



Documentos de trabajo

Economía y Finanzas

N° 20-21

2020

**Cambio técnico y política económica: la teoría
y el caso colombiano (1950 - 2019)**

Carlos Esteban José Posada Posada

Cambio técnico y política económica: la teoría y el caso colombiano (1950-2019)

Technical change and economic policy: The theory and the Colombian case (1950-2019)

Carlos Esteban Posada P.¹

Noviembre 12, 2020

Resumen

La política favorable al crecimiento económico se basa en la teoría económica de una sociedad descentralizada (de mercado) cuya actividad productiva se expande en el largo plazo en medio de altibajos gracias al cambio técnico y al surgimiento, una y otra vez, de diversos obstáculos al proceso de crecimiento. En el caso colombiano de los últimos 70 años las tasas de crecimiento económico y de cambio técnico se han asociado a la movilización intersectorial de los recursos productivos, es decir, a lo que se denomina “cambio estructural”, y esto, a su turno, a políticas económicas (no siempre favorables).

Abstract

The right policy to economic growth is based on the theory of a decentralized (market) society whose productive activity expands in the long term amid ups and downs thanks to technical change and the emergence, time and again, of various obstacles to economic growth. In the Colombian case of the last 70 years, the rates of economic growth and technical change have been associated with the inter-sectoral mobilization of productive resources, that is, to what is called “structural change”, and this, in turn, to economic policies (sometimes no so right).

Clasificación *JEL* (*JEL Code*): E13, E32, N16, O11, O30, O33

Palabras claves: crecimiento económico, cambio técnico, cambio estructural, innovación, competencia monopolística, política económica,

Key words: economic growth, technical change, structural change, innovation, monopolistic competition, economic policy

¹ Grupo de Investigación: Estudios de Economía y Empresa, Profesor del departamento de Economía; Centro de Investigaciones Económicas y Financieras (CIEF), Universidad EAFIT, Carrera 49 Número 7 Sur 50, Medellín, Colombia; cposad25@eafit.edu.co.

I. Introducción

La política pro-crecimiento económico pertinente se basa en la teoría económica de una sociedad descentralizada (de mercado) cuya actividad productiva se expande en el largo plazo en medio de altibajos gracias a una serie de tensiones permanentes entre los motores del crecimiento y el surgimiento, una y otra vez, de diversos obstáculos a tal proceso.

Los modelos de crecimiento económico hacen parte de la teoría; son instrumentos que permiten precisión en diagnóstico y predicción, pero son simplificaciones que omiten aquella parte de la teoría consistente en reflexiones y discusiones de múltiples aspectos que se hacen de manera intuitiva pero que son importantes a la hora de diseñar propuestas de política. Por ello, la atención prestada a los modelos no es condición suficiente para llevar a buen término la tarea de los “hacedores” de la política pro-crecimiento.

Es conveniente, entonces, a mi juicio, que el diseño de la política tenga en cuenta la teoría de Schumpeter (1934) del crecimiento económico (y no solo los modelos schumpeterianos de los 3 últimos decenios). Según esta, el crecimiento económico se produce por oleadas de cambio técnico causantes de auges y posteriores recesiones (o depresiones) que, sin embargo, imponen una senda de avance de la producción en el largo plazo². Una política compatible con esto es aquella que consiste en adoptar varias medidas (primero unas; después otras) de efectos permanentes positivos sobre el nivel de la productividad total de los factores (PTF). Si los gobernantes logran esto, y persisten en repetir una y otra vez los episodios de adopción de medidas conducentes a tal fin, lograrán que la trayectoria de largo plazo de la PTF sea superior a la que se observaría en otro caso, a condición de que las recesiones o depresiones no se intenten atenuar con medidas de política de efectos indirectos (“colaterales”) negativos sobre la PTF.

El aumento de la PTF persistente o repetido durante un periodo de muchos años, así sea discontinuo, equivale a lo que los macroeconomistas denominan cambio técnico. En la teoría macroeconómica convencional se distinguen dos tipos de cambio técnico: exógeno y endógeno. Las opiniones de los académicos y “hacedores de política” sobre la posibilidad de que la política económica tenga incidencia en el cambio técnico se han sustentado en los últimos 35 años principalmente en un enfoque particular: el de los modelos de crecimiento endógeno, esto es, modelos en los cuales la PTF es una variable endógena. Aunque esto es razonable y conveniente, ha faltado prestarle más atención a la teoría de Schumpeter.

En las secciones siguientes (II a V) se describe en detalle lo anterior, la pertinencia del enfoque schumpeteriano y su relación con aquellas políticas capaces de tener un impacto positivo sobre el crecimiento económico de largo plazo. En la sección VI se discute el caso

² Sobre la teoría de Schumpeter, ver: Aghion *et al.* (2013).

colombiano (1950-2019). En la VII se resume y concluye. En el Anexo se hacen unas aclaraciones sobre el cambio técnico intensivo en capital *versus* el intensivo en trabajo.

Ya para terminar esta introducción cabe aclarar que varias de las instituciones sociales y su evolución a través del tiempo son asuntos de la máxima importancia para los temas de cambio técnico y crecimiento económico. Aun así, esto no será abordado en estas páginas en vista de las limitaciones propias a un escrito cuyo enfoque es, principalmente, macroeconómico y con una extensión que no debe ser demasiado larga.

II. Crecimiento económico y la economía de mercado

La teoría del equilibrio descentralizado, tanto inter-temporal como intra-temporal, es esencial para entender a cabalidad un proceso de cambio técnico y crecimiento económico. Esto significa que las versiones de algunos modelos de crecimiento que utilizan la metáfora de la economía centralizada bajo el dominio de un planeador social capaz de manipular todas las variables de control, con información completa sobre todo lo que hay que conocer para alcanzar el máximo bienestar social, y benevolente son inútiles para tal propósito, aunque tengan algunas ventajas para modelación y réplica de datos.

Ejemplos de la tesis anterior son los “milagros” y los fracasos económicos. El milagro chino acaecido con posterioridad a 1978 se entiende si se tiene en cuenta el renacimiento de la propiedad y actividad privadas en la agricultura, la llegada de inversión extranjera para crear y ampliar empresas, el resurgimiento de mercados de productos y fuerza laboral, la fundación (y ampliación) de empresas privadas en actividades urbanas por empresarios chinos, la liberación de precios y salarios, el desarrollo de un sistema crediticio favorable a la operación y expansión de empresas privadas, la fundación de mercados formales de acciones y la promoción de las actividades de comercio internacional.

Y en los milagros alemán y japonés de la segunda post-guerra mundial fueron elementos fundamentales el desmantelamiento de los monopolios ligados al establecimiento industrial-militar y la liberación de precios y salarios.

Pero los milagros no duran indefinidamente; se agotan por el éxito que generan: disminuyen significativamente el desempleo y el sub-empleo (Lewis, 1956), y las tasas de participación laboral, que una vez crecieron gracias a los estímulos asociados al milagro, terminan cayendo a causa de la mayor riqueza de las familias, y las jornadas laborales se reducen. Cuando se alcanza el pleno empleo, la tasa de crecimiento del producto por trabajador tiende a crecer solo por el impulso del cambio técnico.

En relación con lo anterior, W. Arthur Lewis dijo lo siguiente:

“Dada la seguridad política, el sector capitalista se encuentra en mejores condiciones de crecer si las oportunidades de inversión son muy lucrativas. En las primeras fases del desarrollo capitalista se dispone de una ilimitada oferta de mano de obra ... dispuesta a trabajar a salarios de subsistencia, aunque sólo sea porque la ocupación capitalista es pequeña en relación con la población total, pero con más razón si la economía está sobrepoblada, o si la población está creciendo con rapidez. En tales condiciones, prácticamente todos los beneficios del incremento en la productividad del sector capitalista se convierten en

utilidades. Estos incrementos pueden estar asociados al progreso tecnológico, o pueden deberse al aumento de las oportunidades de comercio, debido al mejoramiento de las comunicaciones o a descubrimientos geográficos. Cuanto más rápidamente se expandan las oportunidades de hacer inversión productiva, tanto más rápidamente aumentarán las utilidades y mayor será la acumulación de capital....Además, a medida que el sector capitalista absorbe más personas y deja de ser pequeño en relación con el resto, ya no es posible que se expanda a un nivel constante de salarios reales iguales a los más bajos niveles de subsistencia....Así, llega un momento en que la acumulación de capital aumenta los salarios reales....(Lewis, 1956, pp. 255 – 259).

Los fracasos se entienden si se observan los resultados de decisiones anti-mercado: estatizaciones, controles de precios, controles a las tasas de cambio, impuestos confiscatorios y creación o protección de monopolios permanentes.

III. Cambio técnico

En esta sección abordaremos los asuntos más elementales concernientes al cambio técnico, procurando responder las siguientes preguntas: ¿qué es?; ¿cómo se mide?; ¿de qué depende? Las respuestas nos conducirán, de nuevo, a la teoría de Schumpeter.

1. Su definición y expresiones formales

Antes de abordar los temas de definición, expresiones formales e implicaciones generales del concepto de cambio técnico en la Macroeconomía convencional, será útil leer, como se verá más adelante, lo que dijo Schumpeter (1934) sobre crecimiento económico (“desenvolvimiento económico”) y cambio técnico:

“Producir significa combinar materiales y fuerzas que se hallan a nuestro alcance. Producir otras cosas, o las mismas por métodos distintos, significa combinar en forma diferente materiales y fuerzas. ... En la medida en que...las nuevas combinaciones aparezcan en forma discontinua, podremos afirmar encontrarnos ante los fenómenos que caracterizan al desenvolvimiento. ... El desenvolvimiento, en nuestro caso, se define por la puesta en práctica de nuevas combinaciones.” (p. 76).

“Este concepto cubre los cinco casos siguientes: 1) La introducción de un nuevo bien -esto es, uno con el que no se hayan familiarizado los consumidores- o de una nueva calidad de un bien. 2) La introducción de un nuevo método de producción, esto es, de uno no probado por la experiencia en la rama de la manufactura de que se trate, que no precisa fundarse en un descubrimiento nuevo desde el punto de vista científico, y que puede consistir simplemente en una forma nueva de manejar comercialmente una mercancía. 3) La apertura de un nuevo mercado, esto es, un mercado en el cual no haya entrado la rama especial de la manufactura del país de que se trate, a pesar de que existiera anteriormente dicho mercado. 4) La apertura de una nueva fuente de aprovisionamiento de materias primas o de bienes semi-manufacturados, haya o no existido anteriormente, como en los demás casos. 5) La creación de una nueva organización de cualquier industria, como la de una posición de monopolio (por ejemplo, por la formación de un *trust*) o bien la anulación de una posición de monopolio existente con anterioridad...” (p. 77).

