2014).

La medida clave de centralidad es el grado, que cuantifica el número de conexiones directas que un nodo tiene con otros. En una red dirigida, el grado se descompone en el grado de salida (ventas) y el grado de entrada (compras); su cálculo formal a partir de la matriz de adyacencia se presenta más adelante en esta sección, como semigrado exterior e interior (Morillas Raya, 1983). Un sector con alto grado total tiene muchas conexiones directas, lo que lo convierte en un actor “activo” que puede influir de forma rápida en otros sectores. Freeman (1978) relaciona un punto con grado relativamente alto con la idea de estar “en el centro de la actividad”.

La intermediación por el otro lado, captura una dimensión distinta, como lo es la frecuencia con que un sector aparece en los caminos más cortos (geodésicas) entre otros sectores. Tenemos formalmente, si g_{ij} es el número de geodésicas entre los sectores i y j , y $g_{ij}(p_k)$ es el número de esas geodésicas que pasan por p_k , la centralidad de intermediación de p_k se define de la siguiente forma:

$$C_B(p_k) = \sum_{i < j} \frac{g_{ij}(p_k)}{g_{ij}}, \quad i \neq j \neq k$$

(Freeman, 1978). Un valor alto implica que hay un control sobre flujos entre sectores no conectados de forma directa y un posible “cuello de botella” o punto estratégico. La centralidad de intermediación alcanza su valor más alto cuando la red tiene forma de “estrella”. Se vincula

con la idea de presión inducida en encadenamientos de Hirschman, sectores que obligan a otros a conectarse o depender de ellos.

La cercanía mide que tan cerca está un sector del resto en términos de distancia, se basa en los caminos más cortos. Se define como el inverso de la suma de las distancias geodésicas desde p_k a todos los demás nodos:

$$C_C(p_k)^{-1} = \sum_{i=1}^n d(p_i, p_k)$$

Donde $d(p_i, p_k)$ es la longitud del camino más corto entre p_i y p_k (Freeman, 1978). La forma normalizada, que permite comparar redes de distinto tamaño, se expresa de la siguiente manera:

$$C'_C(p_k) = \frac{n-1}{\sum_{i=1}^n d(p_i, p_k)}$$

Un sector con alta cercanía: llega a otros con pocos intermediarios, difunde cambios más rápidos y depende menos de otros sectores. En general, las tres medidas (grado, intermediación y cercanía) otorgan un diagnóstico multidimensional de la posición estructural de cada sector, lo que complementa visión tradicional de los encadenamientos basada solamente en la intensidad de los flujos.

2.4.2 Redes e insumo-producto

La idea de usar grafos en el análisis insumo-producto proviene de Lantner (1972), dando así el concepto de grado de influencia como la representación de interdependencia entre los sectores productivos. En este panorama cada sector de la economía forma un vértice del grafo, y los flujos intersectoriales se convierten en arcos dirigidos que muestran la dirección de la influencia económica. Lantner (1972) distingue dos tipos de influencia: la influencia absoluta, que mide el impacto inmediato de la demanda, y la influencia relativa, que puede interpretarse como una elasticidad demanda-producción. Lo importante no es solo cuánto se intercambia, sino cómo están conectados los sectores y qué lugar ocupa cada uno dentro de la red.

A partir de la matriz de coeficientes *AoD* (técnicos o de distribución, respectivamente), se construye una versión binaria que simplifica el análisis estructural. Morillas Raya (1983) define la matriz de adyacencia $A(D)$ como una matriz cuadrada de orden n (número de sectores) cuyos elementos vienen dados por:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } d_{ij} > 0 \\ 0 & \text{si } d_{ij} = 0 \end{cases}$$

Donde d_{ij} representa coeficiente técnico del sector i al sector j . En esta transformación, solo importa si hay relación, no su tamaño, esto permite aplicar teoría de grafos al sistema productivo. La estructura depende más de cómo están organizadas las conexiones que de su intensidad (Morillas Raya, 1996). García Muñiz y Ramos Carvajal (2003) retoman esta idea al afirmar que la red económica se convierte así en un conjunto de restricciones y posibilidades que influye sobre el comportamiento de los sectores.

Con la matriz de adyacencia se pueden calcular los semigrados de cada sector, que señalan el número de relaciones de venta y compra que tiene. Morillas (1983) define el semigrado exterior $d^+(x_i) = \sum_{j=1}^n a_{ji}$, el cual mide las relaciones que salen del sector i (ventas a otros sectores), y el semigrado interior $d^-(x_i) = \sum_{j=1}^n a_{ij}$, que mide las relaciones que entran al sector i (compras). El grado total es la suma de ambos: $d(x_i) = d^+(x_i) + d^-(x_i)$. A partir de lo anterior, Morillas Raya (1983) establece una clasificación de los sectores:

- Fuente: $d^+(x_i) > 0$ y $d^-(x_i) = 0$ (solo vende, no compra)
- Pozo: $d^+(x_i) = 0$ y $d^-(x_i) > 0$ (solo compra, no vende)
- Transmisor: ambos semigrados positivos (compra y vende)
- Aislado: ambos semigrados nulos (no mantiene relaciones)

Esta clasificación es ir más allá de los volúmenes de intercambio, pues permite entender cómo se organiza la actividad económica a partir del papel (fuente, pozo, transmisor o aislado) que cada sector desempeña dentro de la red productiva (García Muñiz y Ramos Carvajal, 2003)

La matriz de adyacencia no solo muestra las relaciones directas, de igual forma permite estudiar conexiones que pasan por varios sectores. Morillas (1983) define la matriz de caminos $R(D)$, también nombrada matriz de accesibilidad, donde los elementos indican si existe algún camino (directo e indirecto) entre dos sectores. Se expresa de la siguiente forma:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } x_j \in \hat{f}(x_i) \\ 0 & \text{si } x_j \notin \hat{f}(x_i) \end{cases}$$

Donde $\hat{f}(x_i)$ es el conjunto de todos los vértices alcanzables desde x_i a través de cualquier secuencia de arcos. La matriz de caminos se construye usando las potencias de la matriz de adyacencia, pero aplicando reglas de álgebra booleana. Por su parte, la matriz de distancias $E(D)$ registra la longitud del camino más corto entre cada par de sectores. Si $r_{ij} = 0$, la distancia se considera infinita, pero si $r_{ij} = 1$, entonces e_{ij} es la mínima potencia k tal que el elemento i, j de $A(D)^k$ es positivo (Morillas Raya, 1983). Se define el diámetro de la red como la distancia máxima entre cualquier par de sectores: $d = \max_{i,j} e_{ij}$.

Si consideramos a la economía como una red muy conectada, se toma en cuenta que, la relevancia de un sector no depende solo de su producción o del tamaño de sus efectos, sino el lugar que ocupa dentro del conjunto de relaciones (Morillas Raya, 1996). En este tipo de estructura, pueden aparecer sectores que sirven como puntos de paso obligados o zonas donde se concentra la transmisión de impactos productivos. El análisis de redes además, toma en cuenta tres rasgos: el alcance de un sector sobre la economía, la rapidez con que se enlaza con los demás y su rol como transmisor dentro del sistema (García Muñiz y Ramos Carvajal, 2003).

2.4.3 Sectores clave, propagación de shocks y aplicaciones recientes

En la presente sección se examinan los criterios para identificar sectores clave y la forma en que los stocks (entendidos como perturbaciones exógenas de demanda o de oferta) se transmiten dentro de la red productiva, incorporando algunas aplicaciones recientes de este enfoque. Para comenzar, García et al. (2005), retoman las propuestas de Friedkin (1991), introducen tres medidas de centralidad para el análisis estructural, cada una captura algo distinto, los efectos totales señalan el alcance acumulado de un sector sobre la economía, los efectos inmediatos muestran la rapidez con la que se transmite esa influencia, y los efectos de intermediación indican la frecuencia con la que un sector sirve como punto de conexión entre otros. En el análisis de García et al. (2005), obtuvieron que en la economía andaluza, los sectores con mayor

centralidad suelen estar vinculados a actividades tecnológicas, esto se debe a su capacidad para difundir innovaciones hacia el resto de la economía.

Por otra parte, la comunicabilidad es una medida útil para analizar la difusión de shocks en una red productiva, dado que sopesa todas las trayectorias posibles entre dos nodos, tanto directas como indirectas. Los caminos más largos tienen menor peso, lo que refleja que los efectos se debilitan conforme pasan por más sectores, a través del factor $1/k!$ (Bartesaghi et al., 2022).

Formalmente la comunicabilidad se define como $\exp(A) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{A^k}{k!}$, donde A es la matriz de adyacencia ponderada. A diferencia de la matriz inversa de Leontief, que pondera por igual a todas las trayectorias, la comunicabilidad captura de forma más realista el hecho de que un shock se mitiga con la distancia en la cadena productiva. En esta expresión, k denota la longitud de la trayectoria (el número de aristas o pasos del camino entre dos sectores): cada camino de longitud k se pondera por el factor $1/k!$, de modo que las trayectorias más largas contribuyen menos.

El análisis en redes multilaminares (países como nodos, sectores como capas) permite estudiar la economía mundial considerando países y sectores al mismo tiempo, este enfoque sirve para identificar grupos de países con vínculos productivos estrechos (Bartesaghi et al., 2022). La composición de estos grupos cambia con el tiempo, en el 2000 predominaban Estados Unidos, Japón y China, después en el 2014 se consolidó un bloque asiático (China, India, Japón y Corea del Sur), mientras los países del TLCAN (Canadá, México y Estados Unidos) formaban un grupo aparte, reafirmando que la organización productiva no es estática (Bartesaghi et al., 2022).

En Ecuador, Ramírez-Álvarez et al. (2024) encuentran que los sectores con mayor centralidad (comercio, transporte y servicios profesionales) coinciden con los sectores base de la clasificación de Chenery-Watanabe, es decir, actividades con altos encadenamientos hacia adelante que abastecen de insumos a otros sectores, pero con la diferencia de que tienen bajos encadenamientos hacia atrás. Su posición los convierte en los principales canales por donde se transmiten estos shocks hacia otras actividades.

Para el caso de Baja California, Fuentes et al. (2013) muestra como la estructura productiva muestra poca articulación entre sectores, donde las actividades exportadoras destacan con una alta centralidad en la red total, pero con una baja centralidad en la red doméstica, esto sugiere que operan como enclaves con débiles vínculos internos.

Carvalho (2014) encuentra en su análisis de redes e insumo-producto de Estados Unidos la presencia de redes de “pequeño mundo” pese a una densidad de conexiones baja, la distancia promedio entre cualquier par de sectores es de sólo 4 pasos, y el diámetro de la red es de 10 pasos. Esta combinación de *hubs* y de la estructura de pequeño mundo convierte a la red productiva en un potente amplificador de shocks.

2.5 Persistencia estructural

2.5.1 Cambios lentos en la estructura productiva

En horizontes de mediano plazo, los coeficientes técnicos presentan pocos cambios, esta estabilidad explica por qué la estructura productiva cambia lentamente. El método RAS parte del supuesto de que la matriz de coeficientes puede ajustarse mediante ajustes biproporcionales que preservan la estructura subyacente de la economía (Leontief, 1936; Stone Richard et al., 1963; Bacharach, 1970). Para México, Uribe (1975) aplicó de forma extensa este método entre 1950 y 1972, encontrando que aun cuando los errores de predicción crecen con el tiempo, la mayoría de los coeficientes cambian poco y las modificaciones se concentran en ciertos sectores. Siguiendo esta línea, sectores tradicionales tienden a perder peso, mientras que los más modernos lo ganan, esto sugiere que las transformaciones ocurren de manera gradual y acumulada.

No todos los coeficientes tienen el mismo efecto dentro del sistema productivo. La técnica de campos de influencia desarrollada por Sonis y Hewings, permite detectar cuales generan mayores cambios cuando se modifican. Soza-Amigo et al. (2018). aplican esta metodología a las economías de la OCDE y la evidencia muestra que “las economías tienden a ser estables en sus estructuras productivas” (2018, p.7). Se puede interpretar que las modificaciones se concentran en coeficientes estratégicos, desde donde se extienden hacia otros sectores. Los estudios indican cómo las transformaciones estructurales profundas no ocurren de forma instantánea, sino que depende de que los nodos críticos evolucionen y eso explica por qué la estructura productiva cambia lentamente.

Un factor que dificulta cambios rápidos en la organización productiva son las decisiones pasadas ya que condicionan el desarrollo en el tiempo de la estructura productiva. Ramos Carvajal y García Muñiz (2004) propusieron una forma distinta de identificar la estructura centro-periferia en redes económicas, que se basa en medidas de información que disminuyen la distancia entre la estructura teórica y la observada. Los sectores mejor posicionados suelen mantener su posición dentro de la red, los sectores con menos conexiones difícilmente cambian esa jerarquía. Además, la estructura centro-periferia tiende a mantenerse con el tiempo, esto apunta a que el cambio estructural es lento y responde a decisiones tomadas anteriormente.

2.5.2 Jerarquías en la red

En la presente investigación es necesario diferenciar entre centralidad y jerarquía dentro de la red productiva. La centralidad se relaciona con la cantidad de conexiones directas de un sector y la jerarquía depende de la posición dentro del conjunto de sectores, considerando no solo sus vínculos directos sino también sus vínculos indirectos con otros (Fuentes et al., 2013). Un sector puede tener muchas conexiones directas (alta centralidad) y aun así no ocupar un lugar relevante si no está conectado con sectores influyentes.

La posición jerárquica de un sector dentro de la red depende principalmente de su capacidad de intermediación, en otras palabras, la intermediación se observa en los caminos más cortos que conectan sectores (geodésicas) (Fuentes et al., 2013). Un sector con alta intermediación actúa como puente entre otros que no están directamente conectados. Cuando entre dos sectores solo existe una conexión, esa relación constituye un puente que otorga al sector intermediario un papel clave en los flujos intersectoriales. Los sectores que ocupan posiciones jerárquicas superiores, son los que combinan alta centralidad con alta intermediación, ya que articulan la estructura misma de la red.

La jerarquía dentro de la red se liga con el tipo de relaciones que predominan, ya sea lazos fuertes o débiles. Los lazos fuertes se distinguen por sus relaciones intensas y simétricas que por lo general tienden a formar clústeres densos y homogéneos, por otra parte, los lazos débiles son relaciones tenues y asimétricas que conectan diferentes clústeres y permiten que la red se mantenga integrada (Fuentes et al., 2013; Granovetter, 1973). La hipótesis de Granovetter

sugiere que los lazos débiles son importantes para la cohesión de la red, pues enlazan sectores que de otro modo permanecerían desconectados. La estructura tiende a mantenerse: los sectores centrales conservan su jerarquía a través de lazos fuertes internos, mientras que los lazos débiles refuerzan la estructura sin llegar a alterar la posición relativa de los nodos, lo que ayuda a entender el cambio lento de la jerarquía productiva (Ramos Carvajal y García Muñiz, 2004).

2.6 Síntesis y definición operativa

2.6.1 Integración del marco teórico

En síntesis, existen diferentes conceptualizaciones del cambio estructural y de cómo se desarrolla. En el modelo de Lewis (1967) este proceso se explica por la transferencia progresiva de trabajo desde el sector tradicional hacia el moderno. Kuznets (1973) confirma que el crecimiento moderno implica una disminución sostenida del empleo y el producto del sector agrícola, junto con la expansión de la industria manufacturera. Hirschman (1961) se enfoca en la naturaleza de los vínculos en lugar del tamaño, haciendo énfasis en cómo se conecta con el resto de la economía un sector a través de sus encadenamientos hacia atrás y hacia adelante. Lo cual permite dejar a un lado una mera cuestión de pesos relativos en el cambio estructural, pasando a ser un problema de articulación productiva.

El análisis insumo-producto permite representar las relaciones entre los sectores mediante matrices. Leontief (1936) formalizó estas interdependencias sectoriales de forma matricial, posteriormente indicadores como encadenamientos directos de Chenery y Watanabe (1958) o multiplicadores totales de Rasmussen (1956) que permiten medir el impacto de cada sector. Estas herramientas captan la intensidad de los flujos, pero no el lugar que ocupa dentro del entramado productivo. Sectores con encadenamientos similares pueden desempeñar funciones diferentes dependiendo de su ubicación en la red (Schuschny, 2005). Por lo que se complementan las herramientas tradicionales con la teoría de redes. La teoría de redes introduce medidas de centralidad como grado, cercanía e intermediación, propuestas por Freeman (1978). Que fueron aplicadas con el análisis insumo-producto por Morillas Raya (1983) y García y Ramos (2003), revelan con quien se relaciona un sector, desde que lugar lo hace y que papel tiene en la transmisión de impulsos productivos.

Las estructuras productivas no cambian de forma abrupta, por la poca variación en el tiempo de los coeficientes técnicos, como se muestran en la aplicación del método RAS (Bacharach, 1970; Uribe, 1975). Los sectores suelen mantener una organización de jerarquía, donde los núcleos permanecen en posiciones centrales y otros tienen menor capacidad de cambiar su lugar (Ramos Carvajal y García Muñiz, 2004; Soza-Amigo et al., 2018). Paralelamente en México, la evidencia muestra menor integración entre sectores, una alta dependencia de insumos importados y una reducción de sectores clave (Aroche Reyes, 2005; Boundi Chraki, 2016; Murillo Villanueva, 2020). En Baja California, Fuentes et al. (2013) observan encadenamientos débiles que no corresponde a la dinámica exportadora. Todo esto indica la importancia de analizar el cambio estructural que incorpore la reasignación sectorial, los encadenamientos, la posición en la red y su evolución gradual.

2.6.2 Definición e implicaciones

En este trabajo se define al cambio estructural como una reorganización persistente de los encadenamientos productivos que cambia la estructura de interdependencias sectoriales y afecta la magnitud de los efectos multiplicadores dentro de la economía. En él se consideran cuatro dimensiones en el análisis, la reasignación sectorial (cambios en la participación relativa de cada sector en la producción total), los encadenamientos como mecanismo de arrastre, la medición de interdependencias y la teoría de redes para observar el lugar dentro de la red de los sectores y la topología de la red, considerando que estas transformaciones se dan en el largo plazo.

De esta definición se derivan directamente las hipótesis de la investigación. La hipótesis H1 se espera que los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante aumenten significativamente entre 2003 y 2018, reflejando una mayor integración productiva doméstica. La hipótesis H2 (reconfiguración de la red) se espera que la red productiva gane densidad, que los sectores manufactureros y de servicios avanzados aumenten su centralidad (PageRank, intermediación), y que la topología se vuelva más cohesiva. La hipótesis H3 se espera que los multiplicadores tipo I y tipo II crezcan, y que el efecto inducido (canal salarial-consumo) se fortalezca, indicando una mayor capacidad de arrastre sobre el empleo y los hogares. En el siguiente capítulo se presentan los procedimientos de homologación intertemporal de matrices, el cálculo de

indicadores insumo-producto y las medidas de teoría de redes que se utilizan para comprobar estas hipótesis con la economía mexicana entre 2003 y 2018.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Fuentes de información y periodo de estudio

El análisis se basa en las Matrices Insumo-Producto (MIP) nacionales publicadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía para los años 2003 y 2018. La matriz del 2003 se basa en el SCIAN 2002, incluye una desagregación de 79 subsectores y está valuada a precios básicos del 2003 (INEGI, 2006). Por su parte, la matriz de 2018 se elaboró con el SCIAN 2013, con 78 subsectores y valuada a precios básicos de 2018 (INEGI, 2021). Estas diferencias en la clasificación y nivel de desagregación llevan a un proceso de homologación para hacer comparables ambas matrices, el cual se detalla en la sección 3.2, se obtiene un total de $n = 77$ subsectores comparables, que constituyen la base para todos los cálculos posteriores.

El periodo 2003-2018 se eligió porque abarca distintas fases del ciclo económico, se tiene una etapa de expansión entre 2003 y 2008, la crisis financiera global de 2008-2009 y la recuperación posterior hasta 2018. Este horizonte permite identificar las tendencias de largo plazo y distinguir cambios estructurales más persistentes.

