



Progreso tecnológico y desigualdades económicas: una aproximación empírica para Colombia (1974-2015)

*Segundo Abrahán Sanabria Gómez**

Fecha de recepción: 17 de octubre de 2021

Fecha de aprobación: 20 de enero de 2022

Resumen: En la medida que las economías en desarrollo avanzan hacia la modernización, incorporan progresivamente las nuevas tecnologías en los procesos de producción. Sin embargo, la incorporación del progreso tecnológico no es homogénea entre las diferentes ramas de actividad económica; por lo tanto, sus ganancias en productividad se distribuyen desigualmente. Este artículo aporta elementos explicativos sobre la relación entre progreso tecnológico y heterogeneidad estructural. La pregunta que guía la investigación es: ¿de qué manera la heterogeneidad estructural induce asimetrías en el aprovechamiento del progreso tecnológico? Los resultados estadísticos y econométricos muestran que la incorporación del progreso tecnológico en la industria manufacturera colombiana se presenta de manera desigual, pues las ramas de actividad intensivas en uso del conocimiento tienen capacidades productivas diferentes a las que presenta la industria de bajo uso del conocimiento. Estas capacidades siguen patrones asociados a una intensidad factorial en favor del capital fijo, lo cual ofrece mejores posibilidades para incorporar nuevo conocimiento.

Palabras clave: progreso tecnológico, cambio estructural, dinámica económica, productividad, desigualdad económica.

Clasificación JEL: O14; O33; O11; O31; O19

Cómo citar:

Sanabria Gómez, S. A. (2022). Progreso tecnológico y desigualdades económicas: una aproximación empírica para Colombia (1974-2015). *Apuntes del Cenes*, 41(73). Págs. 85 - 112. <https://doi.org/10.19053/01203053.v41.n73.2022.13524>

* Doctor en Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia. Profesor asociado, Escuela de Economía, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. segundo.sanabria@uptc.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-2480-7701>

Technological Progress and Economic Inequalities: An Empirical Approach for Colombia (1974-2015)

Abstract

As developing economies move towards modernization, they progressively incorporate new technologies into production processes. However, the incorporation of technological progress is not homogeneous among the different branches of economic activity; therefore, their productivity gains are unequally distributed. This article provides explanatory elements on the relationship between technological progress and structural heterogeneity. The question guiding the research is: how does structural heterogeneity induce asymmetries in the exploitation of technological progress? The statistical and econometric results show that the incorporation of technological progress in the Colombian manufacturing industry is uneven, since the knowledge-intensive branches of activity have different productive capacities from those of the low knowledge-intensive industry. These capacities follow patterns associated with a factorial intensity in favor of fixed capital, which offers better possibilities for incorporating new knowledge.

Keywords: technological progress, structural change, economic dynamics, productivity, economic inequality.

INTRODUCCIÓN

La profundidad y amplitud con que el progreso tecnológico se integra a la producción económica, determinan, en gran medida, los avances en el desarrollo económico. Esto sucede a partir de la configuración del círculo virtuoso, en que el progreso tecnológico mejora las capacidades productivas del capital (humano y físico), lo cual se traduce en mayor valor agregado y procesos productivos más eficientes, que permiten aumentos en utilidades y salarios, así como en tendencias a la reducción de precios a largo plazo. Sin embargo, ante la presencia de heterogeneidad estructural, las ganancias del progreso tecnológico no se distribuyen de manera homogénea y es así como estas condiciones inducen desigualdades en el desarrollo económico.

[Aghion et al. \(2021\)](#) sustentan con evidencia empírica que existe una relación positiva entre desigualdad en el ingreso e innovación, la cual es explicada parcialmente por la creación de barreras de entrada, creadas por las patentes y algunas formas de uso del poder

político (*lobby*). Por otro lado, autores como [Raúl Prebisch \(1981, 2008\)](#), [Aníbal Pinto \(1965, 1970\)](#), [Armando DiFilippo y Santiago Jadue \(1976\)](#), [Mario Cimoli \(2007\)](#) y otros, han señalado en diferentes momentos que, en el corazón del subdesarrollo latinoamericano subyace una heterogeneidad estructural, en la que conviven sectores económicos que incorporan tecnología de frontera con sectores que usan tecnologías artesanales. De modo que la relación entre progreso tecnológico y desigualdad económica no es nueva. Sin embargo, a medida que las economías modernas avanzan hacia la economía del conocimiento, este problema comienza a ocupar un lugar central en el análisis de las desigualdades, las cuales se han profundizado en décadas recientes ([Piketty, 2014, 2015](#)).

Este artículo tiene como objetivo contribuir al análisis sobre la relación entre progreso tecnológico y heterogeneidad estructural. De modo que la pregunta que guía la investigación es: ¿De qué manera la heterogeneidad estructural induce asimetrías en el aprovechamiento del progreso tecnológico? En conse-

cuencia, la hipótesis que conduce la discusión plantea que *en Colombia hay unas ramas de actividad económica que han incorporado el conocimiento tecnológico con mayor intensidad, mientras que otras se encuentran rezagadas tecnológicamente, lo cual contribuye a la retroalimentación de las desigualdades en las capacidades productivas entre ciertas ramas de actividad económica.*

En la aproximación empírica se utilizan los datos disponibles y consistentes de la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) y la clasificación según uso del conocimiento establecido por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE). Con estos datos se hace primero una descripción para identificar tendencias estructurales y luego se identifica y estima un modelo econométrico de datos panel, con el cual se pretende explicar las capacidades productivas de cada rama de actividad industrial, diferenciándolas según su intensidad en el uso del conocimiento: alto conocimiento, mediano conocimiento y bajo conocimiento. La estructura del artículo continúa con una fundamentación teórica de la relación entre progreso tecnológico y estructura económica. Después se presenta la metodología y la identificación del modelo econométrico. En la misma sección se discuten los resultados estadísticos y econométricos. Finalmente se presentan las conclusiones.

REVISIÓN DE LITERATURA

Progreso tecnológico

La discusión teórica que soporta esta investigación reconoce la noción de tecnología desarrollada por [Joel Mokyr \(1993, 2003, 2008\)](#) y el enfoque neoschumpeteriano. En este marco, el progreso tecnológico sintetiza un círculo virtuoso, el cual inicia en la generación de conocimiento “útil”, fundamentalmente a partir de la investigación científica; luego, una fracción de este conocimiento es puesto a prueba en los procesos de creación de valor. Este proceso puede modificar las técnicas (rutinas) disponibles; si tales cambios generan resultados más preferidos que las técnicas anteriores, se habrá conseguido una tecnología nueva. Ahora, si la representación social de la nueva tecnología (producto) es validada por el mercado; es decir, que le aporta valor a la sociedad, entonces se tiene una innovación.

En consecuencia, el progreso tecnológico configura un mecanismo propulsor del cambio en los procesos de creación de valor económico y social. Dentro de las características de este cambio está la irreversibilidad, que fundamenta, a su vez, un proceso evolutivo ([Elster, 2000](#)); también es asimétrico tanto en su intensidad como en su expansión entre sectores y actividades económicas. Estas características configuran paradigmas y trayectorias, las cuales determinan en gran medida la

distribución asimétrica de las ganancias económicas y sociales. Por esta razón, la relación entre tecnología y desigualdades económicas constituye un campo de investigación en exploración en el que la economía evolucionista viene entregando aportes significativos.

El conocimiento, la ciencia y la tecnología constituyen la principal fuente de recursos utilizados por el ser humano para dominar la naturaleza y someterla a sus preferencias y deseos. El desarrollo industrial y económico está asociado con el desarrollo científico y tecnológico experimentado en los últimos dos siglos, lo cual sugiere la importancia de estos recursos en el progreso social (Mokyr, 2008). La tecnología es conocimiento. El conocimiento está en el centro del crecimiento económico moderno. La unidad básica de análisis de la tecnología es la “técnica”. Una técnica es un conjunto de instrucciones sobre cómo producir bienes y servicios. Si bien la tecnología a menudo depende de los artefactos, los artefactos no son lo mismo que la técnica y lo que define la técnica es el contenido de las instrucciones (Mokyr, 2003).