Es convencional en Macroeconomía expresar el producto de la sociedad (Y , usualmente el producto interno bruto) como una función del capital (K , el existente al inicio del período), el tiempo de trabajo (N , el utilizado a lo largo del período) y una variable de escala (Z) que se puede asociar a muchos factores, pero, principalmente, a la acumulación de resultados del proceso de cambio técnico. En lo que sigue supondremos que existe algún grado de sustitución en el margen, así sea pequeño, entre el capital y el trabajo, es decir, omitiremos un posible caso extremo: el de la complementariedad absoluta entre el capital y el trabajo (el caso de la función de producción denominada “de Leontief”); y, en general, supondremos que la función de producción tiene las propiedades convencionales³.

En unas economías y en determinadas épocas este proceso es, básicamente, el resultado de innovaciones sustantivas; en otras economías (o en otras épocas) puede ser principalmente el fruto de imitaciones, usualmente con adaptaciones a las condiciones locales. En todo caso, lo que podemos denominar cambio técnico no es sólo aquello derivado del avance científico; cobija muchos más elementos, algunos de ellos que parecerían tan simples, *a posteriori*, como una reorganización administrativa conducente a una mayor producción de una empresa con los mismos niveles de capital y trabajo, o, por lo mismo, a producir una cantidad similar de producto con menor cantidad de estos dos factores. En cualquier caso, el cambio técnico es una causa importante de la reducción del costo real unitario (costo real total/cantidad producida).

También es convencional suponer que la función de producción agregada (la que correspondería al conjunto de la economía) puede expresarse como una función del tipo Cobb-Douglas con rendimientos de escala constantes, así:

$$Y_t = Z_t K_t^\alpha N_t^{1-\alpha}; 0 < \alpha < 1$$

Siendo Z la productividad total de los factores (PTF, denominada antes una variable de escala, y a veces llamada “el residuo de Solow”⁴) y α la elasticidad del producto con respecto al capital (que, supuestamente, es un parámetro tecnológico).

En tal caso, lo anterior se puede re-expresar así:

$$(1) Y_t = K_t^\alpha \left(Z_t^{\frac{1}{1-\alpha}} N_t \right)^{1-\alpha} = K_t^\alpha (A_t N_t)^{1-\alpha}$$

Siendo $A = Z^{\frac{1}{1-\alpha}}$

Significa lo anterior que el proceso de cambio técnico (el aumento de Z), bajo el supuesto de rendimientos de escala constantes, está asociado a un proceso de aumento de la eficiencia en

³ Productividades marginales de cada factor positivas pero decrecientes, y productividades marginales cruzadas positivas.

⁴ En honor a Robert Solow y a sus trabajos pioneros de 1956 y 1957 sobre el cambio técnico y la función de producción agregada; ver: Solow (1956 y 1957).

el uso de la fuerza de trabajo (el aumento de A). Es más, dada la magnitud del parámetro α , la relación entre los factores Z y A no es lineal pero es siempre positiva.

Eliminemos ahora el supuesto de rendimientos de escala constantes. En tal caso el producto social se expresa así:

$$(2) \quad Y_t = K_t^\alpha (A_t N_t)^\beta; \quad \alpha + \beta \neq 1$$

Siendo β el parámetro que se interpreta como la elasticidad del producto con respecto al trabajo, y es, también, el otro factor tecnológico. Por tanto, el producto (medio) por trabajador es:

$$y_t = \frac{Y_t}{N_t} = A_t^\beta \left(\frac{K_t}{N_t} \right)^\alpha N_t^{\alpha+\beta-1}; \quad \text{sea: } \frac{K_t}{N_t} = k_t$$

\Rightarrow

$$(2.a) \quad \log y_t = \beta \log A_t + \alpha \log k_t - [1 - (\alpha + \beta)] \log N_t$$

En lo que sigue utilizaremos la siguiente expresión:

$$\frac{d \log X_t}{dt} = \hat{X}$$

Usando esta expresión, la ecuación 2.a implica que:

$$(2.b) \quad \hat{y} = \beta \hat{A} + \alpha \hat{k} - [1 - (\alpha + \beta)] \hat{N}$$

Por tanto:

$$(2.c) \quad \hat{N} = \frac{\beta \hat{A} + \alpha \hat{k} - \hat{y}}{1 - (\alpha + \beta)}$$

De acuerdo con la ecuación 2. c, si los rendimientos de escala son crecientes ($\alpha + \beta > 1$), un proceso de cambio técnico daría lugar a una caída de la cantidad total de trabajo utilizada (es decir, $\hat{N} < 0$) a menos que la tasa de crecimiento del producto por trabajador fuese tan alta o mayor que el promedio ponderado de las tasas de cambio técnico y de aumento del capital por trabajador. Y, es obvio, si por alguna razón el cambio técnico se presenta como un proceso que implica un aumento de los parámetros α o β , si $\alpha + \beta > 1$, entonces más probable será que induzca la caída del nivel de ocupación de la fuerza laboral (dada la relación de precios del trabajo y del capital).

En el caso de rendimientos de escala decrecientes, es decir, cuando $\alpha + \beta < 1$, el progreso técnico iría acompañado, según 2. c, de aumentos del uso del trabajo, a menos que la tasa de crecimiento del producto por trabajador fuese tan alta o mayor que el promedio ponderado de las tasas de cambio técnico y de aumento del capital por trabajador.

Y en el caso de existencia de rendimientos de escala constantes ($\alpha + \beta = 1$), la ecuación 2.a implica que:

$$\log y = (1 - \alpha)\log A + \alpha \log k$$

⇒

$$(2. d) \hat{y} = (1 - \alpha)\hat{A} + \alpha\hat{k}$$

Una característica de un sendero de estado estable, suponiendo rendimientos de escala constantes, es que en tal trayectoria se cumple lo siguiente:

$$(2. e) \hat{y} = \hat{k}$$

Aplicando la condición 2.e en 2.d resulta que:

$$(2. f) \hat{y} = \hat{A}$$

En otros términos, el supuesto de rendimientos de escala constantes genera dos predicciones importantes y precisas, a saber: en el largo plazo, el único motor del crecimiento económico o aumento del producto por trabajador es el cambio técnico, y la tasa de aumento de la relación capital/trabajo (o aumento del nivel medio del capital por trabajador) es igual a la del aumento de la eficiencia laboral.

Una discusión complementaria a la anterior es la siguiente: si, además de suponer que la función de producción agregada tiene las propiedades convencionales, suponemos que los agentes optimizan (bajo información perfecta o bajo expectativas racionales), entonces es fácil demostrar que un aumento de la elasticidad del producto con respecto al capital, α , (así sea por una sola vez pero permanente) es una manera formal y sintética de dar cuenta de un cambio técnico exógeno (es decir, no causado por alteraciones del precio relativo de los factores de producción) que causa aumentos del monto del capital y de la relación capital/trabajo (es decir, un cambio técnico exógeno intensivo en capital y ahorrador de trabajo). De manera simétrica, considerar un incremento de la elasticidad del producto al trabajo, β , es la forma sintética de expresar el resultado de un cambio técnico exógeno conducente a aumentar la cantidad de trabajo y la relación trabajo/capital (un cambio técnico intensivo en trabajo y ahorrador de capital). En el Anexo se expone con detalle este asunto⁵.

Hay varias formas de medir el cambio técnico. Una usual consiste en apelar a las estimaciones de producto, capital y trabajo agregados, y a las de los parámetros α y β para calcular la tasa de crecimiento de la variable A . Así, por ejemplo, recurriendo a la ecuación 2. b se puede calcular la magnitud de la tasa de crecimiento de A puesto que:

$$(2. d) \hat{A} = \frac{\hat{y} - \alpha\hat{k} - [1 - (\alpha + \beta)]\hat{N}}{\beta}$$

En el caso de rendimientos de escala constantes ($\beta = 1 - \alpha$), resulta que:

⁵ En Zuleta (2008) se encuentra una discusión detallada sobre funciones de producción, cambio técnico y distribución factorial del ingreso.

$$(3) \quad \hat{A} = \frac{\hat{y} - \alpha \hat{k}}{1 - \alpha}$$

2. Un proceso persistente en el tiempo

Una expresión usual incorporada en los modelos macroeconómicos que contemplan el cambio técnico como un proceso exógeno es la siguiente (ver: Romer 2012, ecuaciones 5.8 y 5.9):

$$(4) \quad A_t = e^{(\bar{A} + gt + \widetilde{A}_t)}$$

⇒

$$(4.a) \quad \ln A_t = \bar{A} + gt + \widetilde{A}_t;$$

Siendo \bar{A} , g , \widetilde{A}_t , la magnitud inicial de la serie de la variable de eficiencia, la tasa de crecimiento de la eficiencia (única en ausencia de choques aleatorios-imprevistos) y un componente estocástico que se “alimenta” de choques aleatorios, respectivamente.

El componente estocástico sigue una ley que corresponde a un proceso que logra que tal componente declinase hasta desaparecer si no fuese porque continuamente resulta perturbado por choques aleatorios, unos positivos y otros negativos. La serie temporal de tales choques tiene media 0 y varianza constante (para un tamaño de muestra dado), como se expresa a continuación:

$$(5) \quad \widetilde{A}_t = \rho_A \widetilde{A}_{t-1} + \varepsilon_{A,t};$$

$\varepsilon_{A,t}$: variable aleatoria; $\bar{\varepsilon}_A = 0$; σ_{ε_A} : finita

$$-1 < \rho_A < 1$$

Dadas las características del proceso estocástico descrito mediante la ecuación 5, es fácil comprobar que la tasa de cambio técnico tiende a ser igual, en el largo plazo, a aquella que se observaría en ausencia de choques:

$$(4) \text{ y } (5) \Rightarrow$$

$$(6) \quad \hat{A} = \frac{d \ln A_t}{dt} \rightarrow g$$

El conjunto de modelos de crecimiento económico en los cuales la tasa de cambio técnico de largo plazo es igual a un parámetro (exógeno), bien sean modelos determinísticos o bien que incorporen choques periódicos aleatorios (cuyos efectos se van agotando a través del tiempo), se denomina teoría del crecimiento exógeno (incluyendo en esta la teoría de los “ciclos económicos reales”). Puesto que lo usual es que tales modelos incorporen mecanismos de estabilización de la relación capital/producto en el largo plazo, ellos predicen la convergencia de la tasa de crecimiento del producto por trabajador a la tasa de cambio técnico de largo plazo, que, por hipótesis, es exógena.

