EL TRIMESTRE ECONÓMICO, vol. XCII (1), núm. 365, enero-marzo de 2025, pp. 159-181

doi: 10.20430/ete.v92i365.2291

Examinando los patrones de especialización vertical y concentración industrial con un modelo de insumo-producto no lineal*

Examining patterns of vertical specialization and industrial concentration with a nonlinear input-output model

*Michel Eduardo Betancourt-Gómez***

Abstract

We examine the indicators of vertical specialization when the level of industrial concentration changes for a collection of countries included in the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) input-output tables. For this, we propose a methodological strategy that integrates industrial concentration within a non-linear version of the input-output model. As is well known, the input-output model assumes free competition because, by taking a linear structure, the model does not consider concentrated market structures such as oligopolies or monopolies. Our results indicate that the increase in industrial concentration has an import substitution effect since it reduces the share of imported inputs in exports.

Keywords: Industrial concentration; nonlinear input-output model; vertical specialization. *JEL codes:* C67, D43, D57, F12, L16.

* Artículo recibido el 29 de enero de 2024 y aceptado el 25 de septiembre de 2024. Su contenido es responsabilidad exclusiva del autor. El Programa de Becas Postdoctorales de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) ha financiado este trabajo. Agradezco a César Armando Salazar López, mi asesor en este programa, durante mi estancia en el Instituto de Investigaciones Económicas de la UNAM.

** Michel Eduardo Betancourt-Gómez, UNAM, México (correo electrónico: michbetan@outlook.com).

Resumen

Examinamos los indicadores de especialización vertical cuando cambia el nivel de concentración industrial para una colección de países contenidos en las tablas de insumo-producto de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Para esto, proponemos una estrategia metodológica que logra integrar la concentración industrial dentro de una versión no lineal del modelo de insumo-producto. Como se sabe, dicho modelo asume libre competencia, pues, al tomar una estructura lineal, éste no permite considerar estructuras de mercado concentradas como los oligopolios o los monopolios. Nuestros resultados indican que el aumento de la concentración industrial tiene un efecto de sustitución de importaciones, puesto que reduce la participación de insumos importados contenida en las exportaciones.

Palabras clave: concentración industrial; modelo de insumo-producto no lineal; especialización vertical. *Clasificación JEL:* C67, D43, D57, F12, L16.

Introducción

El marco insumo-producto es eficaz para capturar las relaciones intersectoriales de la economía, pues logra plasmar la oferta y la demanda de insumos entre sectores. Además, cuando se utilizan las matrices multipaíses, es posible estudiar también el comercio internacional de bienes finales e intermedios. Por ejemplo, los estudios de Duan et al. (2018), Yang et al. (2015) y Amador y Cabral (2009) utilizan los indicadores de especialización vertical propuestos por Hummels, Ishii y Yi (2001) para examinar la participación de insumos importados en las exportaciones de los países. En efecto, la especialización vertical logra capturar el grado de fragmentación productiva de las exportaciones de un país.

Sin embargo, el modelo de insumo-producto presenta una limitación al presuponer una estructura de mercado basada en la libre entrada o libre competencia. Esto se debe a que su tecnología de producción lineal asume la igualdad entre los costos medios y los marginales. Según los manuales estándar de microeconomía y la literatura de la organización industrial,[1] esta

[1] Véanse, entre otros, Tirole (1988); Belleflamme y Peitz (2010); Pepall, Richards y Norman (2014), y Nicholson (2015).

igualdad es la condición de largo plazo para una situación de competencia perfecta. De acuerdo con esta literatura, cuando los costos marginales son menores que los costos medios, existirán economías de escala y estructuras de mercado concentradas, como los oligopolios o los monopolios.

Las investigaciones recientes sobre el modelo de insumo-producto no lineal —como los trabajos de Fernández-Vázquez (2015); Guerra y Sancho (2014), y Zhao, Huanwen y Xiaona (2006)—, aunque siguen basándose en el supuesto de libre competencia, abren la posibilidad de introducir explícitamente la concentración industrial en el modelo. Esto permitiría abrir una arista de posibilidades para examinar los patrones de especialización vertical y la influencia de la concentración industrial en estos indicadores.

Precisamente éste es el objetivo principal del documento: examinar los indicadores de especialización vertical considerando cambios en el nivel de concentración industrial de los países. Para esto proponemos una estrategia metodológica que logra integrar la concentración industrial dentro de una versión no lineal del modelo de insumo-producto. Esta nueva especificación nos permite calibrar el modelo al ajustar el nivel de concentración industrial, a fin de examinar cambios en los indicadores de especialización vertical dentro de la tabla multipaís de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). Nuestros resultados indican que el aumento de la concentración industrial tiene un efecto de sustitución de importaciones, puesto que reduce la participación de insumos importados contenida en las exportaciones.

El artículo está compuesto de la siguiente manera. La sección I hace una revisión y un examen sobre la literatura reciente de los modelos de insumo-producto no lineales. La sección II propone una forma de vincular teóricamente el modelo de insumo-producto no lineal con la concentración industrial y las economías de escala. La sección III propone la estrategia metodológica para ajustar el indicador de especialización vertical al modelo y presenta los resultados. La sección IV discute los resultados obtenidos con la literatura de este tipo de modelos. La sección V presenta una implicación relevante sobre los resultados para el desarrollo económico. Por último, la sección VI concluye.

I. Revisión de la literatura sobre los modelos de insumo-producto no lineales

La literatura sobre los modelos de insumo-producto no lineales ha sido abordada principalmente desde un enfoque matemático y teórico. En estos estudios[2] se analizan las condiciones matemáticas para la existencia y la unicidad de las soluciones del modelo, con base en diversas especificaciones de las funciones de producción. Por ejemplo, Zhang (2008 y 2001) utiliza una combinación de funciones de tipo CES (elasticidad de sustitución constante) y Leontief, mientras que Zhao et al. (2006) emplean funciones de tipo Cobb-Douglas. Por su parte, Guerra y Sancho (2014) parten de una función de coeficientes fijos, pero desarrollan una versión no lineal en la que los coeficientes varían en función de la escala.

En un nivel teórico, la elección de una función de producción sobre otra conlleva diferentes supuestos acerca del grado de sustitución entre insumos. Por ejemplo, con las funciones de tipos CES y Cobb-Douglas, se asume una sustitución constante o exógena. En contraste, la especificación de Guerra y Sancho (2014) hace una sustitución de insumos que depende de la escala de producción, es decir, es endógena. Desde una perspectiva matemática, las funciones CES y Cobb-Douglas son más complejas, lo que puede dificultar su análisis y aplicación en los modelos de insumo-producto. Además, el supuesto de sustitución exógena resulta restrictivo, ya que se presupone constante, incluso ante cambios en la escala de producción.