Tanto para Agazzi (1998) como para Basalla (2011), existe una complementariedad entre ciencia y tecnología. La tecnología es en cierto modo ciencia aplicada. Cuando la investigación científica plantea problemas cognitivos, estos pueden resolverse proyectando y construyendo máquinas e instrumentos, y es la tecnología la que hace esto.

Entre los dos, entonces, se establece un sistema de retroalimentación positiva, uno de estimulación recíproca para un crecimiento cada vez más rápido y expansivo.

El progreso tecnológico transcurre en medio de la interacción de cuatro grupos de actores: consumidores, empresarios creadores de ideas, capitalistas poseedores de capital financiero e instituciones. En esta relación emergen procesos complejos (Robert & Yoguel, 2014), dentro de los cuales circulan las nuevas ideas, el capital financiero y el conocimiento, articulados en trayectorias de aprendizaje (Nelson & Winter, 1982; Dosi, 1982; Schmookler, 1979; Silverberg *et al.*, 1988). Pero para que esta circulación exista, se requiere de la presencia de incentivos capaces de generar un flujo representativo de innovaciones, que modifiquen las preferencias de los consumidores y aumenten los ingresos de los capitalistas (Schmookler, 1979).

Dosi (1982) plantea que las innovaciones siguen ciertos patrones de selección sectoriales, en torno a los cuales se configuran procesos de acumulación de capacidades para la resolución de problemas, cuyos métodos convergen en trayectorias y paradigmas tecnológicos. Es en estas dinámicas donde emerge el desarrollo económico como una manifestación de la incorporación productiva del progreso tecnológico en una relación de complementariedad produc-

tiva entre diversos agentes y factores (Schumpeter, 1968; Malerba, 2007).

El grado de incorporación de la tecnología en las actividades económicas incide en la relación entre factores y agentes; es decir, que condiciona las funciones de producción. Para Reinert (2002), la presencia de tecnologías modernas en las funciones de producción induce dinámicas de desequilibrio que generalmente toman la forma de círculos virtuosos a partir de rendimientos crecientes. La modernización económica es impulsada, por un lado, por los empresarios, con el fin de reducir costos y aumentar sus ganancias (Reinert, 2002; Antonelli & Gehringer, 2015).

Cuando el avance tecnológico reduce los costos y los precios se mantienen constantes, las ganancias se concentran en el empresario; pero, si los trabajadores cuentan con poder de negociación, van a presionar alzas en los salarios, en cuyo caso las ganancias se reparten entre trabajadores y empresarios (Reinert, 2002). Cuando el progreso tecnológico se traduce en reducción de precios, se genera un círculo virtuoso de progreso y acumulación en el mismo sector. En cambio, si el avance tecnológico se traduce en mayores salarios, estos se convierten en demanda para otra clase de bienes y benefician a otros sectores. Es así como se gesta un cambio estructural (Frenkel & Maital, 2015).

Entre los economistas del desarrollo hay relativo consenso en torno a que las economías en desarrollo carecen de autonomía tecnológica, ya que dependen de los avances científicos y tecnológicos de los países desarrollados. El acceso a estos recursos está supeditado a las capacidades para imitación y adaptación (Cimoli & Dosi, 1995). La modernización económica de una rama de actividad sigue un paradigma tecnológico, lo que significa que las firmas tienen criterios de selección de tecnologías, eligen las que mejor se acomodan a sus funciones de producción y desechan las demás (Malerba, 2007; Cantner & Vannuccini, 2018).

De acuerdo con Dosi (1982), el progreso tecnológico se incorpora en las actividades económicas en la medida que nuevos conocimientos son utilizados como instrumento para la solución de problemas específicos. Así, cada solución a un problema concreto se va convirtiendo en una rutina. Las rutinas que logran mayor eficiencia configuran trayectorias tecnológicas siguiendo un paradigma determinado. Por esta, entre otras razones, el progreso tecnológico sigue procesos claramente asimétricos, cuyos efectos socioeconómicos son también desiguales.

Una trayectoria se configura a partir de las acciones pasadas en una dirección particular, que inducen a nuevas acciones en la misma dirección y obtienen rendimientos crecientes (Robert & Yoguel, 2014). En estas condiciones,

la probabilidad de repetir las mismas acciones crece exponencialmente, dando lugar a procesos de retroalimentación positiva (Clausen *et al.*, 2012). Esto sucede porque los beneficios relativos de la actividad actual, en comparación con otras opciones posibles, aumentan con el tiempo; mientras que los costos de salida del camino inicial (conjunto de rutinas) se hacen cada vez mayores. En esta dinámica, cada tecnología genera mayores beneficios para cada usuario, a medida que su utilización se vuelve más frecuente (Pierson, 2000).

De acuerdo con Pierson (2000), cuando una tecnología genera rendimientos crecientes, el costo de sustituirla es alto. Con estos rendimientos, los actores tienen fuertes incentivos para enfocarse en una sola alternativa y continuar por un camino específico, una vez que se toman los pasos iniciales en esa dirección. Es de esta manera como se configuran las trayectorias tecnológicas, que se expresan como formas de acumulación progresiva. Una vez que se obtiene una ventaja inicial, los efectos de retroalimentación positiva crean fuertes barreras de entrada que excluyen a los competidores, lo cual garantiza las ganancias que incentivan a permanecer en esa trayectoria (Pierson, 2000; Barbosa *et al.*, 2014).

Bajo esta lógica, los sectores intensivos en conocimiento son más fructíferos para una retroalimentación positiva (Reichstein & Salter, 2006). Los países

que incorporan en profundidad los avances científicos y tecnológicos en un sector económico en particular, consiguen una ventaja competitiva que retroalimenta la especialización sectorial. Por esta razón, incluso los países con dotaciones iniciales similares pueden generar procesos de desarrollo divergente, impulsados por el progreso tecnológico y su proceso de causación circular acumulativa (Pierson, 2000; Capozza *et al.*, 2020). Los sectores cuyo componente dinámico es el conocimiento, pueden usar este último de modo cada vez más intensivo y eficiente, lo que da lugar a innovaciones incrementales (Fu *et al.*, 2021). Mientras que en los sectores con baja intensidad en uso del conocimiento, su capacidad de maniobra y control sobre los resultados esperados sigue siendo aleatoria y de alto riesgo para los inversionistas.

Silverberg *et al.* (1988) señalan que la tecnología, lejos de ser un bien público gratuito, se caracteriza por diversos grados de apropiación y uso, distinto nivel de acumulación, diferente capacidad de aprendizaje tecnológico y de la divergencia en las trayectorias acumuladas históricamente. Los procesos de aprendizaje se basan en los conocimientos concretos de la tecnología, la información disponible y las habilidades específicas de la comunidad y las organizaciones locales. Los procesos de aprendizaje tecnológico surgen a partir del desarrollo inter e intrafirma (externalidades internas y externas), procesos de internalización

de externalidades (*learning-by-doing* y *learning-by-using*), así como de la inversión en investigación y desarrollo.

Las trayectorias tecnológicas implican procesos rutinarios que forman parte de la conducta de las firmas, pero que tienden a reducir las ganancias a consecuencia del agotamiento productivo de una tecnología específica; razón por la cual los empresarios se ven obligados a buscar nuevas formas de hacer las cosas (Dosi & Nelson, 1994). Los entornos productivos facilitan o dificultan la imitación, los procesos de aprendizaje tecnológico y el ritmo con que los resultados de la ciencia básica encuentran aplicaciones productivas (Schmutzler & Lorenz, 2018). Así, los regímenes tecnológicos resultan de las condiciones de oportunidad, apropiabilidad y acumulatividad del conocimiento tecnológico, del grado de concentración de las actividades que dan cuenta de la intensidad rutinaria o de la dispersión de pequeñas firmas que conforman un régimen emprendedor (Burachik, 2000).

