

La teoría económica del cambio técnico y la innovación: Fundamentales

Juan Camilo Galvis Ciro



Juan Camilo Galvis Ciro

PhD en Economía de la Universidad Federal Fluminense, Brasil. Desde el año 2016 es profesor-investigador asociado a la Facultad de Economía de la Universidad Pontificia Bolivariana. Coordinador del Grupo de Investigación en Análisis Económico (GAE-UPB). En la UPB desarrolla investigaciones en diferentes áreas, entre ellas: política monetaria, política fiscal y economía de la innovación. Es profesor de macroeconomía en pregrado y maestría. También ha apoyado el Doctorado en Gestión de la Tecnología y la Innovación de la UPB.

La teoría económica del cambio técnico y la innovación: Fundamentales

Juan Camilo Galvis Ciro



338.5
G182

Galvis Ciro, Juan Camilo, autor.
La teoría económica del cambio técnico y la innovación: Fundamentales
/ Juan Camilo Galvis Ciro -- Medellín: UPB, 2019.
72 p., 17 x 24 cm.
ISBN: 978-958-764-707-5
1. Microeconomía – 2. Innovación – 3. Tecnología – I. Título

CO-MdUPB / spa / rda
SCDD 21 / Cutter-Sanborn

© Juan Camilo Galvis Ciro
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

La teoría económica del cambio técnico y la innovación: Fundamentales

ISBN: 978-958-764-707-5

Primera edición, 2019

ISBN: 978-628-500-111-6 (**versión digital, 2023**)

Escuela de Economía, Administración y Negocios

Facultad de Economía

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín: Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General: Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico: Álvaro Gómez Fernández

Decano Escuela de Economía, Administración y Negocios: Jorge Alberto Calle D Alleman

Editor: Juan Carlos Rodas Montoya

Coordinación de Producción: Ana Milena Gómez Correa

Diagramación: Jorge Alberto Vélez Misas

Corrección de Estilo: Mónica Patricia Ospina

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Medellín - Colombia

Radicado: 1812-13-02-19

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito, sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana.



Contenido

Introducción	7
Capítulo 1. La teoría neoclásica de la empresa	13
1.1. La firma y la tecnología en la teoría neoclásica.....	14
1.2. La tecnología: supuestos	15
1.3. El plan de producción.....	19
1.4. Conjunto de producción.....	20
1.5. La función de producción	24
1.6. Las isocuantas	26
1.7. La relación técnica de sustitución.....	28
1.8. La elección óptima de insumos.....	30
Capítulo 2. Las causas del cambio técnico en la teoría neoclásica.....	35
2.1. La teoría del jalón de demanda (Demand Pull).....	36
2.2. La teoría del choque tecnológico (Technology Push)	39
2.3. Críticas a la teoría neoclásica del cambio técnico	45
Capítulo 3. Visiones alternativas de la tecnología y la empresa	49
3.1. El esquema organizativo y la tecnología de la empresa	52
3.2. El paradigma tecnológico y el sector de producción	55
3.3. La empresa y los aprendizajes.....	60
Conclusión general	67
Referencias bibliográficas	69

Lista de figuras

Figura 1. La empresa neoclásica	14
Figura 2. Planes de producción	20
Figura 3. Conjunto de producción neoclásico	23
Figura 4. Función de producción neoclásica	25
Figura 5. Mapa de isocuantas	27
Figura 6. La relación técnica de sustitución	28
Figura 7. Costos totales.....	31
Figura 8. La elección óptima de insumos.....	33
Figura 9. El cambio técnico por jalón de demanda	37
Figura 10. Causas del cambio en los costos de los factores	39
Figura 11. Producción y productividad marginal inicial.....	41
Figura 12. La teoría del choque tecnológico.....	43
Figura 13. Tipos de cambio técnico.....	44
Figura 14. Cambio técnico localizado.....	46
Figura 15. El esquema organizativo de la empresa	54
Figura 16. Componentes de la tecnología.....	55
Figura 17. La firma como organización de aprendizaje en un paradigma tecnológico	64

Lista de tablas

Tabla 1. Producción y productividad marginal inicial para un nivel tecnológico $A=1$	41
Tabla 2. Producción y productividad marginal inicial para un nivel tecnológico $A=4$	42



Introducción

Desde finales del siglo XVIII, el cambio técnico ha sido un tema de relevancia para la teoría económica. En efecto, desde la obra de Adam Smith es posible verificar el interés teórico sobre las causas que afectan el crecimiento de la producción por tiempo de trabajo invertido. En particular, varios de los aportes de Smith recaen sobre los efectos del progreso tecnológico en las formas de la especialización del trabajo y los incrementos de la productividad.

Para Smith, la división del trabajo está explicada por la extensión del mercado, la especialización de la mano de obra y los sectores que hay en la economía. La mayor división del trabajo aumenta la productividad y esta, a su vez, es resultado de una mayor destreza del operario cuando aumenta su especialización en operaciones particulares, la disminución del tiempo que se pierde en el paso de una actividad a otra en la empresa y la aparición de nueva maquinaria (Smith, 1958).

Es posible afirmar que para Smith las invenciones surgen del operario-artesano en el taller y es producto de su concentración en una operación rutinaria y mecánica. Estas, por ser desarrolladas en pro de mejoras en la producción y desde oportunidades mercantiles detectadas, pasan siempre el filtro del éxito comercial y, por tanto, se convierten en innovaciones sin problemas. Además, en la economía clásica las innovaciones son constantes

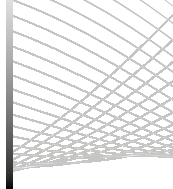
e interminables a menos que se interfiera en el funcionamiento armonioso de los mercados (Martínez, 1994).

Luego de Smith, en la segunda mitad del siglo XIX, el otro economista que analizó el cambio técnico fue Karl Marx, con sus contribuciones sobre las fuerzas productivas, el modo de producción y las contradicciones para la acumulación de capital en las sociedades industriales por causa de la mecanización de los procesos productivos. Posterior a esto, a comienzos del siglo XX surge la valiosa obra de Schumpeter (1967) con sus ideas sobre la destrucción creativa, los monopolios, el empresario y la innovación como una actividad económica propia e inherente al capitalismo.

La obra de Schumpeter es una síntesis de los aportes de la división del trabajo de Smith, el empresario con rentas extraordinarias de Ricardo y la producción insuficiente de mejoras tecnológicas del capitalismo monopolista con problemas de estancamiento apuntada por Marx. Con todo, la obra de Schumpeter trasciende y es también una contribución original para entender las economías de mercado.

En Schumpeter, la innovación es la fuerza que tira a la economía de su letargo o flujo circular estático y la transporta al desarrollo económico. Este progreso es visto como algo dinámico y es impulsado por el empresario, la figura fundamental del capitalismo. Él es quien detecta las nuevas oportunidades de lucro en los ciclos recesivos de la economía y es el que la lleva a la expansión. En detalle, estas oportunidades están dadas en términos de posibles mejoras en los procesos, productos u organización en la empresa, las cuales crean nuevas oportunidades de lucro y destruyen las firmas que quedan obsoletas en términos tecnológicos para competir (Schumpeter, 1967).

Schumpeter (1978) es quien introduce a la teoría económica el concepto de innovación tecnológica y sus diferencias con el concepto de invención. Además, conforme apunta Benavides (2004), Schumpeter es el pionero en proponer una clasificación del cambio tecnológico basándose en las técnicas y la organización de las empresas, por ejemplo, innovaciones



en procesos, productos, la apertura de un nuevo mercado y nuevas formas de organización.

Es por esto que la historia del pensamiento económico suele atribuirle a Schumpeter los primeros aportes sobre la economía del cambio tecnológico y su obra continúa siendo relevante y pertinente en la actualidad para todo aquel interesado en conocer la necesidad de la innovación en los mercados. No obstante, también es necesario apuntar que la obra de Schumpeter permaneció un buen tiempo olvidada (Vence-Deza, 1995).

Las contribuciones de Schumpeter a la teoría económica fueron dejadas de lado como consecuencia, en parte, de dos hechos importantes: en primer lugar, la implementación del uso de las herramientas matemáticas en la teoría económica (iniciada por León Walras y adoptada con profundidad desde los años de 1920) llevó a que los análisis se sesgaran hacia los modelos de equilibrio general. En consecuencia, por causa de la alta abstracción de dichos modelos la tecnología en sí perdió su significado y se comenzó a modelar simplemente como una información para combinar insumos para la producción en la empresa. La innovación, por tanto, fue vista de manera reducida como ciertos cambios exógenos en las técnicas de producción sobre las cuales la teoría económica no tenía mucho qué decir.

En segundo lugar, los acontecimientos de la gran depresión de los años de 1930 llevaron a que la teoría económica discutiera más sobre los determinantes de la evolución de la producción a corto plazo. Es decir, la macroeconomía se enfocó en los análisis de las políticas económicas de estabilización y los análisis del crecimiento económico revistieron menor interés. Esto llevó a que la innovación, un problema asociado al crecimiento de largo plazo, junto con la obra de Schumpeter, recibieran poca atención en un contexto en el que lo importante era reducir el desempleo y mantener la estabilidad de precios (Stiglitz y Greenwald, 2015).

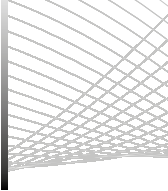
Aquellos hechos comenzaron a cambiar desde finales de los años de 1950 cuando se popularizó el modelo de Solow (1956) y comenzaron

a surgir los modelos de crecimiento económico exógenos y endógenos neoclásicos (ver, por ejemplo, Barro y Sala-i-Martin, 2004). Desde esa época hasta hoy se han retomado los aportes de Schumpeter y, aunque en términos matemáticos la teoría se ha vuelto más compleja, los avances son discutibles. Para ser más precisos, la teoría neoclásica del cambio técnico, surgida de los modelos de equilibrio general competitivo, ha sido cuestionada por su poca capacidad de explicación (Dosi, 1982). Esto ha llevado a que surjan marcos teóricos alternativos y se analice con rigor toda la teoría económica de la empresa, ya que las debilidades del marco neoclásico se encuentran en su visión de la firma, la cual resiste a ser reducida a una función de producción (Nelson y Winter, 1977; Vence-Deza, 1995).

Fuera del ámbito teórico, otros factores también han sido relevantes. En específico, el interés por analizar los determinantes del cambio técnico, la tecnología y la innovación ha sido impulsado por un escenario económico que muestra de forma rutinaria innovaciones en productos, procesos, esquemas organizacionales y cadenas de distribución que valorizan las empresas. Por una parte, estas innovaciones se manifiestan en la sociedad como una mejora en la calidad de vida de la mayoría de la población. Por otro lado, y más importante aún, está el hecho político y consiste en que la innovación le ha mostrado a la sociedad cuáles son las nuevas potencias económicas y los actuales líderes en los mercados (Porter, 1991). Es decir, la innovación tecnológica se encarga de mostrar quiénes son los agentes más competitivos para resolver los problemas sobre el qué, cómo y para quién producir; los tres principales problemas económicos. De ahí la importancia que tiene para la teoría económica profundizar sobre los determinantes del cambio técnico y la innovación.

Este texto pretende analizar la forma en que surgió la teoría neoclásica del cambio técnico, las críticas que se le han hecho y el marco alternativo propuesto por la llamada teoría evolutiva. Para esto, se presenta en la primera parte la teoría neoclásica como marco de referencia obligado para comenzar a analizar la economía del cambio técnico. Luego de presentar los conceptos neoclásicos de empresa y tecnología, en la

segunda parte se analizan la teoría del jalón de demanda y la teoría del choque tecnológico; las principales propuestas del cambio técnico en la teoría neoclásica. En la tercera parte se presentan las visiones alternas sobre la empresa y la tecnología. En esta sección se discuten las teorías del régimen o paradigma tecnológico como los principales marcos para analizar la innovación en la teoría económica contemporánea. Por último, se presentan las conclusiones.