¿Qué papel puede jugar, entonces, la política económica en la teoría y los modelos del crecimiento exógeno?

Ninguno, según las ecuaciones 4 y 5.

De otra parte, los modelos de crecimiento endógeno se caracterizan por sus intentos de explicar la tasa de cambio técnico, cada uno haciendo énfasis en algún motor específico. Los más famosos e interesantes, además de ser de economía cerrada, se concentran en los procesos de acumulación de capital humano y de invenciones científicas o tecnológicas, omitiendo choques aleatorios. En cada caso, la tasa de cambio técnico y, por ende, la de crecimiento económico dependen de parámetros (exógenos) asociados a grados de eficiencia o a costos reales.

El modelo de crecimiento basado en la acumulación de capital humano vía educación formal, aprendizaje de oficios, entrenamiento en el lugar de trabajo o aprendizaje en la práctica (cuyos orígenes formales se encuentran en Schultz, Becker, Arrow, Uzawa, y Lucas, entre otros; ver Lucas 2002, cap.1) permite deducir una relación positiva entre la tasa de crecimiento del producto por trabajador y unos parámetros de preferencias, tecnológicos y de eficiencia del proceso de transformación de una parte del tiempo total de trabajo disponible de la sociedad en mayor capital humano por trabajador. Esta mayor oferta contribuye, a su vez, a sostener la rentabilidad de la mayor acumulación de capital físico por trabajador, con lo cual se puede perpetuar el proceso de crecimiento económico.

El otro ejemplo es el modelo cuyo motor de crecimiento es todo aquello que incide en la eficiencia o en el costo de las actividades innovadoras (Jones, 2002, cap. 5; Weil, 2009, cap. 8; Aghion y Howitt, 2009). De acuerdo con este modelo, el incentivo para la inversión de capital y el desarrollo de proyectos en tales actividades es la expectativa de ganancias extraordinarias, aunque probablemente transitorias, gracias a la posición de monopolio temporal que adquiere cada innovador (primero uno, después otro, y así sucesivamente). El monopolio temporal puede ser otorgado por el sistema de patentes y derechos de autor, por la posibilidad de mantener en secreto durante algún tiempo las fórmulas, planos, programas, etc., de aspectos técnicos o comerciales de los procesos productivos o por cualquier otro medio.

Pero, ¿cuál es el problema con estos modelos? En realidad, son dos:

- 1) En los modelos de crecimiento endógeno no se encuentra una conexión inmediata entre una cierta política económica específica y alguno de sus parámetros o variables exógenas. Podría decirse que se requeriría no solo entender el modelo sino, además, aplicar alguna sabiduría económica adicional (basada en teoría) y relativa a la sociedad y época concretas para poder justificar alguna medida específica de política económica conducente a lograr una mayor velocidad de funcionamiento del motor de crecimiento económico contemplado por el modelo teórico. Así, por ejemplo, cuando Lucas (2002, cap. 1, pp. 46 y ss.) discutió una versión de su modelo de crecimiento y capital humano concentrada exclusivamente en el caso del aprendizaje en la práctica ("*Learning by doing*") demostró que la estrategia de política denominada

“sustitución de importaciones” podría conducir a una mayor tasa de crecimiento de la economía, al menos durante una cierta época, que la estrategia de promoción de exportaciones si se pudiese suponer que aquellos sectores inicialmente beneficiados por aquella estrategia tienen tecnologías bajo las cuales el aprendizaje en la práctica es de mayor alcance que en los sectores que inicialmente se beneficiarían de la estrategia alternativa, la de “promoción de exportaciones”, y que gozan, inicialmente, de ventaja comparativa en la economía internacional.

- 2) En el mundo real funcionan simultáneamente varios motores de crecimiento y, adicionalmente, surgen y desaparecen restricciones, obstáculos y cuellos de botella que afectan la expansión de la economía, de manera que hay continuos choques positivos y negativos sobre la actividad económica y sobre los mercados de factores de producción; así mismo, la importancia de cada motor o de cada restricción puede cambiar a través del tiempo.

Por tanto, un gobierno debe estar tomando decisiones concretas y específicas de política relativas a los varios motores y a la evolución de los diferentes obstáculos y restricciones al proceso de crecimiento en casi cada momento de su mandato, en tanto que cada modelo de crecimiento endógeno, por su propia naturaleza teórica, solo puede, a lo sumo, sugerir una estrategia general referida al buen funcionamiento o a la repotenciación de un solo motor específico.

En términos muy simples y formales lo anterior se puede entender más a fondo apelando a lo que, a mi juicio, hubiese podido decir Schumpeter observando las ecuaciones 4 y 5.

En efecto, según Schumpeter, el proceso de crecimiento económico (“desenvolvimiento económico”) tendría que ser caracterizado así:

$$(7) \quad g = 0; \quad \varepsilon_{A,t}: \text{variable aleatoria}$$

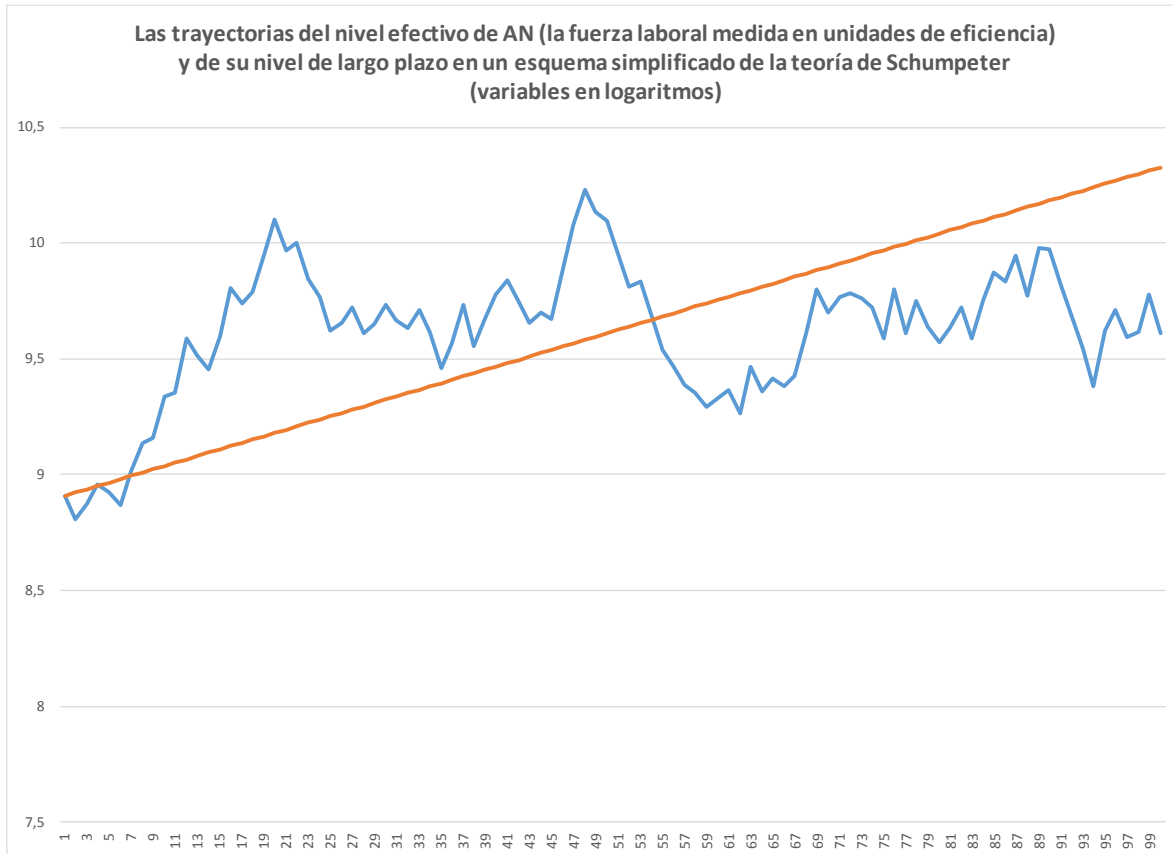
$$\text{pero con: } (8) \quad \bar{\varepsilon}_A > 0; \quad \sigma_{\varepsilon_A}: \text{finita}$$

En cada época o período la tasa de crecimiento de A , es decir, \hat{A} , es variable; habrá auges y depresiones asociados a oleadas de cambio técnico (incluyendo choques transitorios negativos de productividad multifactorial) y a sus consecuencias posteriores, y es determinada por cada valor que toma, en un momento t , la variable aleatoria $\varepsilon_{A,t}$; la serie de esas oleadas determinará el crecimiento de largo plazo y la secuencia de los ciclos pues el proceso de crecimiento está íntimamente ligado a los ciclos. En el corto (y mediano) plazo las variaciones del capital y del producto serán de intensidad diferente a las de las variables A y N . Y cuanto mayor sea la importancia del elemento aleatorio en las oleadas de cambio técnico más irregulares serán los ciclos en cuanto a su duración, amplitud y frecuencia.

El gráfico 1 es una ilustración de lo que podría ser una representación simplificada de la teoría de Schumpeter, es decir, lo que resulta de aplicar las ecuaciones 4, 5, 6 y 7, suponiendo, para simplificar, que la fuerza laboral (N) es una magnitud constante. El ejercicio que dio lugar al gráfico resultó de suponer que la serie de los choques aleatorios $\varepsilon_{A,t}$ tiene una distribución uniforme entre 0 y 1, así que la media de la serie (100 choques) es mayor que 0.

El parámetro del proceso auto-regresivo, ρ_A , tiene un valor 0,9. La serie de la variable A es, por tanto, ascendente; además, la varianza de esta serie no tiende a crecer ni a decrecer (aunque fluctúa) al alargar su horizonte temporal.

Gráfico 1



¿Qué tan cercano es lo anterior a lo que dijo Schumpeter (1934) sobre cambio técnico y su relación con un proceso de crecimiento económico en medio de auge y depresiones?

Veamos:

“¿por qué no procede el desenvolvimiento económico, en nuestro sentido, con la misma regularidad con que crecen los árboles, sino a saltos? ¿Por qué presenta esas alzas y bajas características?”