Heterogeneidad estructural

Las economías de los países en desarrollo se caracterizan por su estructura productiva especializada y heterogénea, lo cual conlleva la integración del progreso tecnológico al sistema productivo con diferentes grados de intensidad y amplitud (Prebisch, 1981; Pinto, 1965). A mayor penetración de este recurso, la dinámica estructural conduce a las

economías hacia la modernización en forma de diversificación y homogeneización de las estructuras productivas (Young, 1928; Rodríguez, 2006). La heterogeneidad estructural se nutre de formas productivas disímiles dentro de cada uno de los distintos sectores de actividad económica (Chena, 2010), los cuales se caracterizan por tres rasgos tecnológicos básicos: a) diferentes niveles en la capacidad productiva del trabajo, b) distintos grados de división técnica del trabajo dentro de cada unidad productiva, c) diferentes escalas de producción (Di Filippo & Jadue, 1976).

Estas condiciones estructurales implican que las ganancias derivadas del progreso tecnológico se distribuyan de manera desigual entre ramas de actividad, formando trayectorias asimétricas de acumulación y utilización de los recursos productivos (Pinto, 1970; García, 2006). Los recursos modernos como el progreso tecnológico tienden a concentrarse en aquellos sectores que permiten usos más eficientes, lo cual se refleja en mayores ingresos, que inducen cambios en la demanda y crean una salida para productos de mayor contenido tecnológico (Prebisch, 2008). De tal forma que las dinámicas de acumulación de recursos productivos refuerzan las asimetrías entre sectores económicos, gracias a las condiciones estructurales precedentes (Bielschowsky, 2009).

La dinámica estructural responde, en gran medida, a la utilización del pro-

greso tecnológico, a partir del cual se fundamenta la competitividad nacional e internacional (Cimoli *et al.*, 2005; Mancini & Lavarelo, 2014). Igualmente, la heterogeneidad estructural se autorrefuerza por la proximidad entre grupos de bienes que se configuran en torno a las capacidades requeridas para la producción competitiva de estos. Cada producto requiere un conjunto de capacidades específico, que es un sustituto imperfecto de las capacidades demandadas por cualquier otro producto, de modo que las capacidades disponibles se complementan al integrarse en un espacio de producción determinado (Isabela, 2014).

El progreso tecnológico destruye rutinas y se integra al sistema de innovación, dando lugar a procesos de causación acumulativa y retroalimentación positiva (Hirshman, 1958; Myrdal, 1968). Estas categorías se integran en sistemas complejos, conformados por agentes económicos que son heterogéneos en términos de sus capacidades, hábitos, rutinas y rendimientos. La dinámica del sistema es endógena, ya que cada componente puede generar novedad, creatividad y reaccionar al entorno (Robert & Yoguel, 2016). La amplitud e intensidad en la utilización del progreso tecnológico orientan los flujos de capital financiero en forma de inversión (Pérez, 2004) que, a su vez, actúa como detonante de nuevas olas de desarrollo, reflejadas en cambios institucionales y procesos de aprendizaje

que, en últimas, constituyen la esencia del desarrollo (Katz, 2007).

El progreso tecnológico se asocia con el cambio estructural, concretándose en la aparición de nuevos sectores, bienes y habilidades. No obstante, en las economías en desarrollo, estos procesos solo llegan a las ramas de actividad que concentran el conocimiento y la tecnología (Cimoli *et al.*, 2010). En estas condiciones surgen las dinámicas asimétricas que se alimentan de las brechas tecnológicas (Cimoli & Porcile, 2014), las cuales van a guiar la distribución de las capacidades necesarias para la incorporación progresiva del conocimiento a la producción, por medio de aprendizajes tecnológicos y rendimientos crecientes (Cimoli & Rovira, 2008). Por esta razón, las economías que se especializan en actividades intensivas en tecnología, consiguen mayores tasas de crecimiento de la productividad y posiblemente del ingreso (Fagerberg, 2000).

El cambio estructural se nutre de tasas particulares de crecimiento de la demanda, inducidas por cambios en el ingreso y cambios en las preferencias que se vuelven factibles gracias al progreso técnico (Young, 1928; Saviotti & Pyka, 2015); mientras que el cambio técnico es la energía que impulsa el progreso económico, pero sus efectos en los ingresos son asimétricos (Pasinetti, 1993; Nelson & Winter, 1982). Esto sucede porque los cambios en el patrón tecnológico de cada sector no ocurren al mismo tiempo ni con la misma

intensidad ni en la misma dirección. Es decir, las ganancias económicas de cada cambio tecnológico son diferentes para cada sector. Por esta razón, la economía de un país no puede moverse de manera coordinada, lo cual se refleja en forma de asimetrías en la dinámica estructural (Prebisch, 2008).

La dinámica estructural implica que las nuevas preferencias de los consumidores amplíen las cuotas de mercado de las empresas, para que estas puedan reemplazar su stock de capital productivo por uno de mayor productividad y que esta nueva demanda de capital sea suficiente para que los productores de estos bienes obtengan nuevas ganancias, que incentiven inversiones en investigación y desarrollo (Ciarli & Valento, 2016). Los cambios en las preferencias de los consumidores son endógenos, resultan de la incorporación del avance científico y tecnológico, el cual se traduce en innovaciones que diversifican la oferta de bienes, cada vez con mayor contenido de valor. Esta dinámica es propulsada por dos fuerzas: por un lado, la preferencia creciente de los consumidores de altos ingresos por bienes de mayor calidad (Lorente, 2020; Aghion *et al.*, 2021). Por otro lado, los consumidores de bajos ingresos (que son la mayor parte de la demanda) prefieren bienes cada vez más baratos, lo cual fundamenta la tendencia a bajar los precios como instrumento de competitividad. Si sus ingresos suben, van a querer imitar el consumo de los ricos, con lo cual amplían la demanda de bienes de mayor

contenido tecnológico (Ciarli & Valento, 2016; Andersen, 2007).

La interacción entre la dinámica evolutiva de los patrones de demanda y el progreso tecnológico es responsable de la dinámica microeconómica de la producción, los cambios en los precios y la transformación estructural de las economías (Azevedo & Trigg, 2015; Lorente, 2020). Uno de los factores de alto impacto en el cambio estructural, por intermedio de la demanda, es el comportamiento de las exportaciones (Kampik & Dachs, 2011). En este caso, el cambio estructural puede promover cambios en las elasticidades comerciales a lo largo del tiempo. Tales cambios se presentan en diferentes niveles: (i) un cambio estructural progresivo en la composición de un perfil de exportación (efecto composición); (ii) una mejora tecnológica en los sectores de exportación (efecto sofisticación); (iii) cambio estructural que implica la creación de nuevos productos (efecto diversificación). Un cambio en la participación de cada sector en un perfil de exportación o importación podría promover una variación en las elasticidades comerciales agregadas (Missio *et al.*, 2017; Frenkel & Maital, 2015).

La correspondencia entre evolución, competición y desarrollo no es exacta; el desarrollo y la competencia conllevan un cambio estructural asimétrico y no convergente. De acuerdo con esto, el progreso técnico aumenta la productividad y el poder adquisitivo, aunque

no se traduce proporcionalmente en aumentos en la demanda para un conjunto específico de bienes (Reinert, 2000; Bogliacino *et al.*, 2017). Además, las tasas de incorporación productiva de la nueva tecnología son asimétricas, ya que las tecnologías que emergen en los países de mayor desarrollo industrial se adoptan en los países de menor desarrollo, solo si resultan más rentables que las existentes. Por tal motivo, los sectores atrasados tecnológicamente tienen dificultades para adoptar y optimizar el uso de las tecnologías de frontera (Azevedo & Teixeira, 2011; Fagerberg, 2007).

La dinámica estructural se alimenta, fundamentalmente, de la innovación y los procesos de aprendizaje, así como de las complementariedades, encadenamientos y las instituciones que se requieren para su pleno desarrollo (Ocampo, 2008). El cambio estructural implica permanentes desajustes en el funcionamiento del sistema económico, pero son estos los que impulsan la creatividad empresarial y la búsqueda de mayor eficiencia en la coordinación entre agentes, con el fin de aprovechar las oportunidades de ganancia que surgen en el entorno. De modo que la eficiencia de un sistema económico depende, en gran medida, del impulso que reciban la creatividad y la eficiencia en la coordinación entre los agentes económicos (Huerta de Soto, 2012).

