

Análisis de la cadena de valor de los semiconductores y su impacto económico en las importaciones de México

Edgar Ulises Cruz Vázquez*

Miguel Ángel Martínez García**

José Carlos Trejo García***

Recibido: 2 de mayo del 2025/Aceptado: 18 de noviembre del 2025

Resumen

El objetivo de este estudio es evaluar la cadena de valor de la industria de semiconductores y el impacto económico resultante de las importaciones de semiconductores a México, así como exponer vulnerabilidades e identificar áreas para el crecimiento interno. Los modelos y herramientas econométricas implementados en el estudio incluyeron pruebas de causalidad de Granger, regresión múltiple, análisis de datos en panel, análisis de eficiencia y modelos de rezago espacial, que facilitaron una evaluación de las interacciones de variables internacionales y nacionales con las importaciones mexicanas. Según los resultados econométricos del estudio, se puede decir que el 68% de las importaciones actuales y las importaciones del período anterior están, en parte, explicadas por la hipótesis donde hay una inercia empresarial dominante en juego. Además, el estudio también reveló que la producción de volumen global de semiconductores y la inversión extranjera directa contribuyeron de manera positiva y significativa a las importaciones. El estudio concluye que una dependencia excesiva de las cadenas de suministro globales es una debilidad crítica interrumpida por choques geopolíticos en la cadena de suministro, y por lo tanto representa un riesgo para México. La recomendación estratégica es desarrollar capacidades de producción local en México para fortalecer de manera resiliente los factores de mitigación de

* Maestro en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6274-045X>; correo electrónico: ulises978ed@gmail.com.

** Doctor en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8410-2538>; correo electrónico: mmartinezga@ipn.mx.

*** Doctor en Ciencias Económicas. Escuela Superior de Economía del Instituto Politécnico Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0046-5310>; correo electrónico: jtrejog@ipn.mx.

riesgos locales, lo que en última instancia fortalecería sectores estratégicos de la economía nacional y reduciría la dependencia extranjera.

Palabras clave: Comercio internacional, semiconductores, tecnología y desarrollo industrial, panel de datos.

Clasificación JEL: F14, L63, O14, C33.

Analysis of the semiconductor value chain and its economic impact on Mexican imports

Abstract

The objective of this study is to evaluate the value chain of the semiconductor industry and the resulting economic impact of semiconductor imports on Mexico, as well as to expose vulnerabilities and identify areas for internal growth. The econometric models and tools implemented in the study included Granger causality tests, multiple regression, panel data analysis, efficiency analysis, and spatial lag models, which facilitated an assessment of the interactions between international and national variables with Mexican imports. According to the econometric results of the study, 68% of current imports and imports from the previous period can be partially explained by the hypothesis of a dominant business inertia at play. Furthermore, the study also revealed that global semiconductor production volume and foreign direct investment contributed positively and significantly to imports. In conclusion, the study finds that excessive reliance on global supply chains represents a critical weakness, susceptible to disruption by geopolitical shocks, and thus poses a risk to Mexico. The strategic recommendation is to develop local production capabilities in Mexico to strengthen resilient local risk mitigation factors, which would ultimately bolster strategic sectors of the national economy and reduce foreign dependence.

Keywords: International trade, semiconductors, technology and industrial development, data panel.

JEL classification: F14, L63, O14, C33.

1. Introducción

Los semiconductores son componentes fundamentales ya que se incluyen en teléfonos celulares o sistemas de navegación automática vehicular. De acuerdo con la Asociación de la Industria de Semiconductores (SIA, 2021), el mercado global alcanzó un valor de 583.000 millones de dólares a causa del aumento en la demanda del uso de dispositivos electrónicos y la economía digital.

Un semiconductor es un material cuya capacidad de conducir electricidad se sitúa en un punto medio entre los conductores, como los metales, que conducen la electricidad fácilmente, y los aislantes, como el vidrio, que no la conducen en absoluto, esta propiedad hace que los semiconductores sean extremadamente útiles en la creación de componentes electrónicos que necesitan controlar el flujo de corriente (Peltzer & Blancá, 2021).

En este estudio se analiza la cadena de valor de los semiconductores en el contexto mexicano, determinando el rol e impacto económico de sus importaciones. En una primera instancia se sugiere que, si México invierte en el desarrollo local de la cadena de valor de los semiconductores, esto no solo reducirá las importaciones de dichos componentes, sino que también incentivará el crecimiento de industrias relacionadas, como la automotriz y la electrónica, fortaleciendo su posición en el mercado global.

La investigación aporta evidencia relevante para diseñar políticas públicas orientadas a fortalecer la producción local, reducir la dependencia de importaciones y generar empleo en sectores estratégicos como el automotriz y la manufactura avanzada. Gracias a esta evolución, numerosas corporaciones multinacionales han podido dispersar sus etapas productivas a través de diferentes países, buscando así optimizar la eficiencia en su producción, (Filippo *et al.*, 2023).

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022), México enfrenta una alta dependencia en la importación de semiconductores, con un valor total de \$26.39 mil millones de dólares. Esta situación lo expone a riesgos globales, como interrupciones en la cadena de suministro, que durante la pandemia de COVID-19 redujeron significativamente la disponibilidad de estos insumos, afectando sectores clave como el automotriz y la electrónica. Actualmente, México se halla en una situación de notable dependencia de semiconductores extranjeros.

Este estudio está dividido en cinco secciones. Después de la introducción, en la segunda sección se presenta una breve revisión de la literatura sobre la cadena de valor de los semiconductores y su relación con las importaciones,

la tercer sección muestra el desarrollo de la metodología para comprobar el objetivo y validar la hipótesis planteada sobre el impacto económico en las importaciones de la cadena de valor de los semiconductores, la cuarta sección presenta los resultados de las estimaciones y de las pruebas econométricas y por último se presentan las conclusiones de la investigación.

2. Breve revisión de la literatura

La teoría económica comprende un marco de conceptos y modelos que buscan entender y explicar el funcionamiento de las economías a nivel individual y colectivo. Se centra en el análisis de cómo los agentes económicos que incluyen a individuos, hogares, empresas y gobiernos los cuales toman decisiones y cómo estas decisiones afectan la asignación y distribución de recursos escasos. En este contexto, la teoría económica se dedica al análisis de cómo se establecen los precios, la producción de bienes y servicios, la creación y distribución de la riqueza en la sociedad.

Como indica el término, la cadena de valor representa un conjunto de actividades especializadas, todas necesarias para producir un bien determinado o un servicio. Dichas actividades están dispersas geográficamente, cada una aporta considerablemente a una propuesta de valor agregado distintiva para el sistema entero. En última instancia, sin embargo, la mayoría de estas actividades se comportan de acuerdo con sus funciones y un componente bastante importante de la función de la cadena de suministro en todos los sectores particulares de las empresas es maximizar el florecimiento de la producción para lograr la eficiencia. Al optimizar cada etapa de la cadena, desde el diseño inicial hasta el producto final, se logra un rendimiento económico mejorado, beneficiando tanto a las empresas involucradas como al consumidor final.

Kogut, B. (1984), destacó la importancia de la posición competitiva de una empresa en su mercado nacional como un fundamento clave para el desarrollo de una estrategia global y la posterior expansión hacia otros países y líneas de productos. Posteriormente, Porter, M. (1985), desarrolló el modelo teórico de la cadena de valor, clasificando las actividades empresariales en categorías primarias y de soporte, con un enfoque en la mejora de la propuesta de valor de las organizaciones.

En las Cadenas de Valor Globales (CVG), que son estructuras de producción internacional en las que diversas etapas se distribuyen entre países

aprovechando las ventajas competitivas específicas de cada región, en contraste con una cadena de valor convencional, las actividades primarias y de soporte no se centralizan en un solo lugar.

Según Gereffi (1999), las CVG se caracterizan por cuatro dimensiones clave: Estructura de Insumo-Producto, Cobertura Geográfica, Gobernanza de la Cadena y Marco Institucional, estas dimensiones ayudan a comprender cómo se organizan y gestionan las CVG a nivel mundial. Romero (2009), ofrece una perspectiva integral sobre estos aspectos, destacando su importancia en el funcionamiento eficiente y el éxito de las CVG.

La importancia del control y las posibilidades de *upgrading* para las empresas locales de un sector se enmarca en el aspecto de la Gobernanza. Esto se vuelve especialmente significativo en los semiconductores, dentro de las industrias de alta tecnología, (Humphrey & Schmitz, 2002).