Capítulo 1

La teoría neoclásica de la empresa

Existen varias teorías sociales que han analizado toda la problemática alrededor del fenómeno de la innovación. La teoría económica neoclásica es bastante importante para entender este fenómeno, ya que permite realizar una primera aproximación al problema. Se denomina teoría neoclásica al modelo de equilibrio general competitivo, desarrollado por Arrow y Debreu (1954), perfeccionado y generalizado más tarde por Arrow y Hahn (1977). El modelo neoclásico es importante y fundamental para la teoría económica ya que, bajo las premisas de racionalidad individual, demuestra la existencia de un equilibrio para una economía de competencia perfecta. De hecho, el modelo neoclásico es la base fundamental de lo que hoy se conoce como microeconomía.

El llamado modelo Arrow-Debreu se inscribe en la tradición de economistas que desde Adam Smith hasta el presente han tratado de responder a la pregunta sobre cómo una economía descentralizada, motivada por el interés individual, y guiada solo por las señales de los precios, consigue hacer un uso óptimo de los recursos económicos (Arrow y Hahn, 1977).

El objetivo que tiene la teoría neoclásica es responder, entonces, a la pregunta sobre la posibilidad, viabilidad y superioridad de la sociedad mercantil con respecto a otras formas de organizar la actividad económica (Cataño, 1997). Para dar respuesta a esta pregunta, la teoría neoclásica construye un modelo de equilibrio general que busca representar una economía competitiva. Para esto, el análisis necesita abordar y delimitar dos elementos:

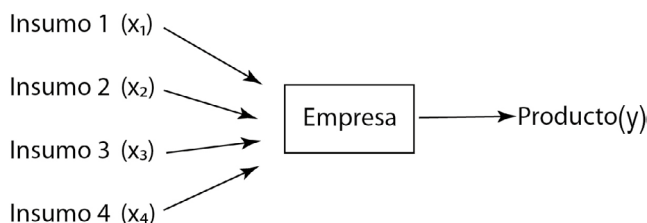
- I) Las mercancías y los precios, que son las variables del modelo.
- II) Los agentes, que son las unidades de decisión.

La teoría neoclásica adquiere sus características distintivas por los supuestos particulares sobre las mercancías, los precios y los agentes del modelo (Villar, 1996). En este documento, en particular, vamos a concentrar la atención sobre el análisis que realiza la teoría neoclásica alrededor de la empresa o la firma, uno de los agentes del modelo.

1.1. La firma y la tecnología en la teoría neoclásica

En la teoría neoclásica, la producción se refiere al proceso mediante el cual algunos insumos se transforman en productos. La empresa, o la firma, es la unidad de decisión que lleva a cabo la transformación y, en este sentido, la empresa es una unidad productora de transformaciones (Varian, 1992). En general, la teoría neoclásica no dice mucho sobre cuáles son los esquemas organizacionales para llevar a cabo la producción. En particular, la teoría asume que la firma es una abstracción tanto de las formas legales de organización como sobre el sector económico al que pertenece (Monsalve, 1999). Esto lleva a suponer que la firma es una especie de caja negra a la cual entran insumos (*inputs*) y esta, por medio del conocimiento, los transforma en productos (*outputs*). Esta noción de la firma como una caja que produce transformaciones es presentada en la figura 1.

Figura 1. La empresa neoclásica



Nota: Elaboración propia.

Conocer la tecnología en la teoría neoclásica implica, entonces, analizar tres elementos: 1) los insumos que entran en el proceso, 2) los productos que resultan del proceso y 3) la relación entre insumos y productos. En concreto, la teoría asume también que la empresa cuenta con una capacidad construida o dada que la convierte en una unidad capaz de transformar un conjunto de insumos en un conjunto de productos que toman la forma de bienes destinados al consumo (Naylor y Vernon 1973).

De forma resumida, los insumos o factores de producción pueden ser clasificados en tres categorías: bienes de capital (K), trabajo (L) y recursos naturales (T). Dado esto, el producto de la empresa (y) puede ser explicado en función de los insumos, es decir; $y = f(K, L, T)$. La forma en que se combinan o se transforman los insumos en productos, es decir, la relación entre entradas de insumos con salidas de productos es lo que la teoría neoclásica de la firma asume que es la tecnología.

En la teoría neoclásica el objetivo del productor consiste en maximizar el beneficio, el cual puede ser definido como la diferencia entre el valor de los productos y el costo de los insumos (Lozano, 2012). Este proceso queda dependiente de la relación entre entrada de insumos y salidas de productos o, dicho en otros términos, de la eficiencia en el proceso. Como resultado, es fundamental conocer lo que dice la teoría acerca de la tecnología y su expresión en una función de producción, ya que la maximización del beneficio se hace, por lo general, mediante el análisis de optimización de las funciones de producción. Conforme se apuntará más adelante, para poder expresar la producción de la firma como una función de los insumos es necesario hacer unos supuestos particulares y restrictivos sobre la tecnología.

1.2. La tecnología: supuestos

Una vez que el concepto de tecnología es fundamental para toda teoría que quiera explicar la innovación y sus causas, es importante analizar con mayor detalle el concepto de tecnología en la teoría neoclásica. El modelo de competencia perfecta de Arrow y Debreu (1954) asume los siguientes supuestos de partida para el tratamiento de la conducta de las empresas y su tecnología:

- I) Los precios están dados y todos los bienes tienen precios conocidos.
- II) Los agentes son tomadores de precios.
- III) La información, incluida la tecnología, es completa, simétrica y perfecta.
- IV) La tecnología es información disponible en un stock de conocimiento público.

En primera instancia, el hecho de que los precios sean dados lleva a que las empresas no tengan capacidad de fijar los precios y se comporten de manera pasiva. Es decir, a unos precios exógenos y conocidos, la empresa solo debe encontrar las combinaciones de insumos que le maximicen el beneficio. De esta forma, el modelo asume una conducta paramétrica en las empresas, ya que estas toman una información conocida y buscan, de forma mecánica, demandar insumos y producir de forma óptima.

Suponer que todos los bienes tienen precios dados exógenamente deja afuera el problema de la elaboración de un producto nuevo. En este caso, la teoría asume que la producción se realiza sobre bienes ya existentes, con características conocidas por los consumidores.¹

Con relación al segundo supuesto, creer que las empresas no puedan fijar precios deja afuera las estructuras de mercado donde la empresa tiene poder. Es decir, la teoría neoclásica, en su versión más general, es formulada para un ambiente donde existen muchas empresas, ya que de existir solo unas cuantas firmas cada una podría fijar y discriminar precios.

El tercer supuesto es necesario por varios motivos. En primer lugar, es importante aclarar que la incertidumbre se refiere a un evento cuyas probabilidades no se conocen y el mismo no se comprende en su totalidad (Knight, 1947). Por tanto, el hecho de asumir que la información es completa se hace para analizar situaciones donde no existen desconocimientos sobre los efectos de la conducta de las empresas, porque los mercados son completos para todas las eventualidades. Por ejemplo, la empresa no se enfrenta al problema de que una vez llevada a cabo la transformación de

¹ El modelo de competencia perfecta asume la llamada soberanía del consumidor.

insumos en productos pueda existir la posibilidad de que lo producido no tenga demanda o que el mercado lo rechace.

En segundo lugar, el hecho de que la información sea simétrica va de la mano con el supuesto de que no exista poder de mercado por parte de ninguna empresa, es decir, para que todas tengan igual conocimiento y no exista ninguna con datos privilegiados de los que pueda extraer ventaja. Por último, la información debe ser perfecta o conocerse en el mismo instante porque existe la posibilidad de que las empresas conozcan lo mismo, pero en diferentes momentos. Esto, de nuevo, llevaría a que algunas tengan poder de mercado invalidando el modelo de competencia perfecta.

En relación con el cuarto, y último supuesto, la noción de tecnología en la teoría neoclásica es bastante precisa y, por este mismo motivo, demasiado débil y no le permite abarcar de forma satisfactoria el problema de la innovación. En detalle, en la teoría neoclásica la tecnología es un conocimiento público al alcance de todos los participantes del mercado y consiste en las indicaciones sobre cómo se deben combinar los insumos para transformarlos en productos. Dicho en otros términos, es vista como información una vez que es un conocimiento que ya ha sido codificado, expreso, generalizado y, por tanto, es fácil de apropiar por cualquier empresa (Nelson y Winter, 1977). De acuerdo con este supuesto, la tecnología puede verse como una receta de cocina. Al respecto, Sala-i-Martin (2000) hace una ilustración bastante dicente:

“Para producir galletas es necesario tener capital (hornos, harina, huevos y otros materiales producidos previamente) y trabajo (cocineros). También es necesario saber cómo mezclar los ingredientes para llegar al producto final. Sin el conocimiento de la fórmula, es imposible producir galletas por más hornos, harina y cocineros que tengamos. Esa fórmula es lo que llamamos tecnología.” Sala-i-Martin (2000; 168).

El concepto de tecnología neoclásico se entiende entonces como un conjunto de planos o instrucciones que si se siguen estrictamente conducen a un resultado específico conocido. Además, esos conjuntos de planos están perfectamente articulados y se pueden imitar sin dificultad (Dosi, 1988a).

La tecnología como una receta o una información públicamente conocida posee las características que tiene el conocimiento científico más elemental, es decir, se asume como un bien no rival y no excluyente, lo que además envuelve otras delimitaciones. La característica de ser no rival implica que el conocimiento necesario para llevar a cabo la transformación de insumos en productos no se acaba o no pasa a un estado de no-disponibilidad cuando alguna firma lo utiliza. Así, todas las empresas pueden utilizar al mismo tiempo el conocimiento para combinar insumos, ya que todas lo conocen y está disponible sin costo alguno (Sala-i-Martín, 2000).

Con relación a la tecnología como un conocimiento no excluyente, en el modelo de competencia perfecta el supuesto es necesario para poder evitar que alguna empresa tenga poder de mercado mediante la exclusión en el uso de algún conocimiento con fines productivos. Es importante aclarar que la exclusión se puede dar de varias formas, una de ellas sería que alguna empresa usará una patente para proteger el conocimiento que tiene para producir. No obstante, como se asume que el conocimiento lo tienen todas las empresas, disponible en un stock público, esta opción no tendría viabilidad. Otra opción sería que el conocimiento para producir fuera tan especializado que solo algunas empresas pudieran procesarlo o supieran cómo utilizarlo, lo cual haría que estas fueran más capacitadas que otras, cuestión que también invalida el modelo competitivo.

Esta opción lleva a asumir que el conocimiento que la teoría neoclásica propone como tecnología es generalizado, aprehendido y entendible por todo el público. Es importante anotar que Jones (1979), en su tradicional obra sobre el crecimiento económico, asocia la tecnología con el fondo social de conocimiento sobre las artes industriales. No obstante, la producción en la teoría neoclásica puede ser catalogada solo en unas artes industriales bastante básicas o elementales, en las que el conocimiento para transformar insumos en productos no es algo muy elaborado y es fácil de expresar o entender. Esto último permite entender el por qué en la teoría neoclásica el conocimiento para producir se puede expresar en una receta, o en una función de producción diferenciable y continua, es decir, una actividad que expresa relaciones de causa-efecto conocidas y con total precisión. En suma, para que la tecnología tenga las características de ser un conocimiento no

rival y no excluyente la conclusión es que la teoría de la firma trata de la producción de bienes básicos poco tecnificada.²

Si se ve el problema desde una perspectiva macroeconómica, la teoría neoclásica asume que todas las firmas son iguales. Es decir, las empresas tienen igual conocimiento y capacidades, producen lo mismo y fijan el mismo precio. De ahí que el análisis de la firma neoclásica se pueda hacer, sin ningún problema, con un agente representativo.

Dicha teoría hace un tratamiento más preciso sobre el concepto de tecnología para delimitarlo mejor, en el que se emplean herramientas matemáticas. De acuerdo con esto, se presentan a continuación los conceptos de plan de producción, conjunto de producción y función de producción, los cuales delimitan en su forma final la visión neoclásica de la tecnología.