“ a) Si las nuevas empresas aparecieran en forma independiente una de otra, no habría auge ni depresión....Pues su aparición sería, en general, continua; se hallarían distribuidas en forma pareja en el tiempo ...(p. 224)...b) ¿Por qué no aparecen continuamente los empresarios, o sea individualmente, en cada intervalo escogido apropiadamente, sino en grupos? *Exclusivamente por el hecho de que la aparición de uno o más empresarios facilita la de otros, y estos a su vez la de nuevos grupos, cada vez en mayor número...* “ (p. 228)—

c) La aparición en grupo de los empresarios, que es la única causa del auge, tiene un efecto cualitativamente diferente sobre el sistema económico del que tiene una aparición continua

distribuida por igual en el tiempo... (p. 230) ..., la aparición por grupos exige un proceso especial y característico de absorción, de incorporación de nuevas cosas, y de adaptación a ellas del sistema económico.... Ese proceso es la esencia de las depresiones periódicas que pueden, por tanto, ser definidas desde nuestro punto de vista como la lucha del sistema económico por alcanzar una nueva posición de equilibrio, o su adaptación a los datos alterados por la perturbación producida por la expansión. ...” (p. 231).

Creo que lo anterior se puede interpretar así: una innovación y la correspondiente creación de una empresa innovadora desatan una dinámica, a saber: da lugar a externalidades positivas (economías de aglomeración), es decir, incita a la acumulación de más capital y creación de nuevas empresas, hasta que se genera la saturación, es decir, la sobre-reacción de la acumulación de capital; surgen entonces externalidades negativas o “deseconomías” de aglomeración; se frena este auge, hay posibles crisis financieras y, en todo caso, depresión, hasta que surge otra oleada de innovación y rápida acumulación de capital, y así sucesivamente.

IV. Reasignación intersectorial de recursos, cambio estructural y cambio técnico

Los macroeconomistas consideran que aquello que es el motor de crecimiento económico, es decir, del aumento del producto *per cápita* y por trabajador en el largo plazo no es algo asociado de manera inherente a la naturaleza física de las actividades económicas; es simplemente el conjunto de acciones que se plasman en un aumento del producto de la empresa típica por unidad de cada factor de producción utilizado y, entonces, en mayores ganancias por unidad de factor (de manera transitoria) y menores costos (de manera permanente). Para los macroeconomistas esto es lo que se llama cambio técnico (pero no solo esto, como se verá en el siguiente párrafo), y la relación de esto con innovación técnica, invenciones, aportes de frontera por ingenieros y científicos, etc., es una relación positiva pero floja y rezagada. En muchas ocasiones el cambio técnico resulta de modestas modificaciones de las modalidades previas de producción o de sencillas imitaciones y adaptaciones.

Pero lo anterior no obsta para reconocer que puede haber una asignación de recursos distorsionada: demasiada asignación (y sub-utilización) de recursos en algunas actividades y demasiada poca en otras de manera que la distribución sectorial de las productividades marginales del capital, ponderadas por los precios relativos de los productos, no es uniforme a causa de instituciones (legislación, etc.), privilegios y sobre-costos que se constituyen en barreras a la movilidad de los factores. Cuando esto sucede se puede hablar de sectores o actividades (relativamente), unos, poco productivos, y otros, altamente productivos. En la medida en que se remuevan los obstáculos a la movilidad y traslado de recursos, y mientras dure este proceso, las tasas de crecimiento de la economía y de la PTF podrán ser más altas, permaneciendo lo demás constante (Restuccia y Rogerson, 2008). Eso significa que durante tal proceso habrá más producción agregada por cada unidad de factores, es decir, mayor cambio técnico. Pero esto no equivale a afirmar que hay producciones cuyas características físicas hacen que los factores utilizados en ellas siempre sean, en unos casos, más productivos y, en otros, menos productivos.

Así como una economía puede crecer más rápido y con mayor cambio técnico durante un cierto tiempo gracias a una reasignación de recursos desde actividades con bajos niveles de TFP hacia otros con mayores niveles, como se anotó en el párrafo anterior, también puede suceder lo contrario, un “cambio estructural regresivo”, como se podrá observar a continuación.

Para centrarnos en el asunto fundamental generador de cambio estructural regresivo, a continuación utilizaremos un modelo sencillo. El modelo supone lo siguiente: una economía que destina todo lo que produce a consumo e inversión domésticos. El PIB es producido por dos tipos de empresas: grandes y pequeñas. Ambos tipos de empresas producen bajo funciones de producción Cobb-Douglas con capital y trabajo, rendimientos de escala constantes y marginales decrecientes, e iguales elasticidades del producto a los factores. La TFP de la empresa representativa grande es superior a la de la empresa representativa pequeña, pero los niveles de ambas TFP son constantes (no hay cambio técnico en el nivel microeconómico). Las sumas de las demandas de capital y trabajo de todas las empresas son iguales a unas ofertas exógenas de capital y fuerza laboral. El salario real pagado por una empresa es igual a lo pagado por cualquiera otra. Tanto el salario real como la tasa de interés real son precios flexibles. Supondremos, además, que en una situación inicial la tarifa media del impuesto a la ganancia (que es el único impuesto) es igual a la marginal y es uniforme para todo tipo de empresas. Con estos supuestos, la situación inicial es un estado estable (sin cambio técnico y, entonces, con inversión bruta igual a la depreciación del capital) en el cual se cumple que la productividad marginal del capital y la rentabilidad marginal del capital (neta de impuestos) son uniformes en toda la economía, así que el PIB total es el máximo posible, dadas las cantidades totales de los recursos disponibles. En esta situación son irrelevantes el número de empresas grandes y pequeñas y el número total de empresas.

Las siguientes ecuaciones resumen lo anterior:

$$(1) \text{ PIB} = \text{consumo} + \delta K = GY_g + PY_p;$$

$$(2) Y_g = Z_g K_g^\alpha N_g^{1-\alpha};$$

$$(3) Y_p = Z_p K_p^\alpha N_p^{1-\alpha};$$

$$(4) GK_g + PK_p = K^s;$$

$$(5) GN_g + PN_p = N^s;$$

$$(6) r = \left[\alpha Z_g \left(\frac{N_g}{K_g} \right)^{1-\alpha} - \delta \right] (1 - \tau) = \left[\alpha Z_p \left(\frac{N_p}{K_p} \right)^{1-\alpha} - \delta \right] (1 - \tau)$$

$$(6) \Rightarrow$$

$$(7) \frac{N_g/K_g}{N_p/K_p} = \left(\frac{Z_p}{Z_g} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}}$$

Siendo δ, G, P, τ la tasa de depreciación del capital, el número de empresas grandes, el número de empresas pequeñas y la tarifa (media y marginal) de impuesto a la ganancia, respectivamente. Los demás símbolos representan lo mismo que los utilizados en la sección III y los sub-índices g y p denotan la referencia de las variables a empresas grandes o pequeñas.

Supongamos ahora que se presenta un *shock* inesperado pero de efectos permanentes: se eleva la tarifa del impuesto a la ganancia de las empresas grandes: esta pasa de 0,14 a 0,22. En la transición pueden suceder varias cosas pero, agotada la transición, resulta lo que se denomina la situación final (suponiendo que la diferencia entre las tarifas de impuestos no induzca presiones políticas para nuevas reformas tributarias).

Los cuadros 1, 2 y 3 contienen los valores de los parámetros, las variables exógenas y las endógenas del estado inicial; el cuadro 4 presenta la situación final.

α	0,35
δ	0,05
Z_g	1
Z_p	0,5
K_g	1000
N_g	500

$\tau_g = \tau_p = \tau$	0,14
$G = P$	100
N_p	145
K^s	110000
N^s	64500

$\frac{N_g}{K_g}$	0,345
$\frac{N_p}{K_p}$	
K_p	100
$PmgK_g = PmgK_p$	0,223
r	0,149
Y_g	637,3
Y_p	63,6
PIB	70094
Z	0,9
$\frac{K_p}{N_p}$	0,69

Cuadro 4. Variables endógenas y exógenas	
Situación final	
Con distorsión: $\tau_g = 0,22$; $\tau_p = 0,14$	
N_p ; supuesto	82,4
K_p	111,73
K_p/N_p	1,36
N_g/K_g	0,68
N_p/K_p	
$Pm.gK_g$	0,223
$Pm.gK_p$	0,207
r	0,135
Y_g	637,3
Y_p	66,2
G ; supuesto	70
P	358
PIB	68302
Z	0,88
Promedio ponderado de τ	0,153

Como se observa en el cuadro 3, la existencia de empresas heterogéneas en cuanto a la TFP no es impedimento para alcanzar un estado estable siempre y cuando no haya distorsiones de política económica con respecto a la tributación de las ganancias; en tal caso, las relaciones entre capital y trabajo en cada empresa se ajustan de manera que las productividades marginales del capital y, por ende, las rentabilidades se igualen entre sí. Y con ello se logra el máximo producto agregado y, entonces, los máximos niveles de consumo y bienestar social.

Pero cuando se crea la distorsión de política (en este ejemplo, cuando se aumenta solo la tarifa del impuesto a las empresas grandes), el capital migra hacia el sector de las pequeñas (para simplificar, se supuso que la migración implica la reducción del número de empresas grandes, dejando constante el capital y el trabajo en cada una de las que sobreviven), aumentándose el número de empresas, el capital total y la relación entre capital y trabajo en el sector de empresas pequeñas⁶. El resultado macroeconómico interesante de todo esto es que con los mismos niveles de capital y trabajo agregados de la situación inicial se tendrá, ahora, en la nueva situación, un PIB menor (2,6% menor), lo que significa una TFP agregada menor (2,3%), a causa de un aumento de la tarifa a las empresas grandes (la nueva tarifa

⁶Este ejemplo es consistente con el énfasis de Zuleta y Gamboa (2019) en cuanto a la importancia del traslado de capital entre sectores para la determinación del PIB por trabajador en el caso colombiano.

media ponderada por los números finales de empresas grandes y pequeñas es “solo” 15,3%, esto es “apenas”, como diría el gobernante, 8,5% superior a la inicial). Es decir, aunque las TFP de las empresas individuales sean variables exógenas, el cambio estructural (es decir, las modificaciones en la estructura sectorial de capitales y fuerza laboral) convierte la TFP en una variable endógena.