La Ley de Thirlwall ha sido objeto de críticas y análisis por varios expertos. Por ejemplo, (Clavijo & Ros, 2015), han propuesto una lectura crítica de esta ley, señalando que las importaciones no se determinan únicamente por la elasticidad ingreso de la demanda, sino también por los precios relativos de los bienes dentro de una economía. Argumentan que factores como el precio, la calidad, los contratos y la demanda interna también influyen en la demanda de importación, afectando la preferencia por los bienes importados.

Dunning (2000), profundiza en la teoría de la internacionalización y la internalización de las empresas multinacionales, vinculándolas con las CVG y aspectos clave como la política económica, los acuerdos comerciales, la gobernanza y la división internacional del trabajo. Desde el punto de vista de los autores, la industria de los semiconductores comenzó como un mercado de ensamblaje, ya que la primera aplicación comercial de los transistores fue en las computadoras. Esto cambió con la introducción del circuito integrado CI. A lo largo de los 60 años, la industria de los semiconductores pasó de tamizar 20 alrededor de las docenas de compañías de los EU., alrededor de 200 en todo el mundo en 1986.

La segmentación de esta CVG es notable: mientras Estados Unidos y China lideran el diseño de chips (modelo fabless), la fabricación avanzada (fundición o foundry) está altamente concentrada en Asia, específicamente en Taiwán y Corea del Sur (Dedrick *et al.*, 2011; Scharfenaker & Flamm, 2023).

La evidencia empírica internacional muestra que el éxito en el desarrollo de la industria requiere de políticas de Estado en I+D, que incluya el desarrollo de capital humano especializado y la inyección masiva de subsidios,

como se observó en Corea del Sur con su estrategia de chaebols (Lall, 2000) y más recientemente en EU. (CHIPS Act) y la Unión Europea (European Chips Act), en la que se observa el desarrollo de la industria en la Unión Europea con subsidios cruzados para el choque de resiliencia de la cadena, (CRS, 2022).

Hoy en día, los semiconductores son uno de los productos más comercializados a nivel global y se prevé que, para 2035, el comercio mundial de semiconductores será 2,5 veces mayor que en 2020, (Trendforce, 2021 b).

Los semiconductores son cruciales para una serie de aparatos sin los cuales no podríamos vivir: desde electrodomésticos y vehículos hasta, en la actualidad, ordenadores y teléfonos inteligentes. Además, son fundamentales para el desarrollo y operación de tecnologías innovadoras, incluida la inteligencia artificial, el internet de las cosas, la computación cuántica y los vehículos autónomos.

A partir de la cadena de valor realizada, con la obtención de datos confiables acerca de la misma para hacer un adecuado análisis de las múltiples variables que inciden en el comportamiento de la cadena, encontramos variables económicas como la demanda interna, la inversión extranjera, las políticas regulatorias, como variables tecnológicas, las cuales incluyen capacidad productiva e innovación local, las cuales son relevantes al momento de buscar comprender como estas al interactuar afectan el desarrollo y desempeño de la industria en México.

El análisis de casos comparativos evidencia el impacto de IED estratégica no solo de ensamble, sino de *wafer fabrication*, la cual puede llegar a describirse como correlativo a crecimiento del valor agregado de la nación a nivel sectorial. Un caso representativo de esta afirmación es el país de Singapur en las décadas de 1980 y 1990 (Wong, 2003).

Esta breve discusión teórica ha resaltado la interdependencia de los mercados y las empresas a nivel internacional, y también ha enfatizado la influencia significativa de la tecnología en la economía global. Además de establecer el contexto de la alta especialización y la intensa competencia geopolítica que define a la CVG de semiconductores.

3. Metodología

La metodología a seguir consistirá en tratar de determinar y explicar el impacto de ciertas variables económicas en las importaciones de semiconductores

en México, se utilizará un enfoque cuantitativo basado en datos de series de tiempo y un panel de datos. Se utilizará como variable dependiente del estudio las importaciones de semiconductores medidas en volumen y valor en dólares. Con el fin de encontrar e ilustrar las relaciones que influyen en el nivel de importaciones de semiconductores y factores específicos determinantes, se utilizarán técnicas econométricas, como la causalidad de Granger, la regresión múltiple y algunos modelos panel.

La Prueba de Causalidad de Granger es una técnica estadística utilizada para determinar si una serie temporal puede predecir otra. En términos simples, se utiliza para evaluar si las variaciones en una variable (digamos, la variable X) pueden causar cambios en otra variable (variable Y). Es importante aclarar que la causalidad de Granger no implica una causalidad directa en el sentido tradicional, sino que se refiere a la capacidad predictiva que tiene una variable sobre otra (Stock, J. H., & Watson, M. W., 2019).

Esta prueba analiza si la producción mundial de semiconductores está causando importaciones de semiconductores en México. Esta prueba se lleva a cabo utilizando datos de series de tiempo para determinar si un cambio en la producción mundial de semiconductores precede y explica el cambio en México. El propósito de esta prueba es determinar si el aumento en la producción mundial de semiconductores provoca importaciones de semiconductores en México.

Variable X_t : Producción mundial de semiconductores (medida en unidades o valor monetario en USD). Esta variable representa la oferta global de semiconductores en el mercado internacional.

Variable Y_t : Importaciones de semiconductores en México (medidas en volumen o valor monetario en USD). Esta variable refleja la cantidad de semiconductores que México adquiere del extranjero.

Para evaluar esto, se comparan dos modelos: Modelo sin la Variable de Producción Mundial (X_t) y Modelo con la Variable de Producción Mundial (X_t), para el primer supuesto empezamos con el modelo matemático.

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_p Y_{t-p} + \epsilon_t$$

Donde se utilizan solo los valores pasados de las importaciones (Y_t) para predecir su valor actual, los coeficientes $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p$ representan la influencia de cada uno de los valores pasados de Y_t sobre su valor presente, p es el número de retardos (*lags*), que son los periodos pasados que se toman en cuenta, ϵ_t es el término de error que capta las variaciones en Y_t que no se pueden explicar con sus propios valores pasados.

En este modelo, solo se considera cómo las importaciones pasadas influyen en las importaciones actuales sin tomar en cuenta la producción mundial. Esto sirve como una línea base para evaluar si la inclusión de la producción mundial en el siguiente modelo mejora las predicciones.

Para el segundo supuesto se tiene la siguiente ecuación:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \dots + \beta_p Y_{t-p} + \gamma_1 X_{t-1} + \gamma_2 X_{t-2} + \dots + \gamma_p X_{t-p} + \epsilon_t$$

Donde se incluyen tanto los valores pasados de Y_t como los valores pasados de la producción mundial (X_t), los coeficientes $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ miden el efecto de los valores pasados de las importaciones sobre el valor actual de Y_t , igual que en el modelo anterior, los coeficientes $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p$ representan el efecto de los valores pasados de la producción mundial sobre Y_t . Estos son los coeficientes que nos interesan, ya que, si alguno de ellos es significativamente diferente de cero, indicaría que la producción mundial tiene un efecto predictivo sobre las importaciones de semiconductores en México.

Si $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_p$ son estadísticamente significativos, esto implica que los valores pasados de la producción mundial de semiconductores contienen información adicional que mejora la predicción de las importaciones de semiconductores en México, más allá de la información que proveen las importaciones pasadas por sí solas.

La Comparación de Modelos con el Test F en la Prueba de Causalidad de Granger es el paso clave para evaluar si la inclusión de la variable adicional (en este caso, la producción mundial de semiconductores) mejora significativamente la predicción de la variable dependiente (las importaciones de semiconductores en México). El Test F compara la suma de los errores de ambos modelos para determinar si la variable adicional aporta información relevante, la fórmula del Test F es:

$$F = \frac{(SSR_{restricted} - SSR_{unrestricted})/p}{SSR_{unrestricted}/(n - 2p - 1)}$$

El uso del Test F es el método estándar para validar la hipótesis nula de no causalidad, estableciendo formalmente si el conjunto de coeficientes rezagados de la variable explicativa es conjuntamente igual a cero, (Brooks, 2019).

Donde, $SSR_{restricted}$ es la suma de los cuadrados de los residuos del modelo restringido (sin la variable X_t), $SSR_{unrestricted}$ es la suma de los cuadrados de los residuos del modelo no restringido (con la variable X_t), p es el número

de retardos (*lags*) utilizados en el modelo, n es el número total de observaciones en la serie temporal.

Si el valor calculado del Test F es mayor que el valor crítico correspondiente a un nivel de significancia, o si el p -valor es menor que el nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula. Esto significa que al incluir la variable de X_t (producción mundial) reduce significativamente los errores en la predicción de Y_t (importaciones), lo que sugiere que la producción mundial causa importaciones en el sentido de Granger.