METODOLOGÍA

La información estadística utilizada es del Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia (DANE) y se dispone de información econométricamente útil para el periodo 1974-2015. La base estadística corresponde a la industria manufacturera colombiana y su clasificación según uso del conocimiento realizada por el DANE, así:

- i. Bajas en conocimiento (BC): industria del cuero; industria y productos de madera; muebles y accesorios de madera.
- ii. Medias en conocimiento (MC): alimentos, bebidas y tabaco; textiles; papel y sus productos; productos plásticos.
- iii. Altas en conocimiento (AC): fabricación de sustancias químicas industriales; refinerías de petróleo; fabricación de maquinaria, aparatos y suministros eléctricos; equipo y material de transporte.

La identificación del modelo econométrico se fundamentó en los siguientes principios: las asimetrías en la incorporación productiva del progreso tecnológico se asocian con patrones estructurales a largo plazo; estas características contribuyen a mantener las desigualdades en capacidades productivas entre sectores y actividades económicas, y forman trayectorias de concentración de las ganancias provenientes de las mejo-

ras en las capacidades productivas y la modernización económica. Sobre estos principios y con la limitación que impone la disponibilidad de datos estadísticos homogéneos, se identificó un modelo que cumpliera, por lo menos, tres condiciones: a) que pudiera informar sobre las capacidades productivas por ramas de actividad industrial, identificar las diferencias y similitudes entre ellas y que aportara información confiable sobre la forma como evolucionan en el tiempo dichas particularidades; b) que la formulación del modelo sea consistente con el planteamiento teórico de esta investigación; c) que el modelo estimado pueda entregar resultados estadísticamente significativos y económicamente útiles en relación con la hipótesis de investigación. Estos principios metodológicos se sustentan en diferentes autores (Wooldridge, 2010; Cantner & Krüger, 2007; Los y Verspagen, 2007; Dinapoulos & Sener, 2007; Foster, 2007).

En consecuencia, se eligió como endógena una variable normalizada que es la relación entre valor agregado y consumo intermedio (VA/CI), como aproximación a las capacidades productivas de las diferentes ramas de actividad económica (pf).

Para tener un acercamiento a las condiciones en que cada rama de actividad se relaciona con el progreso tecnológico, se utilizó como característica diferencial la intensidad en el uso del

conocimiento por cada rama de actividad (alto, medio y bajo).

En el grupo de variables explicativas se han identificado y seleccionado las siguientes:

Para lograr información sobre algunas características tecnológicas del capital, se utilizó la relación entre consumo de energía y los activos fijos (KWH/AFT) (mk).

Para lograr una idea sobre la forma como el contexto del mercado internacional puede incidir en las condiciones productivas de las diferentes ramas de actividad, se utilizó la tasa de cambio real (tc).

Con el fin de apreciar la posible incidencia de los costos salariales sobre las condiciones de productividad de las ramas de actividad, se tomaron los sueldos y salarios en relación con el consumo intermedio (SYS/CI) (cs).

Así mismo, para tener una aproximación a la intensidad factorial, se tomó la relación entre activos fijos y personas ocupadas (AFT/PO), lo cual nos aproxima a la relación capital por trabajador (kl).

Por significancia estadística y capacidad explicativa se tomó en cuenta la relación entre valor agregado y activos fijos (VA/AFT). Esto permite reconocer la importancia que puede tener el componente

tecnológico, incorporado en los activos fijos, para las capacidades productivas de las diferentes ramas de actividad industrial (pk).

$dum_mc=0$
 $dum_mc=1$ if $NUC=="MC"$
 $dum_bc=0$
 $dum_bc=1$ if $NUC=="BC"$

También se ha tomado la inversión neta en relación con los activos fijos (INNET/AFT) como variable explicativa (inv_neta).

En la estimación se dejan como referencia las ramas de actividad clasificadas de baja intensidad en el uso del conocimiento (BC).

Para identificar efectos fijos entre individuos (ramas de actividad), se incluyeron variables *dummy*, a fin de capturar posibles efectos diferenciadores inducidos por el nivel de utilización del conocimiento en cada rama de actividad (NUC): alto (AC), mediano (MC) y bajo (BC).

Para observar cómo se comportan en el tiempo las diferencias y similitudes entre ramas de actividad, se estiman también las diferentes interacciones de cada una de las variables explicativas y su *dummy* correspondiente. Se estimó un modelo de panel balanceado, incluyendo interacciones de todas las variables explicativas.

$dum_ac=0$
 $dum_ac=1$ if $NUC=="AC"$

Ecuación por estimar:

$$lpf_{it} = \alpha_i + \beta_1 ltc_{it} + \beta_2 lmk_{it} + \beta_3 lcs_{it} + \beta_4 lkl_{it} + \beta_5 lpk_{it} + \beta_6 inv_neta_{it} + \mu_{it}$$

Resultados empíricos

Perfiles estructurales de la industria manufacturera colombiana

Iniciamos con una aproximación descriptiva a ciertos perfiles y patrones estructurales de la industria manufacturera colombiana. En tal sentido, se muestran las tendencias a largo plazo (1974-2015) de las actividades indus-

triales según intensidad en el uso del conocimiento. La hipótesis que acompaña esta investigación es que aquellas actividades que utilizan con mayor intensidad el conocimiento, también son las que presentan mejores condiciones para la incorporación productiva del progreso tecnológico y lo hacen a través de la inversión en bienes de capital (Keynes, 1936).

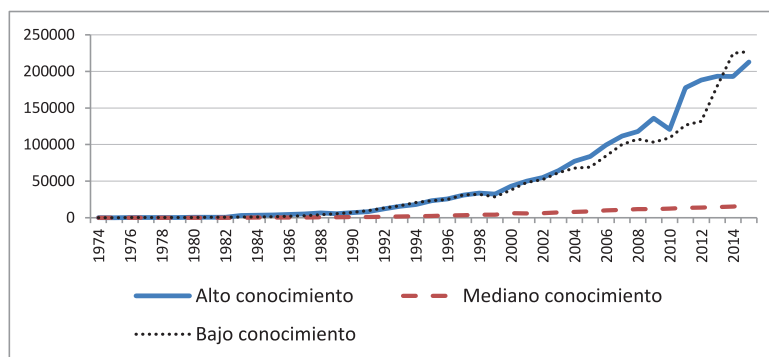


Figura 1. Índice de producción por grupo, según uso del conocimiento (1974-2015. 1974=100).

Fuente: cálculos propios, a partir de EAM-DANE (1974-2015).

En la Figura 1 se observa que la economía colombiana presenta un sesgo de especialización productiva y su consiguiente heterogeneidad estructural (Cimoli, 2007), lo cual implica que la industria con bajo uso del conocimiento mantiene alta participación, contrario a las economías desarrolladas, donde los sectores intensivos en conocimiento concentran cada vez más capital productivo (Camacho & Maldonado, 2018). Estas características sugieren que existen trayectorias tecnológicas donde las empresas obtienen ventajas deriva-

das de la acumulación de capacidades productivas, que también configuran barreras de entrada (Audretsch, 1997; Aghion *et al.*, 2021). El hecho de que los sectores de bajo conocimiento ocupen parte importante de la fuerza laboral, reduce las potencialidades de aumento de la productividad y las capacidades agregadas de aprendizaje tecnológico que, a su vez, se asocian con bajos salarios y baja demanda de bienes de alto contenido tecnológico (Brunini *et al.*, 2013).

Tabla 1. Producción industrial por tamaño de empresa en cada grupo, según uso del conocimiento, 1974-2015 (valores en porcentaje)

Tamaño empresa	Alto conocimiento		Mediano conocimiento		Bajo conocimiento	
	1974	2015	1974	2015	1974	2015
Gran industria (GI)	52	62	59	51	55	42
Mediana industria (MI)	28	23	29	26	24	32
Pequeña industria (PI)	20	15	12	23	21	26

Fuente: cálculos propios, a partir de EAM-DANE (1974-2015).