1.3. El plan de producción

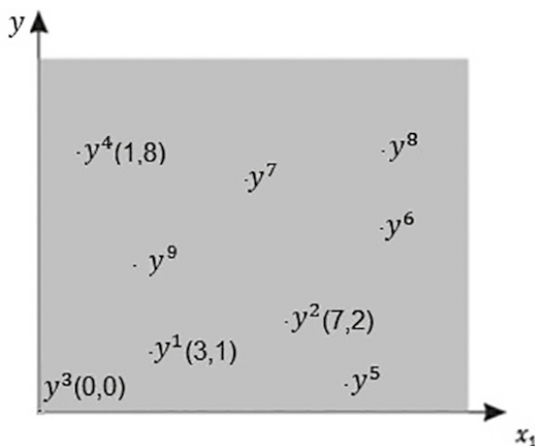
Un plan de producción es una especificación de la cantidad de insumos a utilizar para producir determinada cantidad de producto. Si se asume que los insumos (o factores de producción) se denotan con x y que la empresa solo produce un bien, medido por y , un plan de producción y^j en R^2 se puede ver como un par ordenado $y^j=(x_j, y_j)$. Para el caso en que existan dos insumos, un plan de producción sería un punto en el espacio R^3 igual a $y^j=(X_i, X_j, Y_j)$.

Existen diferentes planes de producción. Un plan de producción y^1 podría ser utilizar 3 unidades del insumo x_1 para producir 1 unidad de producto. Esto es: $y^1=(3,1)$. Otro plan de producción, y^2 , podría ser utilizar 7 unidades del insumo x_1 para producir 2 unidades de producto, es decir: $y^2=(7,2)$. Otra opción sería un plan de producción y^3 que no utilizara ninguna cantidad de insumos y, en consecuencia, no obtuviera producción alguna, así: $y^3=(0,0)$. Una opción adicional podría ser un plan de producción que utilice solo 1

² Es posible que los llamados commodities o materias primas encajen, parcialmente, en el concepto neoclásico de tecnología desde que no tengan una gran elaboración.

unidad del insumo x_1 para 8 unidades de producto, $y^4 = (1,8)$. En suma, es posible graficar algunos de los planes de producción hipotéticos, tal y como se realiza en la figura 2.

Figura 2. Planes de producción



Nota: Elaboración propia.

Existen combinaciones de insumos y productos, o planes de producción, que son viables y otros que no lo son. Por ejemplo, es posible que los planes de producción y^4 o y^8 no sean posibles en términos tecnológicos. Precisamente, para delimitar los planes de producción que son viables está el concepto de conjunto de producción.

1.4. Conjunto de producción

En términos matemáticos, el conjunto de producción es igual a $Y \subseteq R^l$ y es el que describe las posibilidades tecnológicas de la empresa. Es decir, en el conjunto de producción Y están todas las formas en que se pueden mezclar los insumos para producir un producto, dado el conocimiento que tiene el productor acerca de cuáles cantidades de insumos se pueden transformar en productos desde el punto de vista técnico (Lozano, 2012).

El conjunto de producción tiene las siguientes propiedades:

- I) Es no vacío y cerrado.
- II) Satisface irreversibilidad y libre disponibilidad.
- III) Es convexo.

En primer lugar, asumir que el conjunto de producción es no vacío, $Y \neq \emptyset$ garantiza que existe la posibilidad de hacer algo en el proceso de producción, pues al menos existe un plan en el conjunto. Esta posibilidad puede ser, por ejemplo, no hacer nada. Es decir, no utilizar insumos y, en consecuencia, no producir nada. En términos matemáticos, el plan de producción $y^i = (0, 0) \in Y$ es una posibilidad técnica que existe para la empresa. Por tanto, la empresa puede decidir no llevar a cabo ninguna actividad productiva y cerrar (Monsalve, 1999).

Por otra parte, suponer que el conjunto de producción es cerrado permite hablar de posibilidades técnicas y de límites. Si existen planes que son viables, situaciones arbitrariamente similares a este también serán otro plan de producción. Además de esto, un conjunto cerrado puede ser definido como aquel que contiene su frontera. Por tanto, la empresa enfrenta límites que pueden ser fijados, por ejemplo, por la cantidad máxima de insumos disponibles.

En segundo lugar, fijar sobre el conjunto de producción el supuesto de irreversibilidad implica que un plan de producción no puede ser revertido, es decir, una vez elaborada una cantidad de producto no existe la posibilidad de extraer los insumos de este. De un automóvil, por ejemplo, no se puede extraer la misma energía eléctrica con la que se fundió el metal. Matemáticamente esto se expresa de la siguiente forma: $Y \cap (-Y_j) = \{0\}$ lo cual significa que el único punto en común que tiene el conjunto con el cuadrante negativo está ubicado en el origen (Monsalve, 1999).

Por otra parte, la libre disponibilidad o eliminación gratuita trae dos consecuencias: la primera es que son necesarios los insumos para producir y si un plan de producción utiliza más insumos que otro, el primero debe generar al menos la misma cantidad de producto que el segundo. La segunda es que aun utilizando insumos es posible que el resultado sea una cantidad nula de producto (Lozano, 2012).

En tercer, y último lugar, un conjunto de producción convexo implica que la combinación de dos planes tecnológicamente viables es otra opción posible. Por ejemplo, si los planes $y^1 = (3,1)$ y $y^2 = (7,2)$ son viables, una combinación convexa del tipo $\lambda y^1 + (1-\lambda)y^2$ con $\lambda \in (0,1)$ también es una opción viable. Así mismo, si $\lambda = 1/2$ entonces el plan $y^3 = (1/2 * 3 + 1/2 * 7, 1/2 * 1 + 1/2 * 2) = (5, 3/2)$ debe ser posible.

Esta última propiedad restringe el conjunto de producción y trae consigo el hecho de que la teoría en su versión estándar no trabaja con rendimientos crecientes a escala, ya que un conjunto de producción con estas características invalida el supuesto de convexidad. El concepto se explica así: Cuando la tecnología presenta rendimientos crecientes a escala, si se multiplican todos los insumos por un factor $\alpha > 1$, esto debe llevar a que la cantidad de producto crezca más que proporcionalmente el aumento de los insumos. Además, este plan de producción resultante debería también ser una opción. En términos matemáticos:

$$y \in Y \wedge \alpha \in [1, \infty) \rightarrow \alpha y \in Y$$

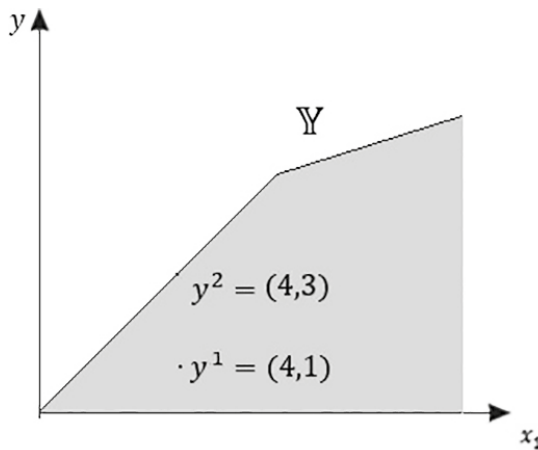
Por ejemplo, suponga que existe el plan de producción $y^i = (2,2,1)$, es decir, que utiliza dos unidades del insumo 1, dos del 2 y produce una unidad de producto.

Asuma ahora que se doblan los insumos, $\alpha=2$, y que el producto crece tres veces su valor inicial, lo que implica que hubo cierto rendimiento creciente en la cantidad del mismo (una eficiencia) al doblar los insumos. Por tanto, el plan resultante $y^j = (4,4,3)$ también debe ser viable. En otras palabras, cuando no existe la posibilidad de rendimientos crecientes, la tecnología neoclásica asume trabajar con dos supuestos: si se doblan los insumos la cantidad de producto obtenida crecerá solo en igual medida o menos que proporcionalmente en relación con el aumento de los insumos.

Por ejemplo, para el caso de un plan de producción con un solo insumo, $y^i = (1,1)$, o sea, que utiliza una unidad del insumo 1 y produce una unidad de producto. El doblar la cantidad del insumo 1 solo puede llevar a que la

cantidad de producto crezca máximo el doble o menos. Así, con las propiedades impuestas, el conjunto neoclásico adquiere una forma particular, una vez que algunas opciones (planes de producción) son descartadas. En especial, el hecho de que el conjunto sea convexo solo permite tecnologías con rendimientos constantes o decrecientes a escala. En consecuencia, el conjunto de producción neoclásico adquiere la forma que se muestra en la figura 3.

Figura 3. Conjunto de producción neoclásico



Nota: Elaboración propia.

Las razones para asumir este tipo de tecnologías pueden ser discutidas, también, desde las dos consecuencias que traerían los rendimientos crecientes sobre un ambiente de competencia perfecta y optimización. La primera está relacionada con el hecho de que una firma que se enfrente a un conjunto de producción con rendimientos crecientes a escala tendría incentivos para utilizar cada vez mayores insumos y, por tanto, aumentar siempre la escala. Como resultado, una firma con este tipo de rendimientos tiende a tener un tamaño cada vez mayor, al estilo de un monopolio, lo cual no encaja en un modelo competitivo. La segunda, es que invalida el problema de optimización del beneficio mediante la elección de una cantidad óptima de insumos. En concreto, una firma con rendimientos crecientes se enfrenta a infinitas elecciones que le maximizan el beneficio, ya que en caso de que

exista una combinación óptima de factores hay una elección igual al doble de la inicial que trae mayor producción, y existe otra igual al doble de esta última, etcétera (Varian, 1992). En suma, la elección de una cantidad fija de insumos que implica el proceso de maximización del beneficio solo se puede resolver en presencia de rendimientos no crecientes a escala.

1.5. La función de producción

Si el conjunto de producción satisface las propiedades de ser no vacío, cerrado y convexo puede ser representado mediante una función de producción. Con el paso del análisis de real o de conjuntos hacia el análisis diferencial o de funciones, el modelo neoclásico termina su delimitación del concepto de tecnología.

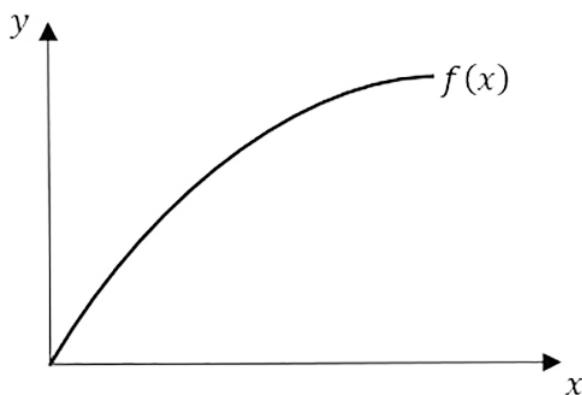
La función de producción está asociada al concepto de eficiencia, ya que solo toma en consideración la máxima cantidad de producto que se puede obtener con un número de insumos determinado. Es decir, únicamente tiene en cuenta los planes de producción viables, que generan más producto con menos insumos. En términos matemáticos, la función de producción es igual a:

$$f(x) = \{ y \in Y \subseteq R^l : f(x) \geq y, x \geq 0 \}$$

Con relación al conjunto presentado antes, la función de producción $y = f(x)$ solo tomaría en consideración los planes que están en la frontera del conjunto de producción debido a que estos son los únicos que satisfacen el criterio de eficiencia. Por ejemplo, en la figura 3, presentada antes, aparecen dos planes de producción viables: $y^1 = (4,1)$, $y^2 = (4,3)$. Con el y^1 se utilizan cuatro unidades del insumo x para producir una unidad de producto, mientras que con el y^2 es posible emplear las mismas cuatro x para sacar tres unidades de producto. En este caso, se dice que el plan y^2 es más eficiente que el y^1 . En consecuencia, si las funciones de producción solo consideran planes eficientes, se establece que por cada cantidad de insumos se tiene en cuenta el plan de producción que logra la mayor cantidad de producto; un mapeo de uno en uno entre planes y producción.

Por lo general, las funciones de producción analizadas en la teoría microeconómica son cóncavas, como una consecuencia que viene de asumir que los conjuntos de producción son convexos y, por tanto, que presentan rendimientos no crecientes a escala. A continuación, se representa la función de producción en la figura 4. Conforme puede observarse, esta solo mapea una cantidad de producto por cada unidad de insumos y es, por definición, la frontera del conjunto de producción.