Si el valor de F es menor que el valor crítico, o el p -valor es mayor que el nivel de significancia, no se rechaza la hipótesis nula. Esto implica que la inclusión de X_t no proporciona información adicional significativa para predecir Y_t , y no se puede concluir que la producción mundial cause importaciones en México.

El Análisis de Regresión Múltiple es una técnica estadística utilizada para entender la relación entre una variable dependiente y múltiples variables independientes. A diferencia de la regresión simple, que evalúa la relación entre una variable dependiente y una sola variable independiente, la regresión múltiple considera varias variables independientes al mismo tiempo para explicar cómo influyen en la variable dependiente (Stock, J. H., & Watson, M. W., 2019).

La fórmula general de un modelo de regresión múltiple es:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + \epsilon$$

Donde: Y es la variable dependiente o variable de respuesta que estamos tratando de predecir o explicar, β_0 es el intercepto o término constante del modelo, que representa el valor esperado de Y cuando todas las variables independientes son iguales a cero, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$ son los coeficientes de regresión de las variables independientes.

Cada coeficiente mide el cambio promedio en Y asociado con un cambio de una unidad en la variable independiente correspondiente, manteniendo todas las demás variables constantes, $X_1, X_2, \dots, X_p$ son las variables independientes (o predictoras) que se utilizan para explicar las variaciones en Y , ϵ es el término de error o residuo, que captura las variaciones en Y que no se explican por las variables independientes en el modelo. Este término se asume como una variable aleatoria con media cero y varianza constante.

Los patrones y las relaciones causales se pueden agrupar en un análisis y dar una orientación sobre el razonamiento detrás de ellos. Como resultado, un profesional puede inferir, por ejemplo, que un incremento en la

demanda interna de semiconductores, que incluyen los procesos automovilísticos, tecnológicos y los productos de electrónica de consumo, conduce a una mayor necesidad de México de importación (Wong, 2003). A pesar de eso, el profesional puede diseñar una estrategia basada en esos patrones, que permite implementar medidas específicas que fortalezcan la producción nacional para abastecer esta demanda, evitando la necesidad de comprar insumos extranjeros.

En adición, el análisis también puede precisar algunos aspectos que juega la IED en el sector, si la IED se encuentra en actores que desarrollan infraestructura productiva y tecnología local, cómo resultado, la dependencia de importación disminuiría ya que México tiene la capacidad de producir métodos de tecnología de alta calidad como los semiconductores. O en actores de ensamblaje que necesitan insumos importados, puede provocar incluso un aumento del mercado de importación (Dunning, 2000; Dedrick *et al.*, 2011). Este fenómeno de IED con efectos duales es un tema central en el análisis de las Cadenas de Valor Globales (Gereffi, 1999).

Los datos de panel, también conocidos como datos longitudinales o panel de datos, son una técnica estadística que combina observaciones de múltiples individuos (o entidades) durante un periodo de tiempo. En lugar de analizar solo las variaciones temporales o solo las diferencias entre entidades, el análisis de panel de datos permite evaluar ambos simultáneamente, proporcionando una mayor riqueza de información y precisión en el análisis, (Stock, J. H., & Watson, M. W., 2019). La selección de esta metodología es fundamental para controlar la heterogeneidad no observable entre las entidades federativas mexicanas que influye en su participación en la CVG de semiconductores (Hsiao, 2014).

Se utilizó para entender cómo las importaciones de semiconductores en México se ven influenciadas por diversos factores económicos y estructurales a lo largo del tiempo y en diferentes entidades federativas. Dado que México depende en gran medida de las importaciones de semiconductores debido a su limitada capacidad de producción local, este análisis permite evaluar cómo las variaciones temporales y las diferencias estructurales entre los estados afectan el comportamiento de las importaciones.

Se tiene un panel de datos que observa las importaciones de semiconductores (Y_{it} para N entidades, estados) a lo largo de T periodos de tiempo. El modelo de panel de datos se puede escribir de la siguiente forma:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \mu_i + \lambda_t + \epsilon_{it}$$

Donde, Y_{it} es la variable dependiente para la entidad i en el tiempo t . En

este caso, las importaciones de semiconductores para el estado i en el año t , α es el intercepto común, $X1it, X2it, \dots, Xkit$ son las variables independientes que afectan Yit , la demanda interna de semiconductores, la IED, y políticas regulatorias específicas de cada estado en cada año. Por lo que queda marcada la variable dependiente sobre las importaciones de semiconductores y las variables independientes la demanda interna, tipo de cambio, producción mundial e IED en manufactura.

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_k$ son los coeficientes que miden el efecto de cada variable independiente sobre Yit , μ_i es el efecto fijo o aleatorio asociado a la entidad i . Captura características específicas de cada entidad que no cambian con el tiempo, como la infraestructura o la cercanía a la frontera con Estados Unidos, λ_t es el efecto temporal común a todas las entidades en el tiempo t . Puede capturar factores globales o nacionales que afectan a todas las entidades simultáneamente, como una crisis económica o una política federal que afecta a todos los estados, ϵ_{it} es el término de error que capta las variaciones que no se explican por las variables incluidas en el modelo.

Hay varios tipos de modelos de panel de datos que se utilizan según las características del análisis.

Modelo de Efectos Fijos: Este modelo asume que cada entidad tiene un efecto fijo (μ_i) que no cambia con el tiempo, pero que puede diferir entre las entidades. Permite controlar por factores no observables que son específicos de cada entidad pero que no cambian a lo largo del tiempo, matemáticamente, se expresa como:

$$Yit = \alpha + \beta_1 X1it + \dots + \beta_k Xkit + \mu_i + \epsilon_{it}$$

Se eliminan las diferencias entre entidades al restar la media temporal de cada entidad, lo que permite centrarse en las variaciones dentro de cada entidad a lo largo del tiempo.

Modelo de Efectos Aleatorios: Este modelo asume que los efectos específicos de las entidades (μ_i) no son fijos, sino que son aleatorios y siguen una distribución. Es útil cuando se cree que las entidades seleccionadas para el análisis son una muestra aleatoria de una población más amplia, matemáticamente, se expresa como.

$$Yit = \alpha + \beta_1 X1it + \dots + \beta_k Xkit + (\mu_i + \epsilon_{it})$$

A diferencia del modelo de efectos fijos, aquí se incorpora una varianza específica para los efectos aleatorios, que permite modelar las diferencias

entre entidades sin eliminar la variabilidad entre ellas. Además, los modelos de datos de panel son la herramienta más adecuada para evaluar el impacto de las políticas y factores estructurales sobre el desempeño industrial a nivel subnacional (Greene, 2018).

4. Análisis de resultados

A partir de los datos recopilados en la investigación los datos fueron procesados y desarrollados utilizando el lenguaje de programación *Python.*, se emplearon técnicas econométricas para realizar la Prueba de Causalidad de Granger, utilizando datos de las importaciones de México y las ventas totales de semiconductores a nivel mundial. La serie temporal analizada cubre el periodo de 2012 a 2023. Para evaluar la consistencia de los resultados se realizaron pruebas considerando diferentes retardos (*lags*).

El cuadro 1, corresponde a un análisis con 5 *lags*, se presentan los resultados obtenidos.

Cuadro 1. Resultados prueba de causalidad de Granger

Número de lags	F-test (SSR)	P-valor F-test	Chi-cuadrado (SSR)	P-valor Chi-cuadrado	Likelihood Ratio Test	P-valor LR Test
1	222.48	0.0000	255.85	0.0000	57.38	0.0000
2	34.60	0.0000	89.57	0.0000	35.72	0.0000
3	24.74	0.0000	111.34	0.0000	38.65	0.0000
4	36.53	0.0000	265.73	0.0000	53.18	0.0000
5	24.09	0.0001	286.07	0.0000	52.74	0.0000

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por INEGI, (2024).

De acuerdo con los resultados, se observa una relación de Granger significativa entre las importaciones mexicanas y las ventas globales de semiconductores. Siguiendo los hallazgos, hay una relación causal de Granger significativa entre las importaciones mexicanas y las ventas globales de semiconductores, lo que implica que los cambios en las importaciones mexi-

canas pueden ayudar a anticipar cambios en las ventas globales y viceversa, de acuerdo con la participación de México en la cadena de suministro global de semiconductores.