Los datos de la Tabla 1 sugieren que la gran industria se inclina hacia la producción con uso intensivo del conocimiento, ya que pasó de generar el 52 % de la producción con alto conocimiento en 1974, a 62 % en 2015. Por otro lado, en la pequeña industria apenas el 20 % de su producción era intensiva en conocimiento para 1974, pero este valor cayó a 15 % en 2015. En cuanto a la producción con bajo uso del conocimiento, en 1974 el 55 % era producido por la gran industria (GI), participación que cayó a 42 % en 2015. En este contexto, la importancia de las

grandes empresas en los sectores de bajo conocimiento puede asociarse con la explotación de rentas de localización, monopolios estatales o naturales y algunas trayectorias de aprendizaje que constituyen barreras de entrada (Schumpeter, 1984; Villamil, 1998; Echavarría, 1999). En la producción industrial con bajo uso del conocimiento ganó participación la mediana y pequeña industria; entre 1974-2015, la mediana industria pasó de producir el 24 % al 32 %, mientras la pequeña industria pasó del 21 % al 26 %.

Tabla 2. Empleo industrial permanente, 1974-2015 (valores en porcentaje)

Tamaño empresa	Alto conocimiento		Mediano conocimiento		Bajo conocimiento	
	1974	2015	1974	2015	1974	2015
Gran industria (GI)	45	51	53	51	40	48
Mediana industria (MI)	34	30	28	29	30	27
Pequeña industria (PI)	21	19	19	20	30	25

Fuente: cálculos propios, a partir de EAM-DANE (1974-2015).

En la Tabla 2 se muestra que, en las actividades con uso intensivo del conocimiento, el 45 % del empleo era generado por la gran industria en 1974, participación que fue creciendo hasta llegar al 51 % en 2015. En contraste, la pequeña y mediana industria redujeron la ocupación en actividades de alto conocimiento. Sin embargo, la gran industria también aumentó la ocupación en actividades de bajo uso de conoci-

miento, pasando del 40 % al 48 %. Cabe resaltar que, tanto en las actividades intensivas en uso de conocimiento como en las de baja intensidad, la gran industria (GI) genera la mitad de la ocupación industrial, lo cual sugiere que la industria manufacturera colombiana presenta rigideces estructurales importantes, lo cual da lugar a la presencia de procesos “rutinizados” y de acumulación creadora (Audretsch, 1997).

Tabla 3. Empleo industrial total, 1992-2015 (valores en porcentaje)

Tamaño empresa	Alto conocimiento		Mediano conocimiento		Bajo conocimiento	
	1992	2015	1992	2015	1992	2015
Gran industria (GI)	51	52	52	57	39	51
Mediana industria (MI)	29	33	29	28	33	28
Pequeña industria (PI)	20	15	19	15	28	21

Fuente: cálculos propios, a partir de EAM-DANE (1974-2015).

Los datos disponibles sobre empleo total para el periodo 1992-2015, sin tener en cuenta la forma de contratación (permanente o temporal), se presentan en la Tabla 3, donde se observa que en los tres niveles de uso del conocimiento predomina la gran industria (GI) en cuanto a ocupación laboral. La pequeña industria ha perdido participación en el porcentaje de ocupación laboral en las actividades de alta y mediana intensidad en el uso del conocimiento. Vale destacar que la mediana industria (MI) ha venido generando más empleo

en los sectores de alto conocimiento, ya que pasó del 29 % al 33 %, lo cual constituye un indicio de la existencia de procesos de destrucción creativa sostenida a largo plazo (Burachik, 2000).

Resultados de la estimación econométrica

Ramas de actividad de bajo uso de conocimiento (BC): para este grupo de ramas de actividad todas las variables explicativas resultaron estadísticamente significativas.

$$lpf_{it} = 0,1847 - 0,1978l_{tc} - 0,1757l_{mk} + 0,54l_{cs} + 0,1787l_{kl} + 0,2349l_{pk} - 0,2744inv_neta + \mu_{it}$$

Ramas de actividad de mediano uso de conocimiento (MC): las variables (l_{mk} y inv_neta), no son estadísticamente significativas.

$$lpf_{it} = -0,0112 - 0,0949l_{tc} + 0,1328l_{cs} + 0,0983l_{kl} + 0,2325l_{pk} + \mu_{it}$$

Ramas de actividad de alto uso de conocimiento (AC): en este grupo la variable (l_{cs}) no resultó estadísticamente significativa.

$$lpf_{it} = -0,3397 - 0,3342l_{tc} - 0,0379l_{mk} + 0,2632l_{kl} + 0,4417l_{pk} + 0,2918inv_neta + \mu_{it}$$

Tabla 4. Resumen de resultados

Observaciones: 1176

Grupos: 28

R-sq: Within: 0,6429

Between: 0,84

Overall: 0,7569

lpf	coef.	Std.Err
ltc	(0.1977693)***	0.0433397
ltc_ac	(0.3342397)***	0.0517936
ltc_mc	(0.0948765)**	0.0512132
lmk	(0.0175744)***	0.0078576
lmk_ac	(0.0379243)***	0.0098398
lmk_mc	(0.0103942)*	0.0094366
lcs	0.5400235***	0.055807
lcs_ac	0.0454148*	0.0609939
lcs_mc	0.1328362***	0.0597277
lkl	0.1786506***	0.0320871
lkl_ac	0.2631463***	0.0379839
lkl_mc	0.0983478***	0.0374717
lpk	0.2348635***	0.0532713
lpk_ac	0.4416508***	0.0602266
lpk_mc	0.232454***	0.0588472
inv_neta	(0.2744296)***	0.1170749
inv_neta_ac	0.2917918***	0.1217049
inv_neta_mc	0.0332706*	0.145493
dum_mc	(0.1958586)**	0.1178353
dum_ac	(0.5244547)***	0.1209457
cons	0.1847052***	0.0976031

Entre paréntesis, valores negativos.

***p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

Fuente: cálculos propios.

Discusión de resultados

De los resultados obtenidos en la estimación econométrica se infiere que el intercepto (cons=0,1847052) para las ramas de actividad de baja intensidad en el uso del conocimiento (bc) es mayor que para el resto de la industria.

Esto implica que las industrias de bajo uso del conocimiento tienen en común más componentes, comparadas con las de uso medio y alto del conocimiento.

Igualmente, para las industrias de bajo uso de conocimiento, una devaluación de la moneda nacional frente al dólar

estadounidense afecta negativamente sus capacidades productivas. La relación entre consumo de energía y activos fijos tiene un efecto negativo en las condiciones productivas de estas industrias, situación que puede indicar altos costos de la energía. Una mayor participación de los salarios en el consumo intermedio se asocia positivamente con una mejora en las condiciones productivas, lo que indica la importancia del trabajo para estas industrias. En la medida que los activos por trabajador aumentan, mejoran las condiciones de productividad; lo mismo se observa de la relación entre valor agregado y activos fijos. En cambio, la inversión tiene una incidencia negativa para las capacidades productivas de las industrias de bajo uso del conocimiento.

En esta investigación interesa observar la diferencia entre ramas de actividad de bajo conocimiento y de alto conocimiento. Por tanto, al examinar los resultados para estas últimas se encuentra que la constante (intercepto) es inferior a la obtenida para las ramas de bajo uso del conocimiento, lo que indica que los efectos fijos entre ramas de alto conocimiento son de poca relevancia. La tasa de cambio también incide de forma negativa en las capacidades productivas de estas industrias. El mismo efecto se observa en la relación entre consumo de energía y activos fijos. Los resultados muestran que los costos salariales no inciden en las capacidades productivas de estas ramas industriales. La intensidad factorial a favor del

capital (activos fijos) y la productividad del capital tienen gran importancia para explicar las capacidades productivas; igualmente, la inversión neta contribuye a incrementar estas capacidades.