Cuadro 1. Correspondencia entre las tablas MIP 2003 y 2018 según el SCIAN (subsectores armonizados)

No	Clave	Nombre del subsector	No	Clave	Nombre del subsector
1	111	Agricultura	40	486	Transporte por ductos
2	112	Ganadería	41	487	Transporte turístico
3	113	Aprovechamiento forestal	42	488	Servicios relacionados con el transporte
4	114	Pesca, caza y captura	43	491	Servicios postales
5	115	Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	44	492	Servicios de mensajería y paquetería
6	211	Extracción de petróleo y gas	45	493	Servicios de almacenamiento
7	212	Minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas	46	511	Edición de publicaciones y de software, excepto a través de Internet

8	213	Servicios relacionados con la minería	47	512	Industria filmica y del video, e industria del sonido
9	221	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	48	515	Radio y televisión
10	236	Edificación	49	517	Telecomunicaciones
11	237	Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada	50	518	Proveedores de acceso a Internet, servicios de búsqueda en la red y servicios de procesamiento de información
12	238	Trabajos especializados para la construcción	51	519	Otros servicios de información
13	311	Industria alimentaria	52	521	Banca central
14	312	Industria de las bebidas y del tabaco	53	522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil
15	313	Fabricación de insumos textiles	54	523	Actividades bursátiles cambiarias y de inversión financiera
16	314	Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	55	524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones
17	315	Fabricación de prendas de vestir	56	531	Servicios inmobiliarios
18	316	Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	57	532	Servicios de alquiler de bienes muebles
19	321	Industria de la madera	58	533	Servicios de alquiler de marcas registradas, patentes y franquicias
20	322	Industria del papel	59	541	Servicios profesionales, científicos y técnicos
21	323	Impresión e industrias conexas	60	551	Dirección de corporativos y empresas
22	324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	61	561	Servicios de apoyo a los negocios
23	325	Industria química	62	562	Manejo de desechos y servicios de remediación
24	326	Industria del plástico y del hule	63	611	Servicios educativos
25	327	Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	64	621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados
26	331	Industrias metálicas básicas	65	622	Hospitales
27	332	Fabricación de productos metálicos	66	623	Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud
28	333	Fabricación de maquinaria y equipo	67	624	Otros servicios de asistencia social
29	334	Fabricación de equipo de computación, comunicación,	68	711	Servicios artísticos y deportivos y otros servicios relacionados

		medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos			
30	335	Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	69	712	Museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares
31	336	Fabricación de equipo de transporte	70	713	Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos
32	337	Fabricación de muebles y productos relacionados	71	721	Servicios de alojamiento temporal
33	339	Otras industrias manufactureras	72	722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas
34	43-46	Comercio	73	811	Servicios de reparación y mantenimiento
35	481	Transporte aéreo	74	812	Servicios personales
36	482	Transporte por ferrocarril	75	813	Asociaciones y organizaciones
37	483	Transporte por agua	76	814	Hogares con empleados domésticos
38	484	Autotransporte de carga	77	931	Actividades del gobierno
39	485	Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril			

Nota: El subsector 221 originalmente correspondía solo a electricidad, en el proceso de homologación se sumó 222 (agua y suministro de gas por ductos al consumidor final), por lo que ambas matrices representa electricidad, agua y gas. El subsector 43-46 (comercio) aparece unido en 2003 las actividades de comercio al por mayor (431) y al por menor (461), que en 2018 ya aparecen dividido. El subsector 519 (Otros servicios de información) incorpora el contenido que originalmente pertenecía en 2003 a 516 (Creación y difusión de contenido exclusivamente a través de Internet). Por lo cual los subsectores 222 y 516 fueron eliminados por falta de correspondencia entre años. Fuente: Elaboración propia con datos del SCIAN, INEGI (2003,2018).

3.2 Procesamiento de las matrices insumo-producto

3.2.1 Método de doble deflación: conversión a precios constantes

El método de doble deflación se basa en la identidad contable que define el valor agregado como la diferencia entre el valor bruto de la producción y el consumo intermedio. Su aplicación en el caso de una MIP consiste en deflactar por separado los flujos intersectoriales, la demanda final y el valor bruto de la producción utilizando índices de precios implícitos (IPI) adecuados para

cada uno. Entonces, el valor agregado a precios constantes se obtiene como lo que queda (Miller y Blair, 2009)

Sean $n = 77$ el número de subsectores después de la homologación. Para cada año t (2003 y 2018) se definen:

- $\mathbf{Z}^t: [z_{ij}^t]$, matriz $(n \times n)$, donde z_{ij}^t es el flujo (en pesos corrientes) del sector i al sector j como consumo intermedio.
- $\mathbf{x}^t: [x_i^t]$, vector columna $(n \times 1)$, donde x_i^t es la producción bruta total del sector i .
- $\mathbf{f}^t: [f_i^t]$, vector columna $(n \times 1)$, donde f_i^t es la demanda final total del producto del sector i .
- $\mathbf{v}^t: [v_j^t]$, vector fila $(1 \times n)$, donde v_j^t es el valor agregado del sector j .

Las identidades contables para cada sector i puede escribirse como (Miller y Blair, 2009, pp.11-13):

$$x_i^t = \sum_{j=1}^n z_{ij}^t + f_i^t \quad (1)$$

$$x_j^t = \sum_{i=1}^n z_{ij}^t + v_j^t \quad (2)$$

La ecuación (1) apunta a la producción total del sector i se destina a satisfacer la demanda intermedia más la demanda final f_i^t . La ecuación (2) muestra que la producción total del sector j se estima como la suma de los insumos intermedios que compra a todos los sectores i más el valor agregado v_j^t generado en j .

Para convertir los valores a precios del año base b se definen los siguientes índices:

$\hat{\mathbf{p}}_z^{t \rightarrow b}$: matriz diagonal $(n \times n)$ cuyos elementos $p_{z,i}^{t \rightarrow b}$ son los IPI de la demanda intermedia del sector i .

$\hat{\mathbf{p}}_x^{t \rightarrow b}$: matriz diagonal de tamaño $n \times n$ ($n = \text{número de sectores}$) con los IPI de la producción de cada sector en su diagonal.

$\hat{\mathbf{p}}_f^{t \rightarrow b}$: matriz diagonal de tamaño $n \times n$ con los IPI de la demanda final en su diagonal.

La actualización a precios constantes se realiza mediante:

$$\mathbf{Z}^b = \hat{\mathbf{p}}_Z^{t \rightarrow b} \mathbf{Z}^t \quad (3)$$

$$\mathbf{x}^b = \hat{\mathbf{p}}_x^{t \rightarrow b} \mathbf{x}^t \quad (4)$$

$$\mathbf{f}^b = \hat{\mathbf{p}}_f^{t \rightarrow b} \mathbf{f}^t \quad (5)$$

Una vez obtenidos estos agregados, el valor agregado a precios constantes se calcula por diferencia, utilizando la identidad (2):

$$\mathbf{v}^b = \mathbf{x}^b - (\mathbf{Z}^b)^T \mathbf{1} \quad (6)$$

donde $\mathbf{v}^b$ y $\mathbf{x}^b$ son vectores columna ($n \times 1$) y $\mathbf{1}$ es un vector columna de unos. El índice de precios implícito del valor agregado para cada sector se obtiene de la siguiente forma:

$$\hat{\mathbf{p}}_v^{t \rightarrow b} = \text{diag}\left(\frac{v_1^b}{v_1^t}, \dots, \frac{v_n^b}{v_n^t}\right) \quad (7)$$

con la operación elemento a elemento.

La principal crítica a este método es que asume el uso de un único deflactor para todas las transacciones dentro de una misma fila, lo cual sería válido si en cada sector se produjera un bien homogéneo. Pero en la realidad, los sectores presentan una alta heterogeneidad, por lo que esta simplificación puede introducir sesgos en los resultados. Además, al calcular el valor agregado como un residuo, los errores de medición presentes en las variables involucradas tienden a acumularse, lo que puede derivar en estimaciones sin sentido económico, como valores negativos (Miller y Blair, 2009). A pesar de lo anterior, es el procedimiento estándar para construir series homogéneas a precios constantes. En esta investigación se aplica a las matrices de 2003 y 2018 utilizando los IPI sectoriales del INEGI, con base 2018.

3.3 Indicadores de insumo-producto

A partir de las matrices homologadas y a precios constantes se calculan los principales indicadores de interdependencia sectorial. Estos permiten cuantificar tanto las relaciones directas entre sectores como los efectos que se propagan a través de toda la estructura productiva.

3.3.1 Coeficientes técnicos

Los coeficientes técnicos representan la proporción del insumo del sector i requerida para producir una unidad del producto del sector j . Se estima dividiendo cada flujo intersectorial entre la producción bruta del sector comprador:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (8)$$

La matriz que agrupa todos estos coeficientes se denomina matriz de coeficientes técnicos $A = [a_{ij}]$. Sus columnas describen la estructura de costos intermedios de cada sector, y sus filas indican la distribución de la producción de cada sector como insumo para los demás.

Un valor $a_{ij} > 0$ indica que el sector i es un proveedor directo del sector j . Cuanto mayor sea este coeficiente, mayor es la dependencia técnica de j respecto de los insumos producidos por i .

3.3.2 Matriz inversa de Leontief

El modelo de Leontief se expresa mediante la ecuación:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{f} \quad (9)$$

donde $\mathbf{x}$ es el vector de producción bruta y $\mathbf{f}$ el vector de demanda final. Despejando la producción se obtiene:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} \quad (10)$$

La matriz $L = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ es conocida como la matriz inversa de Leontief. Cada elemento l_{ij} cuantifica la producción total, directa e indirecta, del sector i necesaria para satisfacer una unidad de demanda final del sector j .

3.3.3 Encadenamientos productivos

A partir de la matriz inversa de Leontief se calculan los encadenamientos hacia atrás y hacia adelante (Rasmussen, 1956; Schuschny, 2005), que sirven para clasificar los sectores según su capacidad de arrastre y su sensibilidad ante cambios en la demanda.

- **Encadenamiento hacia atrás (BL)**

El encadenamiento hacia atrás del sector j indica el efecto total sobre la producción de todos los sectores cuando la demanda final del sector j aumenta en una unidad:

$$BL_j = \sum_{i=1}^n l_{ij} \quad (11)$$

Un valor de BL_j superior al promedio indica que el sector j tiene una alta capacidad de arrastre, por lo tanto, un incremento en su demanda final genera un aumento más que proporcional en la producción del resto de la economía.

- **Encadenamiento hacia adelante (FL)**

El encadenamiento hacia adelante del sector i mide al incremento en la producción del sector i cuando la demanda final de todos los sectores aumentan unitariamente:

$$FL_i = \sum_{j=1}^n l_{ij} \quad (12)$$

Un valor de FL_i superior al promedio señala que el sector i reacciona a mucho a cambios en la demanda general: cuando la demanda final de toda la economía se expande, su producción responde de manera más que proporcional. Pero, este indicador captura solo un mecanismo de arrastre por demanda, por lo que se complementa con el encadenamiento hacia adelante por oferta descrito en la sección 3.3.4.

- **Índices normalizados**

Para comparar sectores entre sí se utilizan las medidas normalizadas con propósitos analíticos distintos. Los índices de Rasmussen expresan cada encadenamiento en relación con el promedio de la economía:

$$\overline{BL}_j = \frac{BL_j}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n BL_k} \quad (13)$$

$$\overline{FL}_i = \frac{FL_i}{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n FL_k} \quad (14)$$

Un valor mayor que 1 indica que el sector se encuentra por encima del promedio, un valor menos que 1 indica lo contrario. Estos índices se reportan en las tablas de resultados para facilitar la comparación con la literatura de insumo-producto.

Complementariamente, se calculan puntajes estandarizados o z-scores:

$$BL_j^z = \frac{BL_j - \bar{\mu}_{BL}}{\sigma_{BL}} \quad (15)$$

$$FL_i^z = \frac{FL_i - \bar{\mu}_{FL}}{\sigma_{FL}} \quad (16)$$

Donde μ y σ son la media y la desviación estándar de la distribución de encadenamientos en cada año. Como verificación de robustez, se confirmó que ambas normalizaciones producen clasificaciones sectoriales idénticas para los 77 subsectores en 2003 y 2018. Los mapas estructurales de cuadrantes utilizan z-scores como eje de clasificación por su mayor robustez ante valores extremos; los índices de Rasmussen se reportan en tablas comparativas.

- **Clasificación de sectores**

Combinando ambos índices se puede clasificar a los sectores en cuatro categorías:

Cuadro 2. Clasificación de sectores según encadenamientos hacia atrás y hacia adelante

Tipo	$\overline{BL}_j$	$\overline{FL}_i$	Característica
Clave	> 1	> 1	Fuertes demandantes y oferentes de insumos. Articulan la red productiva
Base	< 1	> 1	Abastecen de insumos a otros sectores. Pueden generar cuellos de botella.
Impulsores	> 1	< 1	Alta demanda de insumos, pero su producción se dirige principalmente a la demanda final.
Independientes	< 1	< 1	Escasas relaciones con el resto de la economía.

Fuente: Elaboración propia con base en Rasmussen (1956) y Chenery y Watanabe (1958).

En esta investigación se calculan estos indicadores para las matrices de 2003 y 2018 a precios constantes base 2018. En los mapas estructurales de cuadrantes el eje horizontal corresponde al BL de Leontief y el eje vertical al FL de Gosh (sección 3.3.4), combinando el régimen de demanda y el de oferta en una sola representación.

3.3.4 Modelo de Ghosh: encadenamientos hacia adelante por oferta

El análisis de encadenamientos hacia adelante puede abordarse desde perspectivas teóricas distintas, cada una con implicaciones diferentes sobre el mecanismo de propagación que se asume. La primera, derivada del modelo de Leontief, mide el encadenamiento hacia adelante como la sensibilidad de la producción del sector i ante aumentos unitarios en la demanda final de todos los sectores, tal como se definió anteriormente para el encadenamiento hacia adelante por el método de Leontief. Sin embargo, este indicador captura fundamentalmente un mecanismo de arrastre por demanda: el sector i reacciona porque otros sectores lo demandan como insumo.

La segunda perspectiva, propuesta por Ghosh (1958), parte de una lógica de difusión por oferta. En este modelo, el punto de partida no es la demanda final sino la disponibilidad de insumos primarios: un aumento en el valor agregado del sector i se propaga hacia adelante a través de la cadena productiva en la medida en que otros sectores dependen de su producción. Es importante

cuando el interés analítico se centra en identificar sectores cuya restricción de oferta puede generar cuellos de botella sistémicos (Miller y Blair, 2009).

Formalmente, la matriz de coeficientes de distribución de Ghosh se define como:

$$b_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_i} \quad (17)$$

Donde x_i es la producción bruta del sector vendedor i . En forma matricial, $\mathbf{B} = \hat{\mathbf{x}}^{-1}\mathbf{Z}$. A diferencia con los coeficientes técnicos de Leontief (ecuación 8), donde la división se realiza por la producción del sector comprador j aquí se divide por la producción del sector vendedor i . La inversa de Ghosh es $\mathbf{G} = (\mathbf{I} - \mathbf{B})^{-1}$, y el encadenamiento hacia adelante por oferta del sector i se calcula como la suma de su fila:

$$FL_G_i = \sum_{j=1}^n g_{ij} \quad (18)$$

Es importante subrayar que esta suma recorre las filas de $\mathbf{G}$, a diferencia del encadenamiento hacia atrás de Leontief que recorre las columnas de $\mathbf{L}$. Un valor alto de FL_G_i indica que el sector i tiene una alta capacidad de difusión por oferta: un incremento en su producción primaria se transmite de manera intensa al conjunto del aparato productivo nacional.

Para cuantificar la diferencia entre ambos regímenes de propagación se construye el índice de asimetría estructural (Dietzenbacher y Los, 1998):

$$AI_i = \frac{FL_G_i - FL_L_i}{FL_G_i + FL_L_i} \quad (19)$$

Este índice varía en $(-1,1)$, valores positivos indican dominancia de la propagación por oferta (*supply-driven*), negativos, por demanda (*demand-driven*). Los sectores se clasifican según su posición en la distribución de $|AI_i|$:

En la clasificación anterior, las barras verticales $|\cdot|$ denotan el valor absoluto del índice de asimetría estructural.

Cuadro 3. Categorías del índice de asimetría estructural

Categoría	Condición
Supply-driven (núcleo)	$AI_i > \text{percentil } 90 \text{ de } AI $
Supply-driven (periferia)	$AI_i > \text{percentil } 80 \text{ de } AI $
Estructura balanceada	$ AI_i \leq \text{percentil } 80 \text{ de } AI $
Demand-driven (periferia)	$AI_i < -\text{percentil } 80 \text{ de } AI $
Demand-driven (núcleo)	$AI_i < -\text{percentil } 90 \text{ de } AI $

Nota: Donde $|\cdot|$ denota el valor absoluto del índice de asimetría estructural. Fuente: Elaboración propia con base en Ghosh (1958) y Miller y Blair (2009).

Los umbrales en percentiles 80 y 90 son empíricos y se calculan de forma independiente para cada año. Esta clasificación se calcula para 2003 y 2018, permitiendo identificar cambios en el régimen de propagación predominante en la economía mexicana.

3.4 Multiplicadores tipo I y II

Los multiplicadores de producción cuantifican la respuesta de la economía ante cambios exógenos en la demanda final. La diferenciación entre multiplicadores tipo I y II consiste en el tratamiento del consumo de los hogares. El modelo abierto (tipo I) lo considera exógeno, mientras que el modelo cerrado (tipo II) lo endogeniza, incorporando así los efectos inducidos por el ingreso (Miller y Blair, 2009; Schuschny, 2005).

3.4.1 Multiplicador tipo I (modelo abierto)

En el modelo abierto, la demanda final incluye el consumo de los hogares como un componente exógeno. La producción se determina mediante la inversa de Leontief estándar:

$$x = (I - A)^{-1}y \quad (20)$$

El multiplicador tipo I para el sector j es la suma de la columna j de la matriz inversa:

$$M_j^{(I)} = \sum_{i=1}^n l_{ij} \quad (21)$$

Donde l_{ij} son los elementos de $(I - A)^{-1}$. Este indicador captura los efectos directos (el propio incremento en la producción de j) e indirectos (las compras adicionales de insumos a lo largo de la cadena productiva.). No considera lo que pasa cuando suben los ingresos de los hogares.

3.4.2 Multiplicador tipo II (modelo cerrado)

Para incluir estos efectos, se añade el consumo de los hogares como un sector más dentro del modelo. Se construye la matriz de coeficientes técnicos ampliada A de dimensión $(n + 1) \times (n + 1)$:

$$\tilde{A} = \begin{pmatrix} A & c \\ w' & 0 \end{pmatrix} \quad (22)$$

donde:

- A es la matriz de coeficientes técnicos original.
- c es el vector columna de coeficientes de consumo: $c_i = C_i/X_i$, donde C_i es el consumo privado del producto del sector i .
- w' es el vector fila de coeficientes de remuneraciones: $w_i = W_j/X_j$, donde W_j es el total de los salarios pagados por el sector j .
- El elemento $(n + 1, n + 1)$ se fija en 0 (los hogares no se compran insumos a sí mismos en esta formulación).

La producción en el modelo cerrado está dada por:

$$\tilde{x} = (I - \tilde{A})^{-1} \tilde{y} \quad (23)$$

Donde:

- x es el vector de producción ampliada $((n + 1) \times 1)$, que incluye la producción de los sectores originales y el producto del sector hogares (ingreso total).
- I es la matriz identidad de dimensión $n + 1$.

- y es el vector de demanda final ampliado, que excluye el consumo de los hogares (porque ya está endogenizado).

El multiplicador tipo II para el sector j se construye sumando los elementos de la columna j de la matriz inversa ampliada, excluyendo la fila correspondiente a los hogares:

$$M_j^{(II)} = \sum_{i=1}^n \tilde{l}_{ij} \quad (24)$$

donde $\tilde{l}_{ij}$ son los elementos de $(I - A)^{-1}$ para $i = 1, \dots, n$.

$M_j^{(II)}$ muestra cuánto aumenta la producción total del país cuando la demanda final del sector j sube en una unidad. Este efecto incluye tres canales: (i) el efecto directo en la producción de j ; (ii) los efectos indirectos a través de las compras intermedias de los sectores proveedores; y (iii) el efecto que viene de que las familias tienen más ingreso, consumen más y eso vuelve a impulsar la demanda. Por cómo está construido, se cumple que $M_j^{(II)} \geq M_j^{(I)}$ para todo sector j . La diferencia entre ambos indica qué tanto influye el aumento del ingreso de los hogares en la actividad económica.

En esta investigación se estimarán ambos multiplicadores para las matrices de 2003 y 2018, para ver si ha cambiado la capacidad de los sectores para impulsar la actividad económica, observar posibles cambios en la forma en que se consume y en cómo se distribuye el ingreso entre sectores a lo largo del tiempo.

3.5 Métricas de red

El análisis de redes sociales (Social Network Analysis, SNA) complementa los indicadores tradicionales de insumo-producto (encadenamientos de Rasmussen, Chenery-Watanabe y multiplicadores) al incorporar la posición relativa de cada sector dentro del grafo de flujos intersectoriales. En este estudio, la economía mexicana para los años 2003 y 2018 se representa como un grafo dirigido y ponderado $G = (V, E, W)$, donde:

V es el conjunto de vértices (sectores productivos).

E es el conjunto de aristas dirigidas que indican la existencia de un flujo del sector i al sector j .