Sin embargo, se podría esperar un resultado diferente debido a factores externos no considerados en el modelo, como la demanda de tecnología, la política comercial internacional, las dislocaciones de producción y la incertidumbre económica global, todos los cuales afectan las ventas de semiconductores. Además, las limitaciones de los datos, como el rango o la frecuencia limitados, podrían influir en el resultado; por ejemplo, cuando el rango coincide con eventos extraordinarios como la pandemia, una crisis financiera o la escasez de chips, la relación detectada podría ser diferente.

Para todos los niveles de retardo, los valores del F-test sobre el chi-cuadrado son distintos de 0, lo que implica que los valores pasados de las ventas de semiconductores tienden a predecir los cambios en las importaciones mexicanas. En especial en el primer retardo, donde el efecto es inmediato y fuerte, con un F-test de 222.48 y p-valor de 0.0000; lo cual subraya la importancia de las tendencias globales a corto plazo.

Desde el punto de vista económico, estos resultados son críticos ya que representan la incidencia de la economía de México en la industria internacional de semiconductores; la cual es a su vez un insumo directo de algunos de los sectores económicos más cruciales del país, como la manufactura, la industria automotriz y la electrónica. Además, los efectos significativos para retardos mayores implican que esta relación está presente en el tiempo, lo que podría atribuirse a la inercia de las cadenas de suministro y los contratos comerciales.

No obstante, cabe mencionar que la causalidad de Granger no implica una asociación causal pura, sino más bien predictiva dictada por patrones en el tiempo. Así, las importaciones también pueden ser impactadas por otras políticas comerciales, fluctuaciones en el tipo de cambio y eventos disruptivos a nivel mundial.

En suma, se deduce que los valores históricos de las ventas totales de semiconductores pueden predecir la variación en las importaciones mexicanas. Esto insinúa la altura de la dependencia del suministro internacional de semiconductores por parte de México, un elemento esencial para distintas industrias como la automotriz, electrónica y manufacturera avanzada.

En consecuencia, conforme la producción global de semiconductores disminuye, hay una tutela de que las importaciones mexicanas disminuyan. Asimismo, este diagnóstico enfatiza cuán sensible es la economía mexicana a las tendencias y fluctuaciones del mercado global de semiconductores,

esta dependencia también implica riesgos potenciales, especialmente en situaciones de escasez global o interrupciones en la cadena de suministro.

Otro modelo que nos ayuda a entender cómo influyen ciertas variables en las importaciones de semiconductores en México es el Análisis de regresión múltiple. Dado que se trata de múltiples factores cuyos efectos no se pueden reducir a una sola variable, el análisis de regresión múltiple aporta más información y conduce a una mejor comprensión del fenómeno. Por consiguiente, se descompondrá qué tan protector o perjudicial puede ser cada uno de los factores y qué efecto tiene en los semiconductores.

El origen de datos para esta variable es el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para México y bases de datos internacionales de comercio, que desagregan dicha información por tipo de producto, origen y destino. La medida de conteo es el valor expresado en dólares estadounidenses, lo que posibilita un análisis comparativo internacional e incorpora un estándar de medida para cualquier grupo etario. La frecuencia en la que es recopilada es anual, lo que ofrecerá una visión general de los productos importados con tendencias a largo plazo y la detección de lo que son estacionales o cíclicas.

En el cuadro 2, se pueden observar los resultados obtenidos del análisis, donde se presentan los coeficientes estimados para cada variable, así como sus niveles de significancia estadística.

Cuadro 2. Resultados prueba de regresión múltiple

Variable	Coeficiente (coef)	Error Estándar (std err)	T-valor (t)	P-valor ($P> t $)
Constante (const)	0.05	0.02	2.4	0.045
Producción Mundial	0.0325	0.012	2.71	0.033
Demanda Interna	0.025	0.0098	2.55	0.041
Tipo de Cambio	0.034	0.015	2.27	0.063
IED en Manufactura	0.06	0.02	3.0	0.02

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por INEGI, (2024).

Las variables incluidas en el modelo de regresión se seleccionaron en función de criterios teóricos, empíricos y de disponibilidad de datos. Primero, se eligieron aquellas variables que, según la teoría económica y la literatura relevante, se espera que tengan un impacto en las importaciones mexicanas de semiconductores, como la producción mundial y las ventas globales de esta industria.

Los resultados de este análisis de regresión múltiple sugieren que las importaciones de semiconductores en México están fuertemente influenciadas por factores externos y estructurales.

En general, el modelo presenta un 0.85, lo que significa que el 85% de la variabilidad de las importaciones se explica a través de las variables seleccionadas. Por lo tanto, el nivel de ajuste se considera bastante alto y justifica la elección de las variables en cuanto al modelo de las exportaciones mexicanas. Además, el modelo proporciona resultados estadísticamente significantes para entender el comportamiento de las importaciones basado en el impacto de factores internacionales y locales.

La constante del modelo es positiva y significativa ($p = 0.045$), lo que implica que incluso en ausencia de cambios en las variables independientes, existe un nivel considerable de importaciones. Esto refleja que las importaciones mexicanas tienen un componente estructural básico que no depende directamente de las variables consideradas.

Por otro lado, la Producción Mundial de semiconductores arroja un coeficiente positivo (0.0325) y significativo, esto implica que un aumento en la producción mundial de esta variable se asocia con un incremento en las importaciones mexicanas; al factor anterior se le agrega un efecto “cola larga” se refiere a que el impacto de la producción mundial sobre las importaciones mexicanas no se agota inmediatamente, sino que se mantiene de manera gradual a lo largo del tiempo, por parte de esta variable; se pone en perspectiva la dependencia de México de cadenas globales de valor, en ocasiones críticas cuando son sectores estratégicos como los semiconductores esenciales para varias industrias nacionales.

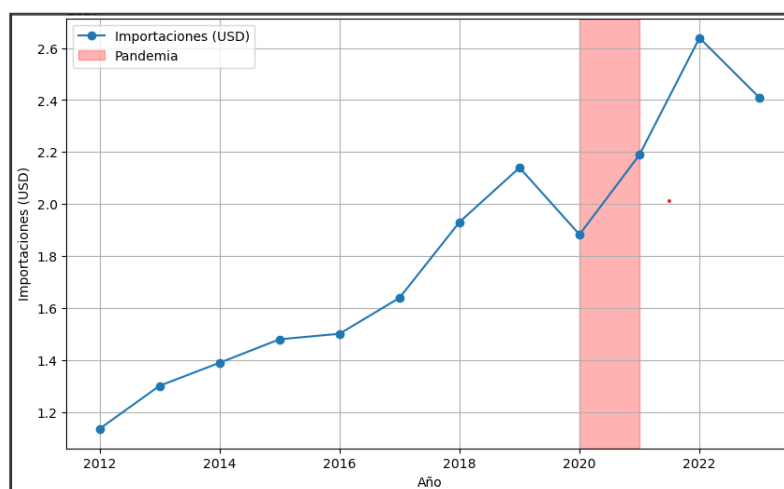
De su lado, la Demanda Interna arroja un coeficiente significativo de 0.025 bajo una significancia estadística del 0.041, ratificando que el mercado local activo y demandante alinea forzosamente a acudir a la importación de bienes y servicios. Este hallazgo reitera la necesidad de monitorear el desarrollo de la actividad económica local, para evaluar el adelantamiento en la lógica de las necesidades de importación, a fin de diseñar políticas de abastecimiento adecuadamente.

En cuanto al Tipo de Cambio, este tiene el coeficiente positivo, pero con un valor de $p=0.063$, es decir, algo por encima del umbral de significancia 0.05. A pesar de no ser concluyente, resulta significativo, por lo tanto, la depreciación de la moneda nacional podría llevar a un aumento en el volumen de importaciones y a la variabilidad del impacto dependiendo del sector, tipo de bienes importados etc., dado que las importaciones se vuelven más caras.

La pandemia de COVID-19 representó un punto de inflexión en diversas industrias, entre ellas la de semiconductores, que se vio afectada por interrupciones en las cadenas de suministro, cambios en la demanda y problemas de logística. En este contexto, para enriquecer el estudio se realizó un análisis econométrico utilizando la prueba de Chow para determinar si hubo un cambio estructural en las importaciones de semiconductores en México durante los años 2020 y 2021, en comparación con los años previos (2012-2019) y posteriores (2022-2023).

En el gráfico 1, se ilustra de manera más clara el intervalo seleccionado para el análisis de muestra, destacando los años previos, durante y posteriores a la pandemia de COVID-19. Esta representación visual permite observar cómo se segmentaron los datos para identificar posibles cambios estructurales en las importaciones de semiconductores en México, considerando las dinámicas económicas antes, durante y después del evento.