Finalmente, el intercepto obtenido para las ramas de actividad de bajo uso del conocimiento es superior al obtenido para las ramas de alto uso del conocimiento, lo que se puede denominar como un componente de la heterogeneidad estructural inducida por la intensidad con que las industrias utilizan el conocimiento en sus procesos productivos. Es decir, que la utilización del conocimiento contribuye claramente a potenciar las capacidades productivas de la industria. La tasa de cambio tiene un efecto mayor en las industrias de alto conocimiento; situación que puede ser inducida a través de importaciones de materias primas y bienes de capital de última generación, lo que refleja la dependencia tecnológica de Colombia frente al resto del mundo (Cimoli, 2007; Brunini *et al.*, 2013; McCombie & Roberts, 2005).

Altos consumos de energía castigan las capacidades productivas de estas industrias. La relación entre activos fijos y personal ocupado (capital/trabajo) tiene una contribución a las capacidades productivas, superior para las industrias intensivas en conocimiento; igual sucede con el valor agregado por unidad de factor fijo (productividad del capital). Estas dos relaciones dan cuenta de un componente de tendencia a largo plazo

que incide en la persistencia de heterogeneidades estructurales que luego se reflejan en forma de desigualdades económicas. Otro componente fundamental que ayuda a explicar las asimetrías en las trayectorias de las capacidades productivas es que, para las industrias de bajo uso del conocimiento, la inversión tiene un efecto negativo, mientras que para las industrias de alto conocimiento este efecto es positivo.

Estos resultados sugieren que las asimetrías tecnológicas que diferencian las capacidades productivas entre ramas de actividad de bajo conocimiento y las de alto conocimiento están asociadas a la intensidad factorial en favor del capital que, en gran medida, se incorpora en los activos fijos importados, pues en Colombia el desarrollo de bienes de capital con alto contenido tecnológico es bajo (Ortiz & Uribe, 2012; Kampik & Dachs, 2011). En este sentido, los resultados informan sobre el papel que cumplen las heterogeneidades estructurales como condicionantes de la utilización productiva del conocimiento y el progreso tecnológico.

De acuerdo con Reinert (2002), una parte de las ganancias del progreso tecnológico se convierte en salarios más altos (distribución colusoria) y no tanto en reducción de precios. Los aumentos en los salarios pueden inducir cambios en las preferencias de los trabajadores, permitiendo que ahora prefieran bienes de mayor contenido tecnológico y por

tanto de mejor calidad (Scherer, 2007; Pasinetty, 1993; Argyrous, 2005; Nell, 2005). Aunque no cambien las preferencias, los aumentos en los salarios originan nueva demanda (Andersen, 2007), lo cual posibilita la incorporación de nuevas tecnologías y diversificación de la producción (Feijó & Tostes, 2012). De esta manera se configuran procesos de causación acumulativa que resultan de la complementariedad autorreforzada entre progreso técnico-oferta-demanda (Setterfield, 2005; Argyrous, 2005; Nell, 2005).

CONCLUSIONES

El progreso tecnológico, entendido como el proceso mediante el cual la producción económica integra los avances científicos y tecnológicos, convirtiéndolos en nuevo valor social, sucede de forma asimétrica entre las distintas actividades económicas. Por esta razón, en dicho proceso subyace un mecanismo generador de desigualdades económicas, el cual, en parte, es favorecido por las condiciones estructurales que caracterizan a cada economía. Así, los patrones estructurales contribuyen a determinar la distribución de las ganancias del desarrollo económico moderno, resultante de la utilización productiva de los avances tecnológicos. Sin embargo, es también la tecnología la que induce los cambios en la estructura económica, siguiendo ciclos de retroalimentación positiva.

En la industria colombiana, cerca de la mitad tanto de la producción como del empleo se genera en ramas de actividad de bajo conocimiento, por lo que la población vinculada a estas actividades enfrenta limitaciones en el acceso a las ganancias de la utilización económica del conocimiento. Adicionalmente, dadas las trayectorias históricas de la industria colombiana, marcadas por su dependencia de rentas monopólicas derivadas de la protección estatal, se crean rigideces a largo plazo, que impiden la incorporación amplia y profunda del progreso tecnológico. En consecuencia, la forma como se accede y se aprovecha productivamente este recurso está limitada por la heterogeneidad estructural, motivo por el cual la tecnología se propaga en forma asimétrica, induciendo procesos de desarrollo desiguales que se retroalimentan en el tiempo.

Los resultados empíricos obtenidos en esta investigación muestran que la incorporación del progreso tecnológico en la industria manufacturera colombiana se presenta de manera desigual, pues las ramas de actividad intensivas en uso del conocimiento tienen capacidades productivas diferentes a las que presenta la industria de bajo uso del conocimiento. Estas capacidades siguen patrones asociados a una intensidad factorial en favor del capital fijo, lo cual ofrece mejores posibilidades para incorporar nuevo conocimiento por

intermedio de bienes de capital con alto contenido tecnológico. Aquellas ramas de actividad que pueden incorporar eficientemente los avances tecnológicos, configuran trayectorias de desarrollo productivo y, por tanto, de generación de ganancias socioeconómicas persistentes a largo plazo. Dichas condiciones inducen al progreso tecnológico, guiado por las fuerzas del mercado, a retroalimentar ciertas desigualdades en el desarrollo económico y en la distribución de sus ganancias.

AGRADECIMIENTOS

A los evaluadores anónimos de la Revista, especialmente por las observaciones y sugerencias; gracias a ellas se pudo mejorar el documento apreciablemente. Al economista Stiven Alexander Hernández Buitrago, por su colaboración en la depuración de una parte de la base de datos. El autor asume, integralmente, la responsabilidad por las eventuales inconsistencias, errores y opiniones contenidas en este artículo.

FINANCIAMIENTO

La investigación para este artículo no recibió financiación de ninguna institución pública ni privada.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor de este artículo manifiesta que no existe conflicto de intereses de ninguna índole.

REFERENCIAS

- [1] Agazzi, E. (1998). From Technique to Technology: The Role of Modern Science. *Phil & Tech*, 4(2), 1-9.
- [2] Aghion, P., Antonin, C. & Bunel, S. (2021). *El poder de la destrucción creativa. ¿Qué impulsa el crecimiento económico?* Deusto.
- [3] Andersen, E. (2007). Innovation and Demand. In H. Hanusch & A. Pyka (2007). *Elgar Companion to Neo-schumpeterian Economics* (pp. 754-765). Eduard Elgar.
- [4] Antonelli, C. & Gehringer, A. (2015). The Competent Demand-Pull Hypothesis. In F. Crespi & F. Quatraro, *The Economics of Knowledge, Innovation and Systemic Technology Policy* (pp. 1538-2034). Routledge.
- [5] Argyrous, G. (2005). La demanda endógena en la teoría del crecimiento transformacional. En M. Setterfield (ed.), *La economía del crecimiento dirigido por la demanda* (pp. 247-260). Akal.
- [6] Audretsch, D. (1997). Technological Regimes, Industrial Demography and the Evolution of Industrial Structures. *Industrial and Corporate Change*, 6(1), 49-82. <https://doi.org/10.1093/icc/6.1.49>
- [7] Azebedo, R. & Teixeira, J. (2011). Structural Change and Macrodinamic Capabilities. *Nova Economia_Belo Horizonte*, 21(3), 331-349. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-63512011000300001>
- [8] Azebedo, R. & Trigg, A. (2015). A Neo-Kaldorian Approach to Structural Economic Dynamics. *Structural Change and Economic Dynamics*, (33), 25-36. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2015.02.002>
- [9] Basalla, G. (2011). *La evolución de la tecnología*. Editorial Crítica.
- [10] Barbosa, N., Faria, A. P. & Eiriz, V. (2014). Industry- and Firm-Specific Factors of Innovation Novelty. *Industrial and Corporate Change*, 23(3), 865-902. <https://biblio.uptc.edu.co:2147/10.1093/icc/dtt029>
- [11] Bielschowsky, R. (2009). Sesenta años de la CEPAL: estructuralismo y neoes- tructuralismo. *Revista de la CEPAL*, (97). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11278/097173194_es.pdf