En general, la literatura sobre los modelos de insumo-producto no lineales tiende a centrarse en el aspecto matemático sin explorar las implicaciones teóricas que surgen al introducir no linealidades. En particular, no se consideran la concentración industrial ni las estructuras de mercado como los oligopolios y los monopolios, pues se mantiene el supuesto de libre competencia, característico de estos modelos. Además, no se toman en cuenta las implicaciones teóricas de la introducción de los rendimientos crecientes a escala. Tampoco se han modelado las economías de escala en estos modelos no lineales. En efecto, esta literatura se centra más en ajustar el modelo a una representación más realista de la economía —como explícitamente lo señalan Zhao et al. (2006)— que en examinar los nuevos elementos teóricos que

[2] Véanse, por ejemplo, Fernández-Vázquez (2015); Guerra y Sancho (2014); Zhao et al. (2006); Zhang (2008 y 2001), y Lahiri (1983).

dichas modificaciones podrían aportar. Por ejemplo, podría examinarse la influencia de la concentración industrial y de las economías de escala sobre la estructura productiva de la economía.

Desde una perspectiva empírica y aplicada, los modelos de insumo-producto no lineales se han utilizado principalmente para verificar la aplicabilidad de las condiciones matemáticas de los modelos construidos; se han enfocado en casos específicos y limitados a pocos sectores. Por ejemplo, Zhao et al. (2006) y Zang (2008) aplican el modelo a un número muy reducido de sectores en la economía de China. En contraste, Guerra y Sancho (2014) y Fernández-Vázquez (2015) presentan aplicaciones más amplias en términos de sectores e incluso periodos, pero limitan su análisis al contexto de una economía cerrada, sin examinar el impacto del modelo no lineal en el sector externo, como su influencia en las importaciones de bienes intermedios. Hasta ahora, el análisis de la especialización vertical no ha sido integrado en los modelos no lineales.

En consecuencia, la literatura sobre los modelos de insumo-producto no lineales ha omitido considerar la concentración industrial en éstos; no ha examinado su aplicación en los indicadores de especialización vertical, ni ha utilizado el modelo en una matriz multipaís. Además, no se han modelado las economías de escala, a pesar de la introducción de no linealidades.

II. El modelo de insumo-producto y su versión no lineal

La matriz de insumo-producto es una herramienta construida por agencias de estadística como el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (inegi) en México, que muestra con un alto nivel de desagregación las ramas industriales que componen la oferta y la demanda de los insumos utilizados en la producción. A partir de esta matriz, se utiliza un modelo lineal que, a través del uso estandarizado del álgebra lineal, permite realizar estimaciones que examinan aspectos como la estructura productiva, el cambio estructural o la fragmentación productiva internacional.

De acuerdo con el inegi (2018), así como Miller y Blair (2009), los supuestos principales del modelo de insumo-producto radican en asumir una tecnología de producción de rendimientos constantes a escala y coeficientes fijos. Tales supuestos permiten la manipulación matemática para obtener análisis multisectoriales mediante el uso del álgebra lineal. Sin embargo, esto se logra a expensas de asumir una estructura de mercado de libre competencia. En efecto, cuando se tiene una tecnología de producción de coeficientes fijos y rendimientos constantes a escala, no hay posibilidad de considerar los rendimientos crecientes a escala y las economías de escala, por lo que no pueden considerarse economías que operen con un nivel de concentración industrial persistente, como los oligopolios y los monopolios.[3]

1. *La microeconomía del modelo de insumo-producto*

El modelo de insumo-producto, como representación teórica de la estructura productiva de la economía, describe el proceso de transformación entre insumos y productos. A nivel microeconómico, este proceso se aborda mediante una función de producción, un dispositivo metodológico que establece una relación matemática entre insumos y productos.

Siguiendo a Miller y Blair (2009) y a Guerra y Sancho (2014), la función de producción que asume el modelo de insumo-producto es la siguiente:

$$x_j = \min\{z_{1j}/a_{1j}, z_{2j}/a_{2j}, \ldots, z_{nj}/a_{nj}\} \tag{1}$$

donde los subíndices j e i indican las n ramas industriales consideradas; z corresponde a los n insumos utilizados para la producción definida como x, y a se refiere a los coeficientes técnicos.

La ecuación (1) tiene la forma de una función de producción conocida como tipo Leontief o de coeficientes fijos. Este tipo de función asume que no hay sustitución entre insumos productivos. Además, la ecuación (1) también asume rendimientos constantes a escala, lo que implica que la producción se incrementa en exactamente la misma proporción que los insumos. Con el procedimiento descrito en los manuales de microeconomía —por ejemplo, Nicholson (2015) y Jehle y Reny (2011)— podemos obtener la función de costos totales considerando que la producción se produce en el vértice de las isocuantas:

$$CT_j(x_j) = x_j \cdot (\textstyle\sum_{i=1}^{n} p_{ji} \cdot a_{ji}) \tag{2}$$

donde CT indica los costos totales asociados con una función de producción como la descrita en la ecuación (1); p indica el precio de los insumos. Nótese

[3] Sobre este punto, véanse, entre otros, Tirole (1988); Belleflamme y Peitz (2010), y Pepall et al. (2014).

que si se divide la ecuación (2) entre x_j, se obtendrán los costos medios o por unidad producida, *CMe:*

$$CMe_j = CT_j/x_j = \sum_{i=1}^{n} p_{ji} \cdot a_{ji} \tag{3}$$

Y, si se deriva (2) respecto a x_j, se obtendrán los costos marginales, *CMg*, que indican el aumento de los costos totales por cada unidad adicional producida:

$$CMg_j = (\partial CT_j/\partial x_j) = \sum_{i=1}^{n} p_{ji} \cdot a_{ji} \tag{4}$$

Nótese asimismo que las ecuaciones (3) y (4) son iguales, lo que implica que $CMe_j = CMg_j$. De acuerdo con los manuales estándar de microeconomía y con la literatura de la organización industrial (Tirole, 1988; Belleflamme y Peitz, 2010; Pepall et al. 2014; Nicholson, 2015; entre otros), la condición de largo plazo para la competencia perfecta se da cuando se igualan los costos medios a los costos marginales. En consecuencia, el modelo de insumo-producto presupone una estructura de mercado de libre competencia, la cual asume que existe libre entrada, por lo que no es posible considerar la concentración industrial y las barreras a la entrada.

Sin embargo, la función (1) no permite considerar la posibilidad de rendimientos crecientes a escala, que ocurre cuando hay un aumento más que proporcional de la producción al incrementar los insumos. A fin de introducir esta característica en (1), modificamos la función siguiendo a Guerra y Sancho (2014):

$$x_j = \min\left\{\frac{z_{1j}^{\mu_{1j}}}{a_{1j}}, \frac{z_{2j}^{\mu_{2j}}}{a_{2j}}, \ldots, \frac{z_{1j}^{\mu_{nj}}}{a_{nj}}\right\} \tag{5}$$

donde μ_{ij} es la elasticidad de producción respecto a un insumo, es decir, indica cuánto cambia la producción al variar un insumo específico. En consecuencia, cuando se cumple que $\mu_{ij} < 1$, se tienen rendimientos decrecientes, y, cuando se cumple que $\mu_{ij} > 1$, se tienen rendimientos crecientes.