Gráfico 1. Impacto de la pandemia en importaciones de semiconductores (2012-2023)



Fuente: elaboración propia con información proporcionada por INEGI, (2024).

El resultado del *Chow Test* produjo un p-valor de 0.0414, lo que indica que, al nivel de significancia del 5%, se rechaza la hipótesis nula de que no hubo un cambio estructural en las importaciones de semiconductores durante los años de la pandemia.

En conjunto, estos resultados parecen sugerir que el vecindario global y nacional a lo largo de la encerrona notablemente afectaron a las importaciones mexicanas de semiconductores. Lógicamente, los factores que impulsaron estos cambios parecen haber sido el aumento en la demanda de dispositivos electrónicos, que se utilizaron pues las peculiaridades de trabajo a distancia y aprendizaje en línea. Por otro lado, perturbaciones a lo largo de la producción y la logística global y las restricciones comerciales defienden múltiples países probablemente exacerbaron el impacto de este fenómeno en México.

El cambio estructural también muestra cómo las políticas públicas y las decisiones empresariales a lo largo de este período afectaron la capacidad del país de aprovisionarse de insumos críticos. El presente hallazgo subraya la necesidad de fortalecer la infraestructura logística y la autosuficiencia tecnológica para abordar futuros desafíos globales.

El uso de datos de panel simplifica la integración de heterogeneidad regional, un elemento crítico en un país tan diverso como México, cuyas características económicas, industriales y sociales difieren considerablemente. Para comprender mejor las dinámicas económicas entre las regiones de México y su relación con el comercio exterior, fue conveniente llevar a cabo un análisis de panel de datos. Este método analiza tanto las variaciones en el tiempo como las diferencias entre los estados de una entidad federativa, lo que proporciona una visión completa de las relaciones económicas. El análisis de panel va más allá de patrones agregados y permite estudiar relaciones más detalladas y dinámicas.

En el cuadro 3, se pueden observar los resultados obtenidos del análisis, donde se presentan los coeficientes estimados para cada variable, así como sus niveles de significancia estadística.

Cuadro 3. Resultados prueba de panel de datos

Variable	Coefficiente (coef)	Error Estándar (std err)	T-valor (t)	P-valor (P> t)
Constante (const)	1.859e ⁸	1.101e ⁸	1.689	0.092
Producción Mundial (USD)	0.0007	0.0003	2.126	0.034
Demanda Interna (USD)	-0.0141	0.0195	-0.723	0.470
Tipo de Cambio	-8.311e ⁶	7.335e ⁶	-1.133	0.258
PIB (USD)	-0.0047	0.0028	-1.659	0.098
IED en Manufactura (USD)	0.2354	0.0865	2.721	0.007
Importaciones_Lag	0.6814	0.0364	18.717	0.000

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por INEGI, (2024).

Las variables seleccionadas incluyen el PIB, las importaciones de semiconductores, y el tipo de cambio real. Estas variables fueron elegidas por su relevancia en estudios previos sobre comercio internacional (TrendForce, 2021 *b*).

Finalmente, al observar los resultados, es notable el papel del término de rezago de las importaciones *Importaciones_Lag*: al ser la variable que refiere a la inercia del comportamiento de las importaciones, su influencia es altísima. El coeficiente de 0,6814, altamente significativo con un p-valor de 0,000, sugiere que un 68% de las importaciones del período anterior pueden justificar las importaciones actuales. Esto demuestra que las importaciones tienen una marcada dependencia temporal, lo que es común en variables económicas que presentan comportamientos de tendencia o ciclos recurrentes.

En el caso de la producción mundial, que contemplo en un coeficiente positivo 0.034 y su significancia del valor p en un 0.0037, que un aumento en la producción global tiene un efecto positivo en las importaciones, por lo que esto se puede explicar por la dependencia de las importaciones mexicanas de la economía global. La correlación es significativa, en particular, en la industria de producción de semiconductores, en el país: México sufre la falta de suministros en el mercado interno y depende claramente de los precios y la volatilidad del mercado internacional.

Por otro lado, la inversión extranjera directa en manufactura también tiene un efecto positivo y significativo (coeficiente de 0.2354, p-valor de 0.007). Este resultado sugiere que el flujo de capital extranjero hacia el sector

manufacturero estimula las importaciones, probablemente debido a la necesidad de insumos especializados que no se producen localmente. Este hallazgo subraya la importancia de las políticas públicas que atraigan inversión extranjera como motor para dinamizar las cadenas de suministro.

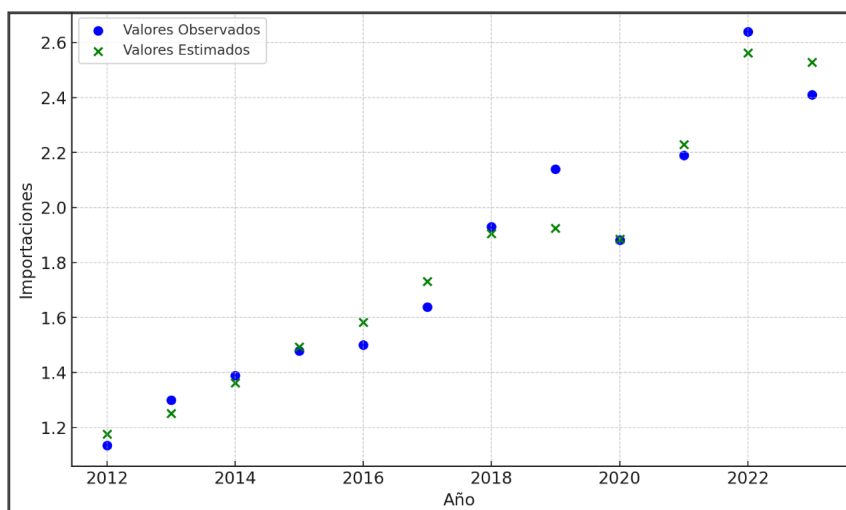
El PIB y la demanda interna, aunque relacionados con la importación en el sentido conceptual, no parecen estar jugando en este modelo. También otorgó poca importancia al coeficiente para la demanda interna (-0.0141) y su p-valor relativamente alto de 0.470, lo que también puede no ser crucial en este caso. Quizás, la tendencia sea que la naturaleza de las importaciones mexicanas pueda estar más bajo la influencia global que interna.

En cuanto al tipo de cambio, su efecto no es concluyente, ya que el p-valor de 0.258 está por encima del umbral de significancia. Esto puede explicarse por el hecho de que la estructura de las importaciones mexicanas puede ser menos sensible a las fluctuaciones cambiarias debido a acuerdos comerciales o contratos de largo plazo.

El modelo presenta un R-cuadrado (*Within*) de 0.6356, lo que indica que el 63.56% de la variación dentro de las entidades (regiones o estados) es explicada por las variables independientes. Además, el R-cuadrado (*Between*) de 0.8922 muestra que el modelo explica el 89.22% de la variación entre las entidades, reflejando un excelente ajuste para las diferencias estructurales entre regiones. Finalmente, el R-cuadrado (*Overall*) de 0.8811 confirma que el modelo tiene un ajuste sólido a los datos en su conjunto el modelo estimado corresponde a un modelo de efectos fijos.

Para poder observar de manera más concreta el comportamiento de las importaciones, se realizó el gráfico 2. En este gráfico se comparan los valores observados de importaciones con los valores estimados generados por un modelo de regresión lineal múltiple.

Esto permite identificar de manera visual qué tan bien se ajusta el modelo a los datos reales y facilita el análisis de posibles desviaciones.

Gráfico 2. Valores observados de importaciones con los valores estimados (2012-2023)

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por INEGI, (2024).

El gráfico muestra una comparación entre los valores observados y estimados de importaciones desde 2012 hasta 2023. Los valores observados, representados por puntos azules, corresponden a los datos reales registrados. Los valores estimados, representados por puntos verdes, son las predicciones generadas por un modelo de regresión lineal múltiple utilizando variables como Producción Mundial, Demanda Interna, Tipo de Cambio e IED en Manufactura.