V. Política económica

Esta sección contiene consideraciones sobre las eventuales relaciones entre el ritmo de cambio técnico y aquellas políticas económicas que podrían tener los mayores efectos sobre éste, a saber: la política educativa (y de capacitación), la política de competencia y monopolio; la política de comercio exterior e inversión extranjera; la política fiscal y la política financiera y monetaria. En la discusión de todos los casos quedará evidente que los efectos positivos de la política se logran de manera indirecta en vista de que nos referiremos a políticas diseñadas para incidir en las capacidades, incentivos y, entonces, en las conductas de agentes que operan en una economía de mercado.

Política educativa y de capacitación

Esta política agrupa la estrategia general y el conjunto de medidas gubernamentales tendientes a ampliar la cobertura y la calidad de la educación, incluyendo lo referente a capacitación laboral.

Son varias las razones para justificar ese propósito. Pero dos de ellas son importantes para 1) el acceso a nuevas tecnologías a los distintos miembros de la fuerza laboral y 2) propiciar mayores oportunidades y facilidades de creación de nuevas empresas cuyo propósito es innovar en lo referente a nuevos productos, procesos o métodos, etc⁷.

En el caso de muchas sociedades actuales, entre ellas Colombia, las coberturas en materia de educación primaria y secundaria son relativamente altas, y la gran brecha educativa entre niños y jóvenes de familias pobres y ricas se presenta en términos de diferencias sustanciales en la calidad de la educación. Las mejoras en esto probablemente sean la forma más adecuada de alcanzar los objetivos perseguidos con la política educativa cuando la cobertura supera ya 80% de los niños y jóvenes pertenecientes a familias pobres.

En este caso, la restricción dominante no es la insuficiencia de recursos públicos para la educación sino otra: la existencia de privilegios que se constituyen en obstáculos para cambiar las modalidades de enseñanza a favor de alternativas que permitirían mejoras sustanciales de la calidad por cada unidad monetaria destinada a la educación proveniente del erario público; esto explica que el tema de la política educativa no pueda considerarse como simplemente un sub-capítulo del tema del gasto público.

Política de competencia y monopolio

⁷ Con respecto a los efectos de la educación en el surgimiento y avance de nuevas empresas y de la innovación, véase: Akcigit *et al.*, 2020; y Balsmeier *et al.*, 2020.

Las experiencias de varios países europeos, España, Holanda y otros, pero principalmente las de Inglaterra durante los siglos XVII y XVIII, en los albores de la revolución industrial, en cuanto a la creación de incentivos materiales que redujesen sustancialmente la brecha tradicional entre el gran beneficio social de la innovación y el insignificante captado por el propio innovador fueron espectaculares en lo que respecta a acelerar el ritmo del cambio técnico. El sistema actual de patentes es un resultado de un desarrollo que se remonta a la ley inglesa de patentes de 1624, y es un mecanismo generalmente considerado útil para el fomento de las innovaciones por su capacidad para “internalizar” en cabeza del inventor un parte significativa de los beneficios sociales de su invento⁸.

El sistema de patentes es, en esencia, una institución que otorga un derecho (por norma jurídica) de monopolio a la explotación de un negocio basado en la producción y venta de lo que resulta de un invento durante un cierto tiempo; más largo en unos casos, más corto en otros. Este sistema procura, entonces, crear monopolios transitorios.

En términos generales, ¿cómo evaluar desde un punto de vista macroeconómico el beneficio social de un sistema de patentes? Comparando el bienestar social en una economía bajo dos alternativas: la alternativa 1 o referida a lo que sucedería existiendo el sistema de patentes; la alternativa 2 sería la del caso contrario.

Bajo la alternativa 1 el cálculo del bienestar social debe tener en cuenta la serie de las utilidades futuras de los consumidores (en un horizonte de, digamos, 30 años) que dependerán positivamente de un cambio técnico, y la magnitud de éste dependiendo de la probabilidad de que sea mayor si hay un sistema de patentes que si no lo hay. Pero, bajo esta alternativa, hay que restar las pérdidas de utilidades futuras asociadas a los mayores precios de monopolio de los bienes patentados durante los años en los cuales rige cada patente (o, para simplificar, la patente típica).

Bajo la alternativa 2 el método de cálculo sería similar, pero hay que hacer una hipótesis sobre la magnitud del cambio técnico sin sistema de patentes, y otra sobre lo que serían los precios de monopolio (mientras se logren conservar los secretos industriales, etc.) en ausencia de patentes.

¿En qué casos sería preferible la alternativa 2? Si se supone que el sistema de patentes hace un aporte relativamente pequeño a la tasa de cambio técnico esperada para, digamos, los próximos 30 años o si se estima que los precios de monopolio cuando hay protección de patentes son relativamente grandes comparándolos con los que regirían cuando no la hay, entonces la conclusión sería que el sistema de patentes reduce el bienestar social. No es de extrañar, entonces, que algunos economistas en la actualidad lleguen a tal conclusión. Y el mismo Schumpeter (1934) no prestó mayor atención al asunto de las patentes. Pero los ingleses, ya en el siglo XVII, pensaron otra cosa y, en consecuencia, le dieron un impulso institucional enorme al cambio técnico, según la opinión tradicionalmente dominante entre los economistas.

⁸ Sobre esto, véase Jones (2002, cap. 4, incluyendo su cita de la obra de Douglas North, 1981, al respecto).

En el caso de economías en desarrollo, la historia parece mostrar lo siguiente (si se exceptúan los casos de las principales excolonias inglesas): cuando inician su proceso de industrialización, sin ser o habiendo dejado de ser colonias, sus gobiernos no muestran preocupación por el tema de patentes, dando a entender que lo de menor costo para sus sociedades es la copia de productos y procesos sin permiso de las empresas de países más desarrollados que los han patentado. Posteriormente se presentan las quejas, las presiones, amenazas de retaliación, sanciones y, finalmente, se hacen acuerdos internacionales con cláusulas para la resolución por la vía jurídica de los casos de eventuales copias fraudulentas; con esto los países en desarrollo empiezan a implementar sistemas de patentes locales y de acatamiento a las patentes extranjeras.

En la teoría de Schumpeter las innovaciones dan lugar a ganancias extraordinarias al empresario innovador (con o sin patentes) y le permiten la explotación de un monopolio transitorio. Pero el proceso colectivo de innovaciones termina por destruir los monopolios previos (Aghion *et al.*, 2005; Aghion *et al.*, 2018). El monopolio permanente es un fenómeno extraño en la teoría de Schumpeter: no juega papel o función necesaria y, es más, según su teoría, sería sorprendente su presencia a través de las oleadas de innovación.

En general, los economistas siguen considerado útiles los sistemas de patentes y de derechos de autor aún si, en los últimos años, como ya se mencionó, algunos han cuestionado tal utilidad (Acemoglu y Akcigit, 2012; Hall, 2020; Akcigit y Ates, 2020). Y una preocupación adicional es la referida a la posibilidad de que monopolios que inicialmente se consideraron transitorios puedan volverse permanentes por la vía de reclutar innovadores previamente independientes y comprar sus patentes para impedir que estos u otros las exploten en las producciones de nuevos productos que amenacen su posición de monopolio (Akcigit y Ates, 2020).

Aunque lo anterior es factible y haya alguna evidencia al respecto, no parece que sea el fenómeno fundamental que ameritase la eliminación del sistema de patentes y protección de los derechos de autor.

Al respecto, el siguiente ejemplo dice mucho con respecto al supuesto perjuicio social de las patentes (y al supuesto beneficio social de su abolición): la empresa Coca-Cola obtuvo ganancias extraordinarias y se consolidó produciendo la bebida del mismo nombre sin patente alguna; le bastó con mantener bien guardada la fórmula. Con todo, se desarrollaron bebidas gaseosas azucaradas que fueron sustitutos cercanos, con lo cual se puso techo a las ganancias derivadas de la bebida Coca-Cola; además, el cambio técnico en la industria de bebidas fue concretándose en la producción de nuevas bebidas “dietéticas” y en la modernización de los procesos de producción y distribución de los productos del ramo, tanto por parte de esta empresa como de las numerosas competidoras en todo el mundo. Nada sustancialmente distinto hubiese sucedido si se le hubiese otorgado a la empresa Coca-Cola una patente en 1890.

Por lo demás, el concepto de monopolio que está en el arsenal de los economistas ya no es posible aplicarlo a la mencionada empresa. Este es un caso de una empresa permanente que es un *no-monopolio permanente* y que ha logrado sobrevivir produciendo nuevos productos,

imitando otros de los competidores e innovando con productos que rápidamente son imitados por estos.

En el caso de Estados Unidos, sus gobiernos, desde hace ya aproximadamente 80 años, buscan castigar los monopolios permanentes en casos que llevan ante los jueces. Pero la lucha jurídica contra aquellos, sobre todo en los últimos decenios, no consiste en intentar destruir las empresas que presuntamente son monopolistas. La estrategia ha ido cambiando en favor de examinar si hay evidencia en perjuicio de los consumidores y, en tal caso, sancionar con multas pecuniarias proporcionales al tamaño de esos perjuicios. La “filosofía” de lo anterior puede resumirse así: combatir las prácticas monopolistas perjudiciales a los consumidores sin buscar la destrucción de la empresa.

En el tema de la innovación, “competencia” no es lo contrario de “monopolio”. Con esto lo que se quiere decir es lo siguiente: la situación en la cual hay competencia monopolística (u oligopólica) en un ambiente proclive a la innovación significa rivalidad en procura de conquistar consumidores mediante innovaciones que dan lugar a posiciones de monopolio transitorio y que son destruidas por las acciones innovadoras de los que surgen o que logran sobrevivir y competir hasta lograr una nueva posición de monopolio transitorio, y así sucesivamente.

Entendida así, esa competencia monopolística conduce a mayor cambio técnico y al mayor bienestar de los consumidores. La política económica adecuada al respecto es la que defiende tal tipo de competencia, y no la que arriesga destruir empresas grandes y viejas, y subsidiar las pequeñas, por el solo hecho de ser grandes o pequeñas, viejas o nuevas.