W es una función de peso definida por los coeficientes técnicos a_{ij} , de modo que cada arista $i \rightarrow j$ tiene un peso igual al coeficiente técnico correspondiente (García Muñiz y Ramos Carvajal, 2003; Morillas Raya, 1983).

Con esta forma de representar la red, se calculan tres medidas de centralidad propuestas por Freeman (1978), cada una refleja un aspecto distinto del papel de un sector, como lo es su actividad relacional, su capacidad de intermediación y su cercanía al resto del sistema. La comparación de estas métricas entre 2003 y 2018 permite identificar cambios en la topología de la red productiva nacional y en el rol de los sectores clave.

3.5.1 Centralidad de grado

La centralidad de grado (*degree centrality*) mide el número de conexiones directas que mantiene un sector. En un grafo dirigido se distinguen dos componentes:

- Grado de salida (*out-degree*): número de sectores a lo que i vende insumos.
- Grado de entrada (*in-degree*): número de sectores de los que i compra insumos.

La medida absoluta de grado para el vértice p_k se define como:

$$C_D(p_k) = \sum_{i=1}^n a(p_i, p_k) \quad (25)$$

Donde $a(p_i, p_k) = 1$ si existe una relación directa del sector i al sector k , y 0 en caso contrario (Freeman, 1978). Para comparar redes de distinto tamaño (aunque en este caso n es constante) se utiliza la versión relativa:

$$C'_D(p_k) = \frac{C_D(p_k)}{n - 1} \quad (26)$$

Un alto grado de salida significa que el sector es un proveedor activo de insumos para muchos otros, mientras que un alto grado de entrada indica una fuerte dependencia de insumos externos.

Ambos indicadores capturan la actividad relacional del sector en la red productiva. Su evolución entre 2003 y 2018 sirve para detectar procesos de terciarización o desintegración vertical.

3.5.2 Centralidad de intermediación de nodos

La centralidad de intermediación (*betweenness centrality*) mide la frecuencia con que un sector se encuentra en las geodésicas (camino más cortos) que conectan a otros pares de sectores. Los sectores con alta intermediación actúan como puentes o cuellos de botella en la transmisión de flujos productivos.

Para el cálculo de las geodésicas en esta red ponderada, los coeficientes técnicos se transforman en distancias mediante la inversa $d_{ij} = 1/(a_{ij} + \varepsilon)$, con $\varepsilon = 10^{-9}$, de modo que los vínculos más intensos corresponden a caminos más cortos (Opsahl et al., 2010).

La medida absoluta de intermediación para el vértice p_k es:

$$C_B(p_k) = \sum_{i \neq j, i \neq k, j \neq k}^n \frac{g_{ij}(p_k)}{g_{ij}} \quad (27)$$

donde g_{ij} es el número de geodésicas entre p_i y p_j , y $g_{ij}(p_k)$ es el número de esas geodésicas que pasan por p_k (Freeman, 1978). En la versión relativa, toma valores entre 0 y 1, es:

$$C'_B(p_k) = \frac{C_B(p_k)}{(n-1)(n-2)} \quad (28)$$

Donde:

- n es el número de sectores
- La versión relativa normaliza el valor absoluto de intermediación al máximo posible en un grafo dirigido, que es $(n-1)(n-2)$.

Un sector con alta intermediación controla el flujo de insumos entre sectores que no están directamente conectados (Fuentes et al., 2013). Su posición le asigna un potencial de control y poder de intermediación sobre las cadenas productivas (Borgatti, 2005; Fuentes et al., 2013), ya que puede facilitar o bloquear la transmisión de impulsos económicos (Freeman, 1978). En el contexto del cambio estructural mexicano entre 2003 y 2018, una disminución en la

intermediación de sectores tradicionales podría indicar una mayor densidad de la red o una reorganización de los eslabonamientos, mientras que un aumento en la intermediación de sectores de servicios podría reflejar su creciente papel como articuladores de la producción nacional.

3.5.3 Centralidad de intermediación de aristas

Mientras que la intermediación de nodos identifica sectores que actúan como puentes entre diferentes partes de la red, la intermediación de aristas (*edge betweenness*) mide la frecuencia con que un vínculo productivo específico $i \rightarrow j$ aparece en los caminos más cortos (geodésicas) que conectan a todos los pares de sectores de la economía. Una arista con alta intermediación representa una relación proveedor-comprador cuya interrupción fragmentaría significativamente la conectividad de la red, es decir, constituye un vínculo crítico en la transmisión de impulsos productivos (Goh et al., 2001; Newman, 2005).

La medida absoluta de intermediación para la arista e_{ij} (que va del sector i al sector j) se define como:

$$C_{BE}(e_{ij}) = \sum_{s \neq t} \frac{g_{st}(e_{ij})}{g_{st}} \quad (29)$$

donde s y t recorren todos los sectores de la red, $s \neq t$; g_{st} es el número total de geodésicas (camino más cortos) entre el sector s y el sector t , y $g_{st}(e_{ij})$ es el número de esas geodésicas que pasan por la arista e_{ij} .

En un grafo dirigido, la versión relativa (normalizada) se obtiene dividiendo el valor absoluto entre el número máximo posible de pares de nodos, que es $(n - 1)(n - 2)$:

$$C'_{BE}(e_{ij}) = \frac{C_{BE}(e_{ij})}{(n - 1)(n - 2)} \quad (30)$$

Dado que la red productiva se construye a partir de coeficientes técnicos ponderados, para el cálculo de las geodésicas se transforman los pesos originales de las aristas mediante $w'_{ij} = 1/(a_{ij} + \varepsilon)$, con $\varepsilon = 10^{-9}$. De esta forma, los vínculos con mayor intensidad técnica (coeficientes a_{ij} altos) corresponden a distancias menores en el cómputo de los caminos más cortos, reflejando que un flujo grande entre dos sectores indica una relación más directa y menos sustituible (Opsahl et al., 2010).

La identificación de las aristas con mayor intermediación en 2003 y 2018 permite detectar qué relaciones proveedor-comprador específicas actúan como cuellos de botella estructurales y si esos vínculos críticos cambiaron durante el periodo de estudio. Por ejemplo, si una arista correspondiente al suministro de un insumo manufacturero tradicional pierde intermediación mientras que una nueva relación de servicios digitales la gana, ello reflejaría una reorganización de los eslabonamientos clave de la economía mexicana.

3.5.4 Centralidad de cercanía armónica

En redes dirigidas que no son completamente conexas (como la red productiva intersectorial, donde no todos los pares de sectores están conectados mediante caminos dirigidos) la centralidad de cercanía estándar presenta un problema técnico: cuando no existe camino dirigido entre nodos, la distancia es infinita y el indicador colapsa a cero para una fracción importante de sectores, perdiendo poder discriminante. Para resolver este problema se utiliza centralidad armónica (Wasserman y Faust, 1994), definida como:

$$CC_H(p_k) = \frac{1}{n-1} \sum_{i \neq k} \frac{1}{d(p_i, p_k)} \quad (31)$$

Donde $d(p_i, p_k)$ es la longitud del camino más corto desde p_i hasta p_k , y los pares sin camino dirigido contribuyen con cero al numerador (en lugar de hacer infinita la suma). Un sector con alta centralidad armónica puede recibir flujos del resto del sistema de manera eficiente, sin depender de múltiples intermediarios. La comparación de este indicador entre 2003 y 2018 sirve para detectar cambios en la accesibilidad estructural de los sectores dentro de la red productiva nacional.

3.5.5 PageRank

El algoritmo PageRank, adaptado al análisis de redes productivas por Acemoglu et al. (2012), mide la influencia sistemática de un sector considerando no solo el número de sectores que lo demandan como insumo, sino también la importancia de esos sectores dentro de la red. Un sector tiene un PageRank alto si es proveedor de sectores que, a su vez, son proveedores importantes de otros sectores. Formalmente, el PageRank del sector i se define como la solución al sistema:

$$PR_i = \frac{1-d}{n} + d \sum_{j \in \mathcal{N}^-(i)} \frac{a_{ji} \times PR_j}{\sum_k a_{jk}} \quad (32)$$

donde d es el parámetro de amortiguamiento (fijado en 0.85, valor estándar), $\mathcal{N}^-(i)$ es el conjunto de sectores que proveen insumos al sector i , y los pesos a_{ji} corresponden a los coeficientes técnicos. A diferencia del encadenamiento hacia atrás de Rasmussen, que trata a todos los proveedores por igual, el PageRank asigna mayor peso a aquellos proveedores que son más importantes para el conjunto de la economía. Así, refleja los efectos que se propagan más allá de la relación directa entre comprador y vendedor. Por lo tanto, si el PageRank de un sector crece entre 2003 y 2018, significa que no solo compra más insumos, sino que ahora depende de proveedores más centrales y forma parte de cadenas productivas más estratégicas. Cabe precisar que PR no es un valor asignado de antemano, sino que se determina de forma endógena como la solución (vector estacionario) del sistema anterior, obtenido iterativamente hasta la convergencia.

3.5.6 Indicadores de cohesión de la red

Para caracterizar la estructura global de la red productiva (más allá de la posición individual de cada sector) se calculan los siguientes indicadores de cohesión, comparando su evolución entre 2003 y 2018:

La densidad mide la proporción de vínculos existentes sobre el total de vínculos posibles en un grafo dirigido de n nodos:

$$\rho = \frac{|E|}{n(n-1)} \quad (33)$$

Donde $|E|$ es el número de aristas o vínculos existentes en la red (la cardinalidad del conjunto de aristas E , no un valor absoluto numérico), n es el número de nodos (sectores) y $n(n-1)$ es el número máximo de vínculos posibles en un grafo dirigido.

Un aumento en la densidad entre 2003 y 2018 indicaría una mayor interconexión general del aparato productivo; una disminución sugeriría especialización o fragmentación de las cadenas.

La reciprocidad es la fracción de aristas dirigidas que tienen una arista correspondiente en sentido inverso, es decir, pares de sectores con relaciones de compraventa mutua. Una alta reciprocidad refleja la presencia de intercambios bilaterales intensos en la estructura productiva.

La transitividad o coeficiente de agrupamiento global mide la probabilidad de que dos sectores conectados a un tercero también estén conectados entre sí, capturando la tendencia de la red a formar triángulos o clústeres productivos.

El diámetro es la longitud del camino entre cualquier par de sectores alcanzables en la red, y la distancia media es el promedio de todos los caminos más cortos. Ambos indicadores miden la eficiencia de propagación de impulsos a través de toda la estructura: una distancia media menor implica que los efectos de un choque se transmiten más rápidamente al conjunto de la economía.

Finalmente, la asortatividad por grado indica la tendencia de los sectores a conectarse con otros de grado similar (asortatividad positiva) o diferente (asortatividad negativa). Una red productiva con asortatividad negativa (lo que es común en redes económicas) indica que los sectores muy conectados tienden a vincularse con sectores periféricos, lo que tiene implicaciones sobre la resiliencia del sistema ante perturbaciones.

Todos estos indicadores se calculan sobre la red completa de 77 sectores para cada año, utilizando el paquete *igraph* de R (Csárdi y Nepusz, 2006).

3.5.7 Construcción de la red y procedimiento de cálculo

Para cada año se parte de la matriz de coeficientes técnicos A (sección 3.2). Las centralidades se calculan con el paquete **igraph** de R (Csárdi y Nepusz, 2006). Los resultados se comparan entre 2003 y 2018 y se contrastan con los indicadores de encadenamiento (sección 3.3) y multiplicadores (sección 3.4) para evaluar el cambio estructural desde la perspectiva de redes.

Las métricas de centralidad de nodos se calculan sobre la red completa de 77 sectores para garantizar representatividad. Adicionalmente, se construye una subred *backbone* mediante filtrado en dos etapas: primero se retienen los sectores cuya centralidad supera el percentil 20 de la distribución; posteriormente se conservan únicamente las aristas cuyo peso normalizado supera el percentil 90. Este procedimiento reduce el ruido visual en la representación gráfica sin alterar los cálculos numéricos, que siempre se reportan sobre la red completa. La posición espacial de los nodos en las visualizaciones se determina mediante escalamiento multidimensional (MDS) aplicado a la matriz de distancias $d_{ij} = 1/\sqrt{a_{ij}}$, de modo que la proximidad visual entre sectores refleja la intensidad de sus vínculos productivos.

3.6 Estrategia de identificación del cambio estructural

Para detectar los cambios en la estructura de la economía mexicana entre 2003 y 2018, se sigue una estrategia que conecta cada hipótesis con medidas específicas y cuida que los resultados sean consistentes. Enseguida se explican los pasos a seguir, las herramientas utilizadas y la forma en que se revisa que las estimaciones sean correctas.

3.6.1 Flujo de trabajo y vinculación con las hipótesis

El procesamiento de los datos se organizó en cinco etapas, alineadas con las hipótesis de investigación:

- 1) Preparación de los datos

Se descargaron las matrices de insumo-producto de México para 2003 y 2018. Se construyó una correspondencia sectorial entre los sistemas SCIAN 2002 y SCIAN 2013, agregando las actividades a 77 subsectores comparables (Mariña Flores, 1993; Miller y Blair, 2009).

2) Conversión a precios constantes y homologación

Se aplicó el método de doble deflación (Miller y Blair, 2009) para expresar ambas matrices en pesos de 2018.¹

3) Cálculo de indicadores de insumo-producto

Con las matrices homologadas se calcularon: coeficientes técnicos (ecuación 8), matriz inversa de Leontief (ecuación 10), encadenamientos hacia atrás y hacia adelante (ecuaciones 11 y 12) y sus versiones normalizadas (ecuaciones 13 y 14). Se derivaron los multiplicadores tipo I y tipo II (ecuaciones 21 y 24) para evaluar la capacidad de arrastre de los sectores, incluyendo los efectos inducidos (Schuschny, 2005). Lo que permitirá contrastar la hipótesis H1 y H3.

4) Construcción de la red y métricas de centralidad

A partir de la matriz de coeficientes técnicos A de cada año se construyó un grafo dirigido ponderado. Sobre esta red se calcularon las centralidades de grado, intermediación, armónica, nodos, aristas y PageRank (ecuaciones 25, 27, 29, 31 y 32) utilizando el paquete **igraph** de R (Csárdi y Nepusz, 2006). También se calculó la cohesión de la red (ecuación 33). Las variaciones en estas métricas, así como en la densidad y modularidad de la red, permiten contrastar la tercera dimensión de la hipótesis: transformaciones en la topología de la red productiva y en el grado de integración sistémica. Lo que permitió contrastar la H2 de la reconfiguración de la red productiva hacia una mayor centralidad de sectores estratégicos.

5) Comparación intertemporal

Todos los indicadores se calcularon para 2003 y 2018. Se analizaron diferencias absolutas y relativas, cambios en rangos y correlaciones Spearman entre años para evaluar la estabilidad de

¹ El algoritmo RAS no se aplicó porque el objetivo es comparar las estructuras técnicas reales de 2003 y 2018, no proyectar una matriz hacia los valores de la otra. Aplicarlo alteraría los coeficientes técnicos originales e introduciría cambios que no reflejan necesariamente transformaciones reales en la tecnología productiva. La comparabilidad monetaria entre ambas matrices queda garantizada mediante la doble deflación a precios constantes base 2018 (Miller y Blair, 2009).

las jerarquías sectoriales. Además, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov (KS) para comparar las distribuciones de las métricas de centralidad entre ambos años. Como medida global del cambio estructural se calculó la distancia euclidiana normalizada entre las matrices de coeficientes técnicos A_{2003} y A_{2018} .

3.6.2 Entorno computacional y replicabilidad

El procesamiento se realizó en R, los scripts comentados se adjuntan como material suplementario. Se fijaron semillas aleatorias en todos los procedimientos estocásticos y se especificaron las versiones de los paquetes utilizados. Los resultados son completamente replicables.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados del análisis del cambio estructural en la economía mexicana entre 2003 y 2018, siguiendo la estrategia metodológica descrita en el capítulo anterior. El capítulo se organiza en cuatro secciones, la primera (4.1) examina la evolución de los encadenamientos sectoriales (hacia atrás y hacia adelante) a partir de las matrices inversas de Leontief y de Ghosh. La segunda sección (4.2) analiza los multiplicadores de producción tipo I y tipo II, distinguiendo los efectos directos e indirectos de los inducidos por el consumo de los hogares. La tercera sección (4.3) se analiza la red productiva mediante métricas de centralidad y cohesión, mientras que la cuarta sección (4.4) integra los hallazgos y los contrasta con las hipótesis planteadas.

Antes de presentar los resultados, es necesario resaltar una decisión metodológica que resultó crucial para la correcta interpretación del cambio estructural. Como se detalló en la sección 3.2.1, las matrices de 2003 y de 2018 fueron convertidas a precios constantes mediante el método de doble deflación, utilizando índices de precios implícitos sectoriales con base 2018.

4.1 Encadenamientos sectoriales

Los encadenamientos productivos miden la intensidad de las relaciones intersectoriales. Se utilizan dos indicadores complementarios:

- Encadenamiento hacia atrás (BL_L): efecto total (directo + indirecto) que un sector ejerce sobre sus proveedores. Refleja la capacidad de “jalar” insumos nacionales.
- Encadenamiento hacia adelante en el sentido de Ghosh (FL_G)²: efecto total que un sector ejerce sobre sus compradores. Refleja la capacidad de “empujar” hacia el resto de la economía.

² El encadenamiento hacia adelante se calcula con el modelo de Ghosh (1958) en lugar del de Leontief porque algebraicamente $FL_L = \text{suma de filas}(L)$ coinciden con $BL_L = \text{suma de columnas}(L)$ en su nivel agregado, sin aportar información adicional sobre la distribución sectorial. El FL_G captura la difusión por oferta (la capacidad de un sector para propagar efectos hacia sus compradores), lo cual es el interés de análisis de esta investigación. Se utiliza como medida descriptiva estructural, no como modelo de comportamiento (Miller y Blair, 2009).

Ambos indicadores se calculan a partir de las matrices de coeficientes técnicos nacionales y se presentan en términos reales (precios constantes de 2018). El análisis se centra en los cambios entre 2003 y 2018, eliminando el efecto de la inflación para capturar transformaciones estructurales genuinas.

La economía mexicana experimentó una transformación profunda en la intensidad de sus encadenamientos productivos entre 2003 y 2018. Los resultados a precios constantes de 2018 revelan una desintensificación generalizada —una caída en la magnitud e intensidad de los encadenamientos pese al aumento en el número de vínculos— en la capacidad de arrastre tanto hacia atrás como hacia adelante, afectando a 76 de los 77 subsectores analizados. El cuadro 4 resume los principales estadísticos de BL_L y FL_G en ambos años.

Cuadro 4. Estadísticas globales de encadenamientos

Indicador	2003 constantes	2018 constantes	Cambio
Media BL_L	2.3069	1.5871	-31.2%
BL_L mediana	2.4064	1.5862	-34.1%
BL_L máximo	3.4204 (s_331)	2.0176 (s_324)	-41.0%
BL_L desv.est.	0.5266	0.2462	-53.2%
Media FL_G	2.983	1.6909	-43.3%
FL_G mediana	2.144	1.499	-30.1%
FL_G máximo	16.279 (s_211)	3.198 (s_113)	-80.4%
FL_G desv.est	2.664	0.602	-77.4%
Subsectores Clave	11	15	+4
Subsectores Impulsores	31	23	-8
Subsectores Base	16	18	+2
Subsectores Independientes	19	21	+2

Nota: Los valores entre paréntesis indican el código del subsector (SCIAN) correspondiente a ese valor máximo. Fuente: Elaboración propia con base en INEGI 2003 y 2018. Precios constantes base 2018.

La reducción del encadenamiento hacia atrás medio de 2.307 a 1.587 representa una pérdida del 31.2% en la capacidad real de arrastre intersectorial. Esto es considerablemente más perjudicial de lo que los precios corrientes sugieren (donde la caída aparente es de apenas 3%) confirmando

que la deflatación es necesaria para dimensionar y comparar correctamente la transformación estructural del período.