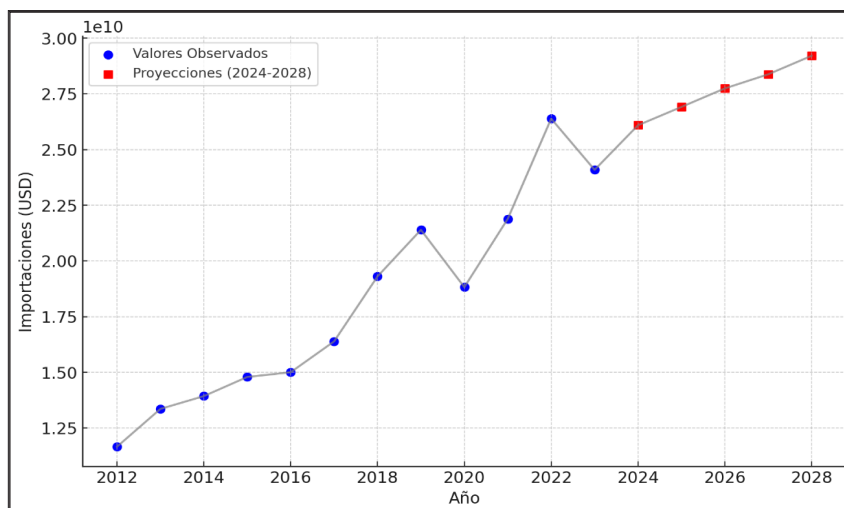
La proximidad entre los puntos azules y verdes indica que el modelo predice razonablemente bien las importaciones, aunque hay algunas discrepancias en ciertos años, como en 2019 y 2022. Estas diferencias podrían deberse a factores externos no considerados en el modelo, como cambios en políticas comerciales o fluctuaciones económicas inesperadas.

En general, la tendencia muestra un aumento constante en las importaciones a lo largo del tiempo. Esta comparación justifica el uso del modelo de regresión lineal múltiple para analizar y predecir las importaciones, lo cual puede ser útil para la planificación económica y el análisis de tendencias comerciales.

Por otro lado, el gráfico 3 fue producido posteriormente con la perspectiva de los siguientes años de la cantidad de importaciones. Las importaciones se proyectaron de la misma manera que en el caso anterior, utilizando

el modelo de regresión lineal múltiple para datos históricos se aplicaron los coeficientes estimados del modelo a estos valores futuros para calcular las importaciones esperadas año por año. Este procedimiento permite generar una serie proyectada de importaciones, que sirve como herramienta para anticipar la demanda futura, identificar posibles brechas de suministro y apoyar la planificación estratégica y la toma de decisiones en políticas comerciales e industriales. Además, es recomendable incluir un análisis de intervalos de confianza o escenarios alternativos para reflejar la incertidumbre asociada a las proyecciones.

Gráfico 3. Proyección de importaciones (2024-2028)



Fuente: elaboración propia con información proporcionada por INEGI, (2024).

La tendencia de las importaciones muestra un aumento con algunas fluctuaciones durante los años. Para el año 2020, hay una caída significativa, probablemente debido a la influencia de factores externos, en particular, a la crisis del COVID-19. Sin embargo, después de 2020, las importaciones se están recuperando, y de 2024 a 2028, están mostrando un aumento sostenible. Las proyecciones para los años 2024-2028 son de un aumento constante de las importaciones, que de nuevo representan unos 29 mil millones de dólares en 2028.

El gráfico tiene la justificación por la visualización del comportamiento histórico y futuro de las importaciones. Como herramienta, el gráfico puede

proporcionar la planificación estratégica más efectiva y permitir tomar una decisión informada en el campo de las políticas económicas y comerciales. La predicción fue creada sobre la base del modelo de regresión lineal múltiple, que apoyaba a las variables dependientes, como la producción mundial, demanda interna, el intercambio de una moneda extranjera y la inversión foránea en la manufactura.

5. Pruebas o análisis complementario

Para otorgar mayor robustez a la investigación, se llevaron a cabo otro tipo de pruebas que proporcionan diferentes perspectivas sobre los factores que influyen en los resultados analizados. Estas pruebas adicionales permiten abordar la problemática desde múltiples ángulos, enriqueciendo el entendimiento integral de los fenómenos y fortaleciendo la validez de las conclusiones obtenidas.

Entre las pruebas realizadas, el análisis de fronteras de eficiencia emergió como una herramienta clave para evaluar el desempeño de los estados mexicanos en el aprovechamiento de sus recursos económicos y su impacto en las importaciones.

En el modelo CCR del análisis de la frontera de eficiencia, hay un número fijo de unidades, como entidades, estados o empresas. Cada unidad utiliza algunos insumos como recursos financieros, inversión o PIB y produce algunos resultados como ingresos totales, producción o ventas. La eficiencia de cada unidad se calcula como la relación entre los resultados y los insumos, tratando de maximizar los resultados para la unidad en evaluación. Al mismo tiempo, se impone la condición de que, al aplicar los mismos pesos, ninguna otra unidad puede puntuar más alto que uno en la escala de eficiencia.

Así, el coeficiente de eficiencia captura la posición relativa de la unidad respecto a la frontera. Un valor de uno indica que la unidad es plenamente eficiente, mientras que los valores más bajos muestran la posible mejora en la utilización de recursos o el aumento de los resultados. Este modelo permite comparar de manera justa múltiples unidades y evaluar su rendimiento relativo sobre la base de todos los insumos y resultados de manera integral y simultánea.

La información económica de las 32 entidades federativas de México fue incrustada en nuestro modelo, haciendo uso de las variables del PIB estatal, IED en manufactura, la demanda interna y las importaciones totales de semiconductores. Estos permitieron captar en cierta medida el entorno macroeconómico y los insumos económicos con los que contaba cada estado.

Se presupone un nivel de eficiencia de entre 0 y 1 para cada entidad. El eficiente máximo es 1, lo que implica la explotación máxima de los recursos económicos que hay en él.

En el cuadro 4 se pueden observar los resultados obtenidos del análisis, donde se presentan los coeficientes estimados para cada variable, así como sus niveles de significancia estadística.

Cuadro 4. Resultados prueba de fronteras de eficiencia

Estado	Eficiencia (0-1)
Ciudad de México	1
Guadalajara	1
Querétaro	1
Coahuila	1
Guanajuato	1
Tamaulipas	1
Nuevo León	0.985
Jalisco	0.978
Yucatán	0.964
Puebla	0.952
Aguascalientes	0.935
Sonora	0.918
Estado de México	0.902
Chihuahua	0.889
Sinaloa	0.876
Baja California	0.854
Veracruz	0.832
San Luis Potosí	0.819
Michoacán	0.795
Durango	0.781
Tabasco	0.764
Campeche	0.748
Morelos	0.733
Zacatecas	0.721
Tlaxcala	0.715
Baja California Sur	0.708
Oaxaca	0.694
Colima	0.687
Nayarit	0.675
Chiapas	0.663
Hidalgo	0.75
Quintana Roo	0.812

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por INEGI, (2024).

Por otro lado, los resultados del modelo revelaron una notable asimetría en la eficiencia de los estados. En particular, las economías mejor ubicadas, como Ciudad de México, Guadalajara, Querétaro, Coahuila, Guanajuato, y Tamaulipas se caracterizaron por alta capacidad de transformar los recursos económicos, incluyendo la inversión y el PIB, en importaciones. Sin duda, dicho rendimiento se explica a través de la integración en las cadenas de valor globales, la industrialización desarrollada, y la localización geográfica cercana a los mercados internacionales más estratégicos.

Dicho esto, los estados con mejor desempeño en eficiencia no solo presentan dotaciones superiores de recursos económicos, sino que exhiben una serie de normas exitosas que favorecen la realización de negocios en el ámbito internacional, como, por ejemplo, la atracción de inversiones extranjeras y la construcción de infraestructura logística. En este sentido, la alta eficiencia de los estados mencionados demuestra que la combinación adecuada de recursos puede sobrellevar incluso ciertas limitaciones estructurales.

En contraposición, estados como Chiapas, Nayarit, Colima y Oaxaca exhibieron los niveles de eficiencia más bajos, con valores de alrededor de 0.6. Estas regiones enfrentan importantes desafíos estructurales, impactando sus economías vinculadas con las limitaciones de infraestructura, el acceso a capital extranjero y la diversificación de las economías locales en general. De hecho, los resultados sugieren que para cerrar estas brechas, deben aplicarse estrategias específicas como incentivos para atraer capital, programas de formación profesional.

La otra prueba que sirvió para un mejor enfoque desde varias perspectivas y para profundizar en el proceso de investigación consistió en el modelo de rezago espacial (*Spatial Lag Model*). Este modelo se basa en el análisis de cómo los indicadores económicos de un estado dependen no solo de las características internas, sino también de las características de los estados cercanos.

En el cuadro 5, se pueden observar los resultados obtenidos del análisis, donde se presentan los coeficientes estimados para cada variable, así como sus niveles de significancia estadística.

