

# Estrategias de diversificación inteligente diferenciadas por el nivel de complejidad de los países

Ciro de Moura Lopes, João Prates Romero  
y Elton Eduardo Freitas

Recibido: 19/12/2023  
Aceptado: 27/12/2023

## Resumen

En este trabajo se evalúan trayectorias de diversificación productiva y se propone una regla empírica de diversificación para promover el aumento de la complejidad económica. Se concluye que la complejidad beneficia el crecimiento de manera más significativa en las etapas incipientes del desarrollo económico. Los países menos complejos, al tener capacidades productivas limitadas, se diversifican hacia productos menos complejos y más similares a su estructura productiva, lo que constituye un obstáculo para el crecimiento económico. Los países de complejidad intermedia están más preparados para correr riesgos en sus estrategias, lo que los hace más competitivos en productos de mayor complejidad. Mediante el análisis de componentes principales, se construye la regla de diversificación, que presenta mayor precisión al formular estrategias de diversificación que proponen productos más similares a la estructura productiva. Este resultado demuestra que las estrategias de sofisticación productiva son más precisas cuando dimensionan las limitaciones productivas de las economías.

---

## Palabras clave

Desarrollo económico, ajuste estructural, condiciones económicas, productividad, diversificación de la producción, análisis económico, modelos econométricos

## Clasificación JEL

O10, O11

## Autores

Ciro de Moura Lopes es estudiante de la Maestría en Economía del Centro de Desarrollo y Planificación Regional (CEDEPLAR) de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) (Brasil). Correo electrónico: ciroeml18@cedeplar.ufmg.br.

João Prates Romero es Profesor Asociado en el Centro de Desarrollo y Planificación Regional (CEDEPLAR) de la Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG) (Brasil). Correo electrónico: jpromero@cedeplar.ufmg.br.

Elton Eduardo Freitas es Profesor Asociado en el Departamento de Economía de la Universidad Federal de Sergipe (UFS) (Brasil). Correo electrónico: eeffony@gmail.com.

## I. Introducción<sup>1</sup>

Los interrogantes de por qué algunas naciones son más ricas que otras y qué caracteriza un proceso de desarrollo exitoso se plantean de manera recurrente en el debate económico. La relevancia de esta discusión reside en el hecho de que la mayoría de las economías en desarrollo no han logrado escapar del estatus de ingreso medio, a pesar de haber experimentado, durante la primera década del siglo XXI, un crecimiento económico vertiginoso (Jankowska, Nagengast y Perea, 2012, p. 9).

En los estudios sobre cambio estructural, se entiende que la manera en que se asignan sectorialmente los recursos productivos es determinante para el crecimiento económico (Kuznets, 1966). Según McMillan, Rodrik y Verduzco-Gallo (2014), los países asiáticos, durante su proceso de desarrollo, posibilitaron la potenciación del crecimiento económico al dirigir el flujo de mano de obra hacia sectores de alta productividad, en general de índole industrial y tecnológica. Además, como muestran Jankowska, Nagengast y Perea (2012), los países que escaparon de la trampa del ingreso medio en la era de la posguerra del siglo XX iniciaron un proceso de cambio estructural en el cual se alejaron de los sectores primarios, moviéndose hacia la manufactura.

Sin embargo, el cambio estructural no es un proceso automático, por lo que resulta fundamental la asignación adecuada de recursos a los distintos sectores (McMillan, Rodrik y Verduzco-Gallo, 2014). Actualmente, los autores debaten la idea de la especialización inteligente (*smart specialization*), según la cual, en la política de selección de sectores más prometedores para el desarrollo económico, se debe considerar el potencial productivo de la región, con el fin de encontrar oportunidades para aumentar la competitividad en actividades de alto valor agregado (Balland y otros, 2019, pág. 2). Así, aunque los sectores de alta productividad generen mayores retornos para el crecimiento, los países difieren en lo que respecta a sus oportunidades de aumentar la competitividad.

Según las metodologías de la complejidad económica (Hidalgo y Hausmann, 2009; Hausmann y otros, 2011) y del espacio de productos (Hidalgo y otros, 2007), la estructura productiva del país revela lo que es capaz de producir competitivamente. Las medidas de complejidad propuestas por Hidalgo y Hausmann (2009) son indicadores de la cantidad de conocimiento incorporado en la estructura productiva del país. Por su parte, las medidas de proximidad entre productos propuestas por Hidalgo y otros (2007) indican la facilidad de utilizar los conocimientos existentes para la producción competitiva de cada uno de los bienes que la economía aún no produce. Mientras que Hausmann y otros (2011) presentan datos que confirman que la complejidad predice el crecimiento futuro del ingreso per cápita, Balland y otros (2019) demuestran que la proximidad a sectores competitivos aumenta la probabilidad de que una región se vuelva competitiva en la producción de un bien determinado.

A partir de este postulado, en varios trabajos recientes se utilizan medidas de complejidad y proximidad para evaluar sectores prometedores para el desarrollo económico. Esto se refleja en estudios como el de Hausmann, Santos y Obach (2017) sobre Panamá, Romero y Freitas (2018) sobre el Brasil y Romero y Silveira (2019) sobre los estados brasileños.

No obstante, aunque Hausmann y otros (2011) indiquen que la relación de la complejidad con el crecimiento se reduce con el aumento de la renta, hasta el momento no se ha investigado si esta relación presenta cambios significativos en países con niveles de complejidad diferentes. Por otro lado, tras el trabajo de Hidalgo y otros (2007) y pese a la mayor cantidad de material publicado sobre diversificación relacionada (Hidalgo y otros, 2018), poco se ha investigado sobre los patrones de diversificación productiva de los diferentes países.

<sup>1</sup> Los autores agradecen el apoyo financiero de la Fundación de Apoyo a la Investigación del Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) (APQ-02518-17).

En este contexto, el presente artículo tiene tres objetivos: i) estimar el impacto de la complejidad en el crecimiento del PIB per cápita en países de diferentes niveles de complejidad; ii) analizar los patrones de cambio estructural de los países de baja, media y alta complejidad que aumentaron su complejidad en el período comprendido entre 1980 y 2010 y iii) proponer una regla para hallar productos prometedores en lo que respecta a la diversificación de cada país en cada nivel de complejidad, basada en un conjunto de indicadores ponderados mediante el análisis de componentes principales (ACP).

El resto del artículo está dividido de la siguiente manera: en la sección II se examina el marco teórico utilizado; en la sección III se presentan los análisis econométricos de la relación entre complejidad y crecimiento del PIB per cápita; en la sección IV se analizan los patrones de diversificación productiva de los países; en la sección V se formula la propuesta de reglas de diversificación productiva y en la sección VI se presentan las conclusiones finales.

## II. Desarrollo económico y cambio estructural

Según Rodríguez (2009, pág. 46), el desarrollo económico consiste en un conjunto de cambios concomitantes y compatibles en la composición sectorial y subsectorial de las estructuras de producción de bienes y servicios y ocupación de fuerza de trabajo que dan curso a su expansión y complejización ordenada y continua. Además, sectores diferentes tienen capacidades distintas para generar rendimientos crecientes de escala, innovación y aumentos de la productividad (Kaldor, 1970; Thirlwall, 2005). Los sectores modernos, como se les denomina, tienen un elevado componente tecnológico y presentan mayores niveles de productividad. Por lo tanto, el desarrollo económico puede comprenderse como un proceso de cambio estructural hacia sectores más modernos (Hirschman, 1958; Kaldor, 1966; Kuznets, 1966; Prebisch, 1950; Furtado, 1964).

Al evaluar las trayectorias de desarrollo de las naciones, Jankowska, Nagengast y Perea (2012) señalan que el bajo nivel de productividad es uno de los principales elementos que explica por qué algunas naciones no han logrado construir una trayectoria de crecimiento sostenido. En este sentido, la teoría estructuralista de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) contribuye a comprender el cambio estructural al formalizar el concepto del sistema centro-periferia, en el cual los dos polos se diferencian históricamente por el patrón de asimilación y difusión del progreso técnico en sus estructuras productivas (Prebisch, 1950; Marcato, 2013; Rodríguez y otros, 1995). El resultado es una estructura diversificada y sectorialmente homogénea (en términos de productividad) en el centro y, en la periferia, una estructura especializada y sectorialmente heterogénea (Rodríguez, 2009, págs. 81-82). La reproducción de este sistema confiere a la periferia el papel de producir y exportar productos primarios y al centro la función de producir y exportar bienes industriales (Rodríguez, 2009, pág. 82).

### 1. Espacio de productos, complejidad económica y cambio estructural

Según Hidalgo y Hausmann (2009), la estructura productiva de una economía se define en términos de la diversidad de capacidades productivas disponibles. Hidalgo y otros (2007) sostienen que los productos se relacionan a partir de la similitud entre las capacidades productivas necesarias para producirlos (Hausmann y Klinger, 2006; Hidalgo y Hausmann, 2009). Por consiguiente, como los países difieren en el conjunto de capacidades disponibles, presentan diferentes trayectorias posibles de diversificación productiva (Hausmann y otros, 2011). Así, dado que el desarrollo económico está relacionado con la complejidad de los bienes que cada país produce y exporta eficientemente (Hidalgo y otros, 2007),

también está sumamente marcado por la dependencia de la trayectoria, ya que las posibilidades de modernización de las exportaciones dependen de la habilidad de cada país de acumular nuevas capacidades y combinarlas con las ya existentes (Hidalgo y Hausmann, 2009).

Hidalgo y otros (2007) utilizan el índice de ventajas comparativas reveladas (VCR), formalizado por Balassa (1965) para medir qué bienes exportan competitivamente los países (si  $VCR > 1$ ). A partir de este indicador, los autores construyen una red de productos utilizando la probabilidad de coexportación entre categorías de productos con VCR: el espacio de productos. Esta probabilidad de coexportación se llama proximidad. Cuanto mayor sea la similitud de capacidades, más próximos estarán los productos dentro del espacio de productos, que no es más que una representación de la estructura productiva, tomando como base la canasta de exportación de una economía.