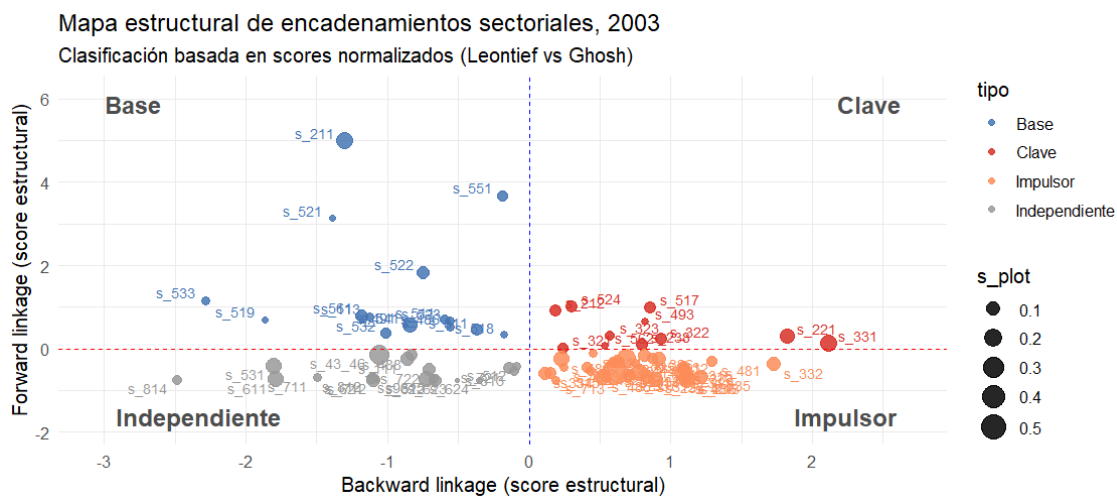
La caída más significativa corresponde a la desviación estándar del encadenamiento hacia adelante máximo, que se redujo un 77.4% al pasar de 2.664 a 0.602. Esta convergencia indica que en 2003 la estructura de propagación hacia adelante era profundamente asimétrica (con un pequeño número de sectores con encadenamientos altos que jalaban el promedio) mientras que en 2018 la distribución mayormente más homogénea.

No obstante, el número de sectores clave aumentó de 11 a 15, lo que reflejó la caída del promedio general: al disminuir la media, un mayor número de subsectores quedó por encima de ella. Ser un sector clave en 2018 implica un encadenamiento hacia atrás entre 1.8 y 2.0, mientras que en 2003 el umbral correspondiente se situaba entre 2.4 y 3.4.

La clasificación de z-scores, que clasifica a los sectores en cuatro categorías según la posición de sus encadenamientos respecto al promedio de la economía, permite caracterizar la reconfiguración productiva del período. Los mapas estructurales presentan la posición de los 77 subsectores en el espacio BL y FL_G para 2003 y 2018 respectivamente.

En la figura 1 se puede apreciar como predominan los subsectores impulsores (31). Se puede entender como una alta capacidad de arrastre hacia atrás, pero baja propagación hacia adelante. Lo que se puede observar, además, es como destaca el sector financiero en el cuadrante Base, son los principales distribuidores de insumos a toda la economía, aunque su capacidad de arrastre propia es moderada. Sólo 11 subsectores son clave, concentrados en energía, minería y algunos servicios financieros. Lo que puede provocar fragilidad en la estructura productiva, puesto que los encadenamientos hacia adelante está concentrado en pocos subsectores.

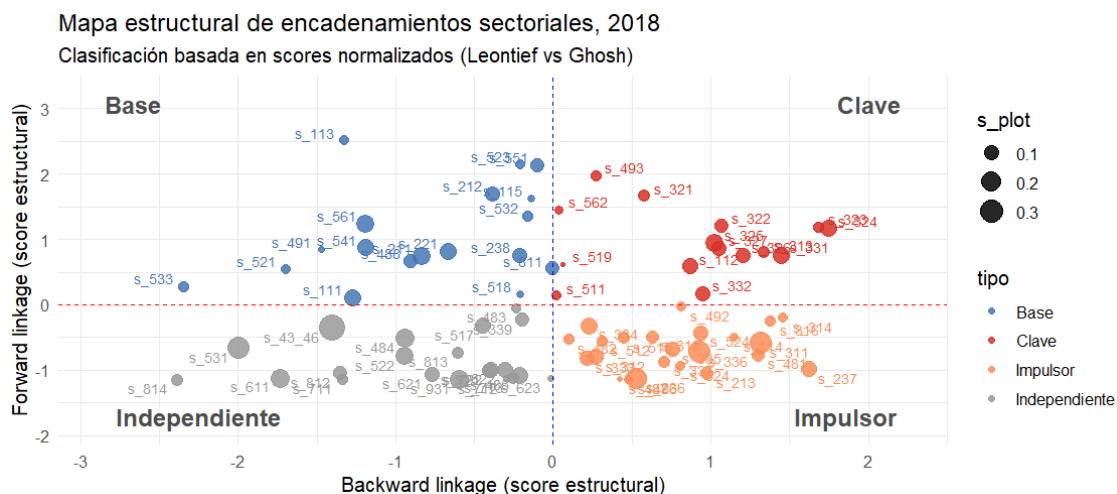
Figura 1. Estructura económica de México 2003, clasificación de sectores z-scores



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 (INEGI, precios constantes base 2018).

En la figura 2 presenta la misma clasificación para 2018, lo que permite comparar visualmente la reconfiguración estructural del período.

Figura 2. Estructura económica de México 2018, clasificación de sectores z-scores



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2018 (INEGI).

En la figura 2 se puede apreciar como la nube de puntos se comprime hacia el centro. En 2003 los puntos se extendieron hasta FL_G de 8, pero en 2018 ningún subsector supera 3. La dispersión disminuyó, todos los subsectores convergen hacia posiciones similares en la red. Lo que es contraintuitivo porque hay más subsectores Clave (15) pero con valores absolutos menores. Como los subsectores: Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (324), Industria química (325) y Fabricación de prendas de vestir (313) se vuelven Clave no por que mejoraron sus encadenamientos sino porque el promedio general cayó más que ellos.

Algo que destacó es el sector financiero desaparece del cuadrante Base. Un ejemplo es el subsector 522 (Intermediación crediticia) pasa a Independiente con encadenamiento hacia delante de apenas 1..22, habiendo tenido 7.88 en 2003. Esta es la transformación estructural más profunda del período, el sistema financiero dejó de funcionar como un canal clave de transmisión entre los distintos subsectores de la economía mexicana.

En el cuadro 5 se pueden observar los 14 cambios de clasificación más relevantes de los 27 observados en total, se tiene que el 35% de los subsectores cambiaron de cuadrante entre 2003 y 2018.

Los cinco subsectores que perdieron el papel de Clave comparten el mismo mecanismo, su FL_G cayó proporcionalmente más que su BL, lo que desplazó su posición en el eje vertical. Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final (221) y Trabajos especializados para la construcción (238) pasan a Base, dado que mantienen FL_G por encima del promedio, pero su BL cayó por debajo.

Los subsectores que ganaron condición de Clave en 2018 son: Petróleo y carbón (324), Industria química (325), Fabricación de insumos textiles (313), Impresión e industrias conexas (323) y Otros servicios de información (519). Aun así, se debe tomar en cuenta que ninguno mejoro sus encadenamientos absolutos de forma significativa, ya que todos muestran caídas en BL respecto al 2003. El ascenso revela que el promedio general cayó más que ellos. Excepto el subsector 519 y 324, que son los únicos dos sectores que ganaron encadenamientos hacia adelante en términos absolutos. Uno de los pocos subsectores fabricantes que mantienen capacidad de arrastre relevante es el 323 (Impresión e industrias conexas) que asciende a Clave con BL de 2.002 en 2018.

Cuadro 5. Cambios de clasificación 2003-2018

Sub	Nombre	2003	2018	BL_L		FL_G	
				2003	2018	2003	2018
221	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	Clave	Base	3.266	1.422	3.785	2.186
238	Trabajos especializados para la construcción	Clave	Base	2.727	1.535	3.217	2.144
517	Telecomunicaciones	Clave	Independiente	2.758	1.478	5.635	1.492
524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	Clave	Impulsor	2.467	1.817	5.673	1.435
522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	Base	Independiente	1.913	1.355	7.875	1.219
212	Minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas	Clave	Base	2.406	1.492	5.414	2.710
324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	Impulsor	Clave	2.628	2.018	1.485	2.391
325	Industria química	Impulsor	Clave	2.669	1.840	2.377	2.259
313	Fabricación de insumos textiles	Impulsor	Clave	2.764	1.917	2.402	2.170
519	Otros servicios de información	Base	Clave	1.325	1.603	4.845	2.063
112	Ganadería	Impulsor	Clave	2.791	1.801	2.335	2.040
484	Autotransporte de carga	Impulsor	Independiente	2.428	1.355	2.300	1.382
486	Transporte por ductos	Base	Impulsor	2.012	1.705	4.397	1.005
111	Agricultura	Independiente	Base	1.855	1.274	2.329	1.758

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

El sector primario muestra un patrón diferente al resto de la economía. La agricultura (111) pasa de Independiente a Base al ganar FL_G relativo, se convierte en proveedor de insumos para más sectores. La ganadería (112) pasa de Impulsor a Clave al mejorar su FL_G por encima del promedio. Por otra parte, los tres subsectores de transporte (484, 483 y 485) pasan de Impulsor a Independiente. Sus encadenamientos bajaron en ambas dimensiones, lo que puede deberse que el sector transporte perdió integración sistémica, que es consistente con la mayor participación del transporte privado como sustitutos del transporte tradicional.

El subsector 522 (Intermediación crediticia) ocurre que pierde su condición de Base y pasa a Independiente, al bajar su encadenamiento hacia delante de 7.88 a 1.22. Aunque la Banca central (521) se mantiene como Base en ambos años, su FL_G cayó de 11.326 a 2.019, perdiendo casi toda su capacidad de propagación sin cambiar de cuadrante. Las Compañías de fianzas, seguros y pensiones (524) pasan de Clave a Impulsor con una caída de FL_G de 5.673 a 1.435. El caso más severo es Telecomunicaciones (517) que es el único subsector que pasa directamente de Clave a Independiente, dado que perdió al mismo tiempo su posición en encadenamiento hacia atrás (de 2.758 a 1.478) y en encadenamiento hacia adelante (de 5.635 a 1.492).

En la figura 3 se muestra la asimetría estructural del año 2003, en el eje vertical corresponde a los encadenamientos hacia adelante y en el eje horizontal a los encadenamientos hacia atrás.

En 2003 existe un grupo de subsectores impulsados por la oferta ubicados por encima de la diagonal, sectores donde su FL_G supera de forma significativa su BL. Este grupo está conformado principalmente por servicios financieros y extractivos: Extracción de petróleo (211), Banca central (521), Dirección de corporativos (551), Telecomunicaciones (517) y Seguros (524). Su posición sobre la diagonal sugiere que difunden efectos por el lado de la oferta mucho más de lo que los reciben por el lado de la demanda.

La evaluación entre FL_L y FL_G es baja en 2003, los dos modelos asignan roles distintos a los sectores. Esto indica que el mecanismo de propagación no era simétrico. La economía tenía un ordenamiento diferenciado, donde el sector financiero y extractivo tiraba por oferta y la fabricación jalaba por demanda.

Structural asymmetry in IO network (2003)

Leontief (demand) vs Ghosh (supply) propagation regimes

Forward linkage (Ghosh index)

Backward linkage (Leontief index)

Structural regime

- Supply-driven (core)
- Supply-driven (backbone)
- Demand-driven (core)
- Demand-driven (backbone)
- Balanced structure

Sector size

- 25
- 50
- 75
- 100

La figura 4 presenta la misma clasificación para 2018, mostrando la convergencia hacia una estructura de propagación más simétrica pero menos intensa.

Structural asymmetry in IO network (2018)

Leontief (demand) vs Ghosh (supply) propagation regimes

Forward linkage (Ghosh index)

Backward linkage (Leontief index)

Structural regime

- Supply-driven (core)
- Supply-driven (backbone)
- Demand-driven (core)
- Demand-driven (backbone)
- Balanced structure

Sector size

- 20
- 40
- 60

60

El clúster impulsado por la oferta del sector financiero desapareció casi por completo. Los índices de asimetría del sector financiero cayeron drásticamente, la banca central pasó de $AI = 0.815$ a 0.314 y la dirección de corporativos de 0.704 a 0.228 . El nuevo núcleo impulsado por la oferta está formado por servicios agropecuarios y forestales (115, $AI = 0.440$), servicios de almacenamiento (493, $AI = 0.426$), actividades bursátiles (523, $AI = 0.401$) y aprovechamiento forestal (113, $AI=0.932$).

Por otra parte, el Comercio (43_46) es en 2018 el subsector más *demand-driven* de toda la economía con $AI = -0.642$ y $FL_L = 6.757$, lo que se traduce, a que propaga efectos por demanda con una intensidad muy superior a su difusión por oferta. En 2018 casi todos los subsectores se agrupan cerca de la diagonal (estructura balanceada) con valores de FL_G entre 2.4 y 3.2. La economía mexicana pasó de una estructura de propagación financiera-extractiva a una logística-primaria.

4.2 Multiplicadores y propagación de impactos

Los multiplicadores de producción miden la capacidad de cada sector para generar actividad económica adicional ante un aumento unitario en su demanda final. A precios constantes de 2018, los resultados revelan una contracción generalizada tanto en el multiplicador tipo I (que captura los efectos directos e indirectos a través de la cadena de insumos) como el multiplicador tipo II (que incorpora adicionalmente el efecto inducido por el consumo de los hogares).

La contracción del efecto inducido medio de 1.832 (en el 2003) a 0.750 (en el 2018), una reducción del 59.1%. La mediana cayó aún más, un 67.1%. Esto significa que un sector típico generó en 2003 aproximadamente 1.74 pesos adicionales de producción vía el consumo de los hogares por cada peso de demanda; en 2018 ese efecto se redujo a 0.57 pesos (menos de un tercio).

Este resultado no se debe a la inflación o al ajuste de precios, sino a un cambio real en la relación entre lo que produce cada sector y el ingreso que reciben los hogares. Esta transformación queda oculta si se observan únicamente los valores a precios corrientes, ya que la inflación sectorial

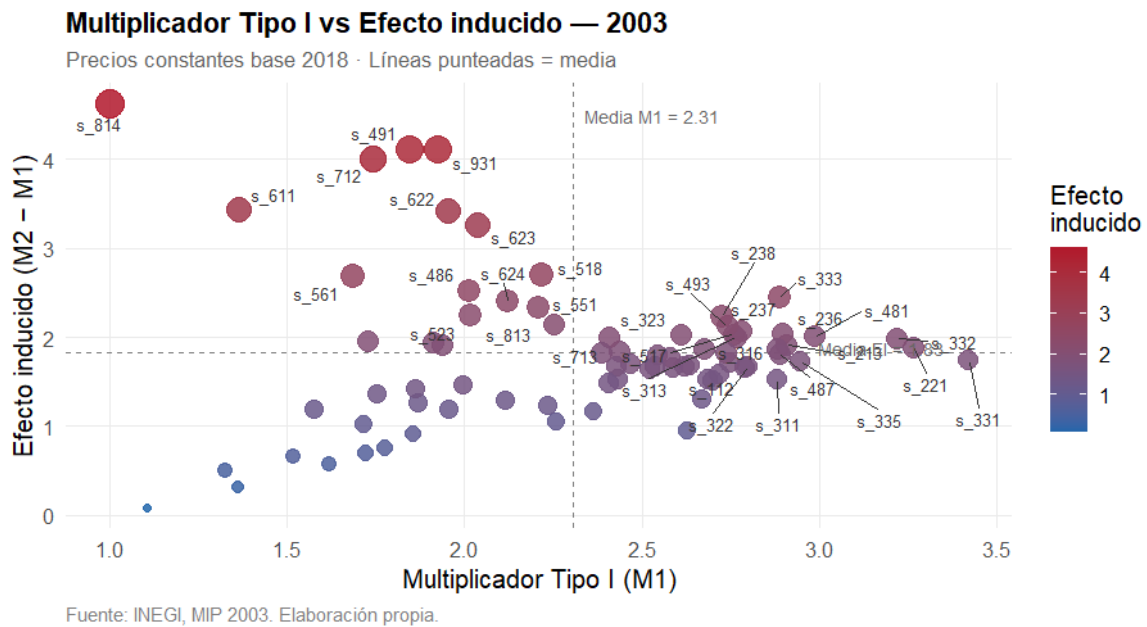
infla los multiplicadores nominales; por ello, el análisis a precios constantes resulta necesario para identificar la contracción real.

La caída en la desviación estándar del MI (de 0.527 a 0.246) indica un proceso de convergencia hacia abajo: en 2003 la dispersión entre sectores era elevada, con algunos sectores industriales muy por encima del promedio, y en 2018 la distribución es más homogénea, pero en torno a valores menores, expresando una economía donde la capacidad de arrastre se ha hecho uniforme a la baja.

Los multiplicadores de producción miden la capacidad de cada sector para generar actividad económica adicional ante un aumento unitario en su demanda final. La comparación entre 2003 y 2018 a precios constantes base 2018 revela una transformación estructural en dos dimensiones simultáneas: la caída en la capacidad de arrastre directa e indirecta captada por el multiplicador tipo I, y el colapso del efecto inducido que refleja la cadena producción-ingreso-consumo de los hogares.

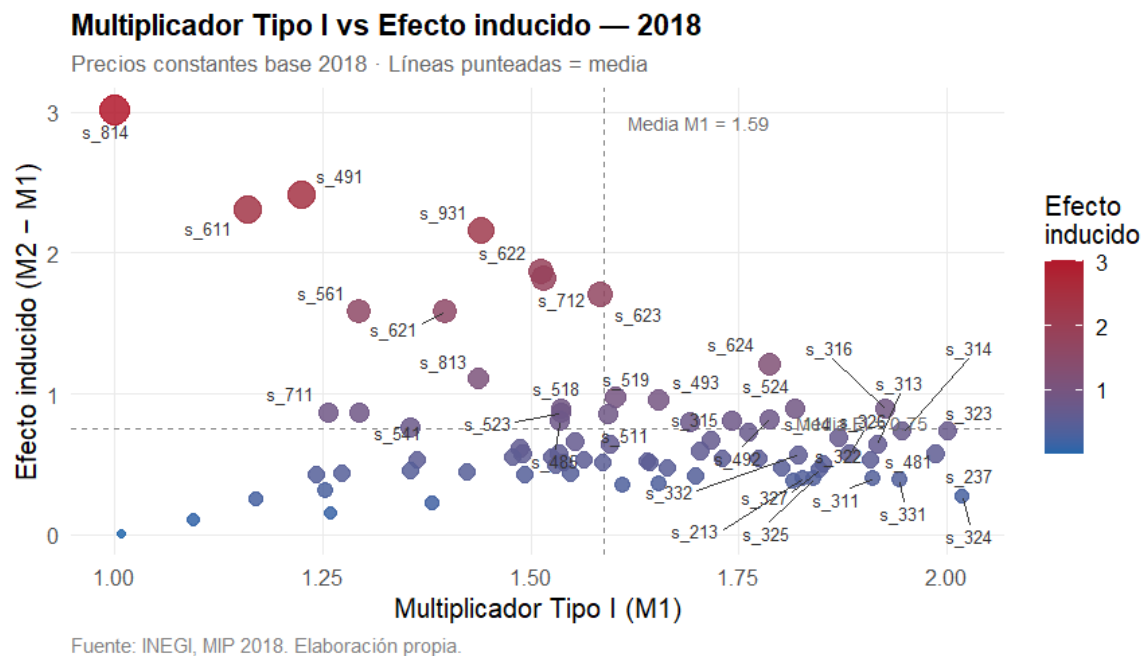
En 2003 el MI medio era de 2.31 ($\sigma = 0.527$), con subsectores manufactureros encabezando la capacidad de arrastre: industrias metálicas básicas (331, MI=3.42), energía eléctrica, agua y gas (221, MI=3.27) y fabricación de productos metálicos (332, MI=3.22). Destaca una correlación negativa entre MI y efecto inducido: los subsectores con mayor arrastre por insumos intermedios presentan efectos inducidos por debajo de la media, mientras que servicios intensivos en trabajo, como el 814 (hogares con empleados domésticos), el 931 (actividades del gobierno) y 491 (servicios postales), concentran el efecto vía ingreso-consumo con multiplicadores tipo I bajos. Esto evidencia una estructura dual en los mecanismos de propagación.

Figura 5. Multiplicador tipo I vs efecto inducido: 2003



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 (INEGI).

Figura 6. Multiplicador tipo I vs efecto inducido: 2018



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2018 (INEGI, precios constantes base 2018).

Para 2018 el panorama es diferente. El MI promedio cayó a 1.59 ($\sigma = 0.246$), una reducción del 31.2% en el nivel y del 53.3% en la dispersión, lo que refleja convergencia hacia abajo: el valor máximo observado (324, MI=2.02) no alcanzaría el percentil 40 de la distribución de 2003. El efecto inducido medio se redujo de 1.83 a 0.75 (−59.1), con la mediana cayendo un 67.1%. La correlación negativa entre MI y efecto inducido persiste, indicando que la estructura dual no se resolvió, sino que se aplanó a niveles más bajos en ambas dimensiones simultáneamente.