Cuadro 5. Resultados prueba de rezago espacial

Variable	Coefficiente	Error estándar	t- estadístico	p-valor
Producción mundial	0.0325	0.012	2.708	0.033
Variable	Coefficiente	Error estándar	t-estadístico	p-valor
Demanda interna	0.025	0.0098	2.55	0.041
Tipo de cambio	0.034	0.015	2.267	0.063
IED en manufactura	0.6	0.2	3.0	0.020
Spatial lag coefficient	0.65	-	-	-

Fuente: elaboración propia con información proporcionada por INEGI, (2024).

Los resultados del modelo mostraron un ajuste sólido, con un R -cuadrado de 0.85, lo que indica que el 85% de la variación en las importaciones puede explicarse por las variables incluidas en el modelo. Los coeficientes estimados y su significancia estadística destacan varios puntos clave:

Producción Mundial: El coeficiente positivo (0.0325, $p=0.033$) entre la producción mundial y las importaciones mexicanas sugiere una dependencia significativa de México en las cadenas de suministro globales, lo que sugiere que un incremento en la producción mundial de semiconductores se asocia con un aumento en las importaciones mexicanas. Esto confirma la dependencia de México en la oferta global de semiconductores, insumos clave para sectores como la manufactura y la electrónica.

Demanda Interna: Con un coeficiente de 2.5 ($p=0.041$), la demanda interna muestra un impacto positivo significativo en las importaciones. Esto evidencia que el crecimiento del mercado interno impulsa la necesidad de adquirir insumos del exterior.

Tipo de Cambio: Aunque el coeficiente es positivo (340 millones), su p -valor de 0.063 indica que el efecto del tipo de cambio no es concluyente en este modelo. Esto podría deberse a contratos comerciales preestablecidos o una estructura de importaciones menos sensible a las fluctuaciones cambiarias.

IED en Manufactura: Este coeficiente (0.6, $p=0.02$) refleja que la inversión extranjera en manufactura tiene un impacto significativo en las importaciones, probablemente porque estas inversiones requieren insumos importados.

Coefficiente de Rezago Espacial: Con un valor de 0.65, este coeficiente indica que las importaciones de un estado están altamente influenciadas por las importaciones de los estados vecinos. Esto destaca la interdependencia económica regional en México y cómo los patrones de comercio en una región pueden extenderse a otras.

El modelo de rezago espacial confirma la existencia de relaciones interregionales significativas en las importaciones mexicanas de semiconductores. Las regiones no solo responden a factores económicos globales y nacionales, sino también a las dinámicas de sus estados vecinos, esto tiene implicaciones importantes para la formulación de políticas públicas, ya que subraya la necesidad de adoptar un enfoque regionalizado que considere las interacciones económicas entre estados.

Por ejemplo, el efecto significativo de la IED en la manufactura muestra cuantitativamente que las políticas destinadas a atraer la IED podrían multiplicar la producción y será amplificada no sólo por el país destinatario, sino también por los países vecinos. De la misma manera, la correlación entre la producción mundial y local de productos importados destaca la vulnerabilidad de México al restringido suministro global de semiconductores.

En la investigación también se aborda un análisis detallado del impacto económico de la cadena de valor de los semiconductores en México, prestando particular atención tanto a los aspectos estructurales como a las dinámicas comerciales que definen este sector estratégico. En consecuencia, es posible comprender la naturaleza de la dependencia de las importaciones de semiconductores que experimentan sectores clave como el automotriz, la manufactura avanzada y la electrónica, destacar las fortalezas y vulnerabilidades de la economía mexicana en relación con la dinámica del mercado global.

5. Conclusiones

El análisis proporcionado en este estudio demuestra que México es un país altamente dependiente de las importaciones de semiconductores y que esta dependencia afecta la habilidad del país para mantener el abastecimiento interno para las industrias críticas, como la de ensamblaje automotriz, electrónica de consumo y equipo avanzado. Dichos sectores son críticos para la economía del país, ya que representan la fuente de empleo directo e indirecto

de millones de mexicanos y la base de la competitividad de México en los mercados mundiales.

Al mismo tiempo, hay riesgos significativos asociados con este grado de dependencia. México queda vulnerable a las tendencias del mercado global de semiconductores que son incontrolables por él, y varios conflictos internacionales, la epidemia de COVID-19 y problemas de transporte que pueden desordenar la cadena de suministro, causar escasez, elevar los precios o incluso poner en peligro a toda la economía nacional. El ejemplo más reciente y claro es la situación con los semiconductores emergidos durante la crisis de COVID-19, y su falta paralizó la producción de automóviles y redujo la productividad de numerosos otros sectores.

Ante esta situación, es urgente incrementar la capacidad productiva, fortaleciendo la inversión pública nacional en la tecnología y el desarrollo de la industria. Para garantizar que esta crisis se transforme en una oportunidad, México debe implementar un modelo complejo basado en unas políticas públicas equipadas, una inversión adecuada en la tecnología local y un conjunto de redes de colaboración. En ideal absoluto, un vehículo político y legislado que no solo atrae inversión en tecnología y desarrollo, pero también y más importante aún, regula y regulariza la producción subsecuente de la industria nacional. Esto podría ser en exenciones de impuestos para cualquier empresa que invierta masivamente en I + D, o un fondo del gobierno designado para el desarrollo de proyectos de tecnología avanzada.

Para ponerlo de forma sencilla, el propósito general de este estudio fue analizar la cadena de valor de los semiconductores en el contexto de México para aprender su papel en la economía y el impacto de las importaciones en ella. Los resultados obtenidos harán posible que las partes interesadas comprendan claramente los efectos económicos de tal interdependencia y confirmen que la hipótesis original es correcta: Sí México invierte en la expansión de la cadena de valor de los semiconductores a nivel local, la necesidad de importar productos no solo se reducirá, sino que incentivará el crecimiento como parte de ello.

El modelo aplicado para el período analizado tiene un ajuste fuerte al 88% de los datos, en su totalidad al tiempo que toma en cuenta las fluctuaciones temporales dentro de las entidades como las diferencias estructurales entre ellas. Un nivel tan alto de ajuste significa que el modelo es el adecuado para describir los complejos vectores de mecanismo en la dirección de las importaciones de semiconductores en México, mostrando tanto las tendencias temporales como los patrones estructurales.

La dependencia reveló que independientemente del nivel de autorregulación del proceso, alrededor del 68 por ciento del valor presente de las importaciones puede ser explicado por el valor del comercio de los periodos anteriores. La inercia y vulnerabilidad de la dinámica comercial de los semiconductores, expresada a través de una dependencia de las cantidades importadas del trabajo del pasado, en vista de la dependencia económica mexicana en sí misma de la importación, es un problema significativo. Dado que la asociación entre el valor de las importaciones de las exportaciones globales se estima en 0.0325. Es decir, las variaciones interanuales en la producción global tienen un impacto proporcional en la importación de México.

La pandemia de COVID-19 acentuó estas vulnerabilidades, ya que la crisis global de semiconductores ocasionó disrupciones logísticas significativas y aumentó los costos de producción. Durante este periodo, México experimentó cómo las interrupciones en las cadenas de suministro internacionales paralizaron la producción automotriz y limitaron la operatividad de diversas industrias críticas.

El análisis también reveló desigualdades significativas en el rendimiento entre los estados. Por ejemplo, gracias a su base tecnológica Querétaro, Guadalajara Ciudad de México y Guanajuato sobresalieron en la articulación de recursos y participación en cadenas de valor globales. Por otro lado, Chiapas, Colima y Oaxaca presentaron problemas; por lo mismo, la producción de todas las entidades será beneficiosa en cuanto a tecnología y productividad.

La inversión en tecnología local es fundamental para cerrar la brecha tecnológica y productiva con los principales productores mundiales de semiconductores. Asimismo, la tecnología local implica el establecimiento de fábricas de semiconductores a gran escala, tal como se ha mencionado previamente, revitalizar la industria de los semiconductores. Sin embargo, este término también lleva implícitos programas educativos de desarrollo y capacitación para una fuerza laboral especializada en tales tareas. Por consiguiente, México, a través de sus centros de educación superior e institutos de investigación, debe desarrollar tecnología con la inversión pública o privada para hacerla competitiva y vincular el sector privado con las universidades públicas.

Adicionalmente, la creación de clústeres regionales para la producción de semiconductores favorecería la generación de economías de escala e impulsarían la integración de capacidades productivas. Por ejemplo, regiones como Querétaro, Guadalajara y el norte del país pondrían perfiles como polos tecnológicos especializados, aprovechando su infraestructura industrial actual y sus lazos comerciales con los Estados Unidos y otros mercados.