Figura 4. Función de producción neoclásica



Nota: Elaboración propia.

Sobre la función de producción se trasladan las propiedades del conjunto de producción en términos diferenciales. Esto es, la función de producción es continua y diferenciable de segundo orden. Además, conforme se observa en la figura 4, aumentar el uso de insumos trae incrementos cada vez menores en la producción. Es decir, la productividad marginal de los insumos es decreciente.

Si existen dos insumos (x^1, x^2), la función $f(x^1, x^2)$ mide la cantidad máxima de producción (y) que se obtiene con estos insumos. Vamos a suponer que el insumo $x^1=L$ representa las unidades de trabajo y que el $x^2=K$ representa las unidades de capital. Por tanto, la función de producción es igual a $y=f(L, K)$.

La forma exacta que adopta la función de producción es un problema que la teoría neoclásica evade de diversas formas. Conforme apuntan Naylor y

Vernon (1973) y Varian (1992), la naturaleza exacta de la función de producción queda determinada por los datos suministrados por los ingenieros y sus decisiones técnicas al respecto de la combinación de insumos. O sea que la teoría neoclásica no tiene mucho que decir sobre la forma de la función de producción ya que esta se asume como un dato.

En el ámbito microeconómico, la función de producción más utilizada es la llamada función de Cobb y Douglas (1928), la cual fue pensada para analizar la participación de los salarios y el capital en el ingreso total de la economía y su evolución en el tiempo. Debido a que sus propiedades se ajustan bastante bien a los requerimientos de la tecnología microeconómica, es útil e intuitiva para mostrar el problema de optimización de la firma. Esta función es la siguiente:

$$y=L^{\alpha} K^{\beta}$$

En donde, $0 < \alpha < 1$ y $0 < \beta < 1$ son parámetros dados. Bajo estos valores para los parámetros, la función de producción es cóncava y con rendimientos decrecientes por lo que representa, de forma adecuada, el concepto de tecnología neoclásica. Otro tipo de funciones de producción que existen en la literatura son:

$$y=\alpha L+\beta K$$

$$y=\ln L+\ln K$$

$$y=\alpha L=\beta K$$

$$y=(\alpha L^{\rho}+\beta K^{\rho})^{\varepsilon/\rho}$$

En definitiva, bajo los supuestos sobre el conjunto de producción, la teoría neoclásica de la empresa descarga todo el significado de la tecnología en la función de producción. Por tanto, el análisis del cambio técnico también puede ser analizado con los conceptos que existen sobre dichas funciones.

1.6. Las isocuantas

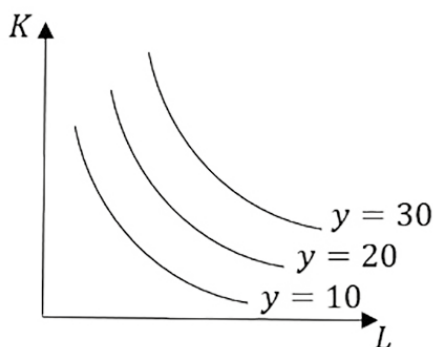
Con el fin de analizar el problema de la empresa en la teoría neoclásica, se va a suponer que solo existen dos insumos o factores de producción para facilitar

el entendimiento gráfico del problema. Esta abstracción también permite entender mejor el análisis neoclásico del cambio técnico (Nicholson, 2004).

Un instrumento que ilustra de forma sencilla la tecnología y el problema de la empresa son las llamadas curvas isocuantas (*iso*=misma, *cuanta*=cantidad). Estas representan todas las combinaciones de las unidades de trabajo y capital que son necesarias para producir una cantidad fija de producto, por ejemplo, $y = y_0$. En términos matemáticos, las isocuantas cumplen con lo siguiente:

Dadas las características de la función de producción (continua y diferenciable), existen tantas isocuantas como niveles de producción se deseen fijar. Por ejemplo, existe una para el nivel de producción $y = 10$, otra para $y = 20$, otra para $y = 30$, y así sucesivamente. Además, estas son convexas al origen, ya que la función de producción es cóncava y, mientras más alto sea el nivel de producción que se desee alcanzar, la isocuanta se ubicará más lejos del origen (ver figura 5).

Figura 5. Mapa de isocuantas



Nota: Elaboración propia.

En el caso de una función Cobb-Douglas, las isocuantas o curvas de nivel para un grado de producción estarían dadas por: $y_0 = L^\alpha K^\beta$. Si, por ejemplo, se fija $y = 10$ y $\alpha = \beta = 1/2$, la curva $y = 10$ serían todas las combinaciones de K, L tales que:

$$10 = L^{1/2} K^{1/2} \quad K = 100/L$$

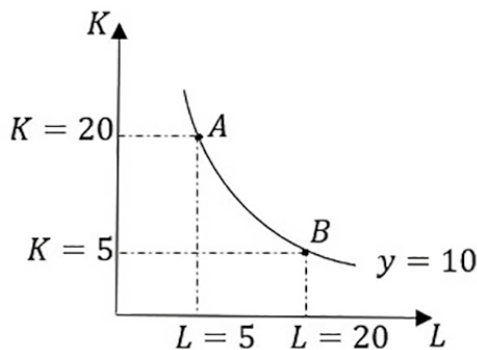
Conforme puede observarse, en las curvas de nivel hay una relación inversa entre trabajo y capital y la relación no es lineal. Es por este motivo que las de la figura 5 son convexas con relación al origen. También es importante anotar que el uso de las funciones de producción continuas es más una cuestión didáctica que realista. Conforme apunta Koutsoyiannis (2002), las isocuantas quebradas o funciones no continuas son más realistas porque los ingenieros consideran los procesos productivos como un ordenamiento discreto y no tanto continuo.

1.7. La relación técnica de sustitución

Una curva isocuanta está formada por todas las combinaciones de insumos posibles que producen una cantidad dada de producto. En una isocuanta es posible, entonces, pasar de una combinación de factores a otra y mantener la producción constante. La relación técnica de sustitución (*RTS*) es la tasa a la que se debe cambiar un factor (digamos K) por otro (digamos L) con el fin de mantener constante cierto nivel de producción.

En la figura 6 es representada una curva isocuanta para un nivel de producción $y = 10$ para una función de producción Cobb-Douglas igual a $y = 10 = L^{1/2} K^{1/2}$. Se marcan dos posibles combinaciones de insumos; la combinación A con $L = 5$ y $K = 20$ y la combinación B con $L = 20$ y $K = 5$.

Figura 6. La relación técnica de sustitución



Nota: Elaboración propia.

Para utilizar más unidades de trabajo es necesario renunciar a unidades de capital. La tasa a la cual se puede sustituir capital por trabajo es igual a:

$$RTS = - \left. \frac{\Delta K}{\Delta L} \right|_{y=10} = -\frac{15}{15} = -1$$

En este caso, utilizar una unidad más de trabajo implica renunciar a iguales unidades de capital. Dada una función de producción, es posible mostrar que la sustitución de un factor por otro viene dada por las contribuciones relativas que hace cada uno a la producción cuando se aumenta uno y se mantiene el otro constante; o sea, sus productividades marginales. Por tanto, otra forma de expresar la RTS es la siguiente:

$$RTS = - \frac{pmgL}{pmgK}$$

Donde $pmgL = \left. \frac{\Delta y}{\Delta L} \right|_{K=K_0}$ es la productividad marginal del trabajo

y $pmgK = \left. \frac{\Delta y}{\Delta K} \right|_{L=L_0}$ es la productividad marginal del capital. Conforme puede observarse, la *RTS* es negativa y decreciente. El hecho de que sea negativa

se debe a que utilizar más de un factor implica emplear menos del otro. Por otra parte, la *RTS* es decreciente debido a que las isocuantas son conexas, lo que denota que las productividades marginales de los insumos son decrecientes. Una tasa de sustitución técnica decreciente implica, además, la creciente dificultad de sustituir un factor por otro a medida que se utiliza de forma más intensiva cierto factor, ya que se entra en una fase de rendimientos decrecientes cercana a cero (Nicholson, 2004).

Como medida del grado de sustitución entre capital y trabajo, la *RTS* tiene un problema: depende de las unidades de medida de los factores (Koutsyiannis, 2002). Para corregir este problema, una mejor medida del grado de sustitución de factores es proporcionada por el concepto de elasticidad de

sustitución. Esta mide la facilidad con la que se puede intercambiar un factor por otro a lo largo de una isocuanta en términos porcentuales. Esto es:

$$\sigma = \frac{\Delta\%(K/L)}{\Delta\%(RTS)}$$

Conforme puede observarse, la elasticidad de sustitución es un número puro que no depende de las unidades de medida de los factores. Su utilidad reside en que sirve para analizar la forma en que cambia la RTS a medida que se utilizan diferentes combinaciones de capital y trabajo. Si la RTS cambia mucho ante una variación de K/L , es porque existen dificultades para la sustitución de factores.

En el caso de la función Cobb-Douglas, se tiene que la $RTS = K/L$ y, por tanto, $\sigma=1$. Es decir, esta tiene una característica única, y difícil de encontrar en la producción, que consiste en que la sustitución de capital por trabajo se mantiene constante para todas las combinaciones posibles de K/L .

Una vez ha sido definida la isocuanta, la empresa tiene definida todas las opciones técnicas disponibles para la utilización de los factores de producción. Es decir, la cantidad de factores a utilizar para producir cierta cantidad de producto es una información resumida en la isocuanta, que es determinada por la función de producción. No obstante, esta elección no es libre. En concreto, el costo de los factores o insumos lleva a que la empresa deba resolver un problema de optimización con restricciones para elegir la cantidad óptima de insumos.

1.8. La elección óptima de insumos

El problema de la empresa puede verse como la maximización del beneficio. Bajo ciertas propiedades de la función de producción, el problema es análogo a minimizar los costos de alcanzar un nivel de producción dado, el llamado problema dual de la minimización de costos (Varian, 1992).

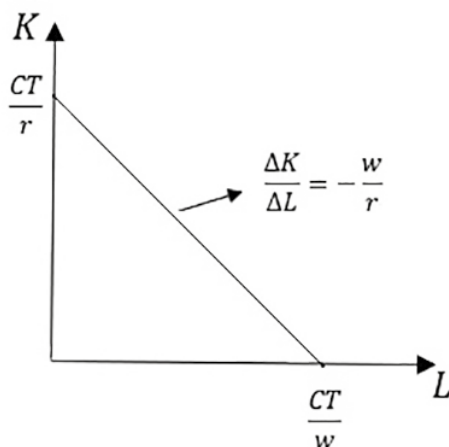
La función de costos de la empresa (CT) puede expresarse como sigue:

$$CT = wL + rK$$

Donde w es el costo del factor trabajo (el salario) y r es el costo de las unidades de capital (el interés). En términos gráficos, dicha función de costos se representa en la figura 7 por medio de una recta isocostos, la cual mide todas las combinaciones de K y L y que resultan en un costo fijo. La

pendiente de la función isocostos es negativa y viene dada por $\frac{\Delta K}{\Delta L} = -\frac{w}{r}$, que es la tasa a la cual se deben sustituir capital por trabajo en el mercado de factores.

Figura 7. Costos totales



Nota: Elaboración propia.

En términos matemáticos, el problema de la empresa consiste entonces en:

$$\min CT = wL + rK \text{ s. a. } y = y_0$$

Para solucionar el problema es útil recordar el principio de equimarginalidad neoclásico: en el margen las relaciones ingreso-costo deben ser iguales para cada factor. Es decir, la tasa a la que la empresa sustituye un factor por otro para mantener un nivel de producción dado debe ser igual a la tasa que exige el mercado ya que, en caso contrario, existen razones para utilizar más de un insumo o de otro.