Según Hausmann y otros (2011), la estructura productiva de los países desarrollados se caracteriza por la producción competitiva de productos ubicados principalmente en el centro del espacio de productos, donde se encuentran los bienes más sofisticados, que comparten más características con otros productos. Por su parte, los países en desarrollo presentan una estructura productiva especializada en la producción de bienes ubicados en la periferia de la red, ocupada por bienes que tienen pocas conexiones con otros productos. De esta forma, al poseer capacidades menos sofisticadas y que son requeridas por menos productos, los países en desarrollo tendrán naturalmente más dificultades para modernizar su estructura productiva.

La velocidad del proceso de cambio estructural y de diversificación productiva depende de la densidad del espacio de productos en los alrededores del producto que el país produce y exporta competitivamente (Hausmann y Klinger, 2006). Es decir, depende del nivel de similitud, en términos de necesidad de capacidades, entre los productos potenciales y la canasta actual de exportación del país, lo que está incluido en el índice de densidad desarrollado por Hidalgo y otros (2007). Intuitivamente, cuanto mayor es la densidad del producto, más cercano está a la estructura productiva actual, ya que comparte una mayor cantidad de capacidades con los productos exportados por el país.

Profundizando en esta perspectiva, Hidalgo y Hausmann (2009) y Hausmann y otros (2011) desarrollan la metodología de la complejidad económica, basada en lo que llaman el método de reflexiones. Inicialmente, los autores producen los indicadores de diversificación del país (cantidad de bienes que un país exporta con VCR) y de ubicuidad de los productos (cantidad de países que exportan ese producto con VCR). Los autores muestran que las medidas de diversidad y ubicuidad están inversamente relacionadas, lo que indica que los países más diversificados producen competitivamente bienes menos ubicuos. Dentro del método de reflexiones, los autores combinan estos dos indicadores y construyen las medidas de complejidad: el índice de complejidad del producto (ICP) y el índice de complejidad económica (ICE). Se supone entonces que los productos complejos (mayor ICP) presentan un bajo grado de ubicuidad y son exportados por países más diversificados, mientras que los países complejos (mayor ICE) tienen un mayor grado de diversificación y exportan competitivamente bienes menos ubicuos.

A partir de pruebas empíricas desarrolladas por Hidalgo y Hausmann (2009) y Felipe y otros (2012), se confirma que estas medidas pasan a ser datos empíricos que resultan buenos predictores del crecimiento económico y de la complejidad futura de la canasta de exportación del país. Por lo tanto, el objetivo de los países menos desarrollados, dentro del proceso de cambio estructural, es salir de la periferia del espacio de productos y encaminarse, a través de un proceso de diversificación y aprendizaje de nuevas capacidades, hacia el centro más complejo y denso de la red de productos, potenciando el crecimiento económico futuro.

## 2. El principio de la afinidad y las trayectorias de diversificación productiva

La lógica de capacidades está en la base del principio de la afinidad. Dicho de otra manera, dos actividades, ya sean productos, industrias o áreas de investigación, son afines cuando requieren conocimientos o insumos similares (Hidalgo y otros, 2018, pág. 452). Así, un país tiene mayor probabilidad de iniciar la producción de un producto con VCR cuanto mayor sea el número de productos relacionados con aquellos que el país ya exporta eficientemente (Hidalgo y Hausmann, 2009).

Basándose en este principio, Pinheiro y otros (2018) analizaron las trayectorias de diversificación de los países a partir del conjunto de opciones de las economías: el conjunto de productos aún no exportados con VCR por los países (Pinheiro y otros, 2018, pág. 9). Partiendo de un conjunto de 93 países, durante el período de 1965 a 2015, los autores muestran que, en casi el 93% de los casos, las naciones comienzan a exportar productos más similares al producto promedio de su canasta de exportación, confirmando el principio de la afinidad entre productos en la trayectoria de diversificación productiva.

Sin embargo, de acuerdo con los autores, aunque en menor escala, hay casos que se desvían del principio de la afinidad, en que los países comienzan a exportar productos no relacionados con su conjunto de opciones. Así pues, dentro del espacio de productos, existen trayectorias de diversificación no relacionada (hacia productos poco relacionados con el conjunto de opciones) y de diversificación relacionada (hacia productos más relacionados con el conjunto de opciones).

Pinheiro y otros (2018) contribuyen a la literatura sobre modernización productiva con la elaboración de los índices de densidad relativa y de complejidad relativa del producto, con el fin de que las medidas de similitud entre productos sean comparables entre países a lo largo del tiempo. Según los autores, la densidad constituye la distancia entre un producto y todos los productos afines y, por lo tanto, tiene el inconveniente de no encuadrarse en el mismo rango de valores para todos los países (Pinheiro y otros, 2018, pág. 12).

El índice de densidad relativa relaciona las nuevas exportaciones del país con su conjunto de opciones en un año determinado. En la ecuación (1), el término  $\langle \omega_{c,t} \rangle_0$  se refiere a la densidad media del conjunto de opciones y  $\sigma_0(\omega_{c,t})$  es la desviación estándar de la densidad de este conjunto de productos. Los casos de diversificación relacionada ocurren cuando la densidad relativa es positiva, es decir, cuando el producto en cuestión está más cerca de la estructura productiva que el promedio de las opciones. De lo contrario, se tienen situaciones de diversificación no relacionada.

$$\bar{\omega}_{p,c,t} = \frac{\omega_{p,c,t} - \langle \omega_{c,t} \rangle_0}{\sigma_0(\omega_{c,t})} \quad (1)$$

El índice de complejidad relativa analiza el nivel de complejidad de un determinado producto en relación con la complejidad media del conjunto de opciones. El término  $\langle ICP_{c,t} \rangle_0$  se refiere a la complejidad media de los productos en el conjunto de opciones y  $\sigma_0(ICP_{c,t})$  es la desviación estándar de la complejidad de los productos en este mismo conjunto.

$$\bar{ICP}_{p,c,t} = \frac{ICP_{p,c,t} - \langle ICP_{c,t} \rangle_0}{\sigma_0(ICP_{c,t})} \quad (2)$$

La interpretación de estos dos indicadores se vuelve más clara cuando Pinheiro y otros (2018) formalizan el vector de diversificación, que refleja la dirección media de la diversificación en una ventana de tiempo determinada. Intuitivamente, este vector bidimensional define la dirección de la diversificación en términos de las variaciones de similitud y de complejidad de las nuevas exportaciones en relación con el conjunto de opciones de una economía. Básicamente, en relación con el promedio de las

opciones, el país puede diversificarse hacia productos más cercanos o más lejanos de su estructura productiva y hacia productos más complejos o menos complejos.

Aplicando estos indicadores a los datos de comercio internacional desagregados, los autores verifican que la dirección del desarrollo y el tipo de diversificación productiva dependen del nivel de desarrollo de los países. En las etapas iniciales del desarrollo, los países poseen un conjunto limitado de capacidades productivas y, por lo tanto, se especializan en productos menos complejos y más similares. En las etapas más avanzadas, los países ya presentan un conjunto más diversificado de capacidades productivas, por lo que tienen una estructura productiva más cercana a sectores más complejos (Pinheiro y otros, 2018, pág. 25). Finalmente, el estudio demuestra que los países se comprometen más con trayectorias de diversificación no relacionada en etapas intermedias del desarrollo, justamente cuando están cerca tanto de bienes más complejos como de bienes menos complejos.

En resumen, de acuerdo con el estudio, en las etapas intermedias reside uno de los principales dilemas de la diversificación: ¿dar saltos más largos en el espacio de productos y admitir trayectorias de diversificación no relacionada o dar pasos cortos en el espacio de productos, continuando la trayectoria desarrollada desde las etapas iniciales de desarrollo? Ambas trayectorias son posibles. Según Pinheiro y otros (2018), la trayectoria de diversificación no relacionada está asociada a niveles más altos de complejidad económica. Por otro lado, los costos de desarrollar una actividad, dentro del proceso de diversificación relacionada, son menores, ya que la probabilidad de éxito es mucho mayor (Alshamsi, Pinheiro e Hidalgo, 2018).

### 3. Estrategias de diversificación productiva

Reconociendo las contribuciones de los enfoques del espacio de productos y de la complejidad económica, hay trabajos empíricos que se han centrado en el estudio comparado de las trayectorias de sofisticación de los países y en el estudio de estrategias de modernización productiva.

Hausmann, Santos y Obach (2017) realizaron un estudio de la economía de Panamá con el fin de evaluar estrategias de diversificación productiva para el país. Los autores proponen un índice que contiene diferentes componentes del mercado global y nacional para evaluar la potencialidad de un producto y que se divide en tres componentes: fortaleza del mercado local en Panamá (*strength in Panama today*), oportunidades en el mercado internacional (*global market opportunities*) y análisis de la complejidad (*complexity analysis*). La primera dimensión evalúa el desempeño de la industria panameña, la segunda evalúa las oportunidades de mercado para las industrias y la tercera, al promover una evaluación de la complejidad económica, refleja el grado de complejidad de estas industrias, si son estratégicas (en términos de acceso a otras industrias complejas) y sus distancias —en términos de capacidades— a las industrias ya existentes (Hausmann, Santos y Obach, 2017, pág. 35). Los autores aplican el puntaje de oportunidades de diversificación (*diversification opportunity score*) a las provincias de Chiriquí y Darién.

Esta metodología, junto con el análisis de complejidad económica, sirvió de base para otros estudios. Romero y Freitas (2018) la adaptaron para averiguar cuáles eran los sectores más prometedores a la hora de aumentar la complejidad del Brasil. También basándose en tres dimensiones —capacidades actuales, oportunidades de mercado y análisis de beneficios— y considerando solo productos con  $VCR < 1$ , los autores elaboraron una regla de decisión, por medio de la cual concluyeron que, entre los 20 productos con mayor potencial para elevar la complejidad de la economía brasileña, los tres principales eran los automóviles, las partes de vehículos y los teléfonos. Los resultados del estudio también muestran que el aumento del ICE del Brasil (en caso de adquisición de VCR en los 20 productos listados) traería aparejado un aumento de 0,53 puntos porcentuales de la tasa de crecimiento del PIB per cápita brasileño.