Cuadro 6. Subsectores por multiplicador tipo I: 2003

Rango	Subsector	Nombre	MI	EI
1	331	Industrias metálicas básicas	3.4204	1.7373
2	221	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	3.2655	1.8922
3	332	Fabricación de productos metálicos	3.2182	1.9904
4	481	Transporte aéreo	2.9858	2.0103
5	335	Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	2.9476	1.7327
6	213	Servicios relacionados con la minería	2.9066	1.9222
7	236	Edificación	2.8962	2.0431
8	487	Transporte turístico	2.8883	1.8207
9	333	Fabricación de maquinaria y equipo	2.8863	2.4514
10	316	Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	2.8823	1.8678

Fuente: elaboración con base en MIP 2003 (INEGI). Nota: EI = efecto inducido.

Cuadro 7. Subsectores por multiplicador tipo I: 2018

Rango	Subsector	Nombre	MI	EI
1	324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	2.0176	0.2766
2	323	Impresión e industrias conexas	2.0015	0.7301
3	237	Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada	1.987	0.5712
4	314	Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	1.947	0.7351
5	331	Industrias metálicas básicas	1.9429	0.3896

6	316	Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	1.926	0.8972
7	313	Fabricación de insumos textiles	1.9167	0.6432
8	311	Industria alimentaria	1.9113	0.398
9	481	Transporte aéreo	1.9074	0.5353
10	326	Industria del plástico y del hule	1.8831	0.5761

Fuente: elaboración con base en MIP 2018 (INEGI). Nota: EI = efecto inducido.

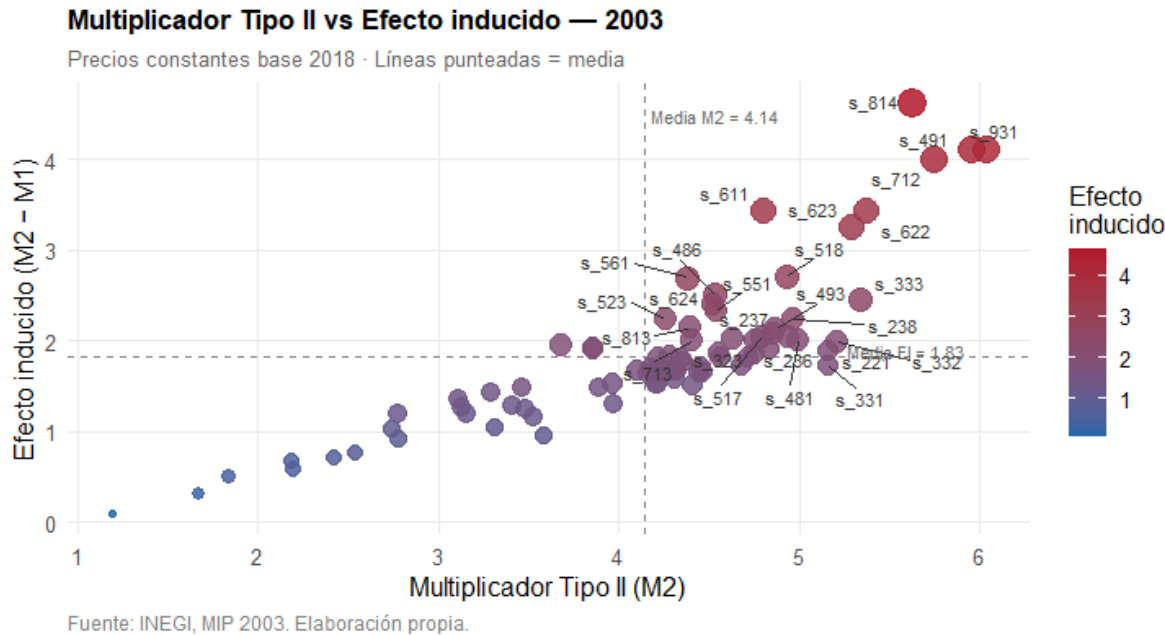
El ranking de los diez subsectores con mayor MI evidencia una recomposición estructural entre ambos años. En 2003 los ganadores eran solamente manufacturas pesadas y energía: Industrias metálicas básicas (331, MI=3.42), Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final (221, MI=3.27), Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos (335, MI=2.95). Sus efectos inducidos, aunque superiores a la media, oscilaban entre 1.73 y 2.45, lo que confirma que su arrastre operaba principalmente a través de la cadena de insumos intermedios. El caso de Fabricación de maquinaria y equipo (333, EI=2.45) es el más alto del grupo, sugiere que, además de usar muchos insumos, también generaba salarios más altos en total.

Para 2018 el ranking se transformó en dos tamaños. Por un lado, el nivel, como el subsector líder Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (324), alcanza apenas MI=2.02, valor que en 2003 habría quedado fuera de los primeros 10. Segundo, la composición: solo Industrias metálicas básicas (331) y Transporte aéreo (481) permanecen en ambos rankings, en posiciones más abajo. La aparición de los subsectores textiles (313, 314, 316) y de Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada (237) entre los ganadores en el 2018 se ve una mayor integración de estas cadenas en el período, aunque a niveles de arrastre visiblemente inferiores a los que tenía la manufactura pesada en 2003.

Pasando a los resultados obtenidos del multiplicador tipo II, incorpora el efecto inducido y que los sectores de servicios sociales y gobierno dominan este indicador por su alta intensidad de trabajo. En la figura 7 y 8 tienen el multiplicador tipo II en el eje horizontal y el efecto inducido en el vertical. La comparación entre ambos años muestra el mismo patrón que el multiplicador tipo I, pero con mayor intensidad. El eje del MII se contrae con un máximo de 6 a 4 y el eje del

efecto inducido de 4.5 a 3. Los subsectores de servicios sociales y de gobierno (814, 931, 491, 712, 611 y 622) se mantienen en la esquina superior como los de mayor efecto inducido en ambos años. Pero sus valores bajaron entre 1.5 y 2.2 puntos en términos reales. Lo que confirma que la desconexión entre producción y consumo de hogares fue de hecho más intensa en los subsectores con mayor intensidad laboral.

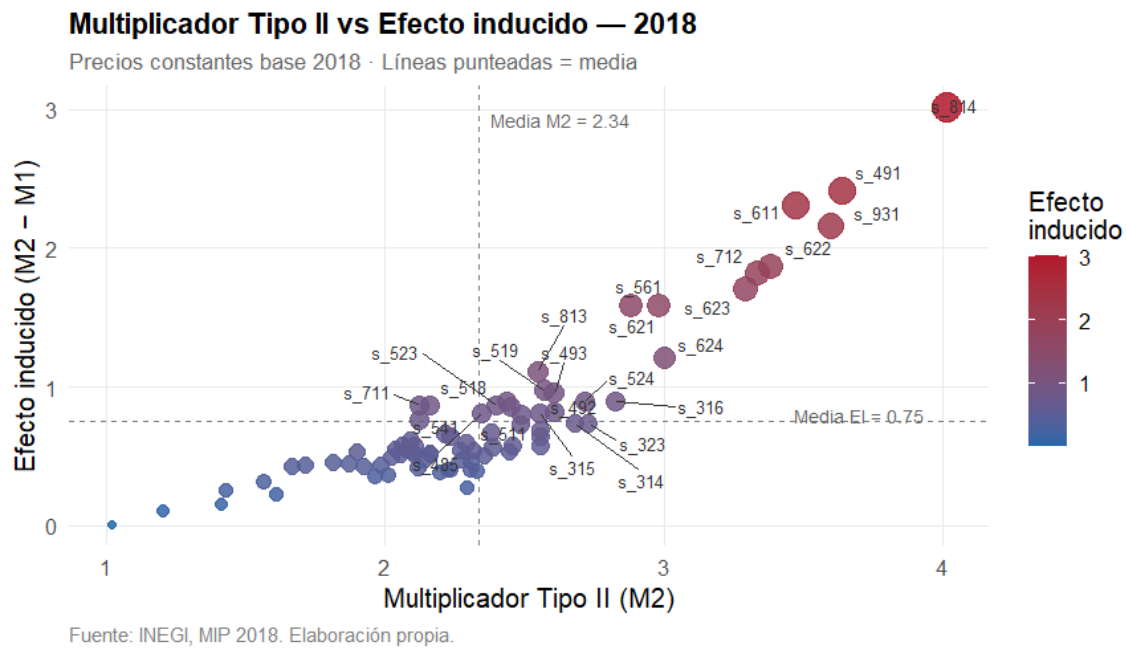
Figura 7. Multiplicador tipo II vs efecto inducido: 2003



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 (INEGI).

Algo que diferencia el tipo II del tipo I es la relación entre ambas variables. En la gráfica tipo I la magnitud es negativa mientras que en la gráfica tipo II la magnitud es positiva. Subsectores con mayor tipo II también tienen mayor efecto inducido, simplemente porque el tipo II ya incorpora el efecto inducido en su cálculo. Esta diferencia está dada por que señala como los mecanismos de arrastre por insumos y por ingreso de hogares son sustitutos, no complementarios, lo que implica que difícilmente un mismo subsector puede estar liderando ambas dimensiones de propagación al mismo tiempo.

Figura 8. Multiplicador tipo II vs efecto inducido: 2018



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2018 (INEGI, precios constantes base 2018).

Algo que diferencia el tipo II del tipo I es la relación entre ambas variables. En la gráfica tipo I la magnitud es negativa mientras que en la gráfica tipo II la magnitud es positiva. Subsectores con mayor tipo II también tienen mayor efecto inducido, simplemente porque el tipo II ya incorpora el efecto inducido en su cálculo. Esta diferencia está dada por que señala como los mecanismos de arrastre por insumos y por ingreso de hogares son sustitutos, no complementarios, lo que implica que difícilmente un mismo subsector puede estar liderando ambas dimensiones de propagación al mismo tiempo.

Cuadro 8. Subsectores que perdieron más capacidad de arrastre real multiplicador tipo I

Subsector	Nombre	MI 2003 const	MI 2018 const	Δ MI real	Δ MI nominal
221	Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final	3.2654	1.4223	-1.8431	-0.5572
331	Industrias metálicas básicas	3.4203	1.9428	-1.4775	-0.132
332	Fabricación de productos metálicos	3.2181	1.8213	-1.3968	-0.1258
517	Telecomunicaciones	2.7576	1.4784	-1.2793	-0.0955
333	Fabricación de maquinaria y equipo	2.8862	1.6392	-1.2471	-0.1447
487	Transporte turístico	2.8883	1.6912	-1.1971	-0.2157
238	Trabajos especializados para la construcción	2.7267	1.5350	-1.1917	-0.1779
236	Edificación	2.8961	1.7171	-1.179	-0.0872
335	Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	2.9476	1.7739	-1.1737	-0.0032
115	Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	2.7011	1.5540	-1.1471	-0.3883

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

En el cuadro 8 presenta los diez subsectores que tuvieron mayor pérdida en su multiplicador tipo I entre 2003 y 2018. La comparación entre la columna Δ MI real y Δ MI nominal muestra el sesgo que se introduce al trabajar con precios corrientes en lugar de precios constantes. Se encuentra que, para Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final (221), la pérdida nominal fue de -0.557 mientras que la real fue de -1.843 la doble deflación amplifica justamente la pérdida más de tres veces. En el caso del subsector Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos (335) su pérdida nominal era prácticamente 0, pero su pérdida real es de -1.174 . Trabajar con precios corrientes habría ocultado la desintensificación de este subsector y de otros.

Todos los subsectores del cuadro 8 pertenecen a manufactura pesada, infraestructura y transporte. Esta pérdida no es un fenómeno sectorial aislado sino una transformación sistémica, puesto que refleja la sustitución de insumos nacionales por importados y la reducción de la intensidad

industrial por unidad producida a lo largo del período. El único subsector que registró una ganancia real en MI fue Otros servicios de información (519) con $\Delta MI = + 0.278$, lo que corrobora que la digitalización fue el único proceso que intensificó los encadenamientos productivos domésticos entre 2003 y 2018.

Cuadro 9. Subsectores con mayores efectos de pérdida inducido constante (MII-MI)

Subsector	Nombre	Efecto inducido		
		2003	2018	Δ
712	Museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares	4.0061	1.8205	-2.1856
931	Actividades del gobierno	4.1071	2.1589	-1.9482
333	Fabricación de maquinaria y equipo	2.4514	0.5204	-1.931
486	Transporte por ductos	2.5165	0.5871	-1.9294
518	Proveedores de acceso a Internet, servicios de búsqueda en la red y servicios de procesamiento de información	2.7147	0.8977	-1.817
551	Dirección de corporativos y empresas	2.3317	0.5325	-1.7992
491	Servicios postales	4.1044	2.4141	-1.6903
238	Trabajos especializados para la construcción	2.2378	0.5744	-1.6634
814	Hogares con empleados domésticos	4.6247	3.0152	-1.6095
622	Hospitales	3.4202	1.8707	-1.5495

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

Como se observa en el Cuadro 9, los mayores perdedores son servicios públicos y sociales, no subsectores industriales. Museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares (712, $\Delta EI = -2.19$), Actividades del gobierno (931, $\Delta EI = -1.95$), Servicios postales (491, $\Delta EI = -1.69$) y Hospitales (622, $\Delta EI = -1.55$) encabezan la tabla. Pues son subsectores con alta intensidad de trabajo donde los salarios representan una proporción elevada del valor bruto de producción y cuyos trabajadores tienen alta propensión marginal al consumo. En 2003 cada peso de demanda

en el Gobierno generó 4.11 pesos adicionales vía consumo de los hogares, en 2018 ese efecto se redujo a 2.16 pesos. El canal que conectaba la producción pública con la demanda doméstica se cortó a la mitad.

Para el sector manufacturero, se tiene a Fabricación de maquinaria y equipo (333, $\Delta EI = -1.931$), Transporte por ductos (486, $\Delta EI = -1.929$) y Trabajos especializados para la construcción (238, $\Delta EI = -1.663$) perdieron entre 1.6 y 1.9 puntos de efecto inducido. Estos subsectores son intensivos en trabajo calificado con salarios medios-altos, y esta caída muestra que la compresión salarial afectó también al segmento intermedio del mercado laboral, no solo al sector público.

Los únicos dos subsectores con ganancia en efecto inducido son Otros servicios de información, (519, $\Delta EI = +0.460$) y Servicios artísticos y deportivos (711, $\Delta EI = +0.199$), ambos relacionados a el entretenimiento y servicios digitales cuyos trabajadores mantuvieron poder adquisitivo relativo en el período.

4.3 Redes productivas

La red productiva de la economía mexicana se analiza como un grafo dirigido ponderado donde los 77 subsectores son los nodos y los coeficientes técnicos son los pesos de las aristas. Se calculan cinco métricas de centralidad sobre la red completa para 2003 y 2018: grado de entrada y salida, PageRank, centralidad armónica e intermediación de nodos y aristas.

Se tiene que la red productiva se volvió al mismo tiempo más densa e integrada pero menos profunda en cada vínculo individual. La densidad aumentó de 0.6905 a 0.8433 y la transitividad global llegó a 0.9807. La reducción de componentes fuertemente conexos de 8 a 2, en 2003 existían 8 grupos de subsectores que no podían alcanzarse mutuamente mediante caminos dirigidos, en 2018 casi toda la red forma un componente integrado. Sin embargo, el grado medio moderado cayó de 1.0277 a 0.6801, la red ganó extensión, pero perdió intensidad en cada vínculo.

Cuadro 10. Cohesión de la red

Indicador	2003	2018	Δ	Dirección
Densidad de la red	0.6905	0.8433	0.1528	▲
Reciprocidad	0.7548	0.8717	0.1169	▲
Transitividad global (clustering)	0.9186	0.9807	0.0621	▲
Componentes fuertemente conexos	8	2	-6	▼
Componentes débilmente conexos	2	2	0	—
Diámetro de la red	0.048160054	0.039036503	-0.0091	▼
Distancia media (path length)	0.0008	0.0005	-0.0003	▼
Grado medio (in+out)	104.96	128.18	23.22	▲
Grado medio ponderado (strength)	1.0277	0.6801	-0.3476	▼
Asortatividad por grado	-0.1665	-0.1803	-0.0138	▼

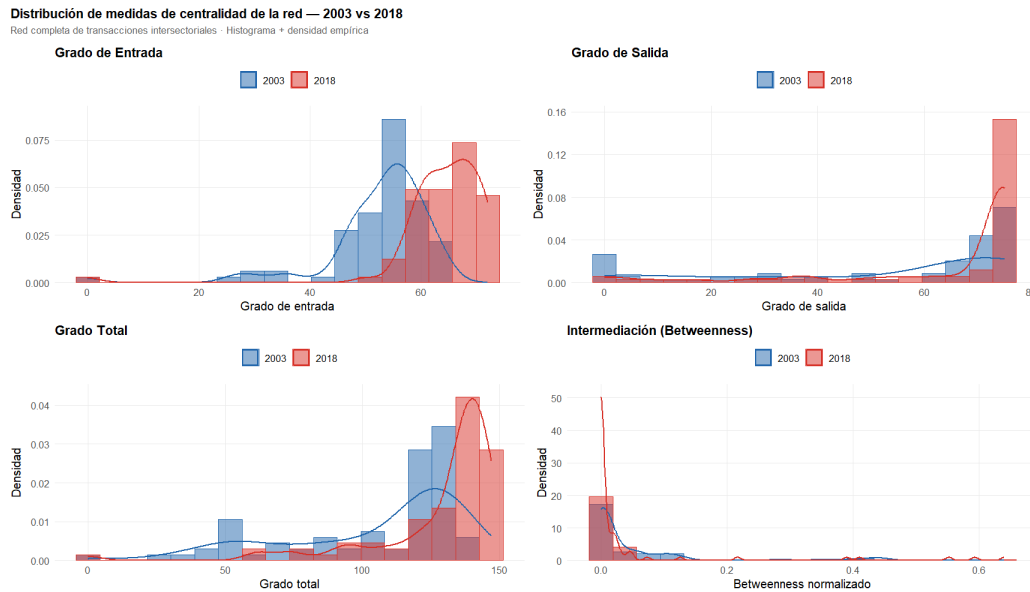
Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

La assortatividad negativa crece de -0.1665 a -0.1803 lo que se puede entender como los subsectores con muchas conexiones tienden a vincularse con subsectores periféricos, fortalecen una red de tipo estrella, donde la dependencia del centro hace que el conjunto sea más frágil ante cualquier problema.

Las distribuciones de grado de entrada y salida muestran cómo se desplazó hacia la derecha entre 2003 y 2018, los picos se mueven de valores cercanos a 50-60 hacia valores de 65-75, lo que es consistente con el aumento en la densidad expresado en el Cuadro 10. En 2003 el grado de entrada medio era 53.2 y el de salida 57.7, en 2018 ambos convergen a 64.9, cada subsector pasó a recibir y proveer insumos a aproximadamente 12 subsectores adicionales.

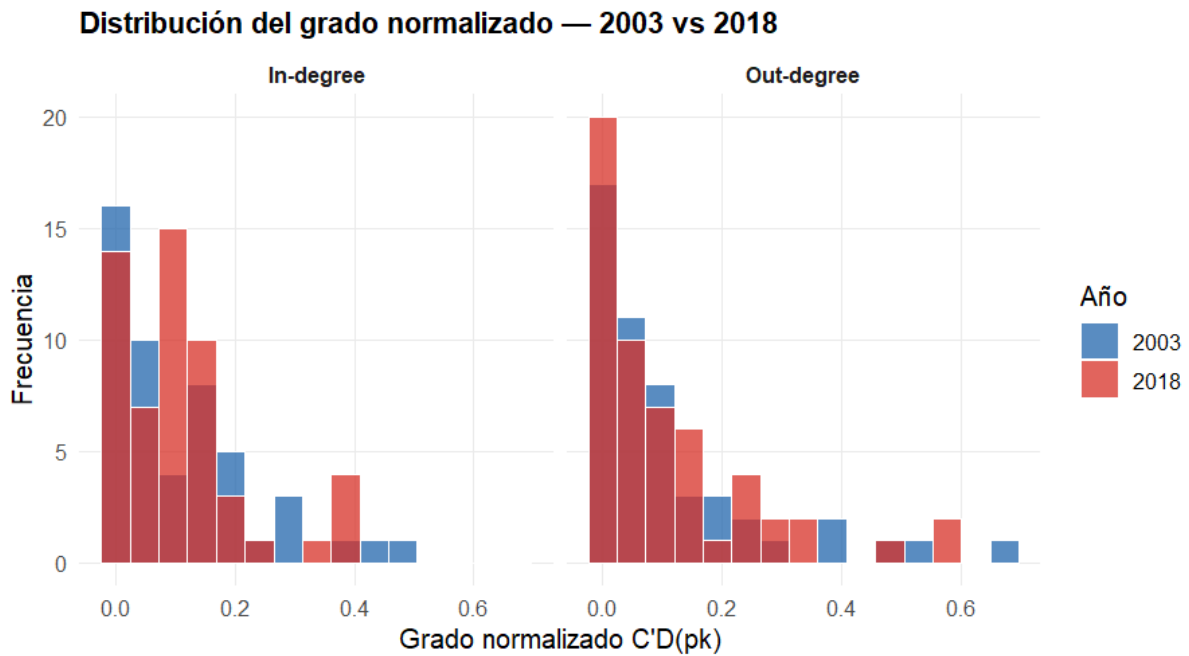
La distribución de intermediación muestra una cola pesada más pronunciada en 2018, con algunos subsectores alcanzando valores de intermediación normalizados superiores a 0.30 frente a un máximo de 0.25 en 2003. Indicando que, pese a una red más densa, la intermediación se concentró en menos subsectores, lo que es una señal de mayor vulnerabilidad ante la pérdida de esos nodos puente.