Política de comercio exterior e inversión extranjera

Esta clase de política es especialmente importante para las economías en desarrollo y emergentes. Abrir una economía o aumentar su grado de apertura generalmente es una operación traumática pues lo que logra, durante los primeros años, es poner en dificultades empresas y actividades previamente protegidas o aisladas de la competencia externa sin que se puedan observar simultáneamente sus principales beneficios. Pero, en el largo plazo, es el principal mecanismo, bajo las condiciones más frecuentes, para el aumento de la PTF por la vía de acentuar la competencia entre empresas, unas nacionales y otras extranjeras, haciendo evidentes los incentivos asociados a la mayor división del trabajo, a la mayor especialización y al mayor aprovechamiento de las ventajas comparativas tradicionales o de nuevas ventajas comparativas (Coatsworth y Williamson, 2002; Akcigit *et al.*, 2018 [a]). De manera más concreta, puede decirse que la competencia internacional es el principal factor estimulante del cambio técnico (Jaworski y Keay 2020; Stokey 2020), entendido éste en un sentido amplio, que cobija todo, incluyendo aquello que no requiere el acatamiento a (ni la violación de) patentes, como muchas imitaciones, adaptaciones, pequeñas modificaciones de productos, reorganizaciones administrativas, etc.

Además, la política de apertura comercial contribuye a atraer un cierto tipo de inversión extranjera: la que busca un aprovechamiento rentable de fuerza de trabajo o recursos naturales locales en la producción de bienes destinados a la exportación, permitiendo estas actividades altos niveles de PTF. Pero, más allá de esto, la inversión extranjera en las

economías en desarrollo es un canal de transferencia de tecnología y, por ende, de reducción de la brecha tecnológica entre las economías de frontera y las atrasadas (Juhász *et al.*, 2020). Una vertiente de la teoría nueva clásica del crecimiento económico (la del crecimiento endógeno: Lucas y otros) ha hecho énfasis en el costo de oportunidad del cambio técnico: si aquel se reduce, *ceteris paribus*, éste se acelera, y viceversa. El análisis más conocido es el relativo al del capital humano. Pero este enfoque puede extenderse al caso de varios factores de producción y, además, aplicarlo al caso de economías en desarrollo. En efecto, en estas economías, además de la actividad de innovación hay otra alternativa que puede tener alta rentabilidad individual pero baja rentabilidad social: seguir produciendo lo mismo gracias a políticas proteccionistas. Cuanto mayores sean los obstáculos y costos de importar y exportar mayor rentabilidad tendrá esta última alternativa, es decir, mayor será el costo de oportunidad de innovar.

Política fiscal

A raíz del surgimiento de la pandemia “Covid-19” el gobierno de Estados Unidos estableció un programa de compras públicas federales, pagadas por adelantado, de millones de dosis de vacunas a empresas que tenían proyectos de producción de estas. Las compras por adelantado se rigieron mediante contratos de suministros de dosis bajo unas determinadas condiciones.

Este caso, muy probablemente, será exitoso y benéfico para la sociedad y tiene algunas similitudes con el de concursos diseñados y patrocinados por monarquías europeas en los siglos XVII y XVIII con premios prometidos a fin de estimular iniciativas conducentes a la invención de algo que permitiese solucionar algún problema considerado de la máxima importancia social. Y hubo ejemplos exitosos, como el que estimuló el invento, por un relojero inglés, de un cronómetro de navegación que permitió conocer con precisión la posición de un barco en un punto en el eje este-oeste (longitud; Jones, 2002, pp. 79-80), pues desde la antigüedad era conocida ya su ubicación norte-sur (latitud).

Probablemente el impacto positivo del gasto público sobre el cambio técnico ha sido, en lo fundamental, imprevisto, y así mismo podría seguir siéndolo. Cabe mencionar al respecto que el gasto ejecutado en Estados Unidos para desarrollar la capacidad militar y avanzar en la carrera espacial ha dado lugar a innovaciones aplicadas a la vida civil.

Pero esos casos muestran que, salvo en condiciones excepcionales, puede ser demasiado arriesgado intentar convertir el gasto público en instrumento rutinario del cambio técnico. ¿Debe ser un sustituto del sistema de patentes y de protección de los derechos de autor o apenas un modesto complemento? ¿Para cuales tipos de invenciones? ¿Qué proporción del gasto público asignar a este rubro? ¿Todos los años? ¿Quiénes deciden las asignaciones específicas de la partida presupuestal ya acordada? ¿Cuáles serían los criterios para esto último? No solo es complicado responder satisfactoriamente esas y otras preguntas; los intentos de hacerlo nos llevarían a abordar asuntos como el de la creación de privilegios injustificados, arbitrariedad, sobornos y corrupción. En cambio, el sistema de patentes está exento de estos problemas.

En materia de impuestos, ocasionalmente se encuentran escritos periodísticos y de publicidad política que consideran factible y conveniente establecer tarifas diferenciales de manera que el Estado (y, finalmente, el contribuyente) premie a los innovadores. Pero los académicos son más prudentes al respecto⁹. De acuerdo con Schumpeter (1934), los protagonistas del cambio técnico son nuevos empresarios con nuevas empresas innovadoras que retan y terminan por destruir empresas establecidas de tiempo atrás e incapaces de innovar. Supongamos que esto sea cierto; aun así, el establecimiento de tarifas diferenciales en favor de nuevas empresas puede producir un resultado perverso: dar muerte jurídica prematura a empresas y crear artificialmente, solo con trámites legales y certificaciones espurias, “nuevas empresas” a fin de sacar provecho de las normas tributarias, en tanto que, en realidad, se conservan las mismas actividades productivas o incluso se transforman en unas más costosas (por ejemplo en un número mayor de establecimientos manufactureros cada uno con desventajas de escala) si el mayor costo económico es compensado con creces por el mayor beneficio tributario.

Y, en general, tampoco es claro que una empresa grande y vieja sea, en general, menos eficiente y menos innovadora que cualquier empresa nueva.

Los argumentos anteriores conducen a considerar que es más conveniente, desde el punto de vista social, establecer tarifas similares (o una tarifa única) para gravar la ganancia de las empresas¹⁰. Si la hipótesis de Schumpeter es cierta, las empresas más innovadoras resultarán más rentables después de impuestos (mientras se mantengan como las más innovadoras) que las menos innovadoras, aún con una tarifa única de impuesto sobre la ganancia, evitándose la sociedad el costo de los fraudes fiscales y de tratar de impedirlos recurriendo a más funcionarios de control, vigilancia y castigo.

Desarrollo financiero y empresarial, y política monetaria

La teoría de Schumpeter (1934) contempla dos agentes que cumplen funciones esenciales en el desarrollo económico: uno de ellos ya lo hemos mencionado: el empresario innovador. El otro es el banquero informado, dispuesto a tomar riesgos y capaz de apoyar con suficiente crédito los proyectos innovadores. Aun así, no podría decirse que, según Schumpeter, un “choque” exógeno de efecto permanente sobre la oferta de crédito sería una causa suficiente de una oleada de cambio técnico. Tal choque, según nuestra interpretación de dicha teoría, no lograría impulsar el proceso de “desenvolvimiento económico”; sus efectos macroeconómicos serían nulos o generadores de aumentos del nivel de precios, o de alteraciones de la estructura sectorial de las inversiones que aumentan la probabilidad de crisis financieras. En otros términos, la inelasticidad del sistema crediticio frente a las demandas de los innovadores frustraría el proceso que estos iniciarían, pero, según

⁹ Con respecto al caso de los efectos de la política de impuestos sobre la innovación en Estados Unidos en el siglo pasado, véase: Akcigit *et al.* 2018 (b).

¹⁰ Sobre la incidencia de los impuestos en la innovación, ver: Akcigit *et al.*, 2018, y Denes *et al.*, 2020.

Schumpeter, no se podría considerar que una adecuada elasticidad fuese, *per se*, causa de expansión económica.

Lo anterior remite a casos que fueron frecuentes en América Latina desde los años 40 hasta mediados o fines de los años 80 del pasado siglo: los casos de la llamada “represión financiera”. La financiación de los déficits del sector público por el banco central fue una causa típica de inflación, pero también fue típico que los gobiernos trataran de atenuar el efecto de la mayor inflación sobre las tasas de interés nominales del sistema financiero formal estableciendo por decreto toques a las tasas cobradas y pagadas por los bancos e imponiendo cupos para otorgamiento de crédito a ciertas actividades económicas consideradas por los gobiernos como de la mayor prioridad social. El efecto de todo esto fue la creación de un sistema de prebendas y discriminaciones negativo para el desarrollo financiero (en particular para el acceso de nuevos empresarios al crédito formal y para la captación de ahorro por los bancos) y, en general, para el crecimiento económico. Ronald McKinnon fue el economista más destacado en lo referente a analizar estas anomalías y sus efectos perversos en las economías en desarrollo, y él acuñó el término “represión financiera” para identificar este síndrome (McKinnon, 1973).

Los casos de represión financiera resaltan, por oposición, la importancia de la tesis de Schumpeter acerca del papel positivo de los banqueros capaces y dispuestos a respaldar a los empresarios innovadores. Pero el caso de Estados Unidos posterior a 2010 (y podrían señalarse otros) parece el extremo opuesto: el de una política monetaria expansiva basada no solo en la financiación (indirecta) del gobierno federal mediante compras por el banco central de títulos de deuda pública sino también de títulos privados y estableciendo metas para tasas de interés nominales en niveles sorprendentemente bajos. ¿Ha conducido esto a mayor cambio técnico? No. Además, varios economistas (Acharya y Plantin, 2019; Liu *et al.*, 2019; Sharma, 2020) han expresado el temor de que tal política monetaria esté teniendo un efecto indirecto negativo al respecto: mantener con “vida artificial” empresas que, de otra forma, serían inviables; con ello se estaría frenando el proceso schumpeteriano de “destrucción creativa”, esto es, el proceso de liberar recursos productivos provenientes de empresas quebradas que terminarían siendo absorbidos por nuevas empresas innovadoras.

VI. El caso colombiano

Con posterioridad a la crisis (general) de 1930 y hasta la crisis (colombiana; de balanza de pagos) de 1966 la economía colombiana fue casi cerrada y la política económica se caracterizó, en términos simplificados, por los siguientes ejes estratégicos: sustitución de importaciones, mantenimiento del régimen de tasa de cambio fija, política monetaria de “fomento” agro-industrial y freno al aumento del gasto público.

Entre 1967 y 1990 el país entró en una fase de transición: las estrategias estatales tuvieron cambios graduales, así: se redujo el énfasis en la sustitución de importaciones en favor de una tímida promoción de exportaciones; los regímenes de tasa de cambio se hicieron menos inflexibles; la política monetaria giró hacia la ortodoxia; se amplió el aparato estatal de intervención en la economía y creció el gasto público.