Cuando la $RTS = \frac{pmgL}{pmgK} > \frac{w}{r}$, esto implica que $\frac{pmgL}{w} > \frac{pmgK}{r}$

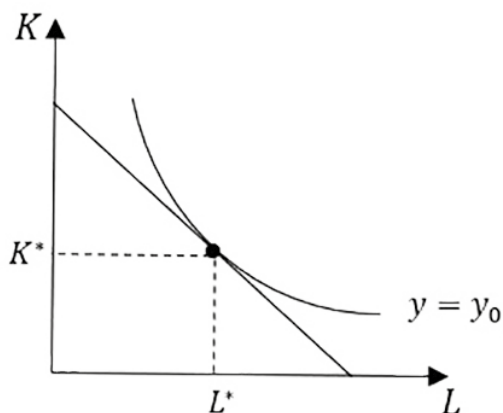
Por consiguiente, existen razones para utilizar más unidades de trabajo, ya que la productividad marginal del trabajo versus su costo es mayor que la del capital. Es decir, la relación beneficio-costo del factor trabajo está siendo mayor que la del capital.

Caso contrario ocurriría si $\frac{pmgL}{pmgK} < \frac{w}{r}$, aquí, existen razones para utilizar menos trabajo y más capital. El punto de equilibrio ocurre entonces

donde $RTS = \frac{w}{r}$.

En términos geométricos, el problema equivale a encontrar la combinación de insumos para los cuales las curvas isocuanta e isocosto son tangentes, tal y como se observa en la figura 8. Una vez que se asume que la función de producción es cóncava, continua y diferenciable de segundo orden, solo existe una solución al problema y una combinación de factores óptima.

Figura 8. La elección óptima de insumos



Nota: Elaboración propia.

La elección de insumos óptima es, por tanto, el principal problema de la firma neoclásica, ya que una vez elegidos los insumos es posible encontrar la cantidad de producción óptima. Y más importante aún, la elección de una técnica en particular es un problema de índole económico y no tecnológico; se basa en los precios (Koutsoyiannis, 2002).

Luego de que se encuentra la combinación óptima de insumos, el análisis se convierte en un problema de estática comparativa. Es decir, solo queda analizar la forma en la que reacciona la firma en su elección de los insumos ante cambios en los parámetros o en el ambiente económico, proceso que la teoría neoclásica clasifica como el cambio técnico o la variación en las técnicas.



Capítulo 2

Las causas del cambio técnico en la teoría neoclásica

El concepto de tecnología involucra conocimiento científico, la organización de la empresa y las técnicas, aplicado a la producción de bienes y servicios. La técnica como concepto consiste en las destrezas, habilidades y experiencias propias de los obreros o artesanos que participan en el proceso de producción que son difíciles de volver información explícita y no se puede documentar con facilidad. En la práctica, son las técnicas las que determinan cómo se usan y se combinan los factores o insumos para producir (Martínez, 1994).

A pesar de que las técnicas difícilmente se pueden transformar en información codificada, la teoría neoclásica, de forma poco clara, reduce el cambio tecnológico a una alteración en la composición relativa de factores (teoría del choque de demanda) o al aumento en la productividad por cada factor que altera la cantidad de insumos necesarios para producir determinada cantidad de producto (teoría del choque tecnológico). En particular, cuando la teoría analiza el cambio en las técnicas, el problema gira en las causas que hacen ahorrar trabajo o capital en la producción (Jones, 1979).

Una vez que la tecnología no consiste solo en las técnicas, es posible reconocer de entrada una limitante de la teoría neoclásica para analizar el cambio tecnológico en su sentido más amplio. Debido a que la organización no es importante, y que el conocimiento científico para producir se supone que está en una reserva interminable y disponible para el público, las empresas solo se pueden diferenciar por los cambios en la combinación

de factores. De aquí se deduce que la teoría únicamente trate del cambio técnico (Martínez, 1994).

La teoría neoclásica del cambio técnico puede ser expresada en términos de las isocuantas y la función de producción. Como resultado de asociar la innovación al cambio en las técnicas, la teoría neoclásica en su versión más estándar no consigue analizar las innovaciones en producto, sean mejoras en escala o radicales. En concreto, el supuesto de competencia perfecta implica que el producto o el bien que genera cada empresa es homogéneo.

En consecuencia, las mejoras del producto en sí podrían llevar a un monopolio, lo que rompería el ambiente competitivo en que se enmarca la teoría. Existen dos teorías neoclásicas del cambio técnico: jalón de demanda y choque tecnológico. Ambas pueden ser analizadas desde los conceptos presentados antes.

2.1. La teoría del jalón de demanda (Demand Pull)

Una de las primeras tentativas de analizar y clasificar el cambio técnico en la teoría neoclásica fue realizada por Hicks (1945) por medio de un análisis sobre las causas de los cambios en el uso relativo de factores.

Según Hicks (1945), una variación en los precios relativos de los factores de producción $\Delta \left(\frac{w}{r} \right)$ es un estímulo a la elección de técnicas más eficientes. En particular, la teoría neoclásica asume que existen presiones económicas para la producción de inventos y que el cambio técnico consiste en economizar los usos o intensidad de los factores de producción que pasan a ser relativamente más costosos en los mercados.

En términos gráficos, la teoría del jalón de demanda es presentada en la figura 9. Conforme puede observarse, el cambio técnico es equivalente a una variación en la proporción de los factores de producción, $\Delta \left(\frac{K}{L} \right)$, como respuesta a una modificación en sus costos relativos, $\Delta \left(\frac{w}{r} \right)$. Por ejemplo, supongamos una situación inicial donde los costos relativos de los factores son $\left(\frac{w_0}{r_0} \right)$ y que, dada la RTS, el productor utiliza una cantidad L_0 de unidades de trabajo y una K_0 de capital para alcanzar el nivel de

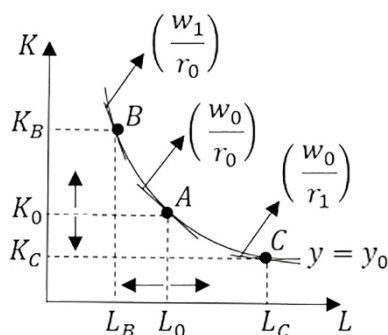
producción y_0 al mínimo costo (punto A de la gráfica). Vamos a asumir que existen dos posibles cambios en los precios de los factores: un aumento en el costo del trabajo que sube los salarios de w_0 para w_1 o un crecimiento del costo de capital que incrementa la tasa de interés de r_0 para r_1 . Ambas opciones cambian la pendiente de la recta isocostos que enfrenta el productor y, en consecuencia, deberían variar las elecciones de factores óptimos que minimizan el costo de alcanzar el nivel de producción dado.

Si existe un aumento de los salarios, sube el costo relativo del factor trabajo y, dado el costo capital, aumenta la inclinación de la recta isocostos.

Esto es: $\left(\frac{w_1}{r_0}\right) > \left(\frac{w_0}{r_0}\right) = RTS$. Como resultado, aumentan los incentivos para utilizar menos unidades de trabajo y más de capital, ya que el primer factor se ha hecho relativamente más costoso que el segundo. La sustitución de estos se realiza hasta que aumente la RTS y se consiga la igualdad con los nuevos precios relativos. Como resultado, se pasa del punto A para el B. Por otra parte, si aumenta el costo del capital disminuye el precio relativo del factor trabajo y cae la inclinación de la recta isocostos.

Es decir: $\left(\frac{w_0}{r_1}\right) < \left(\frac{w_0}{r_0}\right) = RTS$. En este caso, existen incentivos para utilizar más unidades de trabajo y menos de capital. La sustitución se realiza hasta que los rendimientos decrecientes de más unidades de trabajos disminuyan la RTS y se consiga la igualdad con los nuevos precios relativos. Como resultado, se pasa del punto A para el C.

Figura 9. El cambio técnico por jalón de demanda



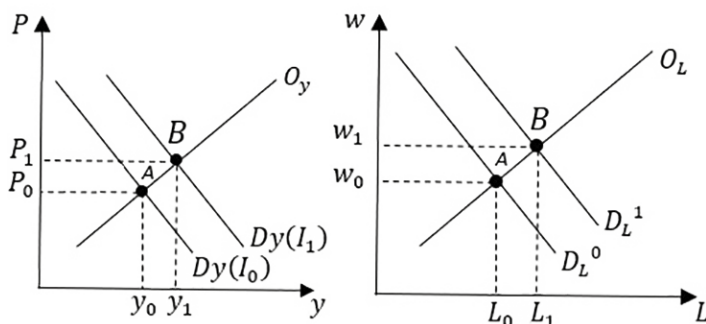
Nota: Elaboración propia.

Por tanto, la teoría del jalón de demanda identifica el cambio técnico con la alteración en la proporción de factores provocado por el cambio de los precios del mercado. Para ser más precisos, el proceso mediante el cual se alteran los precios relativos de los factores se debe a cambios en las preferencias de los consumidores y, en consecuencia, en la demanda de bienes. Este fenómeno es explicado por Dosi (1982) en los siguientes términos:

- El punto de partida es que existe un conjunto de bienes de consumo dado o exógeno que satisface las necesidades de los consumidores.
- Los consumidores expresan sus preferencias a través de los patrones de demanda y los precios de los bienes reflejan dichos patrones.
- La demanda de los consumidores puede cambiar ante variaciones en el ingreso, en los precios o en las preferencias mismas.
- Cuando crece el ingreso, aparecen preferencias por bienes más sofisticados y los productores se mueven para satisfacer dichas necesidades, lo que presiona los precios de los factores requeridos para la producción de dichos bienes.
- El cambio en el precio de los factores altera los costos de producción de las empresas, lo que motiva un ahorro en el uso del factor que se hace relativamente más costoso.

En la figura 10 se presenta el proceso mencionado. En una situación inicial (punto A), existe un ingreso de los consumidores igual a I_0 . Con este, la demanda inicial es $Dy(I_0)$ y dada la oferta de los productores Oy , la economía produce una cantidad de producto Y_0 con unos precios P_0 . Al nivel de producción inicial, la demanda de trabajo es L_0 y los salarios son w_0 . Una vez aumentan los ingresos de los consumidores, se incrementa la demanda y la producción de la economía. Como resultado, sube la demanda de trabajo y los salarios son presionados hacia arriba para ubicarse en w_1 . Ante este aumento de los salarios, las empresas buscarán ahorrar en la utilización de las unidades de trabajo. En el caso de que solo existan dos factores de producción y que el precio del otro factor (el capital) no se altere, esto equivale a utilizar más capital.

Figura 10. Causas del cambio en los costos de los factores



Nota: Elaboración propia.

A finales de los años de 1960, la teoría del jalón de demanda recibió mayor interés por el trabajo de Schmookler (1966) quien encontró evidencia empírica a favor de dicha teoría. A través de una muestra de 23 industrias en el período 1936-1950 y por medio de estadísticas de patentes, Schmookler encontró que los cambios en los patrones de demanda y el mercado potencial fueron los determinantes de la dirección y magnitud de la actividad inventiva. Según Schmookler (1966), las industrias realizaron esfuerzos inventivos para explotar oportunidades de lucro percibidas en el mercado. Para esto, se esforzaron en direccionar el conocimiento parar mejorar los productos que se mostraban con altos usos industriales y con gran potencial de ventas futuras.

2.2. La teoría del choque tecnológico (*Technology Push*)

El choque tecnológico es una teoría que puede ser atribuida a todo el análisis que surgió con el llamado residuo de Solow (1956). A grandes rasgos, todos aquellos factores que incrementan la productividad, y que no están relacionados con el nivel y acumulación de los factores, son un progreso técnico exógeno que impacta la empresa, las técnicas existentes y su forma de producir.

El progreso técnico puede ser explicado por un aumento en la eficiencia en el uso de los factores. Al respecto, la teoría del choque tecnológico asocia

el cambio técnico a los factores de oferta y asume que el conocimiento necesario para combinar los insumos en la producción cambia por causa de fuerzas exógenas. En particular, el cambio en la tecnología se manifiesta como un aumento en la productividad del trabajo o del capital o de ambos. Para ilustrar la teoría del choque tecnológico, el concepto de la función de producción ayuda mucho. Supongamos que inicialmente una firma tiene una tecnología Cobb-Douglas dada por la siguiente función:

$$y = AL^{1/2} K^{1/2}$$

Donde L, K son las unidades de trabajo y capital respectivamente. La variable A es asociada en la teoría neoclásica como equivalente al nivel tecnológico de la empresa o la economía en un momento del tiempo.