Figura 9. Distribución de medidas de centralidad de la red: 2003 y 2018.



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

Figura 10. Distribución de grado normalizado entrada y salida: 2003 y 2018.



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

En 2003 la distribución del grado de salida normalizado presentaba mayor dispersión, con subsectores en rangos de 0.0 a 0.6 y masa concentrada entre 0.0 y 0.2. Para 2018 la distribución se concentra cerca de cero en salida.

En 2003 existían 7 subsectores con grado de salida igual a cero que no proveían ningún insumo al resto de la economía (Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud, Otros servicios de asistencia social, Hospitales, Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados, Transporte turístico, Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos y Hogares con empleados domésticos). En 2018 ese número se redujo a 1, únicamente Hogares con empleados domésticos permanecen sin vínculos de salida. Esta integración de los sectores de salud y servicios sociales como proveedores activos de insumos es uno de los cambios de la red más importante.

En el cuadro 11 y 12 se puede observar los subsectores con más grados de entrada y de salida para el año 2003 y 2018. El cambio en el grado de entrada entre 2003 y 2018 muestra el cambio en la composición de los principales receptores de insumo del sistema productivo. En 2003 los líderes son sectores manufactureros: Otras industrias manufactureras (339, 65 conexiones), Fabricación de maquinaria y equipo (333, 64) e Industria química (325, 64). Su alta conectividad de entrada señala su complejidad en sus procesos productivos, dado que requieren insumos de casi toda la economía para funcionar.

Para 2018 el escenario cambia, 8 subsectores alcanzan el grado máximo de 72 conexiones, y todos son servicios. El grado medio de entrada aumentó de 52.5 a 64.1, cada subsector pasó a recibir más insumos de aproximadamente 12 proveedores adicionales. Lo que es consistente con la mayor densidad de la red señalada en el Cuadro 10, en 2018 prácticamente todos los subsectores proveen algo a todos los demás.

El grado de salida muestra un cambio más llamativo de todas las métricas de grado. En 2003, 14 subsectores alcanzaban el valor máximo de 75 (de 76 posibles), es decir, proveían insumos a casi todos los demás subsectores. Para 2018 el número de subsectores en el máximo se elevó a 44, más de la mitad de la economía provee insumos a prácticamente todos los demás subsectores. Lo que explica directamente el aumento de la densidad de 0.69 a 0.84, no es que los subsectores existentes intensificaron sus vínculos, sino que un número mucho mayor de subsectores alcanzó la conectividad máxima de salida.

Cuadro 11. Subsectores con más grados de entrada

Rk	2003	Nombre	Entrada	2018	Nombre	Entrada
1	339	Otras industrias manufactureras	65	236	Edificación	72
2	333	Fabricación de maquinaria y equipo	64	561	Servicios de apoyo a los negocios	72
3	325	Industria química	64	611	Servicios educativos	72
4	311	Industria alimentaria	63	541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	72
5	323	Impresión e industrias conexas	62	621	Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	72
6	312	Industria de las bebidas y del tabaco	62	622	Hospitales	72
7	236	Edificación	62	813	Asociaciones y organizaciones	72
8	334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	61	522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	72
9	326	Industria del plástico y del hule	61	531	Servicios inmobiliarios	71
10	322	Industria del papel	61	722	Servicios de preparación de alimentos y bebidas	71

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

Cuadro 12. Subsectores con más grados de salida

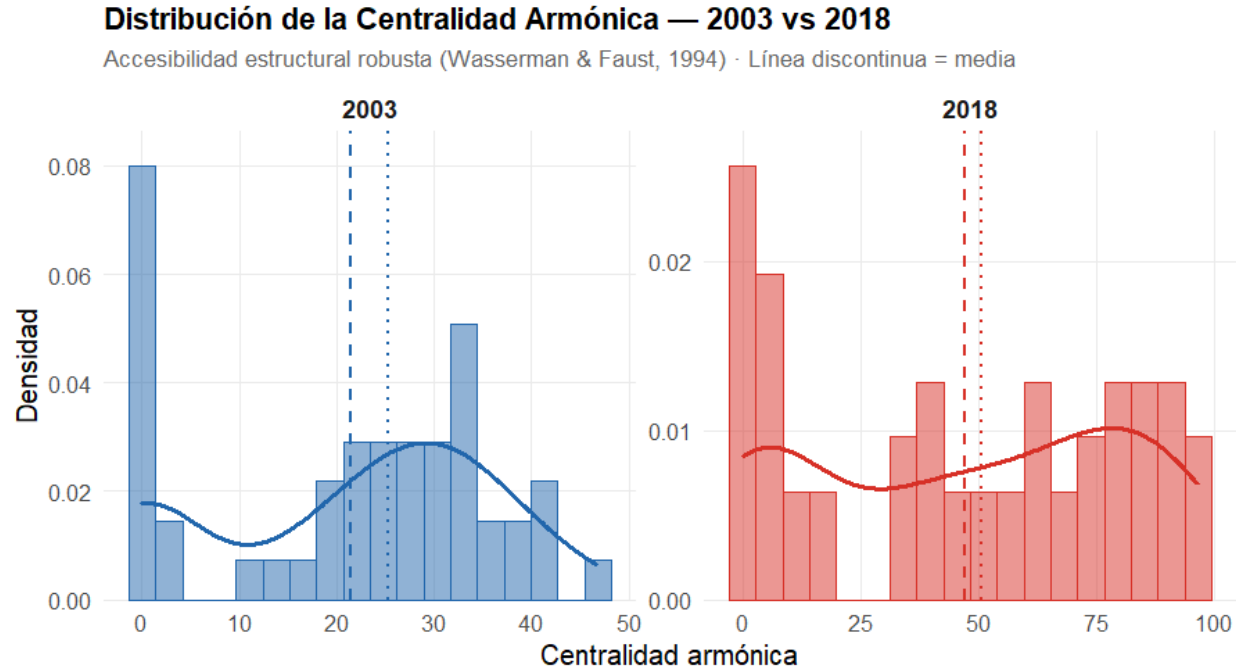
Rk	2003	Nombre	Salida	2018	Nombre	Salida
1	524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	75	541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	75
2	541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	75	522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	75
3	522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	75	43-46	Comercio	75
4	43-46	Comercio	75	336	Fabricación de equipo de transporte	75
5	336	Fabricación de equipo de transporte	75	811	Servicios de reparación y mantenimiento	75
6	811	Servicios de reparación y mantenimiento	75	517	Telecomunicaciones	75
7	517	Telecomunicaciones	75	484	Autotransporte de carga	75
8	484	Autotransporte de carga	75	488	Servicios relacionados con el transporte	75
9	488	Servicios relacionados con el transporte	75	481	Transporte aéreo	75
10	481	Transporte aéreo	75	482	Transporte por ferrocarril	75

Nota: En ambos años, un grupo amplio de subsectores registra el grado de salida máximo (75 de 76 posibles): 14 subsectores en 2003 y 44 en 2018.

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

La figura 11 muestra cómo se distribuye la centralidad armónica entre los 77 subsectores para 2003 y 2018. Esta medida indica con qué facilidad cada subsector puede ser alcanzado desde el resto de la economía: un valor alto significa que el subsector recibe flujos de muchos otros subsectores sin necesitar muchos intermediarios.

Figura 11. Distribución de la centralidad Armónica: 2003 vs 2018



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

En 2003 la distribución es relativamente compacta, con la mayoría de los subsectores concentrados entre valores de 10 y 40, una media de aproximadamente 22 y una barra alta en cero que corresponde a los subsectores sin vínculos de salida, son subsectores que no podían iniciar ningún camino dentro de la red. En 2018 la distribución se desplaza completamente hacia la derecha, la media sube a 50 aproximadamente y los valores se extienden hasta casi 100, con una forma más plana y dispersa que en 2003. Esto señala que en 2018 los subsectores en promedio son más accesibles entre sí, los impulsos productivos pueden llegar de un subsector a otro recorriendo menos pasos.

Dos puntos explican este cambio, el primero es que hay una mayor densidad de la red en 2018, lo que reduce la distancia promedio entre ellos. El segundo punto es la incorporación de subsectores que en 2003 tenían centralidad armónica igual a cero porque no registraban vínculos de salida, al integrarse a la red en 2018, estos subsectores contribuyen al desplazamiento general de la distribución hacia valores más altos.

En el cuadro 13 presenta los diez subsectores con mayor centralidad armónica para 2003 y 2018. Esta medida indica con qué facilidad cada subsector puede ser alcanzado del resto de la economía, un valor alto significa que muchos subsectores llegan a él recorriendo pocos pasos, los datos están normalizados, así que tienen valores entre 0 y 1.

En 2003 los subsectores más accesibles eran Museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares (712, $H = 0.223$), Manejo de desechos y servicios de remediación (562, $H = 0.160$), Asociaciones y organizaciones (813, $H = 0.15$). Destaca que todos pertenecen a servicios, ningún sector manufacturero o primario encabeza este ranking. Esto puede señalar que en 2003 los servicios eran los destinos más accesibles de los flujos productivos, aunque no necesariamente los más importantes en términos de encadenamientos o multiplicadores.

En 2018 la distribución se transformó, la media de centralidad armónica pasó de 0.023 a 0.101, un incremento de 4.3 veces, y el valor máximo saltó de 0.223 (712) a 1.0 (712 nuevamente). Los diez subsectores más accesibles en 2018 incluyen además del 712 como a Servicios artísticos y deportivos y otros servicios relacionados (711, 0.800) y Ganadería (112, 0.759), este último con una ganancia de 0.693 respecto a 2003, cuando tenía centralidad armónica de apenas 0.066. Sectores como Hospitales (622, 0.512), Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales (115, 0.493) y Otros servicios de asistencia social (624, 0.423) que tenían centralidad armónica de cero en 2003 entran al top 10 en 2018, lo que refleja su incorporación efectiva a la red de flujos productivos durante el periodo.

Cuadro 13. Subsectores con mayor centralidad armónica: 2003 y 2018.

Rk	2003	Nombre	H	2018	Nombre	H
1	712	Museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares	0.223	712	Museos, sitios históricos, jardines botánicos y similares	1.000
2	562	Manejo de desechos y servicios de remediación	0.160	711	Servicios artísticos y deportivos y otros servicios relacionados	0.800
3	813	Asociaciones y organizaciones	0.150	112	Ganadería	0.759
4	515	Radio y televisión	0.115	622	Hospitales	0.512
5	491	Servicios postales	0.103	115	Servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	0.493
6	113	Aprovechamiento forestal	0.081	624	Otros servicios de asistencia social	0.423
7	518	Proveedores de acceso a Internet, servicios de búsqueda en la red y servicios de procesamiento de información	0.075	487	Transporte turístico	0.405
8	321	Industria de la madera	0.071	562	Manejo de desechos y servicios de remediación	0.285
9	512	Industria filmica y del video, e industria del sonido	0.069	519	Otros servicios de información	0.284
10	112	Ganadería	0.066	492	Servicios de mensajería y paquetería	0.277

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

Cuadro 14. Subsectores con más intermediación: 2003 y 2018

Rk	2003	Nombre	BW	2018	Nombre	BW
1	211	Extracción de petróleo y gas	0.2459	324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	0.3222
2	324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	0.1924	211	Extracción de petróleo y gas	0.2628
3	43-46	Comercio	0.1868	212	Minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas	0.2489
4	551	Dirección de corporativos y empresas	0.1740	551	Dirección de corporativos y empresas	0.2187
5	522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	0.1680	331	Industrias metálicas básicas	0.2103
6	541	Servicios profesionales, científicos y técnicos	0.1528	325	Industria química	0.1836
7	517	Telecomunicaciones	0.1152	238	Trabajos especializados para la construcción	0.1128
8	322	Industria del papel	0.0935	321	Industria de la madera	0.1112
9	331	Industrias metálicas básicas	0.0843	113	Aprovechamiento forestal	0.1022
10	521	Banca central	0.0733	43-46	Comercio	0.0987

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

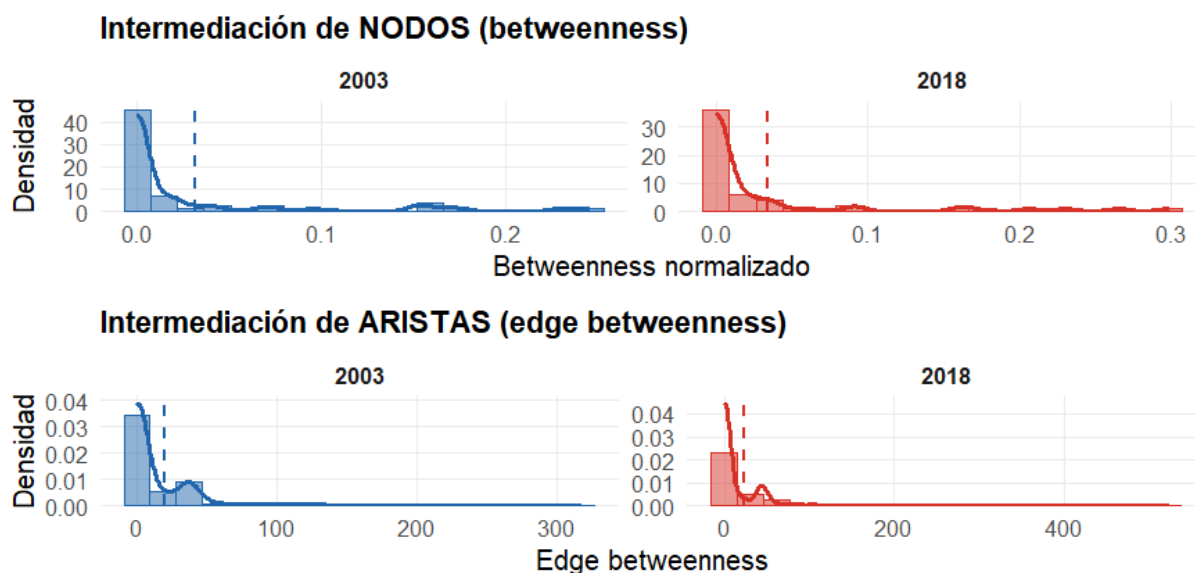
Los mayores perdedores en accesibilidad fueron Industria de la madera (321), Industria alimentaria (311) y Proveedores de acceso a Internet, servicios de búsqueda en la red y servicios de procesamiento de información (518), subsectores que en 2003 eran fácilmente alcanzables desde muchas partes de la red y en 2018 quedaron más aislados estructuralmente. Este resultado es consistente con el debilitamiento de sus encadenamientos y multiplicadores documentado en secciones anteriores, la menor densidad de sus vínculos productivos se muestra también en una menor accesibilidad dentro de la red.

La figura 12 presenta las distribuciones de intermediación de nodos (sectores que actúan como puentes) y de aristas (vínculos específicos que conectan partes de la red) para 2003 y 2018.

Figura 12. Distribución intermediación nodos y aristas: 2003 vs 2018

Distribución de intermediación — 2003 vs 2018

Arriba: nodos (sectores puente) · Abajo: aristas (vínculos críticos)



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

En ambos años el patrón es el mismo, la gran mayoría de los subsectores tienen una intermediación cercana a cero, y solo unos pocos concentran valores altos. Esto significa que la

función de puente dentro de la red está muy concentrada en un grupo pequeño de subsectores mientras el resto apenas participa en conectar otras partes de la economía.

En 2003 y 2018 esa concentración aumentó. La intermediación máxima de nodos pasó de 0.25 a 0.30, y la de aristas de 300 a casi 500, esto puede ser porque los subsectores puente se volvieron aún más indispensables para mantener conectada la red.

Para complementar el análisis se puede observar en el cuadro 14 los diez subsectores con mayor intermediación de nodos para 2003 y 2018. Esta medida señala con qué frecuencia un subsector aparece en los caminos más cortos que conectan a otros pares de subsectores, es decir, qué tan indispensable es como puente dentro de la red.

Para el 2003 los principales sectores puente eran Extracción de petróleo y gas (211, BW = 0.246), Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (324, BW = 0.1924), Comercio (43-46, BW = 0.187), Dirección de corporativos y empresas (551, BW = 0.174), Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil (522, BW = 0.168). La intermediación media era de 0.029, con el valor máximo en 0.246. Este patrón se puede interpretar como los flujos productivos de 2003 dependían de un conjunto mixto de subsectores puente, el clúster energético, el comercio como distribuidor general y los servicios financieros y de gestión empresarial.

Por otro lado, el 2018 tiene cambios, donde la intermediación media subió a 0.039 y el valor máximo creció de 0.246 a 0.322. Los subsectores donde más concentran ahora la función de puente son: 324, 211 y 212, que forman un clúster energético-minero el cual puede articular la mayor parte de los caminos entre subsectores desconectados entre sí. Los mayores perdedores fueron Intermediación crediticia (522, -0.121), Servicios profesionales (541, -0.082), Comercio (43-46, -0.088) e Industria del papel (322, -0.079), que son subsectores que articulaban la red en 2003 y cedieron ese rol en 2018.

Esto implica de forma directa a la vulnerabilidad de la red, dado que en 2003 la función de puente estaba distribuida entre sectores de distintas categorías, lo que daba cierta resiliencia al sistema. En 2018 esa función se concentró en el clúster energético-minero, lo que ante una perturbación en 324, 211 o 212 desconectaría un mayor número de subsectores que en 2003.

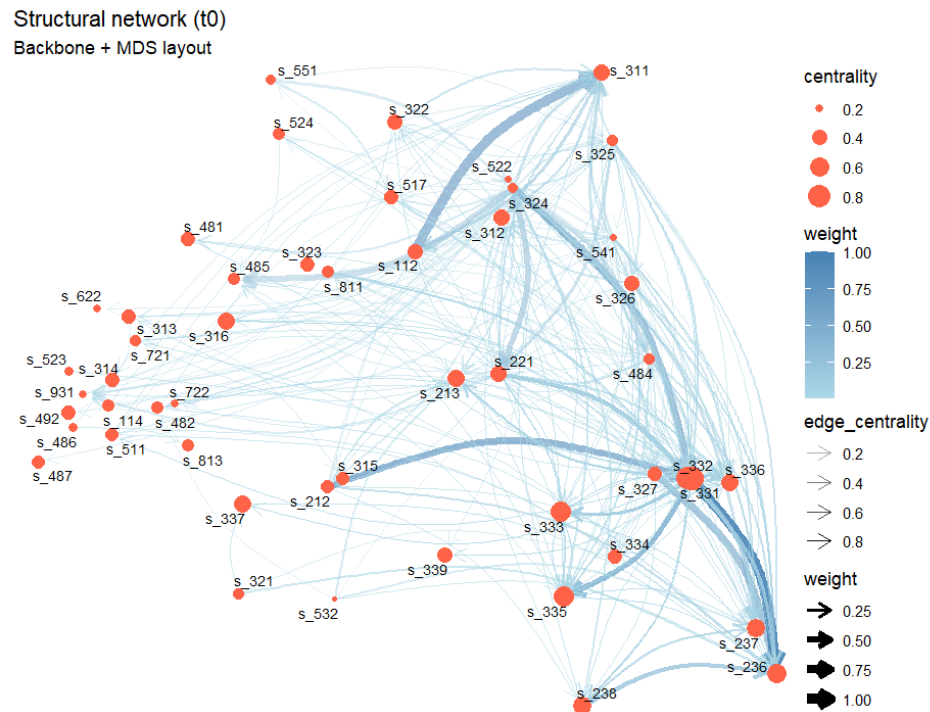
Las figuras 13 y 14 muestran la red productiva backbone para 2003 y 2018. El tamaño de cada punto indica la centralidad del subsector considerando la importancia de sus vecinos. Las líneas más gruesas y oscuras señalan los vínculos cuya eliminación desconectaría más partes de la red.

En 2003, el núcleo de la red está conformado por un grupo de subsectores manufactureros con alta centralidad: Fabricación de productos metálicos (332), Fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos (335), Fabricación de maquinaria y equipo (333), Trabajos especializados para la construcción (238), Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada (237), Edificación (236), Fabricación de equipo de transporte (337) y Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir (316). Este grupo forma un bloque compacto que articula la mayor parte de los intercambios de insumos intermedios de la economía. Los vínculos más críticos son el que une Ganadería (112) con Industria alimentaria (311), el arco entre Fabricación de productos metálicos (332) y Edificación (236), el vínculo 332 hacia Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (324), y el enlace entre 332 y Minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas (212). Estos cuatro vínculos son los puentes estructurales más críticos de la red en 2003, todos ellos concentrados en el subsector de manufacturas de base industrial.