Siguiendo el mismo procedimiento que se utiliza para la ecuación (2), es decir, obtener las demandas condicionadas de insumos considerando que la producción ocurre en el vértice de las isocuantas —sobre este tema, véanse, entre otros, Nicholson (2015), y Jehle y Reny (2011)—, se obtendrá la siguiente función de costos totales:

$$CT_j(x_j) = \sum_{i=1}^{n} p_{ji} \cdot (a_{ij})^{\frac{1}{\mu_{ij}}} \cdot (x_j)^{\frac{1}{\mu_{ij}}} \tag{6}$$

donde se observa ahora que la ecuación (6) es no lineal por la existencia de los exponentes μ_{ij}. Al dividirla entre x_j, se obtendrán los costos medios:

$$CMe_j = \frac{CT_j}{x_j} = \sum_{i=1}^{n} (x_j)^{\frac{1-\mu_{ij}}{\mu_{ij}}} \cdot p_{ji} \cdot (a_{ij})^{\frac{1}{\mu_{ij}}} \tag{7}$$

y al derivar (6) respecto a x_j, se tendrán los costos marginales:

$$CMg_j = \frac{\partial CT_j}{\partial x_j} = \sum_{i=1}^{n} \left(\frac{1-\mu_{ij}}{\mu_{ij}} \right) \cdot (x_j)^{\frac{1-\mu_{ij}}{\mu_{ij}}} \cdot p_{ji} \cdot (a_{ij})^{\frac{1}{\mu_{ij}}} \tag{8}$$

Obsérvese que en el caso en que se cumpla que $\mu_{ij} = 1$, las ecuaciones (7) y (8) serán iguales, lo que significa que se retorna a una tecnología como la descrita en la ecuación (1), y se cumple la condición de competencia perfecta, es decir, $CMe_j = CMg_j$. Sin embargo, cuando $\mu_{ij} \neq 1$, se tiene que $CMe_j \neq CMg_j$. El signo específico de esta desigualdad dependerá de si predominan los rendimientos crecientes o decrecientes, como se refleja en la ecuación (5). Por ejemplo, si predominan los rendimientos crecientes a escala, lo que implica que existe mayor cantidad de insumos operando bajo $\mu_{ij} > 1$, se tendrá que $CMg_j < CMe_j$. De acuerdo con la literatura de la organización industrial (Tirole, 1988; Belleflamme y Peitz, 2010; Pepall et al., 2014), esta situación refleja la existencia de economías de escala, lo que a su vez indica la presencia de concentración industrial para la tecnología descrita en (5). Además, esta literatura señala que la intensidad de las economías de escala —es decir, la magnitud de la brecha $CMg_j < CMe_j$— determina el aumento de la concentración. Esto se debe a que las empresas menos eficientes no pueden sostener una tecnología con tanta eficiencia, lo que provoca su salida del mercado y aumenta la concentración en la industria. Así, los rendimientos crecientes y las economías de escala actúan como barreras a la entrada, ya que las empresas que no logren igualar dicha eficiencia no podrán entrar al mercado o serán expulsadas del mismo.

Por lo tanto, nótese que cada vez que aumenta el valor de μ_{ij} en una situación donde $\mu_{ij} > 1$ y $CMg_j < CMe_j$, se ampliará la brecha $CMg_j < CMe_j$. Esto implica un incremento de las economías de escala y, en consecuencia, una mayor concentración industrial.

2. *El modelo de insumo-producto no lineal*

Una vez analizados los elementos microeconómicos, que son aplicables a cualquier industria, es necesario pasar a un nivel de mayor agregación, es decir, al nivel mesoeconómico. En éste buscamos construir un modelo de insumo-producto no lineal que incorpore explícitamente las economías de escala y la concentración industrial que modelamos en la sección anterior. Para dicha tarea, nos basaremos en el método de construcción del modelo no lineal propuesto por Guerra y Sancho (2014), que se deriva de una tecnología descrita en la ecuación (5):

$$\sum_{i=1}^{n}(a_{ji})^{\frac{1}{\mu_{ij}}}\cdot(x_i)^{\frac{1-\mu_{ij}}{\mu_{ij}}}\cdot x_i+f_j=x_j \tag{9}$$

donde *f* indica la demanda final. Nótese que si se asume una tecnología lineal como la descrita por la ecuación (1), se tendrá la ecuación canónica del modelo de insumo-producto: $\sum_{i=1}^{n} a_{ji}\cdot x_i+f_j=x_j$, donde no existen insumos que operen bajo rendimientos crecientes a escala (es decir, con $\mu_{ij}>1$) y se cumple que $CMg_j=CMe_j$. Si pasamos la ecuación (9) a términos matriciales, obtenemos:

$$\boldsymbol{x}=\boldsymbol{A}(\boldsymbol{x})\cdot\boldsymbol{x}+\boldsymbol{f} \tag{10}$$

donde las letras en negrita indica vectores para las letras minúsculas y matrices en el caso de las mayúsculas. El problema con la ecuación (10) es fundamentalmente la matriz de coeficientes técnicos $\boldsymbol{A}(\boldsymbol{x})$, pues esta vez dependerá de la producción bruta x_j. Es decir, la escala de producción afectará la matriz $\boldsymbol{A}(\boldsymbol{x})$ por la existencia de rendimientos crecientes o decrecientes a escala. En particular, dicha matriz quedaría especificada de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{A}(\boldsymbol{x})=\begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & & g_{2n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ g_{n1} & g_{n2} & \cdots & g_{nn} \end{bmatrix} \tag{11}$$

Donde $g_{ij}=(a_{ij})^{1/\mu_{ij}}\cdot(x_j)^{(1-\mu_{ij})/\mu_{ij}}$. Una vez más, nótese que en un contexto lineal donde se cumple que $\mu_{ij}=1$, se tendría que $g_{ij}=a_{ij}$, lo que nos devuelve al caso canónico del modelo de insumo-producto, donde $\boldsymbol{A}(\boldsymbol{x})=\boldsymbol{A}$. Esto significa que los coeficientes técnicos serán fijos o independientes de la escala de producción.