Análogamente, también se han realizado otros estudios para identificar estrategias de diversificación y sofisticación productiva, como aquellos llevados a cabo por Hartmann (2016) sobre Türkiye; Hausmann y Chauvin (2015) sobre Rwanda; Hartmann, Bezerra y Pinheiro (2019) sobre el Paraguay y, finalmente, Queiroz, Romero y Freitas (2023) sobre los estados brasileños, utilizando datos de empleo. Sin embargo, aún no se ha llevado a cabo un estudio empírico detallado sobre la relación entre las características de la estructura productiva y las experiencias exitosas de modernización económica, ya sean estas basadas en trayectorias de diversificación relacionada o de diversificación no relacionada. Esta es la laguna que el presente trabajo intenta llenar, con el fin de facilitar la propuesta de una regla empírica que promueva el aumento de la complejidad de las economías.

### III. Análisis empírico

#### 1. Base de datos

Para analizar empíricamente las trayectorias de diversificación de los países, en este trabajo se utilizaron datos desagregados del comercio internacional que siguen la Clasificación Uniforme para el Comercio Internacional (CUCI), revisión 2, de 4 dígitos. Los datos fueron obtenidos de la base del Atlas de Complejidad Económica, proporcionada por el Centro para el Desarrollo Internacional de la Universidad de Harvard, y abarcan el período de 1962 a 2017. Además, en lo que respecta a los modelos econométricos, las series de datos del PIB y del PIB per cápita, ambos en dólares constantes, fueron obtenidas a través de los Datos de libre acceso del Banco Mundial.

Dada la diversidad de países y productos, y reconociendo que no todos los países informan los datos de comercio de forma coherente con los criterios utilizados en los estándares internacionales, la base de datos pasó por un proceso de limpieza conocido como el método Bustos-Yildirim, con el fin de producir información coherente. Una vez obtenida la base, se aplicó un nuevo proceso de limpieza de los datos con tres criterios, similares a los utilizados por Hausmann y otros (2011). Primero, se mantuvieron solo los países que tenían datos disponibles de 2010. Segundo, se mantuvieron los países que exportaron al menos 1.000 millones de dólares en 2010. Tercero, se mantuvieron los productos cuya exportación superó los 10 millones de dólares en 2010. Por último, se eliminaron de la base las observaciones de Iraq, Macao (China) y Chad, países o territorios con diversos cuestionamientos sobre la calidad de los datos. Así, la muestra final contó con 5.661.984 observaciones, 147 países y 766 productos.

#### 2. Evaluación de trayectorias de diversificación productiva

Para analizar trayectorias de diversificación, es necesario definir una metodología para identificar los productos que un país comienza a exportar competitivamente. En el aspecto temporal, se considerarán períodos de diez años, entre 1980 y 2010, lo que produce cuatro intervalos en el tiempo para los cuales se distinguen las estrategias.

Se entiende que un país se vuelve competitivo en la producción de un producto  $p$  entre  $t$  y  $t'$  si  $VCR_{cp} < 1$  en  $t$  y  $VCR_{cp} \geq 1$  en  $t'$ . Sin embargo, como señalan Pinheiro y otros (2018), existe la posibilidad de falsos positivos en el análisis, es decir, patrones de exportación que no se repiten en períodos sucesivos en el tiempo. Por lo tanto, al igual que los autores, en este trabajo se adoptó una metodología para corregir el análisis de falsos positivos, en la cual el punto  $t'$  es el año de referencia y el punto  $t$  ( $t = t' - 10$ ) es el año de comparación. Se definió un criterio retrospectivo, en el cual el país  $c$  debe tener  $VCR_{cp} < 1$  en  $t - 1$ , y un criterio prospectivo, en el cual el país  $c$  debe tener  $VCR_{cp} \geq 1$  en  $t' + 1$ . De esta

manera, se asegura que realmente no era exportador competitivo del bien en el año de comparación y que en efecto pasó a ser exportador competitivo después del año de referencia.

En esta sección, las trayectorias de diversificación de los países se analizan sobre la base de dos características fundamentales: i) la similitud entre los nuevos productos y la estructura productiva y ii) la complejidad de los nuevos productos en relación con la complejidad del conjunto de opciones de diversificación.

Para esto, se utilizarán los indicadores de densidad relativa ( $\pi_{c,t \rightarrow t'}$ ) y complejidad relativa ( $\Omega_{c,t \rightarrow t'}$ ) desarrollados por Pinheiro y otros (2018). Así pues, hay cuatro patrones de diversificación, dos de diversificación relacionada (DR) y dos de diversificación no relacionada (DNR), siendo dos asociados a una complejidad superior al promedio de las opciones (progresiva) y dos asociados a una complejidad inferior al promedio de las opciones (regresiva):

- i) DR progresiva ( $\pi_{c,t \rightarrow t'} > 0$  y  $\Omega_{c,t \rightarrow t'} > 0$ )
- ii) DNR progresiva ( $\pi_{c,t \rightarrow t'} < 0$  y  $\Omega_{c,t \rightarrow t'} > 0$ )
- iii) DR regresiva ( $\pi_{c,t \rightarrow t'} > 0$  y  $\Omega_{c,t \rightarrow t'} < 0$ )
- iv) DNR regresiva ( $\pi_{c,t \rightarrow t'} < 0$  y  $\Omega_{c,t \rightarrow t'} < 0$ )

### 3. La curva en S del proceso de sofisticación productiva

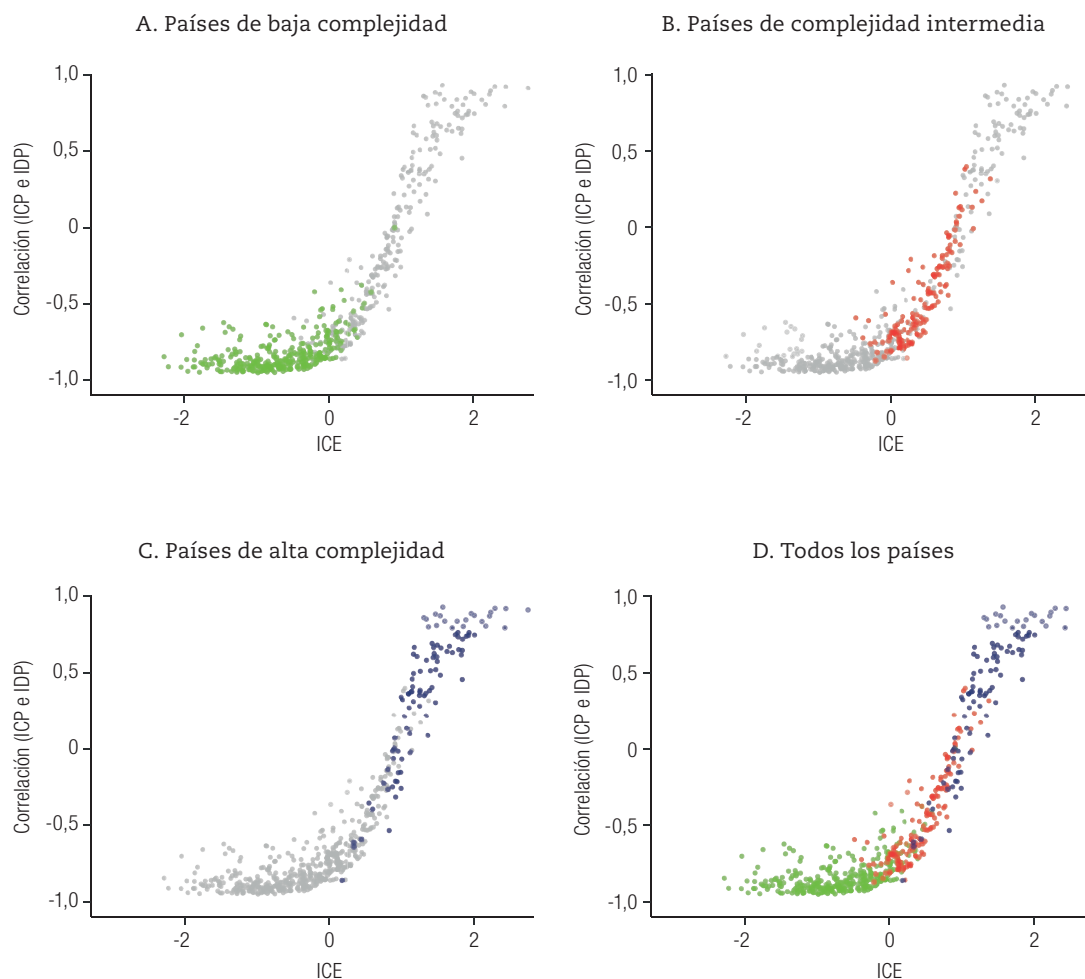
Hartmann y otros (2020) utilizan la correlación entre la densidad y la complejidad del producto para ilustrar las características de la estructura productiva de cada país. El cálculo se realiza mediante el coeficiente de correlación de Pearson para el conjunto de opciones de diversificación. Si este índice toma un valor positivo, significa que los productos más complejos tienen una mayor densidad, es decir, la estructura productiva del país está más cerca de productos más sofisticados.

Teniendo el ICE en el eje de las abscisas y el índice de correlación en el eje de las ordenadas, los autores construyen la curva en S de sofisticación económica, la que nos indica que la dirección de diversificación —hacia bienes más o menos complejos— depende del estadio de desarrollo del país (Hartmann y otros, 2020).