La recomposición respecto al 2003 es relevante, los subsectores con mayor centralidad se reducen y se concentran en Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir (316), Industria alimentaria (311), Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir (314) y Ganadería (112). Destaca la desaparición del grupo de manufacturas pesadas (332, 333, 335, 237 y 238), como nodos dominantes, lo que indica que estos subsectores perdieron su papel articulador dentro de la red.

Respecto a los vínculos críticos, el enlace ganadería-industria alimentaria (112→311) se mantiene como el más grueso en ambos años, lo que confirma la persistencia de esta dependencia estructural en la cadena agroalimentaria. Por otro lado, aparecen dos nuevos enlaces prominentes que no eran visibles en 2003, Extracción de petróleo y gas (211) hacia Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón (324), y Minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas (212) hacia Fabricación de productos metálicos (332). Lo que señala que los vínculos entre subsectores extractivos y sus manufacturas derivadas se volvieron más críticos para la conectividad de la red en 2018.

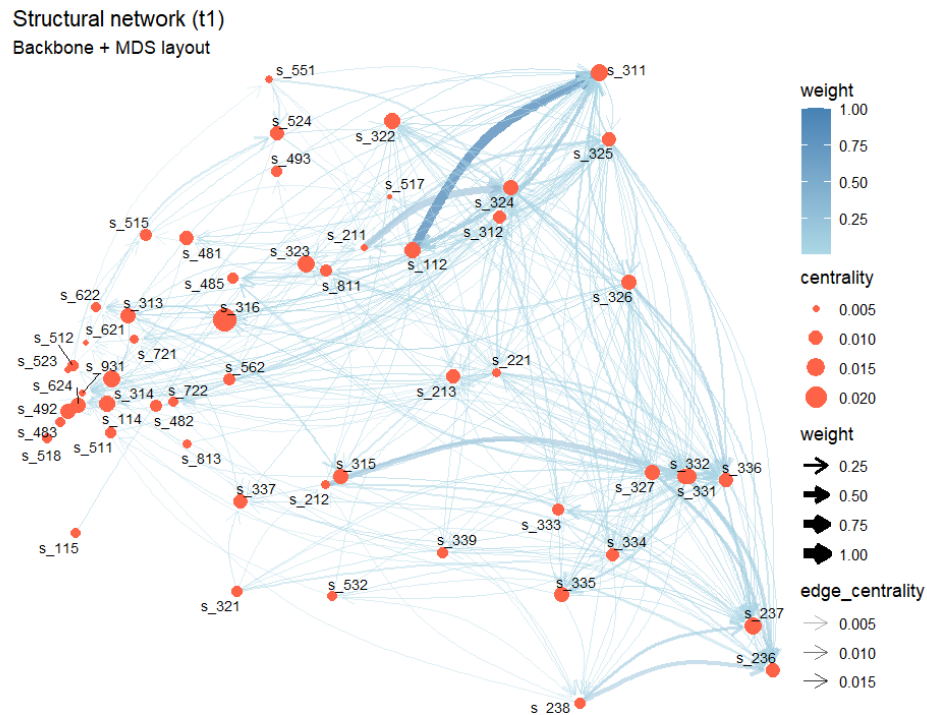
Figura 13. Red productiva backbone 2003



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 (INEGI).

El cambio más significativo de la red productiva del 2003 es el núcleo estaba formado por un bloque amplio de manufacturas industriales y de construcción. En 2018 ese bloque se reduce y la centralidad migra hacia subsectores agroalimentarios y textiles, junto con un reforzamiento de los vínculos entre el sector extractivo y sus industrias derivadas. Este resultado compagina con el debilitamiento de los multiplicadores de producción en las industrias metálicas y de equipo identificado en la sección anterior, y sugiere que la pérdida de capacidad de arrastre de esos sectores se mostró también en una menor centralidad dentro de la red productiva nacional.

Figura 14. Red productiva backbone 2018



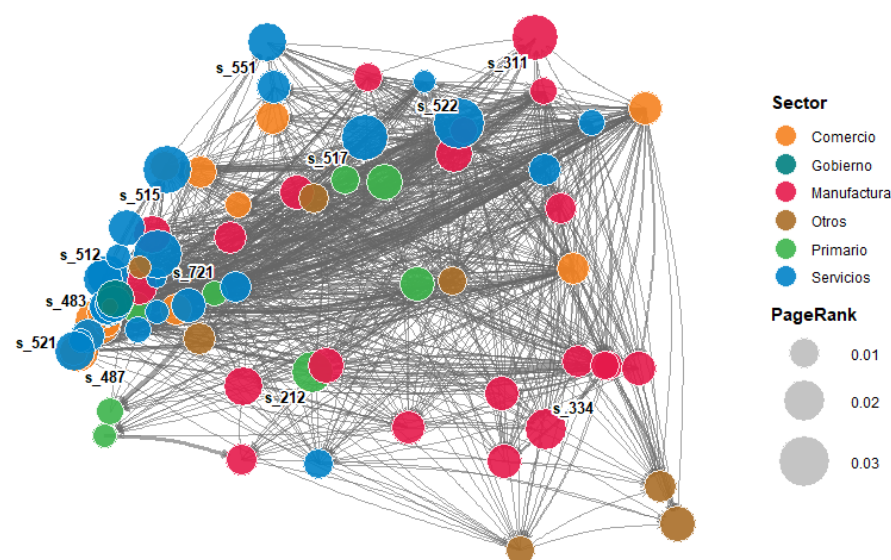
Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2018 (INEGI).

Las figuras 15 y 16 presentan la red productiva para 2003 y 2018 respectivamente. El tamaño de cada nodo representa su PageRank y el color indica la categoría sectorial. Se puede observar que en ambas redes muestra una reconfiguración productiva. En 2003 la red presenta una distribución relativamente homogénea del PageRank entre subsectores. Los nodos más grandes (con PageRank entre 0.02 y 0.03) son predominantemente azules (Servicios): intermediación crediticia (522), Telecomunicaciones (517), Alojamiento temporal (721) y Banca central (521), todos ubicados en la zona izquierda-centro de la red. El sector manufacturero (rosa) tiene nodos de tamaño mediano distribuidos por toda la red, con 311 (Industria alimentaria) como el único fabricante que alcanza un tamaño comparable a los líderes de servicios. Los sectores primarios (verde) son pequeños y periféricos.

La red de 2003 tiene una forma más compacta, los nodos se distribuyen de manera más uniforme en el espacio, lo que es coherente con la mayor dispersión del PageRank en el Cuadro 13, ningún

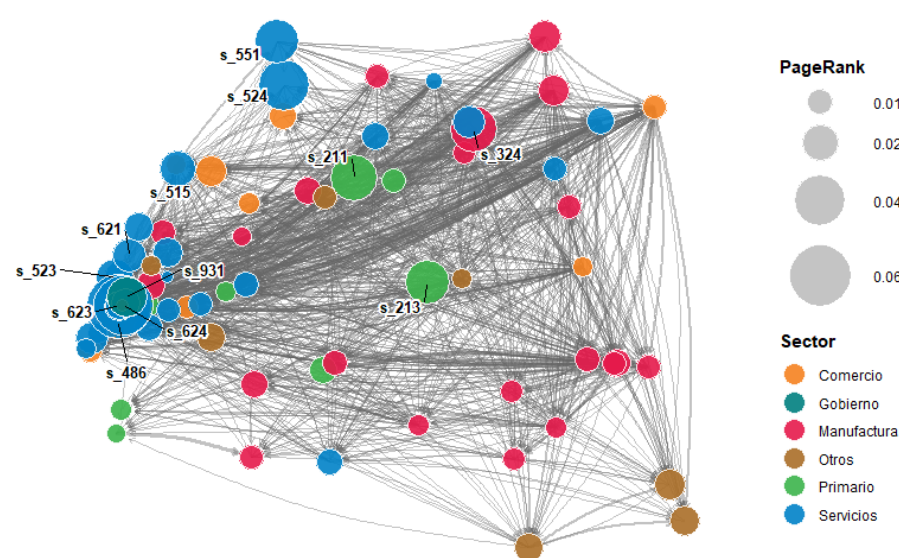
subsector destaca claramente sobre los demás, lo que indica que la influencia dentro de la red estaba repartida entre varios subsectores sin que uno solo dominara.

Figura 15. Red productiva PageRank 2003



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 (INEGI).

Figura 16. Red productiva PageRank 2018



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 (INEGI).

En 2018 el cambio es evidente a simple vista. Los nodos más grandes corresponden a 623 (Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud) y 624 (Otros servicios de asistencia social), 551 (Dirección de corporativos y empresas), 211 (Extracción de petróleo y gas) y 324 (Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón), todos con un PageRank que duplica al máximo observado en 2003. Unos pocos subsectores concentran la mayor parte de la influencia mientras el resto aparece con nodos pequeños y de tamaño similar entre sí.

Los subsectores manufactureros (en rosa) disminuyeron, el 931 (Actividades del gobierno) mantiene un nodo de tamaño medio en la zona izquierda, corresponde con el cuadro 13. En comparación con 2003, algunos subsectores se alejan, hacia los bordes de la red, lo que muestra que, aunque hay más vínculos activos, cada vínculo individual es menos intenso que antes.

En el cuadro 15 se puede observar como el PageRank máximo pasó de 0.030 en 2003 a 0.062 en 2018, más del doble. Esto significa que en 2018 el subsector más influyente absorbe proporcionalmente más de los efectos de toda la red que el más influyente de 2003. Las figuras muestran que en 2003 los nodos grandes son varios y de tamaño similar. En 2018 dos o tres nodos dominan sobre el resto.

En 2003 nueve de los diez subsectores más influyentes son servicios, financieros, transporte, comunicaciones y fabricación.

En 2018 el top 10 está dominado por servicios sociales (623, 624), el clúster energético-minero (211, 324, 213) y corporativos (551). El color de los nodos más grandes pasó de azul uniforme (servicios) en 2003 a una mezcla de azul (servicios sociales), verde (primario-extractivo) y el azul oscuro (gobierno) en 2018. Este cambio muestra que la influencia dentro de la red pasó de los sectores financieros y de telecomunicaciones hacia sectores que en 2003 apenas tenían presencia en la red.

Algo que se debe resaltar, es como el subsector Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud (623) y Otros servicios de asistencia social (624) al primer lugar del PageRank en 2018, con valores de 0.063 y 0.55 respectivamente, cuando en 2003 no aparecían en ningún ranking de centralidad.

Cuadro 15. Los subsectores más altos de PageRank: 2003 vs 2018

Rank	2003			2018		
	Subsector	Nombre	PR	Subsector	Nombre	PR
1	522	Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	0.030	623	Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	0.062
2	721	Servicios de alojamiento temporal	0.026	624	Otros servicios de asistencia social	0.054
3	515	Radio y televisión	0.026	524	Compañías de fianzas, seguros y pensiones	0.040
4	517	Telecomunicaciones	0.025	211	Extracción de petróleo y gas	0.033
5	311	Industria alimentaria	0.024	324	Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	0.033
6	483	Transporte por agua	0.024	551	Dirección de corporativos y empresas	0.029
7	212	Minería de minerales metálicos y no metálicos excepto petróleo y gas	0.020	213	Servicios relacionados con la minería	0.029
8	512	Industria filmica y del video, e industria del sonido	0.019	931	Actividades del gobierno	0.025
9	334	Fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y de otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	0.019	523	Actividades bursátiles cambiarias y de inversión financiera	0.022
10	487	Transporte turístico	0.019	515	Radio y televisión	0.019

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI)

Lo que ocurre es que los sectores que les compran insumos ganaron mucha importancia propia en 2018, y el PageRank, traslada parte de esa importancia hacia quienes los abastecen. En otras palabras, 623 y 624 no son influyentes por lo que producen, sino por estar conectados con sectores que sí lo son.

En la siguiente sección se presentará una síntesis de los principales hallazgos y el análisis del cambio estructural, si hubo alguna reconfiguración en el sistema productivo o si no fue significativo el cambio.

4.4 Cambio estructural y síntesis

Para evaluar si la economía mexicana experimentó un cambio estructural en sentido estricto entre 2003 y 2018, se combinaron tres enfoques cuantitativos: (i) análisis de la estabilidad de las jerarquías sectoriales mediante correlación de Spearman entre años, (ii) comparación de las distribuciones de las métricas de centralidad mediante la prueba Kolmogorov-Smirnov (KS), y (iii) una medida agregada de cambio en la matriz de coeficientes técnicos a través de la distancia euclidiana normalizada.

4.4.1 Correlación de Spearman

El cuadro 16 presenta los coeficientes de correlación de Spearman entre los valores de cada métrica de centralidad en 2003 y 2018. Un coeficiente cercano a 1 indicaría que el orden jerárquico de los subsectores se mantuvo estable, un valor bajo, por el contrario, revela un reordenamiento significativo.

Los valores más bajos se observan en PageRank y centralidad armónica (alrededor de 0.27). Esto puede significar que los subsectores que antes tenían mayor influencia o eran más accesibles cambiaron mucho, puesto que ya no son los mismo en 2018 que en 2003.

Cuadro 16. Correlación de Spearman entre 2003 y 2018

Métrica	Correlación
PageRank	0.2707
Centralidad Armónica	0.2613
Intermediación (<i>betweenness</i>)	0.6992
<i>In-degree</i>	0.4606
<i>Out-degree</i>	0.6546

Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

En cambio, la intermediación (*betweenness*) tuvo una correlación más alta (0.70). Esto quiere decir que los subsectores que sirven como puente entre distintas cadenas productivas se mantuvieron relativamente estables.

El grado de salida (0.65) también se mantuvo más estable que el grado de entrada (0.46). Es decir, los subsectores que entregan insumos a otros cambiaron menos que los subsectores que reciben insumos del resto de la economía.

4.4.2 Cambio en la forma de las distribuciones

Para determinar si la forma de las distribuciones de las centralidades cambió entre 2003 y 2018, se aplicó la prueba no paramétrica de Kolmogorov-Smirnov (cuadro 17). Un p-value inferior a 0.05 indica que las dos distribuciones (2003 y 2018) son estadísticamente diferentes.

Cuadro 17. Prueba de KS para las distribuciones entre 2003 y 2018

Métrica	D	p_valor
PageRank	0.2208	0.0466
Centralidad Armónica	0.2208	0.0466
Intermediación (<i>betweenness</i>)	0.0909	0.8459
<i>In-degree</i>	0.6883	0.0000
<i>Out-degree</i>	0.3896	0.0000

Fuente:
propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

Elaboración

De acuerdo al p-value las distribuciones son diferente de PageRank, centralidad armónica, *in-degree* y *out-degree* cambiaron significativamente entre ambos años. La intermediación, en cambio, mantuvo su distribución, lo cual es consistente con la correlación moderada-alta mostrada y refuerza la idea de que los sectores con función de puente son más estructurales y menos volátiles.

4.4.3 Magnitud global del cambio estructural (distancia euclidiana)

Como medida agregada del cambio en la estructura productiva, se calculó la distancia euclidiana normalizada entre las matrices de coeficientes técnicos A_{2003} y A_{2018} :

$$d = \frac{\|A_{2018} - A_{2003}\|}{\|A_{2003}\|} = 0.6733$$

Este valor supera el umbral convencional de 0.15 (Dietzenbacher y Los, 2000), lo que señala una estructura de relaciones intersectoriales cambió en un 67% en términos de distancia euclidiana. Dicha magnitud es evidencia de un cambio estructural profundo.

4.4.4 Síntesis del cambio estructural

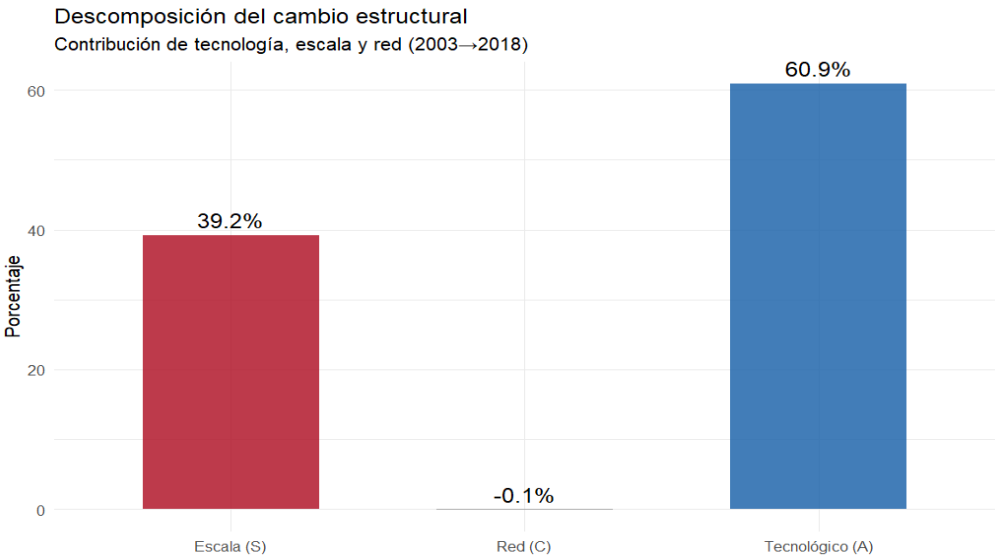
La economía mexicana entre 2003 y 2018 experimentó una transformación estructural caracterizada por mayor integración topológica de su red productiva, pero con una menor intensidad de sus encadenamientos reales, crecimiento en extensión de vínculos, pero no en profundidad productiva, y el crecimiento del período no equivale en una mayor capacidad multiplicadora ni en mayor bienestar de los hogares.

Se tiene el BL medio cayó de 2.31 a 1.59, una reducción del 31.2% en términos reales que afecta a 76 de 77 subsectores. A precios corrientes esta misma caída aparece como apenas 3% (se puede apreciar en el Anexo 1 el mapa estructural de los encadenamientos a precios corrientes). La contribución metodológica es directa, deflactar no es opcional, es una condición necesaria para el cambio estructural correctamente.

El principal propagador por oferta en 2003 es el sector financiero, Banca Central (11.33) y Dirección de corporativos (12.79). En 2018 ningún sector supera $FL_G = 3.20$. La desviación estándar del FL_G cayó un 77%. El sistema financiero dejó de ser el gran distribuidor sistémico de la economía mexicana.

El cambio estructural se explica 60.8% por efecto tecnológico (A) y 39.1% por efecto escala (S). El componente gris (C) es prácticamente cero: 0.1%. Esto significa que la reconfiguración ocurrió por dentro de los sectores (cambio en coeficientes técnicos) y por cambios en su peso relativo en la economía, pero no por reorganización de la estructura de la red. Los sectores líderes en pérdida —es decir, los que registraron la mayor caída en su contribución al cambio estructural— son Transporte aéreo (481 -0.132), Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril (485, -0.121) y Transporte por ferrocarril (482, -0.118), seguidos de Pesca, caza y captura (114, -0.104), Autotransporte de carga (484, -0.101) y Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final (221, -0.098). Los únicos ganadores son Fabricación de equipo de transporte (336, $+0.007$) y Otros servicios de información (519, $+0.006$).

Figura 17. Descomposición del cambio estructural



Fuente: Elaboración propia con base en MIP 2003 y 2018 (INEGI).

En el caso de los multiplicadores, el MI medio cayó 31.2% pero el efecto inducido cayó 59.1%, casi el doble de intensidad. Un sector típico generó 1.83 pesos adicionales vía hogares en 2003, para el 2018 genera 0.75 pesos. El crecimiento del período no se transmitió al consumo doméstico. Para 335 (Equipo de generación eléctrica) la pérdida nominal en MI es -0.003 , mientras que la pérdida real es -1.174 . 331 (Metálicas básicas) el factor de sesgo es 11 veces. Cualquier análisis de multiplicadores a precios corrientes para este período subestima la desintensificación entre 3 y 392 veces según el sector (se puede apreciar en el Anexo 2 las gráficas de los multiplicadores a precios nominales).

En ambos años existe la misma dualidad, la fabricación arrastra por insumos y los servicios públicos y sociales lo hacen por salarios. Esta dualidad sólo se aplana hacia abajo en ambos canales al mismo tiempo. Los mayores perdedores en efecto inducido son Museos, sitios históricos y similares (712, $\Delta EI = -2.19$), Actividades del Gobierno (931, -1.95), Fabricación de maquinaria y equipo (333, -1.93) y Transporte por ductos (486, -1.93). El único ganador real en ambas dimensiones es 519 (Otros servicios de información).