3. *La inversa de Leontief en su versión no lineal: una propuesta*

La inversa de Leontief puede sernos útil para obtener los efectos indirectos y totales de los indicadores de especialización vertical; así proporciona un análisis de robustez para nuestros resultados. Sin embargo, su especificación resulta complicada en el contexto de los modelos no lineales. Guerra y Sancho (2014) abordan esta dificultad al proponer que para obtener la inversa de Leontief en modelos de insumo-producto no lineales, primero se calculen los efectos marginales de la producción respecto a la demanda final, y luego se ajuste la matriz al usar números índices para aproximar los valores. Aquí proponemos una alternativa más sencilla y que no resulta de una aproximación empírica de la matriz.

En primera instancia, nótese que la inversa de Leontief, de acuerdo con Miller y Blair (2009), puede descomponerse de la siguiente manera:

$$[\boldsymbol{I}-\boldsymbol{A}]^{-1}{}_{ij}=\partial x_i/\partial f_j \tag{12}$$

donde $\partial x_i/\partial f_j$ representa la derivada parcial de x sobre f, e indica el cambio de la producción ante un cambio en la demanda final. Nótese, por lo tanto, que la inversa de Leontief no es más que la colección de los efectos marginales de la producción sobre la demanda final. Esto se observa claramente en el modelo completo:

$$x_i = \textstyle\sum_{j=1}^{n}(\partial x_i/\partial f_j)f_j \tag{13}$$

Por lo tanto, la inversa de Leontief refleja la suma de los efectos marginales. En el modelo lineal los efectos marginales son iguales a los medios debido a la linealidad de las funciones de producción. Por esta razón, se obtiene la igualdad entre costos marginales y costos medios, es decir, $CMg_j=CMe_j$.

Como resultado, los efectos marginales suelen ser remplazados por los efectos medios, representados por los coeficientes técnicos. Esta equivalencia puede llevar a que en muchos análisis se pasen por alto los efectos marginales, ya que su impacto parece estar implícito en la interpretación de los coeficientes técnicos. Sin embargo, para nuestros fines, será necesario examinarlos detenidamente. Si llevamos la ecuación (13) a su versión matricial, obtenemos:

$$\boldsymbol{x} = \boldsymbol{L} \cdot \boldsymbol{f} \tag{14}$$

donde $\boldsymbol{L}$, que indica la inversa de Leontief, es igual a

$$\boldsymbol{L} = (\boldsymbol{I} - \boldsymbol{A})^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial f_1} & \frac{\partial x_1}{\partial f_2} & \cdots & \frac{\partial x_1}{\partial f_n} \\ \frac{\partial x_2}{\partial f_1} & \frac{\partial x_2}{\partial f_2} & & \frac{\partial x_2}{\partial f_n} \\ \vdots & & \ddots & \\ \frac{\partial x_n}{\partial f_1} & \frac{\partial x_n}{\partial f_2} & & \frac{\partial x_n}{\partial f_n} \end{bmatrix} \tag{15}$$

Véase entonces que la inversa de Leontief puede interpretarse como una matriz jacobiana de efectos marginales de la producción sobre la demanda final. Esto resulta especialmente importante para construir una versión no lineal de la misma. En efecto, a partir de la ecuación (10), podemos llegar a

$$\boldsymbol{x} = \boldsymbol{L}(\boldsymbol{x}) \cdot \boldsymbol{f} \tag{16}$$

donde $\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})$ representa la matriz de efectos marginales o multiplicadores dependientes de la escala para la versión no lineal del modelo de insumo-producto. Esta matriz la podemos descomponer mediante los siguientes efectos marginales:

$$\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1} & \frac{\partial f_1}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n} \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1} & \frac{\partial f_2}{\partial x_2} & & \frac{\partial f_2}{\partial x_n} \\ \vdots & & \ddots & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1} & \frac{\partial f_n}{\partial x_2} & & \frac{\partial f_n}{\partial x_n} \end{bmatrix}^{-1} \tag{17}$$

donde $\partial f_j / \partial x_i = 1 - [((a_{ij})^{1/\mu_{ij}} \cdot (x_j)^{((1-\mu_{ij})/\mu_{ij})}) / \mu_{ij}]$ cuando $j = i$, y $\partial f_j / \partial x_i = -[((a_{ij})^{1/\mu_{ij}} \cdot (x_j)^{((1-\mu_{ij})/\mu_{ij})}) / \mu_{ij}]$ cuando $j \neq i$. Nótese que, en el caso lineal, se verifica claramente que $\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})=[\boldsymbol{I}-\boldsymbol{A}]^{-1}$ cuando $\mu_{ij}=1$, lo que implica que los multiplicadores no son afectados por la escala de producción.

A fin de garantizar la existencia de la inversa en (17), recurrimos a la literatura sobre los modelos no lineales, particularmente a las condiciones sintetizadas por Fernández-Vázquez (2015) y Guerra y Sancho (2014). Estas condiciones requieren que $\boldsymbol{A}(\boldsymbol{x})\cdot\boldsymbol{x}$ sea no decreciente y continua. Además de esas condiciones, debe cumplirse la condición de diagonal dominante en (17), lo que implica que los efectos marginales sobre la diagonal principal deben ser mayores que la suma de los efectos marginales cruzados, es decir, aquellos fuera de la diagonal principal. Con estas condiciones cumplidas, se aseguran soluciones no negativas para el sistema no lineal (16).

Para nuestros fines, podemos utilizar el sistema no lineal (10), en particular las matrices (11) y (17), ya que, al calibrar los valores de μ_{ij}, podemos examinar cómo varían los niveles de concentración industrial. Específicamente, para capturar un aumento en la concentración, asumimos un incremento en los valores de μ_{ij} dentro de un contexto de rendimientos crecientes (es decir, cuando $\mu_{ij}>1$) y de economías de escala (es decir, cuando $CMg_j<CMe_j$). Recordemos que, cuando $CMg_j=CMe_j$, nos encontramos en una situación de competencia perfecta. Al contrario, en una situación de concentración donde $CMg_j<CMe_j$, un aumento en los valores de μ_{ij} amplía la brecha $CMg_j<CMe_j$ (como se observa en las ecuaciones [7] y [8]), porque los rendimientos crecientes impactan más los costos marginales que los costos medios, y así se incrementan las economías de escala, lo cual dificulta la entrada y la permanencia de nuevas empresas, y a su vez aumenta la concentración industrial.[4]

4. *Aplicación de la especialización vertical en el modelo no lineal*

Con el modelo no lineal es posible ahora ajustar los indicadores de especialización vertical para examinar sus cambios ante aquellos en la concentración industrial. Para esto, seguimos a Duan et al. (2018) y Yang et al. (2015), y definimos el indicador directo de especialización vertical, pero ajustándolo al modelo descrito en la ecuación (11):

$$dvs=[\boldsymbol{u}^T\boldsymbol{A}^M(\boldsymbol{x})\boldsymbol{e}]/(\boldsymbol{u}^T\boldsymbol{e}) \tag{18}$$

[4] Véanse al respecto Tirole (1988); Belleflamme y Peitz (2010), y Pepall et al. (2014).