A partir de esta contribución, los países se clasifican en tres grupos distintos, de acuerdo con la característica de su estructura productiva en 2010. Para dividir los grupos, se realizó una prueba de Chow a fin de verificar quiebres estructurales en la relación explicativa entre el índice de correlación y la complejidad, utilizando datos de 2010. Interpretando que una variación positiva del índice de correlación ilustra la aproximación del país a los productos más sofisticados, se probaron dos puntos de quiebre: i) ICE = 0,0 y ii) ICE = 1,0. Para ambos, el valor de la estadística de prueba indicó con significación estadística la existencia de quiebres. Se extendió la clasificación de la estructura productiva de 2010 a los demás años, lo que se representa en la curva en S por la existencia de superposición entre algunos puntos. Por lo tanto, la curva en S de sofisticación de este trabajo capta cómo ocurrió la evolución de la estructura productiva, representada por la variación del índice de correlación, entre 1980 y 2010, para cada grupo de países. En el panel inferior derecho del gráfico 1 se observa el nivel de complejidad y la característica de la estructura productiva de 122 países a lo largo de intervalos de diez años entre 1980 y 2010.



**Gráfico 1**  
Curva en S de sofisticación



**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** ICP: índice de complejidad del producto; IDP: índice de densidad del producto; ICE: índice de complejidad económica. El color verde indica el grupo de baja complejidad ( $ICE_{2010} \leq 0,0$ ); el color rojo, el grupo de complejidad intermedia ( $0,0 < ICE_{2010} < 1,0$ ), y el color azul, el grupo de complejidad elevada ( $ICE_{2010} \geq 1,0$ ).

De acuerdo con los resultados presentados por Hartmann y otros (2020), se observa que los países de baja complejidad (panel superior izquierdo) tienen una estructura productiva conectada a productos más simples. Mayoritariamente, este grupo presentó valores negativos para el índice de correlación. Además, se observa que la estructura productiva de los países menos complejos mostró poca evolución en el período de 1980 a 2010, ya que los puntos verdes continúan concentrados en la región donde el índice de correlación es menor que -0,5 y el ICE es menor que 0,0.

El grupo de países de complejidad intermedia (panel superior derecho), a pesar de tener una estructura más conectada a productos menos complejos, está ligeramente más cerca de productos más sofisticados. En este sentido, queda claro que, en comparación con el grupo de baja complejidad, la estructura productiva de los países de este grupo experimentó una evolución, ya que los puntos en rojo están distribuidos más verticalmente en la región central de la curva, indicando una considerable variación positiva del índice de correlación entre 1980 y 2010.

Por último, la estructura productiva de los países de alta complejidad (panel inferior izquierdo) está muy conectada a productos más complejos. Al igual que en el grupo de complejidad intermedia, se observa que la distribución de los puntos azules está más cerca de una distribución vertical, lo que indica que los valores del índice de correlación para estos países variaron significativamente entre 1980 y 2010. En consecuencia, los países de alta complejidad iniciaron una trayectoria de cambio de la estructura productiva entre 1980 y 2010.

En el cuadro 1 se presentan las estimaciones de la relación explícita en la curva en S, en un análisis decenal para el período 1980-2010. El índice de correlación es la variable dependiente, y una variación positiva ilustra el proceso de cambio estructural hacia productos más sofisticados. El ICE es la variable explicativa y representa el nivel de complejidad de la estructura productiva de los países. La regresión se estimó a través de un modelo de efectos fijos de dos vías para datos de panel.

**Cuadro 1**  
Relación entre el estadio de desarrollo y las oportunidades de sofisticación

Variable	Baja complejidad	Complejidad intermedia	Complejidad elevada
Índice de complejidad económica (ICE)	0,0638*** (0,0217)	0,6391*** (0,0516)	0,9455*** (0,0950)
Constante	-0,7681*** (0,0191)	-0,7492*** (0,0369)	-0,6182*** (0,1165)
Observaciones	272	124	92
R <sup>2</sup> ajustado	0,2167	0,6535	0,7391
Estadístico F	4,23	39,74	47,33
Valor <i>p</i>	0,0041	0,0000	0,0000

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** El modelo tiene el índice de correlación (ICP frente a índice de densidad de producto (IDP)) como variable explicada. Error estándar robusto entre paréntesis. Significación estadística de los coeficientes: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,1$ .

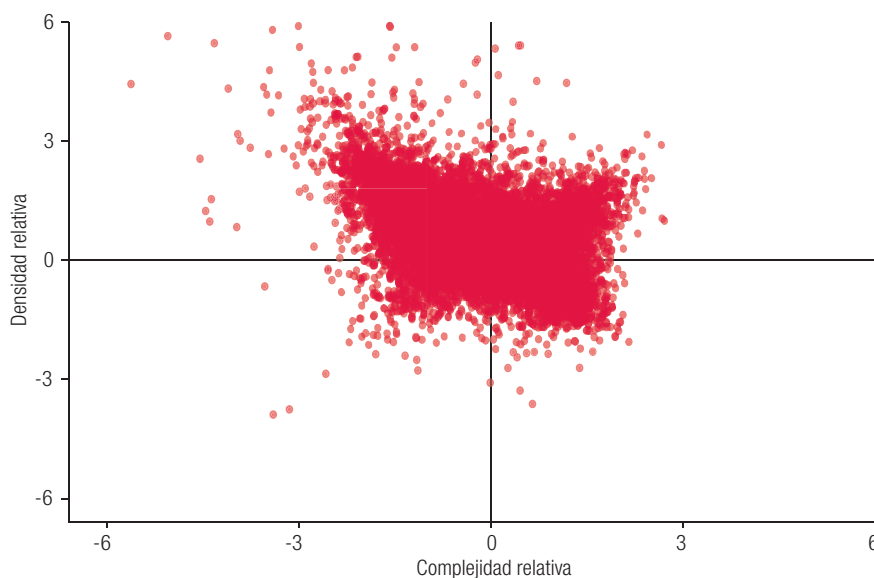
En los tres grupos, el coeficiente del índice de complejidad económica es estadísticamente significativo al nivel del 1%. Sin embargo, el modelo para los países de baja complejidad presentó la menor capacidad explicativa (21,67%). No obstante, en este grupo, el coeficiente del ICE presentó el menor valor (0,0638). Según el gráfico 1, se observa que, en el caso de los países de baja complejidad, los valores del índice de correlación varían poco en comparación con los demás. Por lo tanto, se entiende que, en niveles bajos de complejidad, los países tienen mayores dificultades para iniciar el proceso de cambio estructural, manteniendo niveles bajos de complejidad económica.

A partir de niveles intermedios de complejidad, se torna viable el proceso de diversificación que lleva la estructura productiva más allá de productos más simples, como indica el aumento significativo del coeficiente del ICE y la capacidad explicativa del modelo. Al analizar el tercer grupo, se observa que los países clasificados como de alta complejidad en 2010 mostraron el proceso de cambio estructural más acelerado entre 1980 y 2010. El valor del coeficiente del ICE, que era de 0,6391 para el grupo de complejidad intermedia, pasa a ser de 0,9455. En resumen, estos resultados indican que los países que eran más complejos en 2010 experimentaron, entre 1980 y 2010, un proceso de cambio estructural más constante, mientras que los países de complejidad intermedia, aunque volvieron más sofisticada su estructura productiva, no mantuvieron un proceso de desarrollo tan sólido como los países más complejos.

## 4. La curva en U del proceso de diversificación productiva

En el gráfico 2 se muestra la relación entre la densidad relativa y la complejidad relativa. Se observa que la mayoría de los nuevos productos se encuentran en el segundo cuadrante, es decir, son productos menos complejos (con complejidad relativa negativa) y están más cerca de la estructura productiva del país (con densidad relativa positiva) en comparación con el comportamiento medio del conjunto de opciones de diversificación.