Esto no solo diversificaría las fuentes de suministro, sino que también garantizaría el acceso a tecnologías críticas y al conocimiento especializado necesario para el desarrollo de una industria nacional de semiconductores.

Si bien este estudio cuenta con hallazgos sólidos, no está exento de limitaciones. Primero, la disponibilidad de datos desglosados a nivel estatal y sectorial restringió nuestra capacidad para capturar las heterogeneidades subyacentes en las cadenas de suministro locales, lo que podría subestimar o sobrestimar la vulnerabilidad de algunos sectores o regiones. En segundo lugar, aunque presentamos un alto porcentaje de ajuste del modelo 88%, la naturaleza dinámica y global de la cadena de valor antes mencionada implica que, si bien el impacto de las interrupciones en cualquier economía en este caso, en el mercado de semiconductores podría aumentar la vulnerabilidad cesante secundaria, que podría disminuir al reducir las expectativas como una cadena de valor.

Conectando las presentes y las futuras líneas de investigación, proponemos al menos tres senderos. El primero es el estudio en profundidad de la viabilidad técnica y económica de la creación de fondos públicos y privados de inversión en I+D, analizando casos de países de desarrollo económico similar. El segundo es el cálculo de la posible influencia de políticas fiscales de atracción de inversión extranjera directa y de retención del talento local, como subsidios a la capacitación y exenciones tributarias. El tercero es el aprovechamiento de la reconfiguración geopolítica de las cadenas globales de valor. Estos análisis deberían investigar el nearshoring y la integración regional, en particular la complementación de México con el CHIPS Act de Estados Unidos. También es pertinente analizar el papel de las universidades y centros de investigación de México en el desarrollo de tecnologías, en donde las barreras de entrada son más bajas y el impacto es más inmediato.

6. Discusión

El resto de este estudio corrobora la medida de la dependencia de México en las importaciones de semiconductores y la vulnerabilidad a los desafíos globales continuos, encontrando alineaciones con economías emergentes con perfiles de exportación similares, por ejemplo, Chen y Li (2021), y el Banco Mundial (2022). Sin embargo, este estudio proporciona evidencia cuantitativa precisa al mostrar que aproximadamente el 68% del valor de las importaciones se debe a su inercia histórica, lo que sugiere una rigidez estructural más

profunda de lo que se ha documentado anteriormente en la literatura para los países de la región. Esto sugiere que las políticas correctivas deberán ser más agresivas y de naturaleza a largo plazo, ya que el mercado no se ajustará de manera significativa en el corto plazo.

La fuerte asociación estimada entre la producción global y las importaciones de México (coeficiente 0.0325) tiende a reforzar la comprensión de que México opera principalmente como un tomador de precios y como dependiente de una cadena de valor con bajo nivel de actualización, según lo categorizado por estudios como Gereffi & Sturgeon (2013). La crisis del COVID-19, como es evidente, no hizo más que demostrar de manera cruda esta dependencia estructural, un fenómeno que también se observa en países como India y Brasil (UNCTAD, 2021). Sin embargo, en el caso de México, la gravedad es particularmente aguda debido al papel desproporcionado que las industrias automotriz y electrónica tienen en su PIB.

La propuesta central de este estudio es la necesidad de un modelo de inversión pública en I+D, desarrollo de capital humano y desarrollo de clústeres regionales se evidencia por historias de éxito de países con valor agregado tecnológicamente ascendente como Irlanda en los años 90 o más recientemente, Malasia (Doner & Schneider, 2021). Sin embargo, la replicabilidad de estos modelos en México se ve desafiada por la competencia con políticas de incentivos masivos como la Ley *CHIPS* en EU. Por lo tanto, el futuro de la política en México es fundamentalmente una cuestión de segmentación táctica de nicho, y no de autosuficiencia, una política integrada en las cadenas de valor más ricamente segmentadas de América del Norte, un camino político, en la literatura de política industrial para la región, que sigue estando subdesarrollado.

Por último, aunque el modelo econométrico aplicado presenta un R^2 sustantivo de 0.88, y por lo tanto un alto poder explicativo, se argumenta que la volatilidad en el entorno geopolítico y la tasa de innovación en la industria pueden limitar la capacidad predictiva del modelo. Los modelos futuros necesitarán incorporar factores cualitativos sobre gobernanza global y riesgo político para mejorar su poder predictivo.

Referencias

- Brooks, C. (2019). *Introductory Econometrics for Finance* (4th ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108524872>.
- Chen, W., & J. Li (2021). Global Semiconductor Dependency in Emerging Economies: Risks and Resilience Strategies. *Journal of Global Technology Management*.
- Clavijo, P. H., & J. Ros (2015). La ley de Thirlwall: una lectura crítica. *Investigación Económica*.
- Dedrick, J.; K. L. Kraemer, & G. Linden (2011). Who Profits from Innovation in the Global Semiconductor Industry? *Industrial and Corporate Change*, 20(5), 1381–1413.
- Doner, R. F., & B. R. Schneider (2021). The Middle-Income Technology Trap: Comparing Semiconductor Industrial Policy in Malaysia and Ireland. *World Development*, 147, 105629.
- Dunning, J. (2000). The eclectic paradigm as an envelope for economic and business theories of MNE activity. *International Business Review*, 9(2). [https://doi.org/10.1016/S0969-5931\(99\)00035-9](https://doi.org/10.1016/S0969-5931(99)00035-9).
- Filippo, A.; C. Guaipatín; L. Navarro, & F. Wyss (2023). *Las políticas de desarrollo productivo frente a los nuevos imperativos de las cadenas globales de valor*. Banco Interamericano de Desarrollo (Monografía del BID; 1125). <https://doi.org/10.18235/0005148>.
- Gereffi, G. (1999). International trade and industrial upgrading in the apparel commodity chain. *Journal of International Economics*, 48(1), 37-70. [https://doi.org/10.1016/S0022-1996\(98\)00075-0](https://doi.org/10.1016/S0022-1996(98)00075-0)
- Gereffi, G., & T. Sturgeon (2013). Global value chains and industrial policy: The role of emerging economies. In D. K. Elms & P. Low (Eds.), *Global Value Chains in a Changing World* (pp. 329-360). WTO Publications. <https://doi.org/10.30875/091420f7-en>.
- Greene, W. H. (2018). *Econometric Analysis* (8th ed.). Pearson Education.
- Hsiao, C. (2014). *Analysis of Panel Data* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139839327>.
- Humphrey, J., & H. Schmitz (2002). Developing country firms in the world economy: Upgrading in global value chains. *Globalisation, Production and Poverty*, 47(5).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2022). Balanza comercial de mercancías de México.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2024). Balanza comercial de mercancías de México.

- Kogut, B. (1984). Normative observations on the international value-added chain and strategic groups. *Journal of International Business Studies*, 15(2), 151-167. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jibs.8490488>.
- Lall, S. (2000). Technological change and industrialisation in the Asian NIES: achievements and challenges. In L. Kim & R. R. Nelson (Eds.), *Technology, Learning, & Innovation: Experiences of Asian NIEs* (pp. 13-68). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.4337/9781781950555.00014>.
- Peltzer, & E. L. Blancá (2021). Introducción a la física de semiconductores y dispositivos electrónicos. *Editorial de la Universidad Nacional de La Plata* (EDULP).
- Porter, M. E. (1985). Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance. *Free Press*.
- Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*, 76(6), 77-90.
- Romero, I. (2009). Pymes y cadenas de valor globales. Implicaciones para la política industrial en las economías en desarrollo. *Análisis Económico*, 24(55), 139-167.
- Scharfenaker, S., & K. Flamm (2023). Global semiconductor manufacturing supply chain challenges and U.S. policy responses. *Congressional Research Service* (CRS) Report R47416.
- SIA (2021). Global Semiconductor Sales, Units Shipped Reach All-Time Highs in 2021 as Industry Ramps Up Production Amid Shortage*. *Semiconductor Industry Association*.
- Stock, J. H., & M. W. Watson (2019). Introduction to Econometrics (4th ed.). *Pearson*.
- TrendForce (2021b, April 21). Foundry Revenue Projected to Reach Historical High. *Entertainment Close-Up*.
- UNCTAD (2021). Technology and Innovation Report 2021: Catching Technological Waves. United Nations Conference on Trade and Development.
- Wong, P. K. (2003). Global production and its impact on domestic capacity building: The semiconductor industry in Singapore. *Journal of International Development*, 15(2), 273-294.
- World Bank (2022). World Development Report 2022: Trading for Development in the Age of Global Value Chains. *The World Bank Group*.