donde $\boldsymbol{e}$ indica el vector de exportaciones; $\boldsymbol{u}^T$ es un vector traspuesto de unos, y $\boldsymbol{A}^M(\boldsymbol{x})$ indica la matriz de insumos importados que tiene la misma estructura que la matriz (11) para el caso no lineal. Se observa, por lo tanto, que el ajuste propuesto al indicador de especialización vertical de Hummels et al. (2001) radica en introducir explícitamente los rendimientos crecientes a escala dentro de la matriz de importaciones. Esto permitirá obtener resultados sobre la especialización vertical directa en un contexto de economías de escala y, en consecuencia, de concentración industrial. Para calcular el indicador de especialización vertical total, es necesario incorporar la matriz de multiplicadores o efectos marginales (17), lo cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$vs = [\boldsymbol{u}^T\boldsymbol{A}^M(\boldsymbol{x})\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})\boldsymbol{e}]/(\boldsymbol{u}^T\boldsymbol{e}) \tag{19}$$

La ecuación (19) también ajusta el indicador de especialización vertical total usado por Duan et al. (2018) y Yang et al. (2015), considerando explícitamente los rendimientos crecientes a escala, las economías de escala y la concentración industrial. Nótese que la incorporación de la matriz de multiplicadores $\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})$ captura los efectos marginales internos que se derivan de un cambio en la producción sobre la demanda final, específicamente de las exportaciones. Así, el indicador de efectos totales no sólo considera la demanda directa de importaciones necesarias para exportar, sino también los efectos indirectos que surgen de la interdependencia de las industrias. Nótese por último que los efectos indirectos pueden ser capturados simplemente al restar (18) de (19), por lo que es posible considerar los tres efectos en el análisis.

III. Estrategia metodológica y resultados

Con la ecuación (12) podemos ahora hacer una calibración al ajustar los niveles de las μ_{ij}. Posteriormente, con los cambios que se produzcan en los indicadores de especialización vertical, obtendremos resultados sobre la relación entre la concentración industrial y la participación de insumos importados en las exportaciones.

En específico, la estrategia de calibración que seguiremos será la siguiente. En primer lugar, construimos las matrices $\boldsymbol{A}^M(\boldsymbol{x})$ y $\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})$ a partir de la matriz multipaís y asignamos valores para los μ_{ij} que reflejen una situación de rendimientos a escala crecientes y de economías de escala. En específico, tenemos que considerar una situación donde $\mu_{ij}>1$ y $CMg_j<CMe_j$, esto se logra cuando se opera con más insumos bajo rendimientos crecientes, que constantes o decrecientes —al respecto, véase Betancourt (2024)—. Este enfoque nos permitirá capturar el nivel de concentración industrial.

Posteriormente, aumentamos los valores de μ_{ij} en 10%, ya que esto supone un incremento de los rendimientos crecientes a escala. Tal ajuste ampliará la brecha entre los costos medios y los marginales, lo que intensifica así las economías de escala. Interpretaremos este último efecto como un aumento en la concentración industrial. Finalmente, al analizar el contrafactual de esta calibración, obtendremos resultados sobre la relación entre especialización vertical y concentración industrial.

1. *Calibración del modelo y resultados obtenidos*

Usamos como fuente de información las tablas de insumo-producto de la OCDE en línea con los datos y el método de Duan et al. (2018) y Yang et al. (2015). A diferencia de esos autores, usamos las tablas más recientes disponibles (2020). Por simplicidad, consideramos únicamente el sector manufacturero de los países. A partir de dichas tablas, calculamos los índices (18) y (19) con los valores originales, y, posteriormente, suponemos cambios en los valores de μ_{ij} con incrementos en 10% como en las calibraciones de Guerra y Sancho (2014).

Recuérdese que para que las μ_{ij} de las matrices $\boldsymbol{A}^M(\boldsymbol{x})$ y $\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})$ indiquen una situación de rendimientos crecientes, tiene que cumplirse necesariamente que $\mu_{ij}>1$. Por lo tanto, suponemos inicialmente que $\mu_{ij}=1.10$ para el primer caso de calibración, y posteriormente aumentamos en 10% el valor hasta llegar a $\mu_{ij}=1.3$ para cada país considerado.[5] Luego, obtenemos el valor de las ecuaciones (18) y (19) para cada aumento de μ_{ij} supuesto, y estos resultados nos indicarán la relación entre los cambios en la demanda de bienes intermedios importados y la concentración industrial. Hacemos este procedimiento al distinguir los efectos totales, directos e indirectos de la especialización vertical. Por cuestiones de espacio, sólo presentamos resultados para un cúmulo de países. Mostramos los resultados en el cuadro 1.

[5] Se realizaron calibraciones hasta alcanzar un valor de $\mu_{ij}=2.0$, pero, por cuestiones de espacio, estos resultados no se incluyeron en los cuadros. No obstante, los valores reportados siguen el mismo patrón que el descrito en los resultados.