**Gráfico 2**  
Relación entre la densidad relativa y la complejidad relativa de los nuevos productos

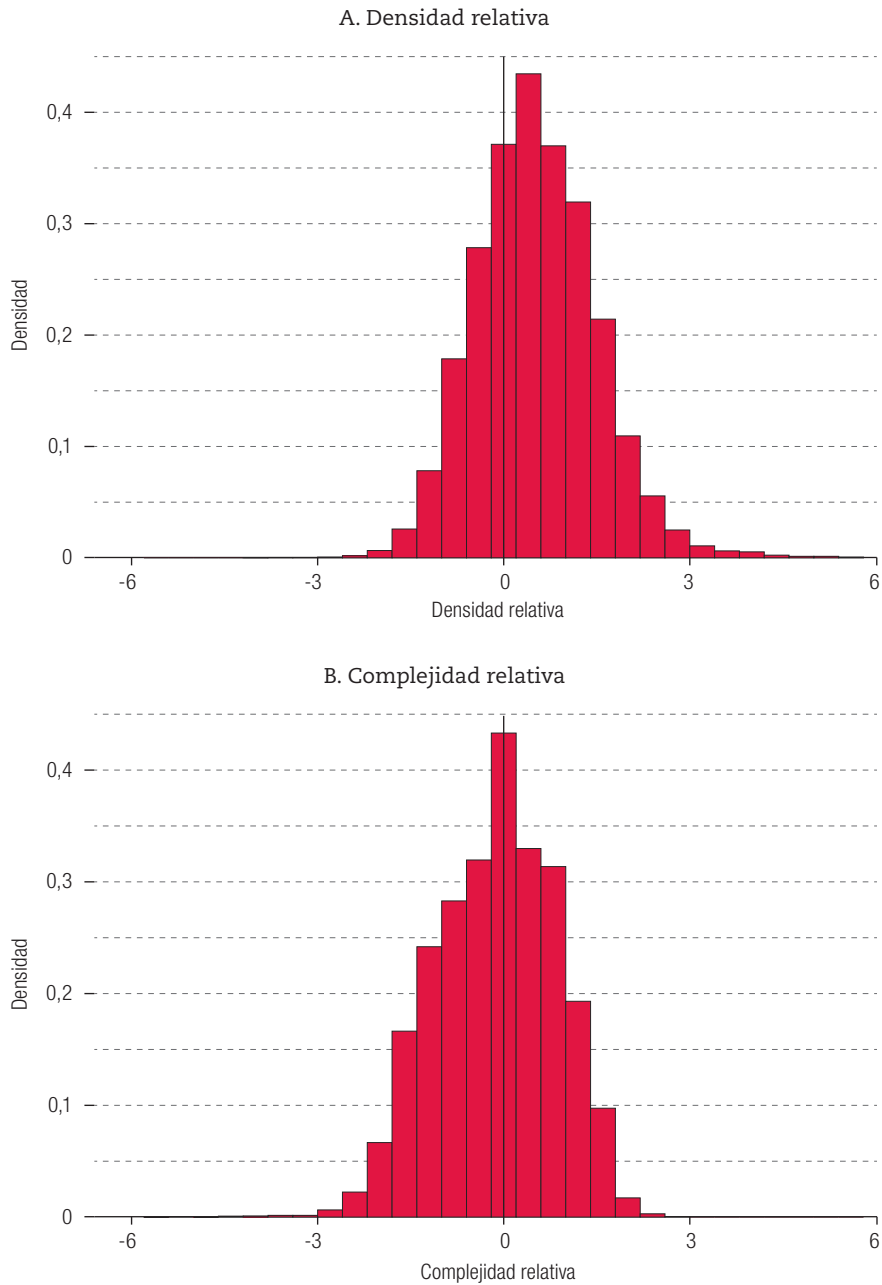


**Fuente:** Elaboración propia.

Al analizar la distribución del indicador de densidad relativa (panel izquierdo del gráfico 3), se observa que la mayoría de los nuevos productos tienen densidad relativa positiva (70,17% de los casos). Esto refuerza la conclusión de Pinheiro y otros (2018) de que, en general, los países tienden a diversificar su producción hacia productos más similares a su estructura productiva. En cuanto a la complejidad relativa (panel derecho del gráfico 3), se observa un equilibrio en las estadísticas. Aproximadamente el 52,34% de los casos tienen un índice de complejidad relativa negativo. Este equilibrio puede explicarse por el hecho de que, en el caso de los países más complejos, los productos más cercanos a su estructura productiva son precisamente los más sofisticados.

En el cuadro 2 se resume la frecuencia con la que ocurre cada patrón de diversificación. Dentro del patrón de diversificación relacionada, la DR regresiva representa el 62,63% de los casos, mientras que la DR progresiva representa el 37,37%. Por otro lado, dentro del patrón de diversificación no relacionada, la DNR progresiva representa el 71,84% del total y la DNR regresiva, que ya tiene una baja participación en el total de nuevos productos (8,40%), representa el 28,16% de los casos. El cuadro 2 refleja las conclusiones de los gráficos 2 y 3: la diversificación relacionada es predominante, siendo que aquella dirigida a productos menos complejos que el promedio de las opciones (DR regresiva) tiene una frecuencia mayor.

**Gráfico 3**  
 Distribución (histogramas) de los valores de densidad relativa  
 y complejidad relativa de los nuevos productos



**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro 2**  
Estrategias de diversificación  
(En número y porcentajes)

Estrategia	Cantidad de nuevos productos (En número)	Participación en el total de nuevos productos (En porcentajes)
Diversificación relacionada progresiva	3 775	26,22
Diversificación relacionada regresiva	6 326	43,95
Diversificación no relacionada progresiva	3 085	21,43
Diversificación no relacionada regresiva	1 209	8,40

**Fuente:** Elaboración propia.

Sin embargo, los países no siguen un único patrón. En el cuadro 3 se detalla la combinación de estrategias dentro de cada grupo de países. Los países de baja complejidad siguen mayoritariamente un patrón de DR regresiva (70,07% de los casos), debido a las limitaciones impuestas por una estructura productiva poco sofisticada.

**Cuadro 3**  
Estrategias de diversificación, por nuevos productos  
(En porcentajes)

Grupo	Estrategia	Participación por grupo de países
Baja complejidad	Diversificación relacionada progresiva	8,48
	Diversificación relacionada regresiva	70,07
	Diversificación no relacionada progresiva	16,55
	Diversificación no relacionada regresiva	4,89
Complejidad intermedia	Diversificación relacionada progresiva	24,06
	Diversificación relacionada regresiva	40,54
	Diversificación no relacionada progresiva	27,91
	Diversificación no relacionada regresiva	7,49
Complejidad elevada	Diversificación relacionada progresiva	49,57
	Diversificación relacionada regresiva	17,81
	Diversificación no relacionada progresiva	19,00
	Diversificación no relacionada regresiva	13,61

**Fuente:** Elaboración propia.

Cuando se analizan los países de complejidad intermedia, llama la atención la participación de la DNR progresiva (27,91%) y de la DR progresiva (24,06%). Una vez más, se refuerzan las conclusiones de Pinheiro y otros (2018) y de Hartmann y otros (2020), que también están presentes en el modelo expuesto en el cuadro 1: los países de complejidad intermedia, al tener una estructura productiva cercana a productos simples y sofisticados, ya están en condiciones de aspirar a la diversificación hacia productos más complejos.

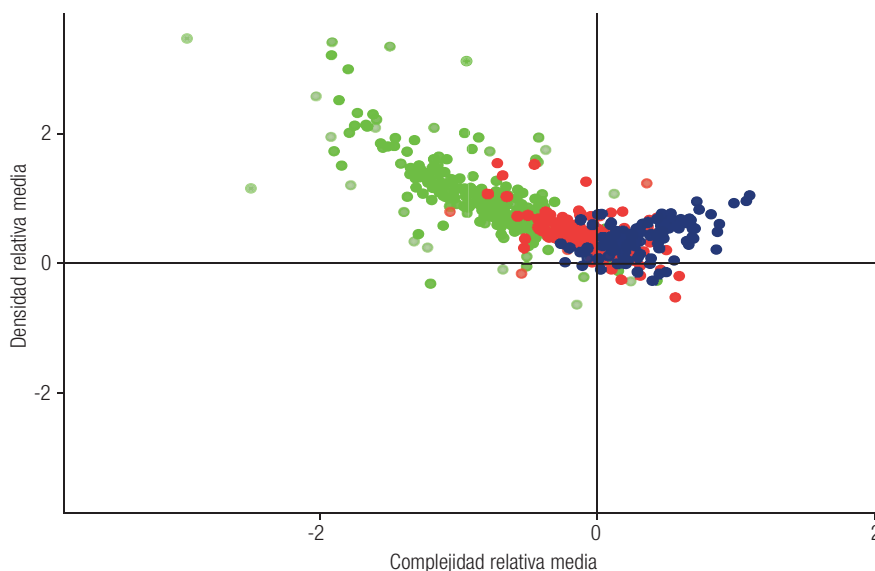
En el caso de los países más complejos, predomina la DR progresiva (49,57%). Aprovechando una estructura productiva con conocimientos y tecnologías más sofisticadas, estos países pueden sostener la progresión del proceso de complejización de su estructura productiva.

Calculando los valores medios de los índices de densidad relativa y de complejidad relativa para el conjunto de nuevos productos, se observa, a través del vector de diversificación (Pinheiro y otros, 2018), la trayectoria de diversificación de cada grupo.

En el gráfico 4 se observa la curva en U de diversificación. Al igual que en el gráfico 1 (curva en S de sofisticación), en el gráfico 4, cada punto representa un país en un año determinado en los intervalos decenales entre 1980 y 2010. Como se anticipó en el gráfico 2, la mayoría de los nuevos productos tienen valores positivos para el índice de densidad relativa. De este modo, es comprensible

que, en promedio, los países, independientemente del grupo al que pertenezcan, tiendan a diversificarse hacia productos más similares a aquellos que ya producen y exportan competitivamente. En el 95,01% de las trayectorias de diversificación analizadas en el gráfico 4, la densidad relativa media asumió un valor positivo.

**Gráfico 4**  
Curva en U de diversificación



**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** El color verde indica el grupo de baja complejidad; el color rojo, el grupo de complejidad intermedia, y el color azul, el grupo de complejidad elevada.

Sin embargo, lo que parece variar entre las trayectorias de diversificación es el nivel medio de complejidad de la dirección adoptada. Mientras que los países de baja complejidad tienden a moverse, en promedio, hacia productos menos complejos —el 95,97% de los casos (puntos verdes) se concentran en el segundo cuadrante—, los países de elevada complejidad se mueven hacia productos más complejos que el promedio de las opciones —el 81,44% de los casos (puntos azules) se concentran en el primer cuadrante—. Los países de complejidad intermedia, aunque también se posicionan mayoritariamente en el segundo cuadrante —el 59,54% de los casos (puntos rojos)—, están distribuidos más cerca del origen (0,0). Un indicador de esto es que el 34,35% de los casos de este grupo se concentran en el primer cuadrante, mientras que este valor es del 1,10% para el grupo de baja complejidad.

Los resultados del cuadro 3 y el gráfico 4 confirman que el proceso de sofisticación productiva y, por ende, el desarrollo económico, dependen de la trayectoria (Hidalgo y Hausmann, 2009). Debido a que poseen un conjunto más simple de capacidades, los países menos complejos tienden a ganar competitividad en sectores más simples y de mayor densidad relativa, lo que comprueba que la dificultad para acumular y combinar capacidades más sofisticadas impone restricciones a movimientos en el espacio de productos más allá de la periferia. Por otro lado, un conjunto más sofisticado de capacidades productivas permite que los países más complejos permanezcan en partes centrales del espacio de productos, manteniendo la competitividad en sectores más complejos. Por lo tanto, queda claro que las características de la estructura productiva determinan la intensidad del proceso de cambio estructural (véase el cuadro 1), el tipo de estrategia de diversificación adoptada por los países (véase el cuadro 3) y su trayectoria de diversificación (véase el gráfico 4). En consecuencia, el conjunto de productos potenciales para el desarrollo económico también variará según el grupo.