En concordancia con la teoría presentada antes, vamos a asumir que el nivel tecnológico está normalizado en $A=1$. Por tanto, en una situación inicial la función de producción de la empresa es igual a:

$$y = L^{1/2} K^{1/2}$$

En esta situación, la productividad marginal del trabajo ($PmgL$) está dada por la siguiente función:

$$PmgL = \frac{\Delta y}{\Delta L} = \frac{K^{1/2}}{2L^{1/2}}$$

Para efectos gráficos, es necesario fijar las unidades de capital. Por ejemplo, si se fija su nivel en $K=1$, la productividad marginal es igual a:

$$PmgL = \frac{1}{2L^{1/2}}$$

Conforme puede observarse, la productividad marginal tiene una relación inversa con las unidades de trabajo. Es decir, la productividad marginal es

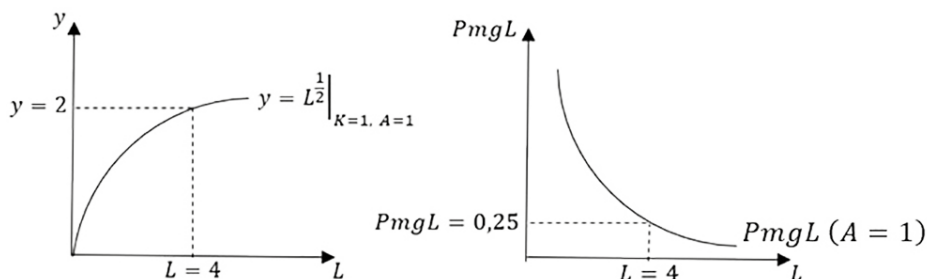
decreciente. En la tabla 1, se pueden ver los datos de la producción y la productividad marginal para las primeras cinco unidades de trabajo. A medida que aumenta el uso del factor trabajo, la producción crece, pero cada vez menos, debido a que el capital y la variable que mide la tecnología están fijos. Como resultado, la productividad marginal de una unidad adicional de trabajo es cada vez más baja (ver figura 11).

Tabla 1. Producción y productividad marginal inicial para un nivel tecnológico $A=1$

Unidades de trabajo (L)	Producción ($A = 1, K = 1$)	Productividad marginal ($A = 1, K = 1$)
$L = 1$	$y = 1$	$PmgL = 0,5$
$L = 2$	$y = 1,4141$	$PmgL = 0,3555$
$L = 3$	$y = 1,7320$	$PmgL = 0,2886$
$L = 4$	$y = 2$	$PmgL = 0,25$
$L = 5$	$y = 2,2360$	$PmgL = 0,2236$

Nota: Elaboración propia.

Figura 11. Producción y productividad marginal inicial



Nota: Elaboración propia.

La teoría del choque tecnológico asume que la variable que mide la tecnología puede cambiar como resultado de los nuevos descubrimientos científicos, inventos, aumentos de la eficiencia, impactos de la política científica o algún otro choque exógeno no explicado (Dosi, 1982). En términos de la teoría neoclásica, esto equivale a que la función de producción es alterada por el cambio que experimente la variable asociada a la tecnología (A).

Supongamos que se da un aumento de la variable A que incrementa la productividad marginal de ambos insumos a la vez.³ Con el ejemplo dado antes, vamos a suponer que la variable toma ahora un valor mayor a uno, por ejemplo, $A = 4$. En dicho caso, la nueva función de producción es igual a:

$$y = 4L^{1/2} K^{1/2}$$

En esta situación, la nueva productividad marginal del trabajo ($PmgL$) está dada por:

$$PmgL = \frac{\Delta y}{\Delta L} = \frac{2K^{1/2}}{L^{1/2}}$$

Si se fija de nuevo el nivel de unidades de capital en $K=1$, la productividad marginal es igual a:

$$PmgL = \frac{2}{L^{1/2}}$$

En la tabla 2 están los datos para las primeras cinco unidades del insumo trabajo y sus respectivas implicaciones en términos de producción y productividad marginal con el nuevo valor de la variable asociada a la tecnología. En contraste con los valores de la tabla 1, la producción y la productividad marginal por cada unidad de trabajo son ahora más altos.

Tabla 2. Producción y productividad marginal inicial para un nivel tecnológico $A=4$

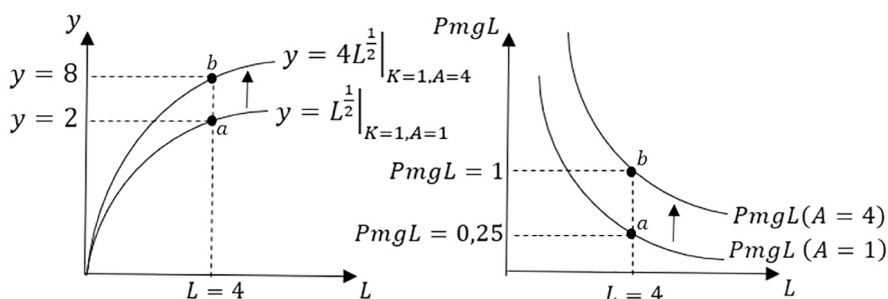
Unidades de trabajo (L)	Producción (A = 4, K = 1)	Productividad marginal (A = 4, K = 1)
$L = 1$	$y = 4$	$PmgL = 2$
$L = 2$	$y = 5,6568$	$PmgL = 1,4142$
$L = 3$	$y = 6,9282$	$PmgL = 1,1547$
$L = 4$	$y = 8$	$PmgL = 1$
$L = 5$	$y = 8,94$	$PmgL = 0,8944$

Nota: Elaboración propia.

³ Según la teoría neoclásica del crecimiento económico, un aumento en la productividad de ambos insumos equivale a un cambio técnico neutral en el sentido de Hicks (ver, Jones, 1979).

Para representar la teoría del choque tecnológico, en la figura 12 se ven las dos situaciones apuntadas antes para un nivel de la variable $A=1$ y $A=4$. Las implicaciones del aumento en la variable que mide la tecnología son, entonces, un desplazamiento de la función de producción y de la productividad marginal.

Figura 12. La teoría del choque tecnológico



Nota: Elaboración propia.

En términos de las funciones isocuantas las implicaciones de la teoría del choque tecnológico son equivalentes a un desplazamiento hacia adentro de las isocuantas.⁴ Es decir, ahora son necesarias menos unidades de insumo para producir una cantidad dada de producto.

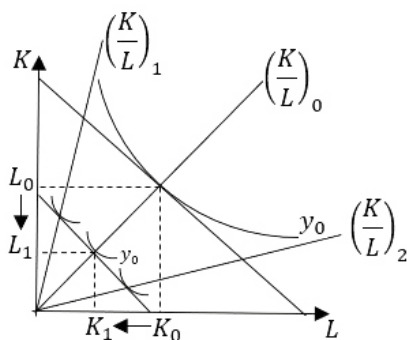
Una vez que el choque se convierte en un progreso tecnológico y desplaza la función de producción existe otra implicación. En detalle, conforme apunta Koutsoyiannis (2002), el progreso tecnológico lo que hace es eliminar las técnicas de producción que se vuelven ineficientes. Es decir, ahora la técnica que utiliza cuatro unidades de trabajo para producir dos de producto no queda en la frontera del conjunto de producción y, por tanto, la función de producción no la tomará en cuenta.

⁴ Conforme apunta Koutsoyiannis (2002), la teoría neoclásica trata de innovación en procesos y este tipo de modificación es, simplemente, un desplazamiento sobre o de la isocuanta.

El ejemplo presentado en la figura 12 es el caso de un cambio técnico neutral debido a que ahorra igual cantidad de ambos factores. No obstante, este es un caso particular, ya que el cambio técnico podría haber sido ahorrador de trabajo o de capital o de ambos (Sahal, 1981).

Los tres casos son presentados en la figura 13. En términos geométricos, la relación capital-trabajo inicial puede ser medida por una línea de 45 grados que salga del origen. En este caso, si se incrementa dicha relación con respecto a la situación inicial, $\left(\frac{K}{L}\right)_1 > \left(\frac{K}{L}\right)_0$, se podría decir que el cambio técnico fue ahorrador de trabajo. Si disminuye, $\left(\frac{K}{L}\right)_2 < \left(\frac{K}{L}\right)_0$ el cambio técnico sería ahorrador de capital. Por último, si permanece igual sería un cambio técnico neutral.

Figura 13. Tipos de cambio técnico



Nota: Elaboración propia.

Independiente de la clasificación, se puede observar que el cambio técnico por causa de un choque tecnológico es equivalente a producir la misma cantidad de bienes con menos insumos; un aumento de la eficiencia en el uso de los factores (Jones, 1979). Es decir, solo se muestra el resultado del cambio técnico y no hay muchas luces sobre qué factores explican esas fuerzas exógenas que producen las mejoras técnicas.

Conforme puede deducirse, la consecuencia práctica en términos de la política de ciencia y tecnología que trajo la teoría del choque tecnológico

fue el soporte para las políticas que ponían el énfasis en la oferta, las cuales se adoptaron en los años posteriores a la segunda guerra mundial hasta la caída del muro de Berlín. Es decir, la teoría del choque tecnológico vino a incentivar la idea de impulsar la ciencia por sus derramamientos exógenos sobre las empresas. Para que esto se llevara a cabo, la idea era fortalecer la infraestructura de ciencia y tecnología, el gasto público en Investigación y Desarrollo experimental (I+D), la formación de personal calificado (doctores y doctorados), entre otras políticas que se adoptaron y que se siguen implementado en varios países (ver, Nupia, 2014). En Latinoamérica, en concreto, la teoría del choque tecnológico impulsó la llamada política del triángulo de Sábado donde el objetivo fue buscar una coordinación entre el gobierno, la estructura productiva (la empresa) y la infraestructura tecnológica como forma de impulsar el crecimiento económico (Sábado y Botana, 1993).

2.3. Críticas a la teoría neoclásica del cambio técnico

A parte de los problemas propios que tiene la definición misma de tecnología, la teoría neoclásica del cambio técnico, ya sea por jalón de demanda o por choque tecnológico, tiene otras deficiencias en su estructuración *per-se*. Las críticas están agrupadas en los problemas de los derramamientos tecnológicos, la reversibilidad, el ahorro de factores, la capacidad de invención, entre otras.

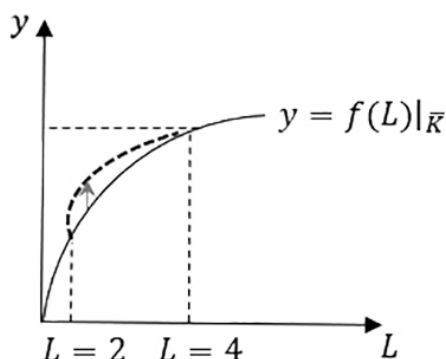
- I) **Derramamientos tecnológicos:** Uno de los problemas de la teoría neoclásica consiste en que el cambio técnico es visto como un cambio en la función de producción que involucra una mejora en la eficiencia de todas las técnicas existentes. Por ejemplo, en el caso de la figura 12, todas las elecciones de las unidades de trabajo dado el capital producen ahora un producto más alto. Sea con $L=1$, $L=2$, $L=3$, $L=4$, $L=5$ y todas las otras unidades.

El problema es que el avance tecnológico puede ser solo en unas técnicas sin consecuencias en todas las otras en general. Es decir, el progreso técnico puede ser localizado y llevaría a cambios puntuales en solo una parte de la función de producción o de la isocuanta

(Atkinson y Stiglitz, 1969). En el caso referenciado en la tabla 2, esto equivaldría a decir que solo una técnica, por ejemplo, la que utiliza $L=4$, sería objeto de la mejora del choque tecnológico en cuanto las otras podrían continuar con la misma eficiencia luego del choque.

Esta situación se presenta en la figura 14. A diferencia del cambio que mejora todas las técnicas (ver figura 12 presentada antes), el choque tecnológico solo puede mejorar unas cuantas. Por ejemplo, es posible que mejore las técnicas que usen entre $L=2$ y $L=4$ y unidades de trabajo. Es decir, que solo se vea afectado un tramo de la función de producción y no toda.