Cuadro 1. *Especialización vertical y concentración industrial (año 2020)*

Países	*Valores originales*			*Valores calibrados (aumento de 10% en la intensidad de los rendimientos crecientes)*								
				$\mu_{ij}=1.1$			$\mu_{ij}=1.2$			$\mu_{ij}=1.3$		
	Directos	*Indirectos*	*Totales*	*Directos*	*Indirectos*	*Totales*	*Directos*	*Indirectos*	*Totales*	*Directos*	*Indirectos*	*Totales*
Estados Unidos	0.061	0.035	0.096	0.036	0.007	0.043	0.024	0.002	0.026	0.017	0.001	0.018
Canadá	0.178	0.087	0.265	0.106	0.019	0.125	0.071	0.007	0.078	0.053	0.003	0.056
México	0.251	0.089	0.340	0.142	0.020	0.162	0.092	0.007	0.099	0.066	0.004	0.069
Región TMEC	0.118	0.054	0.172	0.068	0.012	0.080	0.045	0.004	0.049	0.033	0.002	0.034
Argentina	0.057	0.032	0.089	0.044	0.011	0.055	0.037	0.005	0.042	0.033	0.003	0.036
Australia	0.013	0.003	0.016	0.010	0.001	0.011	0.008	0.001	0.009	0.007	0.000	0.008
Austria	0.201	0.095	0.296	0.139	0.029	0.168	0.105	0.013	0.118	0.085	0.007	0.093
Brasil	0.068	0.045	0.113	0.048	0.012	0.059	0.037	0.005	0.042	0.030	0.002	0.033
Bélgica	0.165	0.070	0.234	0.114	0.022	0.135	0.086	0.010	0.096	0.070	0.005	0.075
Suiza	0.120	0.060	0.180	0.084	0.017	0.101	0.065	0.007	0.072	0.053	0.004	0.057
Chile	0.077	0.028	0.105	0.064	0.011	0.075	0.056	0.006	0.063	0.052	0.004	0.056
China	0.051	0.056	0.107	0.026	0.006	0.032	0.015	0.002	0.017	0.010	0.001	0.011
Colombia	0.075	0.034	0.108	0.059	0.012	0.071	0.050	0.006	0.056	0.045	0.004	0.048
Costa Rica	0.137	0.043	0.180	0.122	0.021	0.143	0.114	0.013	0.127	0.110	0.010	0.120
Alemania	0.131	0.077	0.207	0.080	0.017	0.097	0.054	0.006	0.060	0.040	0.003	0.043
Dinamarca	0.125	0.055	0.180	0.097	0.020	0.118	0.081	0.010	0.092	0.072	0.006	0.078
España	0.138	0.078	0.215	0.094	0.022	0.115	0.070	0.009	0.079	0.056	0.005	0.061
Francia	0.164	0.075	0.239	0.109	0.021	0.130	0.080	0.009	0.088	0.062	0.005	0.067
Reino Unido	0.112	0.048	0.160	0.078	0.014	0.092	0.059	0.006	0.065	0.048	0.003	0.051
India	0.058	0.037	0.095	0.038	0.008	0.046	0.027	0.003	0.030	0.021	0.001	0.023
Italia	0.130	0.081	0.211	0.086	0.021	0.107	0.063	0.008	0.071	0.049	0.004	0.053
Corea	0.118	0.077	0.195	0.066	0.014	0.080	0.042	0.004	0.047	0.030	0.002	0.032
Países Bajos	0.148	0.063	0.210	0.100	0.018	0.119	0.075	0.008	0.083	0.060	0.004	0.065
Noruega	0.175	0.093	0.268	0.130	0.029	0.159	0.105	0.014	0.118	0.090	0.008	0.098
Perú	0.053	0.025	0.078	0.044	0.009	0.053	0.038	0.005	0.043	0.035	0.003	0.038
Portugal	0.207	0.105	0.311	0.153	0.035	0.188	0.123	0.017	0.139	0.105	0.010	0.114
Arabia Saudí	0.047	0.012	0.058	0.035	0.004	0.040	0.029	0.002	0.031	0.025	0.001	0.026

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la OCDE.

El cuadro 1 muestra los indicadores de especialización vertical directos, indirectos y totales originales y calibrados bajo una situación supuesta de aumento de los valores para las μ_{ij}. Los resultados obtenidos arrojan implicaciones relevantes sobre los efectos que generan las economías de escala y la concentración industrial en el intercambio de insumos importados.

En primer lugar, nótese que, en todos los países analizados, los indicadores de especialización vertical directos, indirectos y totales disminuyen a medida que se intensifican las economías de escala, lo que sugiere una menor dependencia de los insumos importados a medida que aumenta la concentración industrial.

En segundo lugar, ya que los indicadores totales disminuyen en todos los países analizados, los resultados sugieren la existencia de un efecto de sustitución de importaciones de bienes intermedios cuando se intensifican las economías de escala y aumenta la concentración industrial. Por ejemplo, en México el indicador de especialización vertical total disminuye de 0.34 a 0.16, lo que indica que el país podría sustituir sus importaciones de insumos de manera directa e indirecta cuando se incrementa el nivel de concentración industrial.

Este mismo efecto se observa en los Estados Unidos y Canadá. De hecho, los resultados muestran que, a escala regional, el bloque del TMEC (Estados Unidos, Canadá y México) también tiende a sustituir sus importaciones cuando aumenta la concentración industrial en la región. Nótese también que los indicadores directos se reducen más que los indirectos para esta región, lo que implica que la intensidad de las economías de escala afecta más la producción de bienes para la exportación, que la producción de bienes intermedios.

En tercer lugar, se observa que las reducciones de los indicadores directos e indirectos varían según el país. En algunos casos, los indirectos disminuyen más que los directos y, en otros, ocurre lo contrario. Por ejemplo, en los Estados Unidos, los indicadores indirectos disminuyen más que los directos cuando se intensifican las economías de escala. En contraste, en México los indicadores directos muestran una mayor reducción que los indirectos. Estos resultados sugieren que, en los países donde los efectos indirectos disminuyen más que los directos, los aumentos de las economías de escala y de la concentración industrial afectan más la demanda de los insumos importados que se usan para producir insumos locales para los bienes de exportación. En cambio, en los países donde los indicadores directos caen más que los indirectos, los aumentos de las economías de escala afectan más a la demanda de los insumos importados para producir bienes de exportación. Así, ambos efectos reducen la dependencia de insumos extranjeros, pero en diferentes partes de la cadena productiva: el primer caso impacta más en la producción de los bienes intermedios internos, y el segundo en la producción de los bienes de exportación.

La implicación del hallazgo anterior es que la interacción entre los efectos a escala internos —contenidos en la matriz $\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})$— y los efectos externos —contenidos en la matriz $\boldsymbol{A}^{M}(\boldsymbol{x})$— sugiere que las economías de escala internas y externas impactan de manera diferenciada en la estructura productiva, especialmente en relación con los insumos importados. No obstante, en la concentración industrial, tal distinción no se mantiene, ya que las empresas nacionales compiten con empresas extranjeras en un mercado global. Esto implica que cualquier incremento en la concentración industrial ocurre en el contexto global y no sólo a escala nacional. Las interacciones entre los efectos internos y externos de las economías de escala podrían determinar si la concentración industrial es impulsada por empresas nacionales o extranjeras, y cómo el desbalance entre estos efectos impacta la estructura productiva de cada economía en particular. Sin embargo, analizar estos elementos específicos excede el alcance del presente trabajo.

Como último punto, y para conocer con mayor exactitud la intensidad del impacto que tiene la concentración industrial sobre la especialización vertical en cada país, es necesario examinar el tamaño del cambio producido por la calibración propuesta. Esto puede obtenerse fácilmente mediante una tasa de cambio entre los valores originales y los calibrados. Los resultados se presentan en el cuadro 2.