## IV. Pruebas econométricas

### 1. Especificación econométrica

Para analizar estrategias de diversificación, uno de los objetivos del presente artículo es dividir a los países en grupos de acuerdo con las características de su estructura productiva. Así, se intentó probar, para cada grupo de países, si la complejidad económica explica las dinámicas de crecimiento económico a partir de la misma especificación utilizada por Hausmann y otros (2011).

$$txpibpc_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 \ln pibpc_{i,t} + \beta_2 ICE_{i,t} + \beta_3 recursosnaturales_{i,t} + \beta_4 interacción + \mu_i \quad (3)$$

La variable *txpibpc* es la tasa de crecimiento anualizada del PIB per cápita por intervalo de diez años, *lnpibpc* es el PIB per cápita inicial del intervalo (en logaritmo), ICE es el nivel inicial de complejidad económica, *recursos naturales* es el peso de la exportación de recursos naturales<sup>2</sup> como proporción del PIB inicial del intervalo, *interacción* es el término de interacción entre el ICE y el PIB per cápita, y *e* es el término de error.

Hipotéticamente, el  $\beta_1$  captará la idea de convergencia en el proceso de crecimiento económico, según la cual los países más pobres, *ceteris paribus*, tienden a crecer a mayores tasas. Al añadir la variable del peso de las exportaciones de recursos naturales, se intenta controlar el efecto de las riquezas producidas por estas actividades, que no están explicadas por el índice de complejidad económica (Hausmann y otros, 2011, pág. 30).

Sin embargo, en relación con el modelo propuesto y probado por Hausmann y otros (2011), en este trabajo se eliminó el término de interacción entre el ICE y el PIB per cápita al probar el modelo por grupos de países. El término de interacción capta la variación del impacto de la complejidad sobre el crecimiento del PIB per cápita para diferentes niveles de ingresos, entendiendo que los países de ingresos más bajos tienden a crecer más rápido (hipótesis de convergencia), lo que requiere un determinado control. En este trabajo, se entiende que los diferentes niveles de desarrollo económico condicionan la velocidad del proceso de crecimiento económico y el cambio estructural, por lo que el control por nivel de complejidad es más adecuado a esta perspectiva. Finalmente, también siguiendo la contribución de los autores, se añadió una variable ficticia para cada década, con el fin de controlar los efectos que afectan a todos los países en ese intervalo.

### 2. Resultados

El cuadro 4 contiene los resultados de las regresiones para el modelo, replicando las pruebas de Hausmann y otros (2011) y considerando las décadas 1980-1990, 1990-2000, 2000-2010. Al igual que en Hausmann y otros (2011), se optó por una regresión de datos apilados con variables ficticias para los intervalos de tiempo, con el fin de captar diferentes efectos de la complejidad sobre el crecimiento entre países.

<sup>2</sup> La definición de recursos naturales se realizó siguiendo las directrices presentadas en el apéndice estadístico de la Organización Mundial del Comercio (2010).

## Cuadro 4

Efectos de la complejidad sobre el crecimiento, en intervalos de diez años, 1980-2010

Variable	(1)	(2)
PIB per cápita inicial, log	-0,0002 (0,0010)	-0,0053*** (0,0012)
Peso de las exportaciones de recursos naturales	0,0097 (0,0194)	0,0326* (0,0185)
Índice de complejidad económica inicial	-	0,0341*** (0,104)
Índice de interacción (índice de complejidad económica inicial x PIB per cápita inicial, log)	-	-0,0025** (0,0104)
Constante	0,0100 (0,0088)	0,0533*** (0,0107)
Observaciones	255	255
R <sup>2</sup> ajustado	0,0283	0,1643
Estadístico F	3,53	9,32
Valor <i>p</i>	0,0080	0,0000

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** El modelo tiene la tasa de crecimiento anualizada del PIB per cápita como variable explicada. Error estándar robusto entre paréntesis. Significación estadística de los coeficientes: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,1$ .

Sobre la base de los resultados, se observa que el aumento del ICE y del término de interacción incrementa la capacidad explicativa del modelo aproximadamente 13,6 puntos porcentuales. Este aumento explicativo es similar al encontrado por Hausmann y otros (2011), que fue de alrededor de 14,9 puntos porcentuales. Sin embargo, aunque la magnitud y la significación estadística de los coeficientes son similares a las encontradas por los autores, el modelo (2) aquí presentado explica cerca de 27 puntos porcentuales menos de la variabilidad en las tasas de crecimiento en comparación con el modelo de los autores (0,434).

Los coeficientes de todas las variables explicativas son significativos. De esta manera, se entiende que, controlando el nivel inicial del PIB per cápita y el aumento de las exportaciones de recursos naturales, el aumento del índice de complejidad económica está relacionado con un aumento de las tasas de crecimiento futuras del PIB per cápita. Un aumento de 0,1 del ICE eleva la tasa de crecimiento del PIB per cápita aproximadamente 0,34 puntos porcentuales, mientras que el impacto de la complejidad sobre el crecimiento tiende a ser menor para los países más ricos, según indica el valor negativo del coeficiente del término de interacción.

El cuadro 5 contiene los resultados de la regresión para los grupos de países (sin el término de interacción). Para este modelo, también se utilizaron regresiones de datos apilados con la inclusión de variables ficticias para cada intervalo de diez años. En el caso de los países de baja complejidad, el modelo tiene una capacidad explicativa media, ya que explica el 23,49% de la varianza de la tasa de crecimiento del PIB per cápita. Se observa que solo el coeficiente del ICE es significativo al menos al 10%. En el caso de los países de este grupo, los aumentos de la complejidad de la estructura productiva refuerzan positivamente el crecimiento económico.

En el caso de los países de complejidad intermedia, también se confirma que el ICE tiene un impacto positivo en la tasa de crecimiento. Un aumento de 0,1 en el ICE tiende a aumentar 0,16 puntos porcentuales la tasa de crecimiento anual del PIB per cápita. Para este grupo, la dinámica de las exportaciones de recursos naturales también es un factor determinante a la hora de explicar las diferentes dinámicas de crecimiento. Cabe destacar que, en este intervalo intermedio de complejidad, el modelo presentó la menor capacidad explicativa de los tres grupos (R<sup>2</sup> ajustado de 0,1576).



**Cuadro 5**  
Dinámica de crecimiento por grupo de países, en intervalos de diez años, 1980-2010

Variable	Baja complejidad	Complejidad intermedia	Complejidad elevada
PIB per cápita inicial, log	-0,0026 (0,0017)	-0,0071*** (0,0020)	-0,0190*** (0,0027)
Peso de las exportaciones de recursos naturales	0,0165 (0,0202)	0,0938** (0,0413)	0,4488*** (0,1372)
Índice de complejidad económica inicial	0,0088*** (0,0028)	0,0160** (0,0064)	0,0059 (0,0052)
Constante	0,0212 (0,0140)	0,0675*** (0,0159)	0,2005*** (0,0219)
Observaciones	135	63	57
R <sup>2</sup> ajustado	0,2349	0,1576	0,6478
Efectos fijos de tiempo	Sí	Sí	Sí
Estadístico F	9,22	3,32	21,60
Valor <i>p</i>	0,0000	0,0106	0,0000

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** El modelo tiene la tasa de crecimiento anualizada del PIB per cápita como variable explicada. Error estándar robusto entre paréntesis. Significación estadística de los coeficientes: \*\*\*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,05$ ; \*  $p < 0,1$ .

Por último, en el caso de los países de alta complejidad, llama la atención el hecho de que la complejidad económica no muestra significación estadística a la hora de explicar la dinámica de crecimiento dentro del grupo. Hipotéticamente, el ICE en este grupo se nivela hacia arriba, de manera que habría otros factores, distintos de la complejidad de la estructura productiva, que explicarían las diferentes trayectorias de crecimiento de estos países.

## V. Una propuesta de regla de diversificación productiva

Partiendo de las contribuciones de Hausmann, Santos y Obach (2017) y siguiendo la línea de investigación propuesta por Romero y Freitas (2018) y Queiroz, Romero y Freitas (2023), se empleará la metodología del puntaje de oportunidades para evaluar productos prometedores para el desarrollo económico, tal como se muestra en el cuadro 6. Sin embargo, a diferencia de los trabajos mencionados, que distribuyen equitativamente el peso de las variables dentro de cada dimensión, en este estudio se utilizará la herramienta estadística de análisis de componentes principales (ACP) para establecer el peso de cada variable en el cálculo del puntaje, aplicando el ACP a grupos de países con baja, media y alta complejidad.

El método consiste en construir combinaciones lineales particulares, a partir de un conjunto de  $n$  variables aleatorias originales, con el fin de generar un conjunto de componentes principales que expliquen el máximo de información posible dentro del conjunto inicial de variables y observaciones (Mingoti, 2007). Una alternativa para definir el número de componentes que se ha de utilizar es aquella propuesta por Kaiser (1960), en la cual se eligen los componentes con un valor superior a la unidad, ya que, de esta manera, los componentes seleccionados deberán contener varianzas mayores que las observadas por las variables originales estandarizadas. Sin embargo, en este trabajo, se mantuvieron las  $n$  componentes generadas que expliquen acumulativamente, como mínimo, el 80% de la varianza dentro de las dimensiones. Este valor del 80% es considerado por Manly (2008) un porcentaje alto para la suma de las varianzas de los primeros componentes elegidos en relación con el total de la varianza de todos los componentes.

Cuadro 6

Dimensiones e indicadores que componen el puntaje y las ponderaciones por grupo

Dimensiones	Peso	Indicadores	Grupos de países		
			Baja complejidad	Complejidad intermedia	Complejidad elevada
Capacidades actuales	1/3	Valor exportado por producto	0,5731	0,5975	0,6364
		Ventaja comparativa revelada (VCR)	0,1073	0,1561	0,1490
		Tasa de crecimiento compuesta de las exportaciones	0,3196	0,2464	0,2146
Oportunidades de mercado	1/3	Valor importado por producto	0,7265	0,9418	0,5360
		Desventaja comparativa revelada (DCR)	0,0204	-	0,0074
		Tasa de crecimiento compuesta de las importaciones	0,2532	0,0582	0,4566
Análisis de beneficios	1/3	Índice de complejidad del producto (ICP)	0,4689	0,4276	0,3716
		Índice de densidad del producto (IDP)	0,0562	0,1437	0,2671
		Índice de ganancia de oportunidad (IGO)	0,4749	0,4286	0,3613

Fuente: Elaboración propia.