En 1991 el país adoptó un régimen de comercio exterior más cercano a los de economías abiertas (se ejecutó la llamada “apertura”, aunque manteniendo o reutilizando, después, normas y regulaciones en contravía de lo que correspondería a esas economías¹¹); además, se abandonaron los regímenes tradicionales de tasa de cambio fija (después de una etapa de transición de 9 años con tasas de cambio fluctuantes dentro de un “túnel” de techo y piso predeterminados por la autoridad monetaria) y, desde 2001, la tasa de cambio es flexible¹². De otra parte, el proceso de expansión del tamaño del estado ha continuado.

¿Cuál ha sido el comportamiento de la variable con la que medimos el cambio técnico, y cómo ha respondido esta variable al mencionado proceso de transformación de las estrategias y políticas económicas?

El cuadro 1 presenta la evolución de las principales variables macroeconómicas asociadas al proceso de crecimiento económico, entre estas las referidas a cambio técnico (y estructural): las tasas de crecimiento de la PTF (Z) y de la variable de eficiencia laboral, A, siendo esta igual a $Z^{\frac{1}{1-\alpha}}$ según la ecuación 1.

Cuadro 5. Colombia. Evolución de variables macroeconómicas y cambio técnico 1950 – 2019					
Tasas medias de crecimiento anual (%)					
	Y (a)	K (b)	N (c)	A (d)	Z (e)
1950 -1975	4,94	4,49	2,67	2,60	1,51
1976 – 1996	4,07	4,86	3,34	0,16	0,09
2002 – 2019	3,95	3,26	2,06	2,40	1,39
(a) PIB precios constantes de 1975 para 1950-1996, y de 2015 para 2002 - 2019; (b) Capital (precios constantes; similar); (c) Ocupación (medida en número de personas); (d) Eficiencia laboral; su tasa es calculada así: $\hat{A} = \left(\frac{1}{1-\alpha}\right)\hat{Y} - \left(\frac{\alpha}{1-\alpha}\right)\hat{K} - \hat{N}$; $\alpha = 0,42$; (e) Productividad total de los factores; su tasa es calculada así: $\hat{Z} = \hat{Y} - \alpha\hat{K} - (1 - \alpha)\hat{N}$					
Fuentes: A) 1950-1996: GRECO (2002; tablas 2 y 3, p.15; cálculos de los autores; fuente original: DANE. B) 2002-2019: Posada (2020; cuadro 1; cálculos del autor; fuente original: DANE).					

Lo que más llama la atención del cuadro 5 son dos asuntos: a) los movimientos siempre en la misma dirección de las tasas de crecimiento del PIB total y de cambio técnico, y b) la época en la cual dominó la estrategia de sustitución de importaciones, cuando fue menos

¹¹ De acuerdo con lo expuesto por García *et al.* (2019) la economía colombiana es mucho menos abierta de lo que se deduciría observando los aranceles a las importaciones, a causa de muchas regulaciones estatales y prácticas proteccionistas no arancelarias.

¹² En Villar y Esguerra (2007) se encuentra un análisis de estrategias y políticas referidas a la evolución del comercio internacional y a los regímenes cambiarios hasta el año 2002.

abierta la economía (comparada con las otras dos del cuadro 5), 1950-1975, fue la del mayor ritmo de cambio técnico¹³.

Lo anterior parece paradójico: los economistas, como se mencionó en la sección anterior, consideran que la competencia internacional en materia de comercio exterior conduce a un mayor cambio técnico; además, consideran que la estrategia de sustitución de importaciones podría tener, como sin duda los tuvo en Colombia, resultados positivos (recordemos la observación de Lucas, 2002, que incluimos en la sección III) pero transitorios.

¿Qué fue, entonces, lo que pasó? De una parte, a lo largo del período 1950-1975, y desde la primera mitad del siglo XX, se aceleró la migración a las ciudades de la población de origen rural. Así, la participación de la población rural en la total pasó de 58% a 42% entre 1950 y 1975¹⁴. Esto permite suponer que el desarrollo de la producción urbana, la creación y expansión de empresas privadas y la industrialización se beneficiaron de una oferta laboral de crecimiento acelerado y relativamente abundante, conformándose un proceso de desarrollo con características no demasiado distintas a las contempladas por W. Arthur Lewis en el texto citado en la sección II. Y si la industrialización hubiese sido menos concentrada en la sustitución de importaciones y, en cambio, con una mayor “masa” de recursos en empresas y actividades orientadas al mercado externo, el país habría podido registrar, entre 1950 y 1975, y después, mayores tasas de crecimiento económico¹⁵ y cambio técnico. Al respecto, Carlos Díaz-Alejandro dijo lo siguiente (refiriéndose al período 1946-1971):

“Colombian postwar trade and exchange policies induced static inefficiencies in the sense that some of the foreign exchange saved by import substitution could have been obtained more cheaply, i. e., at lower domestic resource costs, by using in export activities Colombian resources that have low opportunity costs...

... postwar public policy offered, on the whole, greater encouragement to import substitution than to exporting activities ...

Tariffs, import controls, export subsidies, and exchange rates are only part of the state's arsenal of policy instruments... (Hutcheson) concludes that protection... made a difference in the pattern of growth within manufacturing. He argues that the structure of protection has contributed to slow economic growth and increasing unemployment” (Díaz-Alejandro, 1976, pp. 225-6).

De otra parte, hubo algo que contrarrestó el efecto positivo de la “apertura” comercial sobre la PTF: desde principios de los años 60 las relaciones gasto público/PIB y deuda pública/PIB empezaron a crecer; esto condujo, con un rezago de más de 10 años, a aumentos de la carga tributaria soportada por sociedades con personería jurídica, básicamente empresas medianas y grandes, sobre todo a partir de 1974¹⁶. A nuestro juicio, el aumento del gasto público y de

¹³ Esta última regularidad también se puede observar para el período 1950-2002 con cifras agregadas de la industria manufacturera (ver: Echavarría y Villamizar 2007, cuadro 6, p. 203).

¹⁴ Ver los gráficos 5 y 6 y el cuadro 4 de Urrutia y Posada (2007).

¹⁵ Lauchlin Currie fue uno de los primeros economistas que insistió en este punto; ver, por ejemplo, Currie, 1963, p.31.

¹⁶ Sobre los temas de gasto público, deuda pública e impuestos a lo largo del siglo XX, ver los gráficos 1, 3 y 8 y el recuadro 1 de Junguito y Rincón, 2007.

la carga tributaria soportada por las empresas medianas y grandes fueron factores (entre varios, sin duda) que condujeron a un proceso de “cambio estructural regresivo” como el descrito en la sección III: la migración de capital hacia empresas pequeñas, la disminución de la proporción de empresas grandes con niveles elevados de la PTF y el aumento de la proporción de empresas pequeñas con bajos niveles de PTF pero capaces de esquivar parcialmente las cargas tributarias (y otros costos de regulaciones estatales que son crecientes con el tamaño de la empresa) ¹⁷.

VII. Resumen y conclusiones

La teoría del cambio técnico tiene muchas vertientes: una hace énfasis en la relación entre el tipo de cambio técnico y la evolución de los precios relativos de los factores o en el cambio del costo de oportunidad de las actividades que conducen a aumentar la eficiencia laboral o la productividad total de los factores; otra lo hace en cuanto a las respuestas de los individuos y las empresas a la oportunidad e incentivos ofrecidos por el sistema de patentes; algunas se basan en la complementariedad eventual entre las producciones tradicionales y las innovaciones; o en la relación positiva entre la acumulación de capital y el cambio técnico; otras más en la relación positiva entre nuevos empresarios, nuevas empresas, nuevos monopolios transitorios y cambio técnico, y en la relación inversa entre el envejecimiento de empresas (y consolidación de sus monopolios) y el consecuente freno al cambio técnico. Además, existe una vertiente que procura aclarar los vínculos entre el traslado intersectorial de recursos (cambio estructural) y el comportamiento de los indicadores macroeconómicos de cambio técnico. Finalmente, otros enfoques se concentran en buscar aquellas características de los empresarios innovadores que los diferencian de los no innovadores¹⁸.

A pesar del enorme interés del tema del cambio técnico, hay que reconocer que éste es un proceso estocástico con un elemento aleatorio importante, como lo enfatiza la teoría de Schumpeter. Esto se traduce en un hecho: para muchos efectos, es más práctico describir un caso concreto de crecimiento económico con modelos de crecimiento exógeno (es decir, con tasa de cambio exógena), sobre todo si abarcan periodos en los cuales la tasa de crecimiento tiene variaciones sustanciales, que con modelos de crecimiento endógeno en los cuales el producto por trabajador y *per cápita* (y la tasa de cambio técnico implícita) se explican por la magnitud de ciertos parámetros pero que solo replican la dinámica de tal crecimiento si esos parámetros se alteran *ad hoc*.

En el caso colombiano de los últimos 70 años parece pertinente asociar el comportamiento del ritmo de cambio técnico en el nivel agregado a la movilización intersectorial de los recursos productivos, es decir, a lo que se denomina “cambio estructural”, pues Colombia ha

¹⁷ En Colombia desde 1905 hubo un aumento casi continuo de plantas industriales hasta llegar al pico, 762 nuevas plantas, en 1984. A partir de entonces y, al menos, hasta 2001, cayó el número de nuevas plantas industriales creadas por año; además, el número promedio de trabajadores por planta industrial cayó entre mediados de los años 20 y el año 2000 (Echavarría y Villamizar, 2007, gráficos 3 y 9). Con respecto a la correlación positiva entre el tamaño de las plantas industriales y su PTF, ver: Eslava *et al.*, 2019, y Echavarría *et al.*, 2019.

¹⁸ En particular, sobre la importancia de los fenómenos de inmigración en el impulso a nuevos empresarios innovadores, ver: Azoulay *et al.* 2020.

tenido no solo el progresivo (el asociado al traslado de fuerza laboral desde zonas rurales hacia centros urbanos) sino también el regresivo (los correspondientes a la migración de recursos productivos desde actividades que aprovechan ventajas comparativas a otras que nó, y desde el sector de empresas grandes al de las pequeñas).