Figura 14. Cambio técnico localizado



Nota: Elaboración propia con base en Atkinson y Stiglitz (1969).

- II) El problema de la reversibilidad:** este se refiere a que un cambio técnico ahorrador de trabajo, adoptado en una industria ante un aumento en el salario, puede también ser acogido por otros sectores e invertirse. Por ejemplo, si varias industrias implementan técnicas intensivas en capital (ahorradoras de trabajo), es posible que el resultado final sea que los salarios, en general, caigan. Esto a su vez, puede inducir a sustituir de nuevo capital por trabajo, ya que este último factor pasa a ser relativamente más barato que el primero, lo que revertiría el proceso inicial de un cambio técnico ahorrador de trabajo (Blaug, 1963).

III) El cambio técnico visto como el ahorro en factores: La innovación en la teoría neoclásica es vista como una sustitución de factores donde, dados los cambios en los precios, se usa más uno que otro. No obstante, la evidencia empírica de las cuentas nacionales de las economías desarrolladas muestra que la relación capital-trabajo (K/L) se ha mantenido constante a pesar de las innumerables innovaciones en los últimos tiempos. Además de esto, las innovaciones en capital no se corresponden con menos utilización del factor trabajo y se necesitan condiciones muy restrictivas para que esto ocurra (Blaug, 1963; Sahal, 1981).

IV) El problema de la función de producción: Durante los años posteriores al trabajo de Solow (1956), se presentó en la teoría económica el llamado debate de los dos Cambridge. Para los términos referenciados en el presente trabajo, dicho debate tiene que ver, en parte, con las unidades de medición de los factores de producción. La función de producción neoclásica asume que los factores y el producto pueden medirse en unidades equivalentes. No obstante, solo por el lado del capital ya existe un problema crítico, debido a que esos bienes difieren en productividad, calidad y precio. En particular, en términos agregados para la viabilidad de la función de producción neoclásica se requieren unas condiciones muy exigentes difíciles de verificar (Fisher, 1969).

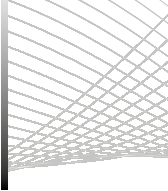
También son importantes los cuestionamientos que realiza Benavides (2004), quien señala que los productores no eligen sus planes de producción con base en un proceso de optimización porque existe conocimiento imperfecto de las circunstancias en que se encuentran. Más bien se guían por hábitos, costumbres o rutinas que cambian con el paso del tiempo por medio del ensayo, acierto y error. Es decir, existen ocasiones en que no se conocen *a-priori* las posibles formas de combinar los insumos de forma óptima y realizar la producción.

V) Negación de la capacidad inventiva: la teoría del jalón de demanda asume que el cambio técnico es una respuesta que presenta la empresa de forma pasiva ante un cambio en las condiciones de mercado.

Esto deja por fuera la capacidad que tienen las firmas, o los mismos agentes de manera individual, de desarrollar inventos con éxito comercial (innovaciones) independiente del cambio en las condiciones de mercado.

Es decir, no solo las necesidades señalizadas por los precios de mercado son las fuerzas de la innovación, ya que de manera continua investigadores buscan dar respuesta a problemas nuevos o desafíos detectados que no son presionados por los mercados (Dosi, 1982). Por ejemplo, el desarrollo del internet o el *gps* fueron motivados con fines militares sin que el mercado presionara, en su totalidad, vía precios por dichos inventos.

También debe anotarse que en la teoría del jalón de demanda hay un elemento *a-priori* y consiste en que los productores elijen los mejores métodos ante cualquier cambio en los precios, sin incurrir en costo alguno para adaptar la empresa a procesos más o menos intensivos en la relación capital-trabajo. El problema es que comenzar a utilizar técnicas más potentes en capital e infraestructura requiere costos de ajustes que pueden incluso detener su implementación. Existen además resultados no conocidos cuando se pasa de un sistema a otro. En suma, la teoría neoclásica del cambio técnico es solo un punto de referencia para analizar la innovación tecnológica.



Capítulo 3

Visiones alternas de la tecnología y la empresa⁵

Gran parte del problema que tiene la teoría neoclásica sobre el concepto de tecnología se debe a la confusión que existe acerca de los significados de conocimiento e información. Hay una diferencia entre lo que es un dato, información y conocimiento. En primer lugar, un dato es una observación de algún estado del mundo. Por otra parte, la información está compuesta con datos, pero es presentada con relevancia y propósitos contextuales direccionados. Por último, el conocimiento está conformado por información procesada a partir de un marco teórico de alguna disciplina científica y busca explicar un fenómeno (Robledo, 2008).

El conocimiento puede ser de varios tipos. El más común es el explícito, que es aquel que está presente en los libros o documentos y que por sus características es codificable y fácil de transferir. También está el conocimiento tácito, el cual es un saber-cómo sobre algún fenómeno y que ha sido desarrollado a manera de destrezas y experticias en las personas. Como tal, este es más complejo y difícil de traspasar (Polanyi, 1958, Robledo, 2008). Lo que hoy llamamos ciencia es un cúmulo o stock de conocimientos explícitos que buscan resolver las preguntas del hombre. En estrecha relación con la ciencia, está el concepto de tecnología que también es conocimiento, pero aplicado a la producción de bienes y servicios. Es decir, la tecnología involucra necesariamente las técnicas o saberes empíricos y habilidades

⁵ Esta parte está basada, parcialmente, en el documento: Galvis-Ciro, J.C. y Echavarría-Arcila, M.A. (2018). *Una Visión Alternativa De La Firma Desde La Organización, El Aprendizaje Y Los Paradigmas Tecnológicos*. Revista Panorama Económico, 26(4), 503-518.

presentes en la producción: conocimiento implícito. Es por este motivo que, comúnmente, se asocia a la tecnología como algo equivalente a una ciencia con técnicas o a una técnica con lógica científica.

Como tal, la tecnología involucra la investigación aplicada mediante métodos científicos y el uso de las técnicas o saberes empíricos. No obstante, a diferencia de la ciencia pura, la tecnología tiene presente un fuerte conocimiento tácito por estar relacionada con las técnicas de producción. Esto la convierte en un fenómeno complejo, ya que tiene componentes explícitos junto con elementos implícitos o tácitos que se desarrollan solo en la práctica y que no pueden ser codificables (Polanyi, 1958).

Dado esto, es posible establecer que el concepto neoclásico de tecnología la reduce a información explícita, con fácil difusión y apropiación. Es decir, el elemento tácito de la tecnología es olvidado o reducido en la visión neoclásica, ya que esta solo considera el conocimiento que ha sido codificado y, por tanto, convertido en información (Heijs y Buesa, 2016).

En detalle, en la teoría neoclásica el conocimiento tecnológico está expresado en el conjunto de producción. Bajo las propiedades estándar sobre dicho conjunto, el conocimiento necesario para transformar insumos en productos adquiere la forma de una información clara que se puede expresar en un concepto de causas-efectos precisos; una función matemática.

Esta consecuencia de la teoría no puede pasar inadvertida. El hecho de que la tecnología se pueda expresar en una función matemática implica que no sería tecnología los conocimientos tácitos e implícitos, las idiosincrasias, el factor organizacional y los aprendizajes, ya que, por definición, estos conocimientos no están codificados y no se pueden expresar de una manera sencilla (Penrose, 2009). Esto explica también por qué el aporte que hace la teoría neoclásica sobre el fenómeno de la innovación es limitado, ya que este es un proceso complejo, difícil de explicar y medir con precisión (Dosi, 1988b). Es decir, la innovación no se puede analizar de forma tan simple como ciertos cambios sobre una isocuanta ante el cambio en los precios de mercado, tal y como lo hace la teoría neoclásica.

Las consecuencias macroeconómicas de la teoría neoclásica son más cuestionables. Asumir que la tecnología es un conocimiento fácil de transferir y desarrollar por todas las empresas trae, como resultado, que las naciones de todo el mundo tendrían una convergencia en su crecimiento económico (ver, por ejemplo, Sala-i-Martin, 2000). Para esto, solo es necesario llevar el capital y las técnicas de producción hacia los países donde existe escasez y, por tanto, donde el retorno económico es mayor. No obstante, la tecnología tiene elementos difíciles de transferir y que, además, están protegidos con diferentes mecanismos. Entre ellos, el nivel de entendimiento científico que requiere comprender un fenómeno y las capacidades y habilidades necesarias para dominar las técnicas, las cuales no son públicas o no están disponibles a un costo igual a cero (Dosi, 1988b). Existen además tecnologías con altos componentes tácitos que dificultan su difusión (Nelson y Winter, 1977). Es decir, la tecnología tiende a presentar mejor las características de un bien privado y, es por eso, que algunas cuestiones propias de cada firma, como su esquema organizativo, su conocimiento y sus rutinas de aprendizaje, son importantes para analizar la tecnología, los determinantes del cambio tecnológico y el crecimiento económico (Heijs y Buesa, 2016).

La teoría de la convergencia ha recibido también otras críticas. Una de ellas, afirma que los aprendizajes propios que traen el desarrollo de cualquier tecnología se pierden con la transferencia. En particular, los países en desarrollo suelen ser pasivos y la difusión de tecnología los priva del importante proceso de aprender haciendo (Pérez y Soete, 1988).

De acuerdo con Pérez y Soete (1988), la igualación de capacidades tecnológicas de los países en desarrollo con respecto a los países líderes, se logra mejor mediante la adquisición de la participación en la generación y mejoramiento de las tecnologías en uso. Para esto, se requiere una intervención política y una visión estratégica que identifique las tendencias en la aparición de nuevos paradigmas tecno-económicos donde sea posible entrar en sus desarrollos iniciales. En particular, la inversión en investigación y desarrollo experimental es necesaria para desarrollar las capacidades que permitan el despegue tecnológico.

3.1. El esquema organizativo y la tecnología de la empresa

Desde los inicios del capitalismo, la tecnología ha sido un cuerpo de conocimientos y experiencias producido dentro de las empresas, con una dinámica difícil de esquematizar en una relación simple de insumos-productos (Nelson, 1988). Por lo tanto, la teoría neoclásica deja por fuera actividades de producción industriales, en las que la tecnología es un fenómeno complejo y difícil de reducir a una función de producción o expresar en una receta.

La teoría neoclásica, al hacer abstracción de las formas de organización de las empresas, no comprende tampoco el papel que juegan otros elementos que también influyen en la producción, tales como: las jerarquías, la cultura de trabajo y el ambiente laboral que hacen de cada firma una unidad diferente (Penrose, 2009). Es decir, la teoría neoclásica deja por fuera el conocimiento implícito de las empresas, para el cual no existen mercados, ya que este conocimiento no se puede expresar, o está protegido mediante patentes o tiene un alto grado de complejidad.

Debe agregarse que la producción toma tiempo y aprendizajes. En particular, la de cualquier bien o servicio requiere habilidades especiales, entrenamientos avanzados en ciencia o ingeniería, trabajo colaborativo y uso de instrumentos o equipos costosos que requieren aprehensión en sus diversos componentes. Estos recursos no están disponibles de forma libre en el mercado y suelen encontrarse dentro de las empresas, debido a que estas han descubierto un factor competitivo en las rutinas de producción (Nelson, 1988).

En consecuencia, tanto la organización como los aprendizajes son recursos de las empresas que pueden no tener la característica de información libre, simétrica y perfecta. Es decir, el conocimiento tecnológico, sus fortalezas y debilidades, así como las necesidades del usuario, tienden a ser privados o apropiados y no disponibles para quienes no tienen una relación directa con la empresa (Nelson, 1988; Dosi, 1988b). Dicho de otra forma, el concepto

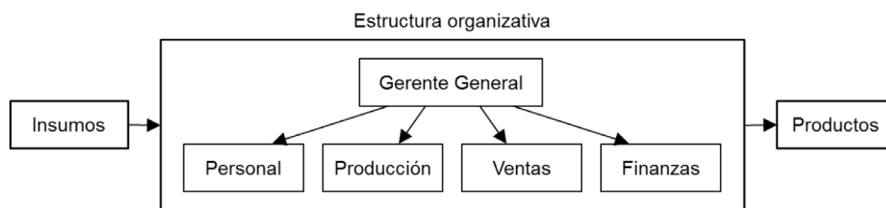
neoclásico de tecnología y, por tanto, de empresa, son limitados, por lo que es necesario analizar desde otro punto de vista todo lo relacionado con la firma y la producción.