El método de ACP se utilizará para calcular el peso de las variables por dimensión, teniendo en cuenta solo los productos en los cuales los países no tienen VCR. Primero, dentro de la base de datos, las variables se estandarizan; luego se realiza el análisis de componentes principales; finalmente, se calcula el puntaje. Este método se prefiere por sobre la asignación de pesos iguales a las variables debido a su capacidad de determinar la influencia de cada variable. Si un indicador presenta una alta variabilidad, los datos de los países en los años de la muestra variarán más, lo que señala que este indicador es más relevante para diferenciar los países dentro del conjunto de  $n$  variables aleatorias originales. Por lo tanto, deja de ser un método ad hoc de asignación de pesos a las variables para convertirse en un método revelado por los propios datos.

En el cuadro 6 se muestra la distribución del peso de cada variable que compone el cálculo del puntaje para los grupos definidos anteriormente. Con el fin de basar la propuesta de regla en experiencias exitosas de desarrollo, para calcular el peso se mantuvieron en las bases de cada grupo solo los países que presentaron un aumento del ICE entre los períodos analizados y solo los productos que constituyen el conjunto de opciones de diversificación para cada país.

Dentro de la primera dimensión, se evalúa la capacidad del país para exportar un determinado bien, a partir del valor exportado del producto, el índice de VCR (que indica cuán competitiva es la exportación del bien) y la tasa de crecimiento de las exportaciones<sup>3</sup>. La segunda dimensión capta las oportunidades de mercado de un determinado producto a partir de cuellos de botella productivos. Es decir, mayor será el beneficio que el país tendría al iniciar la producción y exportación competitiva del bien cuanto mayor sea el valor importado del producto, el índice de desventaja comparativa revelada (DCR) y la tasa de crecimiento de las importaciones. Desarrollado por Britto y otros (2019), el índice de DCR capta el rendimiento de la producción nacional en comparación con competidores internacionales. El cálculo es similar al del índice de VCR. Sin embargo, en lugar de los valores de exportación de los productos, se utiliza el valor importado. Si el DCR > 1, existe un cuello de botella productivo en ese bien.

Finalmente, en la tercera dimensión, se intenta evaluar los beneficios de iniciar la producción competitiva de un producto, a través del índice de complejidad del producto (nivel de conocimiento requerido en la producción del bien, es decir, cuán complejo es el producto), el índice de densidad del producto (nivel de similitud del bien en relación con la estructura productiva del país) y el índice de ganancia de oportunidad. Este último fue desarrollado por Hausmann y otros (2011) y mide las oportunidades creadas por un producto no explotado por un país en cuanto a la posibilidad futura de diversificación hacia un mayor número de productos y productos más complejos.

<sup>3</sup> Las tasas de crecimiento de las exportaciones e importaciones se obtuvieron mediante el cálculo de la tasa de crecimiento anual compuesta.

En el caso del grupo de complejidad intermedia, el análisis de componentes principales indicó, en un primer momento, un peso negativo para el índice de DCR. De esta forma, dado que el objetivo es obtener pesos con valores positivos para variables que de hecho explican la variabilidad dentro de cada dimensión, se eliminó el índice de DCR para este grupo, manteniendo solo las variables de valor importado y la tasa de crecimiento compuesta de las importaciones. Las diferencias más significativas entre los pesos residen en la dimensión de análisis de beneficios. Se observó que, en el grupo de países de baja complejidad, las variables de ICP (índice de complejidad del producto) e IGO (índice de ganancia de oportunidad) tienen mayores pesos. En los países de complejidad intermedia, se produce un leve aumento del peso de la variable de densidad del producto. Finalmente, en el caso de los países de alta complejidad, los pesos para la dimensión de análisis de beneficios están distribuidos de manera más equilibrada.

## 1. Evaluación de las reglas de diversificación

En el cuadro 7 se describen el acierto promedio y el acierto más reciente de la regla por grupo de países. Primero, para la evaluación de la regla, se calculó el número de nuevos productos en los que el país se diversificó, considerando solo los países con trayectorias de desarrollo exitosas, es decir, aquellos que aumentaron el ICE entre dos períodos. Luego, se estableció, mediante la cantidad de nuevos productos, la lista de industrias prometedoras. Por ejemplo: si un país comienza la exportación competitiva de X nuevos productos, se consideraron los X productos con valores más elevados del puntaje. A partir de ese número, se calculó entonces el porcentaje de acierto al comprobar cuántos de los nuevos productos indicados por la regla se encuentran entre los sectores que efectivamente ganaron VCR. Es decir, de todos los productos señalados como potenciales por la regla, en cuántos de hecho resultó competitiva la exportación para el país que la inició.

**Cuadro 7**  
Validación del puntaje por grupo  
(En porcentajes)

Grupo	Acierto	Densidad superior al promedio	Densidad inferior al promedio	Índice de complejidad superior al promedio	Índice de complejidad inferior al promedio
Baja complejidad	Acierto promedio (1980-2010)	32,00	27,90	23,30	36,39
	Acierto más reciente (2000-2010)	19,86	16,48	20,83	29,89
Complejidad intermedia	Acierto promedio (1980-2010)	33,12	23,22	23,86	29,73
	Acierto más reciente (2000-2010)	32,70	32,10	24,71	31,11
Complejidad elevada	Acierto promedio (1980-2010)	33,12	23,55	33,94	19,30
	Acierto más reciente (2000-2010)	43,91	29,01	44,90	27,55

**Fuente:** Elaboración propia.

**Nota:** Los valores en negrita indican en qué dirección de diversificación la regla tuvo mayor acierto promedio en el período.

Se realizaron dos cortes para los productos antes de calcular el acierto de la regla explicitada en el cuadro 6. Estos cortes obedecen al comportamiento de la densidad relativa y de la complejidad relativa de los productos (mayor o menor que el promedio del conjunto de opciones). Además, para todos los aciertos, se mantuvieron solo los productos cuyo valor de índice de VCR está entre 0,5 y 1,0, dado que en este intervalo se encuentran los productos que el país no exporta competitivamente, pero que ya produce con cierto conocimiento.

Los valores en negrita indican el mayor acierto promedio para los cortes de densidad y complejidad y confirman los resultados encontrados en el análisis descriptivo. En el caso de los países de baja complejidad, la regla presentó un mayor acierto promedio cuando se consideraron los productos con densidad superior y los productos con complejidad inferior al promedio del conjunto de opciones. En estos casos, los países efectivamente iniciaron la exportación competitiva de uno de cada tres productos identificados por la regla. Los resultados refuerzan lo que ya se constató en este trabajo: moverse hacia productos más similares a la estructura productiva es una tendencia y las estrategias que apuntan a productos menos complejos parecen ser más adecuadas para las limitaciones productivas existentes, de manera que la diversificación regresiva sea la más prevalente. Sin embargo, se observa que los valores del acierto para el período más reciente son significativamente inferiores al promedio.

En el caso de los países de complejidad intermedia, el mayor acierto promedio también se registra en los productos con densidad superior y los productos con complejidad inferior al promedio del conjunto de opciones. Asimismo, en el grupo de baja complejidad, la regla acierta en uno de cada tres productos identificados. Lo que llama la atención es el acierto para los productos más distantes de la estructura productiva: para el período más reciente, la tasa de acierto en el caso de los productos con densidad inferior al promedio de las opciones fue del 32,10%, valor parecido al observado respecto del corte de los productos más similares a la estructura productiva. En comparación con el grupo de baja complejidad, sumado al hecho de que el acierto para el corte de complejidad superior al promedio para el período más reciente es satisfactorio (24,71%), este resultado indica que la DNR progresiva es interesante para los países de complejidad intermedia, desde la perspectiva de la regla construida.

Por último, en el caso de los países de alta complejidad, la regla propuesta es eficiente cuando los países refuerzan la trayectoria en curso de diversificación relacionada con productos más complejos. Es interesante observar que, en el período más reciente, de cada diez productos identificados por la regla, aproximadamente en cuatro se registró acierto tanto en cortes de densidad superior al promedio como en los de complejidad superior al promedio. Por lo tanto, para la recomendación de productos potenciales para el desarrollo de las economías más complejas, la regla mostró una mayor eficacia.

Es importante destacar, sin embargo, que el nivel de aciertos de la regla no debe interpretarse como un indicador de su calidad. Debido a la estructura de las reglas, es posible que su implementación completa lleve a una tasa de crecimiento aún mayor que la observada. Sin embargo, el nivel de acierto de las reglas indica su factibilidad, señalando que de hecho se acercan en cierta medida a trayectorias de desarrollo relativamente exitosas.

## VI. Conclusiones

El objeto del presente artículo era evaluar el proceso de cambio estructural y crecimiento de países en diferentes niveles de desarrollo. Partiendo de la curva en S de sofisticación de Hartmann y otros (2020), se dividieron los países en tres grupos: baja, media y alta complejidad.

Primero, se realizaron pruebas econométricas para replicar los resultados encontrados por Hausmann y otros (2011) y luego se llevaron a cabo pruebas similares dividiendo la muestra entre países de baja, media y alta complejidad. La contribución de este artículo fue reemplazar el término de interacción entre el ICE y el PIB per cápita inicial por estimaciones por grupos de países, con el fin de captar dinámicas propias de cada grupo según su complejidad (baja, media, alta). Esta investigación reveló que la complejidad está asociada a un mayor crecimiento futuro solo en los países de baja y media complejidad y que esta relación es más fuerte en los países de complejidad media. No se observan los mismos resultados en el caso de los países de alta complejidad.