Referencias

- Acemoglu, D., y U. Akcigit. 2012. “Intellectual Property Rights Policy, Competition and Innovation,” *Journal of the European Economic Association*, 2012, 10 (1), 1–42.
- Acharya, V. V., y G. Plantin. 2019. “Monetary Easing, Leveraged Payouts and Lack of Investment”, NBER Working Paper 2647.
- Aghion, P.; N. Bloom; R. Blundell; R. Griffith, y P. Howitt. 2005, “Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship,” *Quarterly Journal of Economics*, 120 (2), 701–728.
- Aghion, P., y P. Howitt. 2009. *The Economics of Growth*, The MIT Press, Cambridge (Ma.).
- Aghion, P.; U. Akcigit, y P. Howitt. 2013. “What Do We Learn from Schumpeterian Growth Theory?”, NBER Working Paper 18824.
- Aghion, P.; A. Bergeaud; T. Boppart; P. Klenow, y H. Li. 2017. “Missing Growth from Creative Destruction”, NBER Working Paper 24023 (Noviembre 2017, versión revisada: Abril 2018).
- Akcigit, U.; S. T. Ates, y G. Impullitti. 2018(a). “Innovation and Trade Policy in a Globalized World”, NBER Working Paper 24543.
- Akcigit, U.; J. Grigsby; T. Nicholas, y S. Stantcheva. 2018 (b). “Taxation and Innovation in the 20th Century” NBER Working Paper 24982.
- Akcigit, U.; J. G. Pearce, y M. Prato. 2020. “Tapping into Talent: Coupling Education and Innovation Policies for Economic Growth”, NBER Working Paper 27862.
- Akcigit, U.; y S. T. Ates. 2020. “Slowing Business Dynamism and Productivity Growth in the United States”; documento presentado en *Jackson Hole Economic Policy Symposium/Federal Reserve Bank of Kansas City*.
- Azoulay, P.; B. Jones; J. D. Kim, y Javier Miranda. 2020. “Immigration and Entrepreneurship in the United States”, NBER Working Paper 27778.
- Balsmeier, B.; L. Fleming; M. Marx, y S. R. Shin. 2020. “Skilled Human Capital and High-Growth Entrepreneurship: Evidence from Inventor Inflows” NBER Working Paper 27605.
- Coatsworth, J.H., y J. G. Williamson. 2002. “The Roots of Latin American Protectionism: Looking Before the Great Depression”, NBER Working Paper 8999.

- Currie, L. 1963. *Ensayos sobre Planeación*, Ediciones Tercer Mundo, Bogotá.
- Denes, M.; S. Howell; F. Mezzanotti; X. Wang, y T. Xu. 2020. “Investor Tax Credits and Entrepreneurship: Evidence from U.S. States”, NBER Working Paper 27751.
- Díaz-Alejandro, C. 1976. *Foreign Trade Regimes and Economic Development: Colombia. (A Special Conference Series on Foreign Trade Regimes and Economic Development, Volume IX)*, NBER – Columbia University Press, New York.
- Echavarría, J. J., y M Villamizar. 2007. “El proceso colombiano de desindustrialización”, en *Economía colombiana del siglo XX*. Banco de la República - Fondo de Cultura Económica, Bogotá.
- Echavarría, J. J.; I. Giraldo, y F. Jaramillo. 2019. “Protección y productividad en la industria colombiana”, Borradores de Economía (B. de la R.), No. 1082.
- Eslava, M.; J. Haltinwanger, y A. Pinzón. 2019. “Job Creation in Colombia vs the U.S.: “up or out dynamics” meets “the life-cycle of plants””, Documentos CEDE, Dcede 2019-07.
- García, J.; E. Montes; y, I. Giraldo. 2019. *Comercio exterior en Colombia: política, instituciones, costos y resultados*, Banco de la República, Bogotá.
- GRECO (Grupo de Estudios del Crecimiento Económico). 2002. *El crecimiento económico colombiano en el siglo XX*. Banco de la República – Fondo de Cultura Económica, Bogotá.
- Hall, B. H. 2020. “Patents, Innovation, and Development”, NBER Working Paper 27203.
- Jaworski, T., y I. Keay. 2020. “Openness to Trade and the Spread of Industrialization: Evidence from Canada during the First Era of Globalization” NBER Working Paper 27716.
- Jones, C. I. 2002. *Introduction to Economic Growth (Second Edition)*, W. W. Norton & Co., New York.
- Juhász, R.; M. P. Squicciarini, y N. Voigtländer. 2020. “Technology Adoption and Productivity Growth: Evidence from Industrialization in France” NBER Working Paper 27503.
- Junguito, R., y H. Rincón. 2007. “La política fiscal en el siglo XX en Colombia”, en *Economía colombiana del siglo XX*. Banco de la República - Fondo de Cultura Económica, Bogotá.
- Lewis, W. A. 1956. *Teoría del desarrollo económico*. Primera edición en español basada en la segunda edición en inglés de 1956; Fondo de Cultura Económica, México D. F., 1958.
- Liu, E.; A. Mian, y A. Suf. 2019. “Low Interest Rates, Market Power, and Productivity Growth”, Becker Friedman Institute Working Papers Series 2019-09.

- Lucas Jr., R. E. 2002. *Lectures on Economic Growth*. Harvard University Press, Cambridge (Ma.).
- McKinnon, R. I. 1973. *Money and Capital in Economic Development*, [Brookings Institution](#), Washington, D.C.
- North, D. 1981. *Structure and Change in Economic History*, W. W. Norton, New York.
- Posada, C. E. 2020. “Crecimiento y ciclos de la economía colombiana (2005-2019)”, Documentos de trabajo CIEF, WP-2020-19.
- Restuccia, D., y R. Rogerson. 2008. “Policy Distortions and Aggregate Productivity with Heterogeneous Plants”, *Review of Economic Dynamics*, 11 (4), 707–720.
- Sharma, R. 2020. “The Rescues Ruining Capitalism”; *The Wall Street Journal*, 24 de Julio. https://www.wsj.com/articles/the-rescues-ruining-capitalism-11595603720?mod=hp_featst_pos4
- Schumpeter, J. A. 1934. *Teoría del desenvolvimiento económico*. Segunda edición en español basada en la primera edición en inglés de 1934; Fondo de Cultura Económica, México D. F., 1957.
- Solow, R. M. 1956. “A Contribution to the Theory of Economic Growth.” *Quarterly Journal of Economics* 70: 65–94.
- Solow, R. M. 1957. “Technical Change and the Aggregate Production Function.” *Review of Economics and Statistics* 39: 312–320.
- Stokey, N. 2020. “Technology Diffusion”, NBER Working Paper 27466.
- Urrutia, M., y C. E. Posada. 2007. “Un siglo de crecimiento económico”, en *Economía colombiana del siglo XX*. Banco de la República - Fondo de Cultura Económica, Bogotá.
- Villar, L., y P. Esguerra. 2007. “El comercio exterior colombiano en el siglo XX”, en *Economía colombiana del siglo XX*. Banco de la República - Fondo de Cultura Económica, Bogotá.
- Weil, D. N. 2009. *Economic Growth (Second Edition)*, Pearson-Addison/ Wesley, Boston.
- Zuleta, H., 2008. Factor Saving Innovations and Factor Income Shares, *Review of Economic Dynamics*, 11 (4), 836-851.
- Zuleta, H., y D. Gamboa. 2019. “Factor reallocation and growth: What if there are labor saving innovations?”, Documentos CEDE, No. 12.

Anexo. Las elasticidades de la función de producción Cobb-Douglas y los casos de cambio técnico ahorradores de trabajo o capital

Elasticidades:

$$(A.1) \quad Y = ZK^\alpha N^\beta$$

$$\Rightarrow$$

$$(A.2) \quad \frac{\partial Y}{\partial K} = \alpha \frac{ZK^\alpha N^\beta}{K} \Rightarrow \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{K}{Y} = \alpha;$$

$$(A.3) \quad \frac{\partial Y}{\partial N} = \beta \frac{ZK^\alpha N^\beta}{N} \Rightarrow \frac{\partial Y}{\partial N} \frac{N}{Y} = \beta$$

Optimización:

Sean: r, δ, w la tasa de interés real, la tasa de depreciación del capital y la tasa de salario real, respectivamente. Los agentes optimizan si:

$$(A.4) \quad \frac{\partial Y}{\partial K} = r + \delta; \quad (A.5) \quad \frac{\partial Y}{\partial N} = w$$

El caso del cambio técnico ahorrador de trabajo por un aumento de α :

$$(A.4) \text{ y } (A.5) \Rightarrow$$

$$(A.6) \quad \alpha \frac{ZK^\alpha N^\beta}{K} = r + \delta; \quad (A.7) \quad \beta \frac{ZK^\alpha N^\beta}{N} = w$$

$$(A.6) \Rightarrow$$

$$(A.8) \quad \frac{K/N}{K^\alpha N^{\beta-1}} = \frac{\alpha Z}{r + \delta};$$

$$(A.7) \Rightarrow$$

$$(A.9) \quad \frac{N/K}{K^{\alpha-1} N^\beta} = \frac{Z\beta}{w}$$

Dados unos valores de Z, β, r, δ, w , un incremento de α induce aumentos de K y de N que tienden al restablecimiento de los equilibrios expresados en las ecuaciones A. 6 y A. 7. Pero, según A. 8, el aumento de α induce también el aumento de la relación capital/trabajo. En otras palabras, el aumento de la elasticidad del producto con respecto al capital genera un cambio técnico sesgado en favor del uso del capital y, entonces, relativamente ahorrador de trabajo.

De manera simétrica, con un análisis similar (ecuaciones A. 7 y A.9) se puede deducir que, dados unos valores de Z, α, r, δ, w , un aumento de β induce aumentos de capital y trabajo, pero también induce la caída de la relación capital/trabajo.

Equilibrio general

- a) Si $\alpha + \beta \neq 1$. Si la oferta de fuerza de trabajo (N ofrecida) depende positivamente del salario real (w), lo afirmado en la sección "Optimización" se sostiene pero, además, el aumento de α induciría un aumento del salario real y de la tasa de interés real, así que el empleo (la cantidad de trabajo) el capital crecerían menos de lo que prediría el análisis de equilibrio parcial. Y el aumento de β daría lugar a un aumento

del salario real mayor y a uno de la tasa de interés real menores que los ocasionados por el aumento de α , y los aumentos del empleo y del capital serían menores que los predichos por el análisis de equilibrio parcial.

- b) Si $\beta = 1 - \alpha$. En este caso, repetir el análisis de optimización y equilibrio general conduce a la siguiente conclusión: al aumentar α cae el empleo (la cantidad de trabajo) pero también el salario real, en tanto que subirían el capital y la tasa de interés, y la caída del empleo sería inferior a la predicha por un análisis de equilibrio parcial.