- [12] Bogliacino, F., Lucchese, M., Nascia, L. & Pianta, M. (2017). Modeling the Virtuous Circle of Innovation. A Test on Italian firms. *Industrial and Corporate Change*, 26(3), 467-484. <https://biblio.uptc.edu.co:2147/10.1093/icc/dtw045>
- [13] Brunini, A., Fleitas, S. & Ourens, G. (2013). Espacio del producto y cambio estructural: un enfoque latinoamericano y una aplicación al caso uruguayo. *Economía e Sociedad*, 22(47), 197-235. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/article/view/864>
- [14] Burachik, G. (2000). Cambio tecnológico y dinámica industrial en América Latina. *Revista de la CEPAL*, (71), 85-104. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/12212/071085104_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [15] Camacho, J. & Maldonado, A. (2018). De la desindustrialización madura a la desindustrialización prematura: la dinámica e inflexión del debate teórico. *Investigación Económica*, 77(303), 130-160. <http://dx.doi.org/10.22201/fe.01851667p.2018.303.64157>
- [16] Cantner, U. & Krüger, J. (2007). Empirical Tools for the Analysis of Technological Heterogeneity and Change: Some Basic Building Blocks of Evolometrics. In H. Hanusch & A. Pyka (eds.), *Elgar Companion to Neo-schumpeterian Economics* (pp. 493-502). Edward Elgar.
- [17] Cantner, U. & Vannuccini, S. (2018). Elements of a Schumpeterian Catalytic Research and Innovation Policy. *Industrial and Corporate Change*, 27(5), 833-850. <https://biblio.uptc.edu.co:2147/10.1093/icc/dty028>
- [18] Capozza, C., Salomone, S. & Somma, E. (2020). Micro-Econometric Analysis of Innovative Start-Ups: The Role of Firm-Specific Factors and Industry Context in Innovation Propensity. *Industrial and Corporate Change*, 29(4), 935-957. <https://biblio.uptc.edu.co:2147/10.1093/icc/dtaa006>
- [19] Chena, P. I. (2010). La heterogeneidad estructural vista desde tres teorías alternativas: el caso de Argentina. *Revista de Comercio Exterior*, 60(2), 99-115. http://revistas.bancomext.gob.mx/rce/magazines/135/1/99_CHENA_heterogen.pdf
- [20] Ciarli, T. & Valente, M. (2016). The Complex Interactions Between Economic Growth and Market Concentration in a Model of Structural Change. *Structural Change and Economic Dynamics*, (38), 38-54. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2016.04.006>

- [21] Cimoli, M. (2007). *Progreso técnico y cambio estructural en América Latina*. CEPAL. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3683/1/S2007027_es.pdf
- [22] Cimoli, M. & Dosi, G. (1995). Technological Paradigms, Patterns of Learning and Development: An Introductory Roadmap. *Journal Evolutionary Economics*, (5), 243-268. <https://doi.org/10.1007/BF01198306>
- [23] Cimoli, M. & Porcile, G. (2014). Technology, Structural Change and BOP Constrained Growth: A Structuralist Toolbox. *Cambridge Journal of Economics*, (38), 215-237. <https://doi.org/10.1093/cje/bet020>
- [24] Cimoli, M., Porcile, G., Primi, A. & Vergara, S. (2005). Cambio estructural, heterogeneidad productiva y tecnología en América Latina. En M. Cimoli (ed.), *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina* (pp. 9-39). CEPAL-BID. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2800/S2005051_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [25] Cimoli, M., Porcile, G. & Rovira, S. (2010). Structural Change and the BOP Constraint: Why Did Latin America Fail to Converge? *Cambridge Journal of Economics*, (34), 389-411. <https://doi.org/10.1093/cje/ben060>
- [26] Cimoli, M. & Rovira, S. (2008). Elites and Structural Inertia in Latin America: An Introductory Note on the Political Economy of Development. *Journal of Economic Issues*, 42(2), 327-347. <https://www.jstor.org/stable/25511318>
- [27] Clausen, T., Pohjola, M., Sapprasert, K. & Verspagen, B. (2012). Innovation Strategies as a Source of Persistent Innovation. *Industrial and Corporate Change*, 21(3), 553-585. <https://biblio.uptc.edu.co:2147/10.1093/icc/dtr051>
- [28] Di Filippo, A. & Jadue, S. (1976). La heterogeneidad estructural: concepto y dimensiones. *El Trimestre Económico*, 43(169), 167-214. <http://www.jstor.org/stable/20856541>
- [29] Dinopoulos, E. & Sener, F. (2007). New Direction in Schumpeterian Growth Theory. In H. Hanusch y A. Pyka (eds.) *Elgar Companion to Neo-schumpeterian Economics* (pp. 688-704). Eduard Elgar.
- [30] Dosi, G. (1982). Technological Paradigms and Technological Trajectories. *Research Policy*, (11), 147-162. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(82\)90016-6](https://doi.org/10.1016/0048-7333(82)90016-6)

- [31] Dosi, G. & Nelson, R. (1994). An Introduction to Evolutionary Theories in Economics. *Journals of Evolutionary Economics*, (4), 153-172. <https://doi.org/10.1007/BF01236366>
- [32] Echavarría, J. J. (1999). Crisis e industrialización. Las lecciones de los treinta. TM Editores-Banco de la República-FEDESARROLLO.
- [33] Elster, J. (2000). *El cambio tecnológico. Investigación sobre la racionalidad y la transformación social*. Gedisa.
- [34] Fagerberg, J. (2000). Technological Progress, Structural Change and Productivity Growth: A Comparative Study. *Structural Change and Economic Dynamics*, 11(4), 393-411. [https://doi.org/10.1016/S0954-349X\(00\)00025-4](https://doi.org/10.1016/S0954-349X(00)00025-4)
- [35] Fagerberg, J. (2007). The Dynamics of Technology, Growth and Trade: A Schumpeterian Perspective. In H. Hanusch & A. Pyka (eds.), *Elgar Companion to Neo-schumpeterian Economics* (pp. 705-718). Edward Elgar.
- [36] Feijó, C. & Tostes, M. (2012). Importancia del sector industrial para el desarrollo de la economía brasileña. *Revista de la CEPAL*, (107), 115-36. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11551/107115136_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [37] Foster, J. (2007). Macro-econometrics. In H. Hanusch & A. Pyka (eds.), *Elgar Companion to Neo-schumpeterian Economics* (pp. 733-742). Edward Elgar.
- [38] Frenkel, A & Maital, S. (2015). Market-Based Demand-Driven Innovation. In F. Crespi & F. Quatraro (eds.), *The Economics of Knowledge, Innovation and Systemic Technology Policy* (pp. 2034-2908). Routledge.
- [39] Fu, X., Fu, X. M., Contreras, C. & Pan, J. (2021). Exploring New Opportunities Through Collaboration Within and Beyond Sectoral Systems of Innovation in the Fourth Industrial Revolution. *Industrial and Corporate Change*, 30(1), 233-249. <https://biblio.uptc.edu.co:2147/10.1093/icc/dtaa058>
- [40] García, J. (2006). Inserción exterior, transformación y desarrollo en la periferia. *Cuadernos de Economía*, 25(44), 57-99. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ceconomia/article/view/277/617>
- [41] Hirshman, A. (1958). *La estrategia de desarrollo económico*. Fondo de Cultura Económica.