El cuadro 2 muestra las tasas de cambio que se producen en los indicadores de especialización vertical al aumentar la concentración industrial. Nótese como un ejemplo que en los Estados Unidos dicho amento ocasiona una caída en el indicador de especialización vertical total en una magnitud de 55.4% (columna $\mu_{ij} = 1.1$), lo que sugiere un impacto considerable de la concentración industrial sobre la demanda de insumos intermedios. Nótese además que el cambio porcentual en el efecto indirecto es de 80.4%, que supera al efecto directo de 41.2%. Esto indica que los ajustes ocurren principalmente en la producción de insumos intermedios locales, más que en la producción de bienes de exportación. Es decir, cuando aumenta la concentración industrial, las industrias locales que producen insumos para la ex-

Cuadro 2. *Intensidad de la sustitución de importaciones generada por aumentos en la concentración industrial (tasas de cambio, 2020)*

Países	*Valores calibrados*								
	$\mu_{ij} = 1.1$			$\mu_{ij} = 1.2$			$\mu_{ij} = 1.3$		
	Directos	*Indirectos*	*Totales*	*Directos*	*Indirectos*	*Totales*	*Directos*	*Indirectos*	*Totales*
Estados Unidos	41.20	80.45	55.48	33.77	66.90	39.06	27.74	55.51	30.15
Canadá	40.63	77.93	52.84	32.50	64.20	37.36	25.85	52.84	28.21
México	43.50	77.30	52.34	35.33	63.13	38.80	28.63	52.18	30.39
Región TMEC	41.98	78.77	53.59	34.04	64.87	38.49	27.56	53.56	29.70
Argentina	22.15	66.32	38.00	16.20	51.85	23.14	11.71	41.47	15.34
Australia	23.28	64.73	31.93	16.98	49.15	20.46	12.17	38.39	13.98
Austria	31.07	69.35	43.34	24.17	55.25	29.56	18.81	44.55	21.65
Brasil	29.33	74.25	47.26	22.99	59.76	30.15	18.02	48.88	21.49
Bélgica	30.75	69.06	42.14	24.15	55.50	29.14	18.93	44.99	21.53
Suiza	29.97	71.63	43.81	23.43	56.52	28.97	18.33	45.38	21.10
Chile	16.80	58.72	27.95	11.70	44.92	16.76	7.91	35.22	10.66
China	49.84	88.70	70.14	41.31	75.02	47.98	34.16	62.89	36.89
Colombia	21.06	64.91	34.72	15.26	50.29	21.12	10.83	39.70	13.87
Costa Rica	10.78	51.08	20.49	6.49	36.93	11.00	3.30	27.68	5.87
Alemania	39.08	77.23	53.18	32.18	63.59	37.83	26.56	52.58	29.30
Dinamarca	22.12	62.98	34.64	16.35	48.67	21.96	12.03	38.39	15.04
España	31.80	72.37	46.46	25.22	58.53	31.43	20.03	47.85	23.17
Francia	33.56	71.80	45.57	26.90	58.10	31.97	21.64	47.39	24.23
Reino Unido	30.58	70.05	42.49	24.24	56.41	29.29	19.27	45.98	21.86
India	34.69	77.58	51.36	27.75	63.24	34.11	22.23	51.87	25.19
Italia	33.55	74.67	49.36	27.03	60.63	33.49	21.86	49.65	25.03
Corea	44.09	82.18	59.18	35.73	68.23	41.35	28.89	56.81	31.51
Países Bajos	32.13	70.72	43.62	25.13	56.62	30.00	19.65	45.60	22.14
Noruega	25.93	68.70	40.81	19.20	53.11	25.44	14.10	41.47	17.26
Perú	17.44	63.21	32.06	12.01	48.41	18.31	7.91	37.82	11.18
Portugal	26.09	66.31	39.60	19.69	52.34	25.81	14.77	42.08	18.06
Arabia Saudí	24.44	64.55	32.46	18.25	50.38	21.62	13.52	39.35	15.24

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la OCDE.

portación disminuyen su dependencia de insumos extranjeros en mayor medida que las industrias orientadas a la exportación.

Como contraejemplo, obsérvese en la misma columna a Costa Rica, cuyo impacto en la reducción de la demanda de sus insumos importados es de sólo 20.4% para el indicador de especiación vertical total. Esto implica un efecto relativamente bajo. En contraste, nótese que la fila de la región del acuerdo TMEC muestra una reducción significativa en la demanda de insumos importados, con un impacto de 53.5% para el efecto total, lo que sugiere una influencia considerable de la concentración industrial en la sustitución de importaciones de insumos. Esto implica que, en esta región, cualquier política industrial destinada a sustituir insumos intermedios podría modificar el índice en 47% como máximo si el nivel de concentración industrial no cambia.

Las columnas a la derecha de la columna $\mu_{ij}=1.1$ indican la tasa de cambio respecto al cambio anterior. Nótese que, a medida que aumenta la concentración industrial, los efectos en el índice de especialización vertical tienden a disminuir para los tres. Esto significa que la concentración industrial exhibe efectos decrecientes. Es decir, a medida que la concentración aumenta, su impacto en el índice de especialización disminuye. Ello sugiere que el efecto de la sustitución de importaciones se vuelve menos significativo a medida que la concentración aumenta, independientemente de si se trata de los efectos directos, indirectos o totales.

IV. Discusión

Tres elementos son especialmente novedosos para la literatura sobre los modelos de insumo-producto no lineales, particularmente en relación con lo desarrollado por Guerra y Sancho (2014). El primero es la especificación de una inversa de Leontief no lineal que no es obtenida a través de una aproximación empírica con números índices, sino mediante los efectos marginales. Esto se debe a que, en una situación de concentración industrial, sabemos que los efectos marginales son menores que los medios. Por lo tanto, al utilizar los primeros, aseguramos una especificación precisa para la matriz de multiplicadores o efectos marginales.

El segundo punto, y que es transversal a toda la literatura de los modelos de insumo-producto no lineales,[6] es la consideración explícita de la concen-

[6] Véanse Fernández-Vázquez (2015); Guerra y Sancho (2014); Zhao et al. (2006); Zhang (2008 y 2001), y Lahiri (1983).

tración industrial. En efecto, todos los modelos no lineales mantienen el supuesto de libre entrada o libre competencia en el caso no lineal, esto representa una limitación, debido a que no se modelan las economías de escala, como aquí lo hicimos.

El último punto representa la parte aplicada. En particular, este trabajo es el primero en aplicar el modelo de insumo-producto no lineal para una situación de economía abierta y para matrices multipaíses, donde se ajustan específicamente los indicadores de especialización vertical para el modelo no lineal. La aplicación de este elemento nos proporcionó conclusiones relevantes sobre la relación entre concentración industrial y la demanda de insumos importados.

V. Implicaciones de los resultados: la conexión entre la concentración industrial y el desarrollo económico

Nuestros resultados muestran la existencia de una relación entre el desarrollo económico y la concentración industrial. En efecto, los aumentos en la concentración industrial reducen los indicadores de especialización vertical totales, directos e indirectos de los países, lo que implica que las empresas concentradas sustituyen las importaciones de sus insumos. A nivel de valor agregado, las reducciones en la demanda de insumos importados se traducen en un aumento en el valor agregado interno de las economías, por lo que una vía para elevar tal valor de los países en desarrollo es a través de aumentar la concentración de sus industrias atrasadas. En efecto, literatura reciente, como Betancourt (2023), explica que las barreras a la entrada modifican la estructura económica de los países en desarrollo a través de aumentos en los gastos de capital, investigación y desarrollo (I+D), así como publicidad de las empresas que están concentradas. Al contrario, en mercados muy competitivos no hay gastos en capital, I+D ni publicidad, pues las empresas están tan atomizadas que únicamente existen estructuras de mercado que compiten gracias a la variedad de producto —preferencia por la variedad, en el sentido de Dixit y Stiglitz (1977)—.