Para el análisis de redes, en la cohesión de la red productiva la densidad aumentó de 0.69 a 0.84, el clustering llegó a 0.98 y los componentes fuertemente conectados se redujeron de 8 a 2. Pero la fuerza media ponderada cayó de 1.028 a 0.680. El número de subsectores con grado de salida máximo pasó de 14 a 44, la desintensificación porque más subsectores alcanzaron conectividad universal, no porque los vínculos existentes se intensificaron.

En PageRank, residencias de asistencia (623) y asistencia social (624), que en 2003 tenían grado de salida cero, encabezan la jerarquía en 2018 con $PR = 0.063$ Y 0.055 . El sistema financiero cayó del primer lugar (522, $PR = 0.030$) al noveno. En intermediación, Petróleo y carbón (324, $BW = 0.322$) se convierte en el sector principal puente, más del doble de su valor de 2003, concentrando el control de los caminos críticos de transmisión.

La asortatividad negativa creció de -0.167 a -0.180 , que consolida la estructura centro-periferia. La concentración de la intermediación en el clúster energético-minero implica que en 2018 la interrupción de 324 o 211 desconectaría más subsectores que en 2003. La red es más integrada topológicamente pero más vulnerable sistémicamente.

Además, como lo visto en las secciones 4.4.1–4.4.3 las pruebas de cambio estructural (correlación de Spearman baja, KS significativa, distancia euclidiana = 0.673) confirman que esta transformación es una reconfiguración sistémica profunda, y no sólo un cambio marginal. Por lo que estos tres enfoques apuntan en la misma dirección del presente cambio estructural.

CONCLUSIONES

La investigación se propuso determinar si la economía mexicana cambió estructuralmente entre 2003 y 2018. Las hipótesis de partida, del fortalecimiento de los encadenamientos, reconfiguración de la red hacia mayor centralidad de sectores estratégicos y expansión de los multiplicadores, resultaron parcialmente rechazadas. A la vez, los hallazgos describen un proceso inverso, menos visible en las cuentas nominales, pero claramente visible a precios constantes.

Los encadenamientos reales se contrajeron un 31% en promedio, y el principal propagador sistémico en 2003 no fue el petróleo, sino el sistema financiero. En 2018, ningún subsector obtuvo una posición clave en la propagación por oferta. Este resultado, concuerda con la desintegración productiva documentada por Aroche Reyes (2005) y con la reconfiguración de la red mexicana identificada por Alatríste (2025), lo que deja a un lado la idea habitual centrada en el sector energético.

La red productiva se volvió más densa en términos topológicos, pero la intensidad ponderada de sus vínculos cayó. La asortatividad negativa se profundizó, lo que consolidó una estructura centro-periferia (Fuentes et al., 2013; Ramos Carvajal y García Muñiz, 2004) en la que sectores como petróleo y carbón concentran la intermediación. Lo cual implica una mayor vulnerabilidad, dado que ante la interrupción de esos pocos nodos afectaría hoy a más pares de sectores que en 2003.

El canal salarial se debilitó con el doble de intensidad que el canal de insumos intermedios, en consecuencia, con la creciente penetración de importaciones intermedias señaladas por Murillo (2020). Los multiplicadores tipo II se contrajeron más que el tipo I, y el efecto inducido medio pasó de 1.83 a 0.75 pesos reales por unidad demandada, una caída del 59.1%. La distancia euclidiana normalizada entre las matrices de coeficientes técnicos de ambos años fue de 0.673, muy por encima del umbral de 0.15 establecido por Dietzenbacher y Los (2000) como indicativo de cambio estructural profundo, lo que confirma que la transformación no fue marginal sino sistémica. Por lo que la economía mexicana experimentó una desintensificación productiva, por lo que con la literatura revisada no es un típico cambio estructural.

Las principales limitaciones del estudio son tres. Primero, el análisis se basa en dos puntos en el tiempo (2003 y 2018) a nivel subsectorial con 77 subsectores homologados, lo que permite una desagregación detallada, pero impide observar la trayectoria anual del cambio ni identificar puntos de inflexión específicos dentro del período. Segundo, no se incorporó una dimensión regional ni se modelaron específicamente los encadenamientos con el exterior, lo que reduce el alcance de las conclusiones al ámbito de la estructura productiva nacional. Tercero, la comparación bianual es una restricción para analizar la dinámica de cambios abruptos como la Reforma Energética de 2013. No obstante, el enfoque permite comparar dos estructuras productivas completas y evaluar con rigor la presencia y magnitud del cambio estructural en el período, combinando el análisis insumo-producto y teoría de redes.

BIBLIOGRAFÍA

- Alatríste Contreras, M. G. (2025). Complex network analysis uncovers the reconfiguration of the Mexican economy. *Investigación Económica*, 84(332), 61–83. <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2025.332.90934>
- Amaral Haddad, E., Fernandes de Araújo, I., Ibarrarán, M. E., Boyd, R., Elizondo, A., Belausteguigoitia, J. C., Amaral Haddad, E., Fernandes de Araújo, I., Ibarrarán, M. E., Boyd, R., Elizondo, A., y Belausteguigoitia, J. C. (2020). Interstate input-output model for Mexico, 2013. *Análisis Económico*, 35(90), 7–43.
- Aroche Reyes, F. (2005). Desintegración en la estructura productiva mexicana y el empleo: Los coeficientes importantes y la integración. *RAE: Revista Asturiana de Economía*, (33), 31–61.
- Bacharach, M. (with Internet Archive). (1970). *Biproportional matrices & input-output change*. Cambridge [England] University Press. <http://archive.org/details/biproportionalma0000bach>
- Bartesaghi, P., Clemente, G. P., Grassi, R., y Luu, D. T. (2022). The multilayer architecture of the global input-output network and its properties. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 204, 304–341. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2022.10.029>
- Borgatti, S. P. (2005). Centrality and network flow. *Social Networks*, 27(1), 55–71. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2004.11.008>
- Boundi Chraki, F. (2016). ANÁLISIS INPUT-OUTPUT DE ENCADENAMIENTOS PRODUCTIVOS Y SECTORES CLAVE EN LA ECONOMÍA MEXICANA. *Revista Finanzas y Política Económica*, 8(1), 55–81. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2016.8.1.4>
- Carvalho, V. M. (2014). From Micro to Macro via Production Networks. *Journal of Economic Perspectives*, 28(4), 23–48. <https://doi.org/10.1257/jep.28.4.23>
- Chenery, H. B., y Watanabe, T. (1958). International Comparisons of the Structure of Production. *Econometrica*, 26(4), 487. <https://doi.org/10.2307/1907514>
- Cimoli, M., Pereima Neto, J. B., y Porcile, G. (2015). *Cambio estructural y crecimiento*. <https://hdl.handle.net/11362/37756>
- Csárdi, G., y Nepusz, T. (2006). *The igraph software package for complex network research*. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-igraph-software-package-for-complex-network-Cs%C3%A1rdi-Nepusz/1d2744b83519657f5f2610698a8ddd177ced4f5c#citing-papers>
- Dietzenbacher, E., y Los, B. (1998). *Structural Decomposition Techniques: Sense and Sensitivity: Economic Systems Research: Vol 10, No 4*. Economic Systems Research. <https://doi.org/10.1080/09535319800000023>
- Dietzenbacher, E., y Los, B. (2000). Structural Decomposition Analyses with Dependent Determinants. *Economic Systems Research*, 12(4), 497–514. <https://doi.org/10.1080/09535310020003793>

- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215–239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Friedkin, N. E. (1991). Theoretical Foundations for Centrality Measures. *American Journal of Sociology*, 96(6), 1478–1504.
- Fuentes, N. A., y Andrés, A. G. (2009). Jerarquización sectorial de la economía mexicana: Un enfoque de teoría de grafos. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 40(158). <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2009.158.7771>
- Fuentes, N. A., Cárdenas, A., y Brugués, A. (2013). Análisis estructural de la economía de Baja California: Un enfoque de redes sociales. *Región y sociedad*, 25(57), 27–60.
- García, A. S., Morillas, A., y Rueda, C. (2005). Relaciones interindustriales y difusión de la innovación: Una aproximación desde la Teoría de Redes. *Urban/Regional*, Article 0512005. <https://ideas.repec.org/p/wpa/wuwpur/0512005.html>
- García Muñiz, A. S., y Ramos Carvajal, C. (2003). Las redes sociales como herramienta de análisis estructural input-output. *Redes. Revista hispana para el análisis de redes sociales*, 4. <https://doi.org/10.5565/rev/redes.44>
- Ghosh, A. (1958). Input-Output Approach in an Allocation System. *Economica*, 25(97), 58–64. <https://doi.org/10.2307/2550694>
- Goh, K.-I., Kahng, B., y Kim, D. (2001). Universal Behavior of Load Distribution in Scale-free Networks. *Physical Review Letters*, 87(27), 278701. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.87.278701>
- Granovetter, M. S. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology*, 78(6), 1360–1380.
- Hirschman, A. O. (1961). *La estrategia del desarrollo económico*. FCE.
- Kuznets, S. (1973). Modern Economic Growth: Findings and Reflections. *The American Economic Review*, 63(3), 247–258.
- Lantner, R. (1972). L'analyse De La Dominance Économique. *Revue d'économie politique*, 82(2), 216–283.
- Leontief, W. W. (1936). Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*, 18(3), 105–125. <https://doi.org/10.2307/1927837>
- Lewis, W. A. (1967). Desarrollo Economico Con Oferta Ilimitada De Mano De Obra. *Investigación Económica*, 27(107/108), 299–353.
- Marina Flores, A. (with Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Azcapotzalco). (1993). *Insumo-producto: Aplicaciones básicas al análisis económico estructural*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, División de Ciencias y Humanidades.
- Miller, R. E., y Blair, P. D. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2a. ed). Cambridge University Press.
- Morales-López, R. (2023). Encadenamientos productivos clave para la economía mexicana: Un análisis insumo-producto interregional. *El trimestre económico*, 90(359), 671–701. <https://doi.org/10.20430/ete.v90i359.1859>

- Morillas Raya, A. (1983). *La teoría de grafos en el análisis Input-Output. La estructura productiva andaluza*. Universidad de Málaga.
- Morillas Raya, A. (1996). La teoría de Grafos en el análisis económico regional: El agua como factor productivo en Andalucía. *Boletín económico de Andalucía*, (21), 125–138.
- Murillo Villanueva, B. (2020). México: Estructura productiva y penetración de las importaciones intermedias, 2003 y 2013. *Revista Finanzas y Política Económica*, 12(2), 403–430. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.v12.n2.2020.3336>
- Murillo Villanueva, B., Puchet Anyul, M., y Fujii-Gambero, G. (2020). *Actualización de la matriz total de insumo-producto de México del 2003. Aplicación de los métodos de doble deflación y RAS. Realidad, Datos y Espacio Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 60–79.
- Newman, M. E. J. (2005). A measure of betweenness centrality based on random walks. *Social Networks*, 27(1), 39–54. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2004.11.009>
- Opsahl, T., Agneessens, F., y Skvoretz, J. (2010). Node centrality in weighted networks: Generalizing degree and shortest paths. *Social Networks*, 32(3), 245–251. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2010.03.006>
- Pinto, A. (1970). Naturaleza E Implicaciones De La “Heterogeneidad Estructural” De La América Latina. *El Trimestre Económico*, 37(145(1)), 83–100.
- Prebisch, R. (1996). El Desarrollo Económico De La America Latina Y Algunos De Sus Principales Problemas. *El Trimestre Económico*, 63(249(1)), 175–245.
- Ramírez-Álvarez, J., Chungandro-Carranco, V., Montenegro-Rosero, N., y Guevara-Rosero, C. (2024). Central Industries in the Ecuadorian Input–Output Network. An Application of Social Network Analysis. *Networks and Spatial Economics*, 24(1), 131–164. <https://doi.org/10.1007/s11067-023-09605-z>
- Ramos Carvajal, C., y García Muñiz, A. S. (2004). Modelos estructurales centro-periferia: Una propuesta metodológica alternativa. *Documentos de trabajo (Universidad de Oviedo. Facultad de Ciencias Económicas)*, (263), 1–15.
- Schuschny, A. R. (2005). *Tópicos sobre el modelo de insumo-producto: Teoría y aplicaciones*. CEPAL. <https://hdl.handle.net/11362/4737>
- Soza-Amigo, S., Aroca, P., y Rueda-Cantuche, J. M. (2018). El Desarrollo y los Campos de Influencia. *Investigaciones Regionales - Journal of Regional Research*, (40), 7–34.
- Stone Richard, Brown Aalan, Bacharach Michael, Bates John, Dutkiewicz Deborah, Leicester Colin, y Pyatt Graham. (1963). *A Programme for Growth* (Vol. 3). Chapman and Hall.
- Uribe, P. (1975). Some “RAS” Experiments with the Mexican Input-Output Model. En *Annals of Economic and Social Measurement, Volume 4, number 4* (pp. 553–569). NBER. <https://www.nber.org/books-and-chapters/annals-economic-and-social-measurement-volume-4-number-4/some-ras-experiments-mexican-input-output-model>
- Vega, M. A. G., y Yacila, H. M. C. (2024). Análisis exploratorio del cambio estructural de la economía mexicana, 1980-2018: Exploratory analysis of the structural change of the Mexican economy, 1980-2018. *CIMEXUS*, 19(2), 116–125.

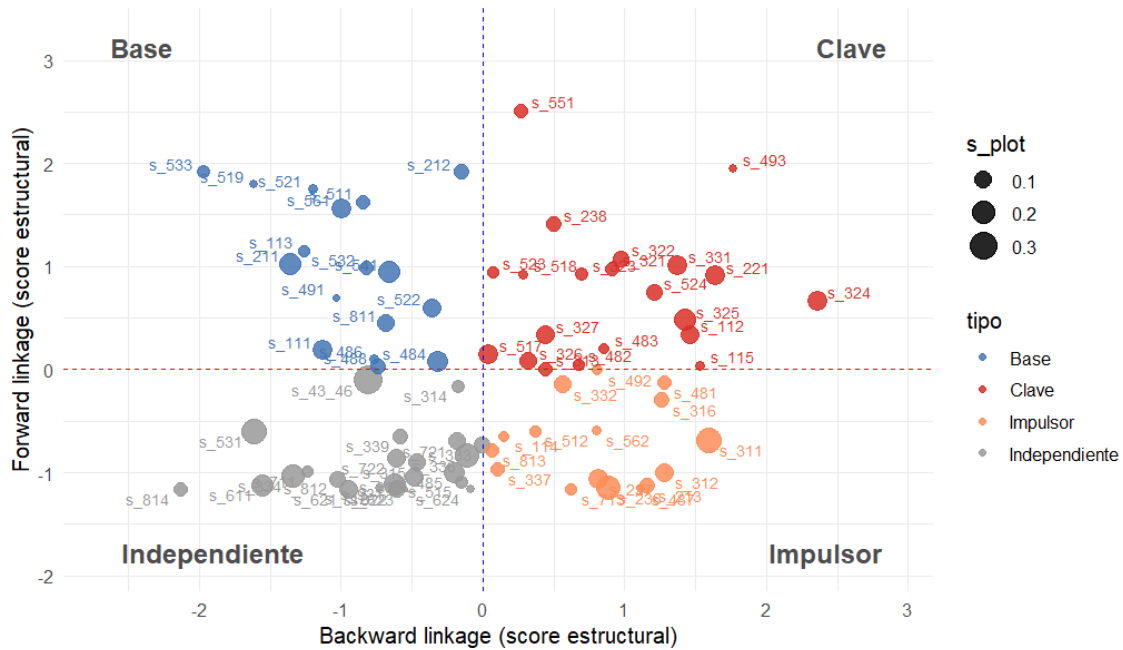
Wasserman, S., y Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications* (1a ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815478>

ANEXOS

Anexo 1 Encadenamientos nominales

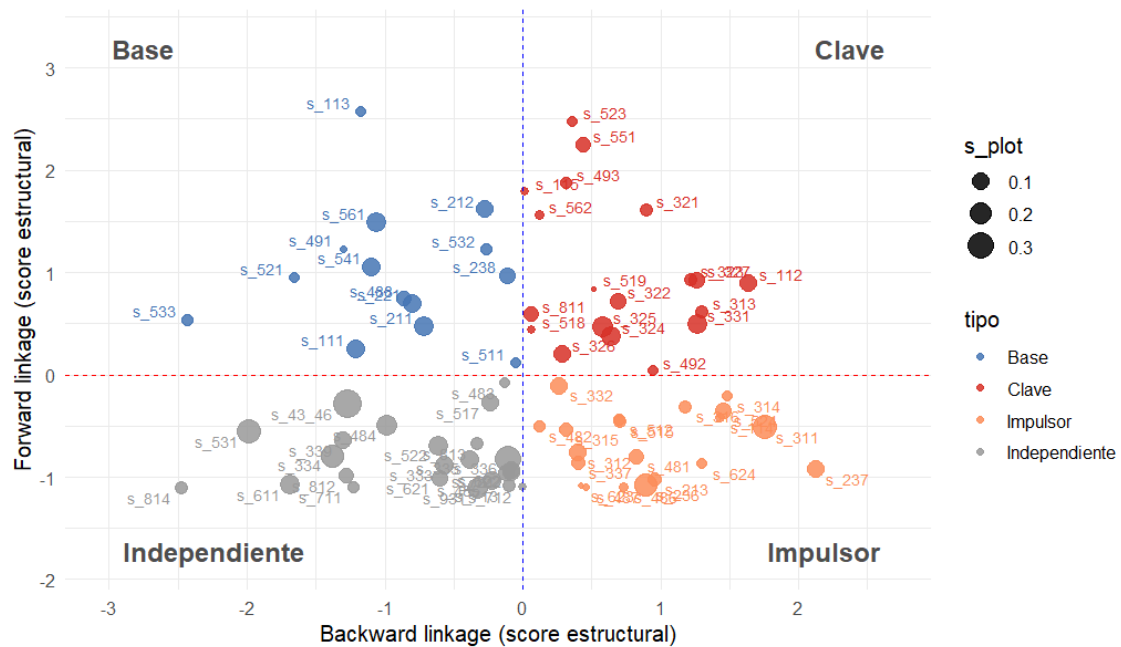
Mapa estructural de encadenamientos sectoriales, 2003

Clasificación basada en scores normalizados (Leontief vs Ghosh)



Mapa estructural de encadenamientos sectoriales, 2018

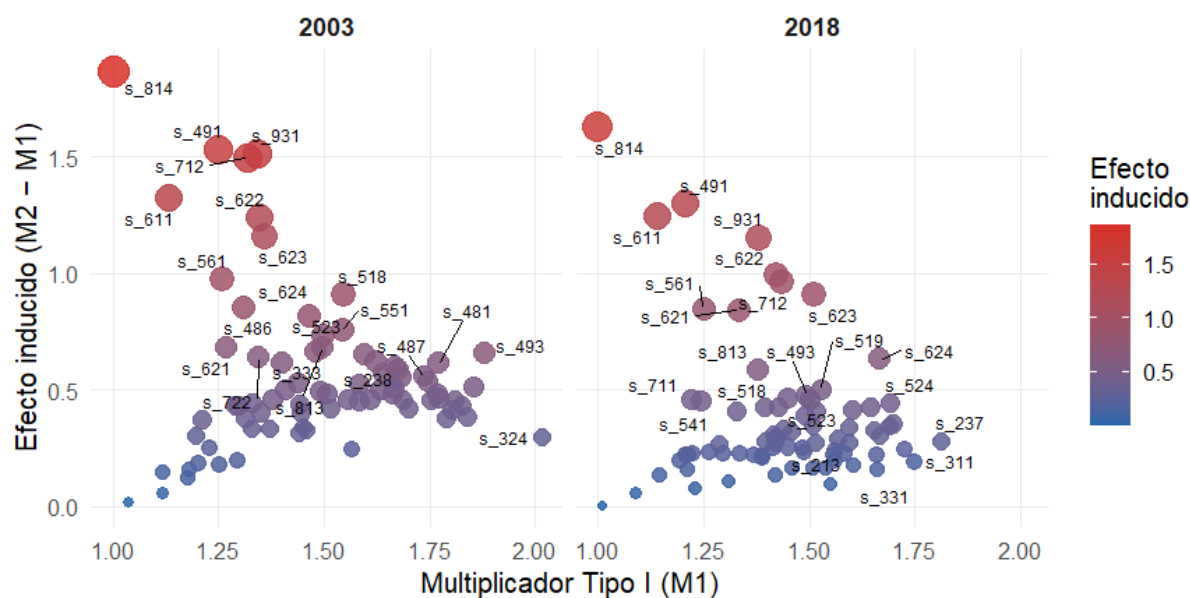
Clasificación basada en scores normalizados (Leontief vs Ghosh)



Anexo 2 Multiplicadores nominales

Multiplicador Tipo I vs Efecto inducido — 2003 y 2018

Cada punto es un sector productivo



Multiplicador Tipo II vs Efecto inducido — 2003 y 2018

Tamaño del punto = magnitud del M2 · Color = efecto inducido por hogares