- [42] Huerta de Soto, J. (2012). La esencia de la Escuela Austriaca y su concepto de eficiencia dinámica. *ICE Revista de Economía*, 1(865), 55-71. <http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/1493/1493>
- [43] Isabella, F. (2014). *Dinámica de los sectores productivos para el cambio estructural*. Documento de trabajo No. 5. Instituto de Economía, Universidad de la República, Uruguay. <https://ideas.repec.org/p/ulr/wpaper/dt-05-14.html>
- [44] Kampik, F. & Dachs, B. (2011). The Innovative Performance of German Multinationals Abroad: Evidence from the European Community Innovation Survey. *Industrial and Corporate Change*, 20(2), 661-681. <https://doi.org/10.1093/icc/dtr008>
- [45] Katz, J. (2007). Cambios estructurales y desarrollo económico. Ciclos de creación y destrucción de capacidad productiva y tecnológica en América Latina. *Revista de Economía Política de Buenos Aires*, 1(1), 71-93. http://bibliotecadigital-old.econ.uba.ar/download/ecopoli/ecopoli_v1_n1_05.pdf
- [46] Keynes, J. M. (1936). *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. Fondo de Cultura Económica.
- [47] Lorente, L. (2020). *Dinámica del crecimiento económico*. Universidad Nacional de Colombia.
- [48] Los, B. & Verspagen, B. (2007). Technology Spillovers and their Impact on Productivity. In H. Hanusch & A. Pyka (eds.), *Elgar Companion to Neo-schumpeterian Economics* (pp. 574-593). Eduard Elgar.
- [49] Malerba, F. (2007). Schumpeterian Patterns of Innovation and Technological Regimes. In H. Hanusch & A. Pyka (eds.), *Elgar Companion to Neo-schumpeterian Economics* (pp. 344-359). Eduard Elgar.
- [50] Mancini, M. & Lavarelo, P. (2014). Heterogeneidad estructural: origen y mutaciones de la problemática frente a las fases de internacionalización del capital. *Rev. H-industri@*, 8(15), 112-141. <https://ojs.econ.uba.ar/index.php/H-ind/article/view/733>
- [51] McCombie, J. & Roberts, M. (2005). El papel de la balanza de pagos en el crecimiento económico. En M. Setterfield (ed), *La economía del crecimiento dirigido por la demanda* (pp. 93-120). Akal.
- [52] Missio, F., Azevedo, R. & Jayme, F. (2017). Endogenous Elasticities and The Impact of the Real Exchange Rate on Structural Economic Dynamics.

- Structural Change and Economic Dynamics*, (42), 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2017.06.002>
- [53] Mokyr, J. (1993). *La palanca de la riqueza. Creatividad tecnológica y progreso económico*. Alianza Universidad.
- [54] Mokyr, J. (2003). *Long-term Economic Growth and the History of Technology*. Northwestern University.
- [55] Mokyr, J. (2008). *Los dones de Atenea. Los orígenes históricos de la economía del conocimiento*. Marcial Pons History.
- [56] Myrdal, G. (1968). *Teoría económica y regiones subdesarrolladas* (4.ª ed.). Fondo de Cultura Económica.
- [57] Nell, E. (2005). Notas sobre el crecimiento transformacional de la demanda. En M. Setterfield (ed.), *La economía del crecimiento dirigido por la demanda* (pp. 261-282). Akal.
- [58] Nelson, R. & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Harvard University Press.
- [59] Ortiz, C. & Uribe, J. (2012). *Crecimiento económico, industrialización y empleo*. Universidad del Valle.
- [60] Ocampo, J. A. (2008). La eficiencia dinámica: dinámica estructural y crecimiento económico en los países en desarrollo. *Revista de Trabajo* (5) 17-47. https://www.researchgate.net/publication/242736563_La_busqueda_de_la_eficiencia_dinamica_dinamica_estructural_y_crecimiento_economico_en_los_paises_en_desarrollo
- [61] Pasinetti, L. (1993). *Structural Economic Dynamics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511551444>
- [62] Pérez, C. (2004). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero. La dinámica de las grandes burbujas financieras y las épocas de bonanza. Siglo XXI Editores*. http://www.carlotaperez.org/pubs?s=tf&l=es&a=revoluciones_tecnologicascapitalfinanciero
- [63] Pierson, P. (2000). Increasing Returns, Path Dependence, and the Study of Politics. *The American Political Science Review*, 94(2), 251-267. <https://doi.org/10.2307/2586011>
- [64] Piketty, T. (2014). *El capital en el siglo XXI*. Fondo de Cultura Económica.

- [65] Piketty, T. (2015). *La economía de las desigualdades. Cómo implementar una distribución justa y eficaz de la riqueza*. Siglo XXI Editores.
- [66] Pinto, A. (1965). Concentración del progreso técnico y de sus frutos en el desarrollo Latinoamericano. *El Trimestre Económico*, 32(125), 3-69.
- [68] Pinto, A. (1970). Naturaleza e implicaciones de la “heterogeneidad estructural” de la América Latina. *El Trimestre Económico*, 37(145), 83-100. <http://www.jstor.org/stable/20856116>
- [69] Prebisch, R. (1981). *Capitalismo periférico. Crisis y transformación*. Fondo de Cultura Económica.
- [70] Prebisch, R. (2008). Hacia una teoría de la transformación. *Revista de la CEPAL*, (96), 27-71. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37447/1/RVE96_es.pdf
- [71] Reichstein, T. & Salter, A. (2006). Investigating the Sources of Process Innovation Among UK Manufacturing Firms. *Industrial and Corporate Change*, 15(4), 653-682. <https://biblio.uptc.edu.co:2147/10.1093/icc/dtl014>
- [72] Reinert, E. (2002). El papel de la tecnología en la creación de ricos y pobres: el subdesarrollo en un sistema schumpeteriano, *Cuadernos de Difusión*, 7(12), 7-38 <http://jefas.esan.edu.pe/index.php/jefas/article/view/117>
<https://hdl.handle.net/20.500.12640/1881>
- [73] Robert, G. & Yoguel, V. (2014). La dinámica compleja de la innovación y el desarrollo económico. En F. Barletta, V. Robert & G. Yoguel (eds.), *Tópicos de la teoría evolucionista neoschumpeteriana de la innovación y el cambio tecnológico* (vol. I) (pp. 124-186). Miño y Dávila, Universidad del General Sarmiento.
- [74] Robert, G. & Yoguel, V. (2016). Complexity Paths in Neo-Schumpeterian Evolutionary Economics, Structural Change and Development Policies. *Structural Change and Economic Dynamics*, (38), 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2015.11.004>
- [75] Rodríguez, O. (2006). *El estructuralismo latinoamericano*. CEPAL-Siglo XXI Editores. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/1952/1/S3389R696E_es.pdf

- [76] Saviotti, P. & Pyka, A. (2015). On the co-evolution of innovation and demand. In F. Crespi & F. Quatraro (eds.), *The Economics of Knowledge, Innovation and Systemic Technology Policy* (pp. 835-1537). Routledge.
- [77] Scherer, F. M. (2007). Schumpeter and the Micro-Foundations of Endogenous Growth. In H. Hanusch & A. Pyka (eds.), *Elgar Companion to Neo-schumpeterian Economics* (pp. 671-687). Edward Elgar.
- [78] Schmookler, J. (1979). Fuentes económicas de la actividad inventiva. En N. Rosemberg (ed.) *Economía del cambio tecnológico* (pp. 107-125). Fondo de Cultura Económica.
- [79] Schmutzler, J. & Lorenz, E. (2018). Tolerance, Agglomeration, and Enterprise Innovation Performance: A Multilevel Analysis of Latin American Regions, *Industrial and Corporate Change*, 27(2), 243-268. <https://biblio.uptc.edu.co:2147/10.1093/icc/dtx034>
- [80] Schumpeter, J. (1968). La respuesta creadora en la historia económica. En J. Schumpeter (ed.), *Ensayos*. Oikos.
- [81] Schumpeter, J. (1984). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Folio.
- [82] Setterfield, M. (2005). Un modelo kaldoriano de travesía: causación acumulativa, cambio estructural e histéresis evolutiva. En M. Setterfield (ed.), *La economía del crecimiento dirigido por la demanda* (pp. 255-243). Akal.
- [83] Silverberg, G., Dosi, G. & Orsenigo, L. (1988). Innovation, Diversity and Diffusion: A Self-Organisation Model. *The Economic Journal*, 98(393), 1032-1054. <https://doi.org/10.2307/2233718>
- [84] Villamil, J. (1998). Colombia: estructura industrial e internacionalización 1967-1996. DENP-COLCIENCIAS-MINCOMEX-MINHACIENDA-PROEXPORT. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/RevistaPD/1998/pd_vXXIX_n1_1998_art.8.pdf
- [85] Wooldridge, J. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press.
- [86] Young, A. (1928). Increasing Returns and Economic Progress. *The Economic Journal*, (8), 527-542. <https://doi.org/10.2307/2224097>