A fin de explicar el punto anterior, piénsese en el sector informal de una economía en desarrollo. Éste es muy competitivo, pues no hay barreras a la entrada, sino libre entrada. Como consecuencia, en este sector hay una intensa competencia donde las empresas contienden al ofrecer un producto ligeramente diferenciado por la variedad. En contraste, en un sector como el de los refrescos dominan los oligopolios que invierten en campañas de publicidad, capital o I+D para expandir su producto, ganar cuota de mercado o mejorar la calidad de sus productos. Entonces, los oligopolios hacen que la entrada de nuevas empresas se desplace hacia sectores con libre entrada, como el informal, y se niegue la entrada en los sectores concentrados. Por lo tanto, al aumentar la concentración de los sectores con libre entrada, éstos comenzarán a actuar como los oligopolios que invierten en I+D o capital, lo que modificará la estructura económica hacia una situación de economía desarrollada. Ciertamente esta discusión es aún preliminar, pues hay que examinar los canales específicos de la relación entre la concentración industrial y el desarrollo económico, pero aquí se muestra uno: la sustitución de importaciones de bienes intermedios a medida que las empresas se concentran.

VI. CONCLUSIONES

En este documento proponemos un ajuste a los indicadores de especialización vertical directos, indirectos y totales propuestos por Hummels et al. (2001). La modificación tiene como objetivo incorporar explícitamente los rendimientos crecientes a escala, las economías de escala y la concentración industrial. Este ajuste nos permite examinar los cambios en la especialización vertical, al considerar cambios en el nivel de concentración industrial de los países. Para lograr esto, utilizamos una especificación no lineal del modelo de insumo-producto. Los resultados alcanzados indican que el aumento de la concentración industrial tiene un efecto de sustitución de importaciones de bienes intermedios, puesto que reduce la participación de insumos importados contenida en las exportaciones.

Estos resultados abren una línea de investigación sobre la relación entre la concentración industrial y el desarrollo económico, puesto que la reducción en la dependencia de los insumos importados aumenta el ingreso interno de los países, y este efecto puede ser clave precisamente para los países en desarrollo. Adicionalmente, el efecto de la concentración industrial sobre la reducción de las importaciones de bienes intermedios puede ser esencial para el actual plan de los Estados Unidos, México y Canadá, a fin de sustituir importaciones intermedias.

Los retos para las futuras investigaciones se sintetizan mediante dos puntos. El primero es pasar de calibraciones a estimaciones econométricas de los rendimientos crecientes a escala de los países para obtener datos lo más cercanos a la realidad posibles. El segundo elemento consiste en considerar ajustes asimétricos en la concentración industrial entre los diferentes sectores y países, lo que permite analizar situaciones en las que algunos países o sectores están más concentrados que otros para examinar sus efectos en el comercio. Esto puede lograrse al calibrar las matrices $\boldsymbol{L}(\boldsymbol{x})$ y $\boldsymbol{A}^{M}(\boldsymbol{x})$ considerando diferentes valores para las μ_{ij}.

Referencias bibliográficas

Amador, J., y Cabral, S. (2009). Vertical specialization across the world: A relative measure. *The North American Journal of Economics and Finance, 20*(3), 267-280. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.najef.2009.05.003

Belleflamme, P., y Peitz, M. (2010). *Industrial Organization: Markets and Strategies.* Cambridge: Cambridge University Press.

Betancourt, M. (2023). *Industrial Organization and Structural Change in Developing Economies: A Theoretical Examination* (SSRN Working Paper, 4340711). Recuperado de: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4340711

Betancourt, M. (2024). *Global Production Chains and Industrial Concentration: Theory and Evidence for Mexico* (SSRN Working Paper, 4730300). Recuperado de: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4730300

Dixit, A., y Stiglitz, J. (1977). Monopolistic competition and optimum product diversity. *The American Economic Review, 67*(1), 297-308.

Duan, Y., Dietzenbacher, E., Jiang, X., Chen, X., y Yang, C. (2018). Why has China's vertical specialization declined? *Economic Systems Research, 30*(2), 178-200. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/09535314.2018.1431610

Fernández-Vázquez, E. (2015). Empirical estimation of non-linear input-output models: An entropy econometrics approach. *Economic Systems Research, 27*(4), 508-524. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1102715

Guerra, A., y Sancho, F. (2014). An operational, nonlinear input-output system. *Economic Modelling, 41*(2014), 99-108. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.04.027

Hummels, D., Ishii, J., y Yi, K. (2001). The nature and growth of vertical specialization in world trade. *Journal of International Economics, 54*(1), 75-96. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/S0022-1996(00)00093-3

INEGI (2018). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Fuentes y metodologías. Año base 2013. Aguascalientes: INEGI.

Jehle, G., y Reny P. (2011). *Advanced Microeconomic Theory* (3ª ed.). Harlow, Reino Unido: Pearson.

Lahiri, S. (1983). Capacity constraints, alternative technologies and input-output analysis. *European Economic Review, 22*(2), 219-226. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/0014-2921(83)90083-1

Miller, R., y Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis. Foundations and Extensions.* Cambridge: Cambridge University Press.

Nicholson, W. (2015). *Teoría microeconómica: Principios básicos y ampliaciones.* México: Cengage Learning.

Pepall, L., Richards, D., y Norman, G. (2014). *Industrial Organization: Contemporary Theory and Empirical Applications* (5ª ed.). Estados Unidos: Wiley.

Tirole, J. (1988). *The Theory of Industrial Organization.* Cambridge, Mass.: MIT Press.

Yang, C., Dietzenbacher, E., Pei, J., Chen, X., Zhu, K., y Tang, Z. (2015). Processing trade biases the measurement of vertical specialization in China. *Economic Systems Research, 27*(1), 60-76. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/09535314.2014.955463

Zhang, J. (2001). Iterative method for finding the balanced growth solution of the non-linear dynamic input-output model and the dynamic CGE model. *Economic Modelling, 18*(1), 117-132. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/S0264-9993(00)00031-6

Zhang, J. (2008). A multi-sector nonlinear dynamic input-output model with human capital. *Economic Systems Research, 20*(2), 223-237. Recuperado de: https://doi.org/10.1080/09535310802075463

Zhao, N., Huanwen, T., y Xiaona, L. (2006). Research on nonlinear input-output model based on production function theory and a new method to update IO coefficients matrix. *Applied Mathematics and Computation, 181*(1), 478-486. Recuperado de: https://doi.org/10.1016/j.amc.2006.01.045