En otras palabras, los beneficios de la complejidad económica sobre el crecimiento parecen ser mayores y más significativos en las etapas iniciales del desarrollo económico. En etapas más avanzadas de la complejización de la estructura productiva, hay otros determinantes, además de la cantidad de conocimiento incorporado en la producción, que pueden tener una mayor influencia en la trayectoria de crecimiento de los países. Estas conclusiones son coherentes con los resultados del trabajo de Pinheiro y otros (2018), que señalan que es en las etapas iniciales del desarrollo donde reside la decisión crucial de moverse hacia actividades económicas más diversas y complejas o hacia actividades más similares y menos complejas, siendo que la primera opción tiene mayores beneficios en el proceso de cambio estructural y para evitar la trampa del ingreso medio. De acuerdo con esta conclusión, el objetivo era evaluar, por grupos de complejidad económica, los patrones de cambio estructural de los países. Al analizar las características de los procesos de diversificación productiva de los países que aumentaron su complejidad en cada uno de los grupos por separado, se observó que la velocidad del proceso de desarrollo económico depende del conjunto de capacidades incorporadas en la estructura productiva de los países.

Usando los indicadores elaborados por Pinheiro y otros (2018), se analizaron diferentes patrones de diversificación observados en cada grupo de países. El análisis indica que los países de baja complejidad tienden a diversificarse, en la mayoría de los casos, hacia productos de menor complejidad y mayor similitud con el promedio de las opciones. Por lo tanto, siguen una trayectoria de diversificación limitada a productos de baja complejidad, lo que explica la dificultad para iniciar el proceso de modernización productiva. Los países de complejidad intermedia, aunque también muestran más casos de diversificación relacionada regresiva, tienen más capacidad para innovar en sus estrategias productivas, volviéndose competitivos en productos con una complejidad superior al promedio de las opciones, lo que impulsa el desarrollo económico. Por último, los países de alta complejidad, al tener una estructura productiva con más capacidades, mantienen trayectorias constantes de modernización productiva a través de la diversificación relacionada hacia productos con una complejidad superior al promedio de las opciones. Este resultado refuerza la idea de que, si la complejidad en este grupo se nivela hacia arriba, otras variables pueden determinar y diferenciar las trayectorias de crecimiento entre los países.

Por último, utilizando el método del análisis de componentes principales, se hallaron los productos potenciales basados en los indicadores de complejidad divididos en tres dimensiones: las capacidades actuales del país, las oportunidades de mercado en el mercado internacional y los posibles beneficios en caso de diversificación para estos productos. Los resultados encontrados indican que los productos potenciales varían según los grupos. Al analizar el acierto de la regla para los países que experimentaron un aumento de la complejidad, se encontró que la regla es más eficiente al recomendar productos que siguen las trayectorias de diversificación ya adoptadas por los países. Es decir, los países de complejidad baja y media mostraron una mayor convergencia con la regla en el caso del corte de productos más similares a su estructura productiva y menos complejos que el promedio de las opciones de diversificación, mientras que los países de alta complejidad mostraron una mayor convergencia en el corte de productos más similares y más complejos que el promedio de las opciones, lo que es compatible con el resultado observado en el gráfico 4 (curva en U de diversificación). En estos mejores cortes, la regla acertó aproximadamente en uno de cada tres productos recomendados en los tres grupos analizados.

Así pues, en el presente artículo se afianza la existencia de una dependencia de trayectoria en el desarrollo económico, ilustrada por la curva en U de diversificación productiva, además de confirmar que esta dependencia condiciona las estrategias de diversificación. Por lo tanto, los resultados del presente artículo indican que los países con diferentes niveles de desarrollo deben adoptar políticas de diversificación productiva basadas en estrategias diferentes.

## Bibliografía

- Alshamsi, A., F. Pinheiro y C. Hidalgo (2018), "Optimal diversification strategies in the networks of related products and of related research areas", *Nature Communications*, N° 9, Berlín, Springer.
- Balassa, B. (1965), "Trade liberalisation and 'revealed' comparative advantage", *The Manchester School*, vol. 33, N° 2, Hoboken, Wiley.
- Balland, P. y otros (2019), "Smart specialization policy in the European Union: relatedness, knowledge complexity and regional diversification", *Regional Studies*, vol. 53, N° 9, Milton Park, Taylor & Francis.
- Britto, G. y otros (2019), "La gran brecha: complejidad económica y trayectorias de desarrollo del Brasil y la República de Corea", *Revista CEPAL*, N° 127 (LC/PUB.2019/6-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Felipe, J. y otros (2012), "Product complexity and economic development", *Structural Change and Economic Dynamics*, vol. 23, N° 1, Ámsterdam, Elsevier.
- Furtado, C. (1964), *Development and Underdevelopment*, Berkeley, University of California Press.
- Hartmann, D. (2016), "The economic diversification and innovation system of Turkey from a global comparative perspective", *International Innovation Networks and Knowledge Migration: The German-Turkish Nexus*, A. Pyka, Y. Kustepeli y D. Hartmann (eds.), Londres, Routledge.
- Hartmann, D., M. Bezerra y F. Pinheiro (2019), "Identifying smart strategies for economic diversification and inclusive growth in developing economies: the case of Paraguay", *Hohenheim Discussion Papers in Business, Economics and Social Sciences*, N° 4, Stuttgart, Universidad de Hohenheim.
- Hartmann, D. y otros (2020), "Why did some countries catch-up, while others got stuck in the middle? Stages of productive sophistication and smart industrial policies", *Texto para Discussão*, N° 526, São Paulo, Fundación Getulio Vargas (FGV).
- Hausmann, R. y J. Chauvin (2015), "Moving to the adjacent possible: discovering paths of export diversification in Rwanda", *CID Working Paper*, N° 294, Cambridge, Universidad de Harvard.
- Hausmann, R. y B. Klinger (2006), "Structural transformation and patterns of comparative advantage in the product space", *CID Working Paper*, N° 128, Cambridge, Universidad de Harvard.
- Hausmann, R. y otros (2011), *The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity*, Nueva York, Puritan Press.
- Hausmann, R., M. Santos y J. Obach (2017), "Appraising the economic potential of panama: policy recommendations for sustainable and inclusive growth", *CID Working Paper*, N° 334, Cambridge, Universidad de Harvard.
- Hidalgo, C. y R. Hausmann (2009), "The building blocks of economic complexity", *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol. 106, N° 26, Washington, D.C., Academia Nacional de Ciencias.
- Hidalgo, C. y otros (2018), "The principle of relatedness", *Unifying Themes in Complex Systems IX: Proceedings of the Ninth International Conference on Complex Systems*, A. Morales y otros (eds.), Cham, Springer.
- (2007), "The product space conditions the development of nations", *Science*, vol. 317, N° 5837, Washington, D.C., Asociación Estadounidense para el Progreso de la Ciencia (AAAS).
- Hirschman, A. (1958), *The Strategy of Economic Development*, New Haven, Yale University Press.
- Jankowska, A., A. Nagengast y J. Perea (2012), "The product space and the middle-income trap: comparing Asian and Latin American experiences", *OECD Development Centre Working Paper*, N° 311, París, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE).
- Kaiser, H. (1960), "The application of electronic computers to factor analysis", *Educational and Psychological Measurement*, vol. 20, N° 1, Thousand Oaks, Sage Publications.
- Kaldor, N. (1970), "The case for regional policies", *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 17, N° 3, Hoboken, Wiley.
- (1966), *Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Kuznets, S. (1966), *Modern Economic Growth: Rate, Structure and Spread*, New Haven, Yale University Press.
- Manly, B. (2008), *Métodos estatísticos multivariados: uma introdução*, Porto Alegre, Bookman.
- Marcato, M. (2013), "O (sub)desenvolvimento sob a perspectiva do estruturalismo latino-americano", *Revista Economia Ensaio*, vol. 27, N° 2, Minas Gerais, Universidad Federal de Uberlândia.
- McMillan, M., D. Rodrik e Í. Verdusco-Gallo (2014), "Globalization structural change, and productivity growth, with an update on Africa", *World Development*, vol. 63, Ámsterdam, Elsevier.

- Mingoti, S. (2007), *Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*, Belo Horizonte, Editora UFMG.
- OMC (Organización Mundial del Comercio) (2010), *Informe sobre el Comercio Mundial 2010: El comercio de recursos naturales*, Ginebra.
- Pinheiro, F. y otros (2018), “Shooting low or high: do countries benefit from entering unrelated activities?”, *Papers in Evolutionary Economic Geography*, N° 18.07, Utrecht, Universidad de Utrecht.
- Prebisch, R. (1950), *The Economic Development of Latin America and Its Principal Problems* (E/CN.12/89 Rev.I), Nueva York, Naciones Unidas.
- Queiroz, A., J. Romero y E. Freitas (2023), “Complejidad económica y empleo en los estados del Brasil”, *Revista CEPAL*, vol. 139 (LC/PUB.2023/4-P), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Rodríguez, O. (2009), *O estruturalismo latino-americano*, Río de Janeiro, Civilização Brasileira.
- Rodríguez, O. y otros (1995), “CEPAL: velhas e novas ideias”, *Economia e Sociedade*, N° 5, Campinas, Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP).
- Romero, J. y E. Freitas (2018), “Setores promissores para o desenvolvimento do Brasil: complexidade e espaço do produto como instrumentos de política”, *Alternativas para uma crise de múltiplas dimensões*, M. Viegas y E. Albuquerque (coords.), Belo Horizonte, Universidad Federal de Minas Gerais (UFMG).
- Romero, J. y F. Silveira (2019), “Mudança estrutural e complexidade econômica: identificando setores promissores para o desenvolvimento dos estados brasileiros”, *Alternativas para o desenvolvimento brasileiro: novos horizontes para a mudança estrutural com igualdade* (LC/TS.2019/27), M. Chialliato (coord.), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Thirlwall, A. (2005), *A natureza do crescimento econômico: um referencial alternativo para compreender o desempenho das nações*, Brasília, Instituto de Investigaciones Económicas Aplicadas (IPEA).