Para poner en contexto el planteamiento neoclásico que afirma que la tecnología es solo información sobre cómo combinar los insumos, es relevante plantear la siguiente pregunta. Suponga que se tienen los insumos necesarios para producir un edificio: el acero, los ladrillos, el cemento, la mano de obra y demás. Asuma que existe información codificada sobre cómo se combinan aquellos elementos para construir el edificio; la llamada receta neoclásica. ¿Por qué cualquier grupo de personas no podría hacerlo?

Es posible enfocar la respuesta desde la importancia de la organización. Para una actividad de producción es fundamental este elemento, además de las experiencias y el aprendizaje. Así exista la información sobre cómo combinar los insumos (la receta), esta no sirve de nada si no hay experiencias, organización y coordinación sobre el uso de los recursos. Por esto, en primera instancia, la firma puede y debe ser entendida como una organización administrativa de recursos productivos y es en este esquema donde se encuentra la caja negra transformadora de insumos de la teoría neoclásica (Penrose, 2009).

La organización es necesaria para ejecutar cualquier plan de producción. Por lo general, las firmas se dividen por unidades y cada una administra diferentes recursos, las cuales a su vez son coordinadas desde una dirección centralizada. Por ejemplo, la unidad de recursos humanos se encarga de coordinar la mano de obra y sus labores; la de recursos físicos administra la maquinaria y el stock de los insumos; la financiera gerencia los pagos y compras de los insumos y la unidad de ventas gestiona las compras de la empresa. Todas estas unidades son coordinadas por un gerente general, el cual tiene como función hacer que todas lleven a cabo la producción de manera lucrativa para los dueños de la firma. Este esquema organizativo en su versión más general se representa en la figura 15.

Figura 15. El esquema organizativo de la empresa



Elaborado con base en Galvis y Echavarría (2018).

Conforme puede deducirse, la firma no es solo una caja negra que combina insumos y que toma decisiones relacionadas con la cantidad de producción, dados los precios, de forma rutinaria en el tiempo sin un aumento de los recursos o de la producción en sí. En particular, existen ciertos atributos fundamentales que trascienden a la teoría neoclásica de la empresa, entre estos: el crecimiento, el aprendizaje y la evolución de la firma misma (Penrose, 2009).

En las economías de mercado, la empresa debe definirse como una organización cuya actividad económica se desarrolla dentro de un esquema organizativo que tiene ciertos desdoblamientos para articular cada vez mayores y variados recursos. En conjunto con esto, la empresa tiene una planificación consciente que direcciona el crecimiento, ya que toda actividad de producción requiere gestión. Es decir, una vez la firma es vista como una unidad administrativa, puede afirmarse que las empresas sí crecen y este fenómeno puede ser medido por medio de la cantidad de recursos productivos que configura y pone en movimiento de una forma particular. Por lo tanto, la empresa se puede considerar como una unidad de planificación administrativa autónoma y su principal función económica es tomar decisiones para disponer y hacer uso de los recursos productivos. Además, el fin de la organización es suministrar bienes y servicios de acuerdo con los planes desarrollados y puestos en práctica dentro de la propia empresa (Penrose, 2009).

En la medida en que se desarrolla la producción, cada unidad (de recursos humanos, de ventas, de producción, etc.) toma rasgos característicos y se

moldea conforme a las experiencias. Es decir, cada dependencia aprende en medio de la actividad misma de producción y adquiere experticias sobre, por ejemplo, la mejor forma de combinar insumos, los modos de incentivar los trabajadores y el mejor medio de llevar el producto al mercado. Este aprendizaje es único y propio y hace parte de la tecnología de la empresa (ver figura 16).

En suma, de nada vale tener los insumos y la información sobre cómo estos se combinan si no existe un esquema organizativo. Por tanto, la tecnología de la empresa es dinámica e involucra organización, aprendizajes y rutinas, que en la mayor parte de los casos no se puede expresar ni adquirir como información pública, ya que solo se adquieren de manera privada a medida que se desarrolla la producción.

Figura 16. Componentes de la tecnología



Nota: elaboración propia

3.2. El paradigma tecnológico y el sector de producción

Además del esquema organizativo, cada tecnología tiene características propias que hacen imposible la generalización que propone la visión neoclásica de la firma. Para entender la importancia del sector de producción al momento de analizar la tecnología de la empresa es importante analizar

la teoría de los paradigmas tecnológicos. Este concepto fue construido a partir de un paralelo con los llamados paradigmas científicos, por lo que vale la pena recordar su significado.

Por paradigmas científicos se entiende el conjunto de prácticas y saberes que definen una disciplina científica. Estos direccionan el estado de arte sobre algún fenómeno y, en particular, estructuran las ciencias (economía, física, matemáticas, derecho, etc.). Así, cada paradigma científico define los problemas, los métodos, los campos de investigación y las fronteras del conocimiento existentes sobre algún fenómeno (Kuhn, 1970).

A partir de esto, el concepto de paradigma tecnológico puede ser definido como las técnicas y conocimientos existentes para llevar a cabo una actividad de producción. Esta noción es un cuerpo específico de conocimientos que enfrenta cada empresa y guía las actividades de búsqueda, desarrollo y mejoramiento de los procesos de producción (Dosi, 1988a,b).

Es posible establecer que la tecnología de una firma depende del paradigma tecnológico en el que se encuentra. Como este es resultado de las experiencias pasadas, los logros y el estado del arte actual para producir, se puede afirmar que la tecnología de cada firma tiene componentes históricos, locales e institucionales, sobre los cuales no se puede hacer abstracción, tal y como pretende la teoría neoclásica (Dosi, 1982).

Cada empresa enfrenta un paradigma tecnológico. Por ejemplo, las del sector automovilístico afrontan el de la máquina de combustión interna y la producción en cadenas de montaje. Ambas ideas definen y caracterizan la forma de llevar a cabo la producción de automóviles y direccionan las posibles mejoras que se puedan hacer. En este caso, las empresas que construyen autos se enfrentan a la necesidad de tener conocimientos en física, producción de energía, ensamblaje, termodinámica y otro conjunto de conocimientos particulares que caracterizan la producción de estos vehículos. Este paradigma es diferente, por ejemplo, al que enfrentan las compañías que elaboran alimentos o vestidos.

El paradigma tecnológico puede entenderse, entonces, como un patrón o programa de investigación para cada tecnología. Esto es, como un marco sobre las necesidades contextuales en un campo tecnológico especializado (como un sector industrial, por ejemplo), al igual que los modelos para resolver problemas particulares. En este sentido, dicho paradigma es alterado a partir de las pruebas y errores tanto de individuos como de empresas y, a menudo, es compartido por estos como la base para mejorar la eficiencia de los procesos y el rendimiento de los productos en varios sectores (Dosi, 1988b).

Es posible afirmar que un paradigma tecnológico es un modelo y un patrón de solución a problemas de producción seleccionados, con base en principios científicos y en materiales específicos (Dosi, 1982). Por lo tanto, un régimen tecnológico define de manera contextual las necesidades que se pretenden satisfacer y las oportunidades que existen para modificar la tecnología, esto es: para innovar. Así mismo, el régimen establece los procedimientos, los principios y los conocimientos que se utilizan para la innovación (Dosi, 1988b).

La creación de nuevos paradigmas tecnológicos es contextual al surgimiento de las necesidades económicas (Dosi, 1982). No obstante, la forma en que se hace frente a las demandas del mercado depende de modos de búsqueda específicos, de ciertas bases de conocimiento y de ciertas combinaciones entre las formas de conocimiento tecnológico particular, privado y público, que cada paradigma posee (Dosi, 1988a). Es decir, las firmas no responden a las necesidades del mercado cambiando la combinación de insumos de forma pasiva, tal y como asume la teoría neoclásica del jalón de demanda (Sahal, 1981). Ante el cambio en las necesidades del mercado vía cambios en los precios, la respuesta de las firmas depende, de forma crítica, de las características del paradigma tecnológico en el que se encuentran. Por tanto, es importante definir los componentes de cada régimen tecnológico si se desean conocer cuáles pueden ser las direcciones del cambio técnico.

De acuerdo con Dosi (1988b), varios elementos definen y modifican un paradigma tecnológico, estos son: i) la oportunidad tecnológica, ii) la apro-

piabilidad y iii) las condiciones de la demanda.⁶ El primer elemento define el conjunto de opciones para el avance técnico y las oportunidades de innovación que cada paradigma implica. Es decir, la primera hace referencia a la fertilidad económica y técnica de los esfuerzos que son necesarios para introducir una mejora en la tecnología. Por tanto, ella está relacionada con las posibles modificaciones en el proceso de producción o en los atributos del producto que se pueden lograr mediante inversiones en investigación y desarrollo (I+D). Esta fertilidad va a depender de forma significativa del sector al que pertenece cada firma, ya que el grado de dificultad para llevar a cabo las mejoras en la producción depende del tipo de bien y de la incorporación de conocimiento que este posea.

La oportunidad tecnológica es alta o baja dependiendo de la concentración geográfica de las empresas, de sus conocimientos específicos, de sus fronteras de conocimiento y de sus procesos de aprendizaje. Así, estas oportunidades son locales y específicas para cada empresa y se definen tanto por la facilidad para lograr avances tecnológicos, como por los diferentes grados de acumulación de estos en el ámbito de la industria o de empresas individuales (Dosi, 1988a,b). En consecuencia, la oportunidad tecnológica es diferente para firmas que producen bienes como alimentos (que incorporan conocimientos bastante genéricos en agricultura, composición física, ingredientes químicos y energía), con relación, por ejemplo, a otras que producen computadoras (que incorporan conocimientos avanzados en microprocesadores, óptica y electrónica). Ambas empresas, además, requieren esquemas de organización diferentes para llevar a cabo la producción.

Ciertos factores contribuyen o afectan la oportunidad tecnológica que enfrenta cada paradigma y, en consecuencia, cada empresa. El primero son los avances científicos, los cuales abren nuevos entendimientos y traen solución a viejos problemas. Estos adelantos expanden el stock de datos, técnicas y capacidades para solucionar los problemas. En consecuencia, las organizaciones pueden diferir en su oportunidad tecnológica en función de qué tan

⁶ Debido a la amplitud que tienen estos tres elementos es que se puede afirmar también que el cambio técnico es, básicamente, un cambio en el régimen tecnológico (Freeman, 1994).

lejos, o no, estén de las fronteras que abren los nuevos conocimientos. Un segundo factor son los gastos en I+D en el ámbito empresarial y de país, los cuales son necesarios para explotar las oportunidades tecnológicas, ya que estas requieren tiempos y recursos para entender las posibles rutas de avance. En último lugar están los feedbacks de experiencias pasadas y los avances de otras industrias, ya que son importantes para direccionar los esfuerzos en ciertas trayectorias (Dosi, 1988b; Heijs y Buesa, 2016).

El segundo elemento son las condiciones de apropiabilidad. Estas aluden a la posibilidad de obtener un derecho de propiedad sobre las posibles mejoras en una tecnología, lo cual determina los retornos de la inversión en I+D. Es decir, la oportunidad tecnológica va a ser explotada en la medida en que se puedan establecer derechos de propiedad sobre las mejoras.

La apropiabilidad refleja las posibilidades que tiene la firma de proteger las mejoras en la tecnología de la imitación y da cuenta de los diferentes grados en que las empresas pueden obtener rendimientos económicos de varios tipos de mejoras. Por ende, la apropiación depende del alcance del sistema de propiedad intelectual; de los costos y el tiempo necesarios para la duplicación; de los efectos de la curva de aprendizaje; y de los esfuerzos en ventas y servicios al cliente (Dosi, 1988a). Por lo general, cada tecnología involucra diferentes condiciones de apropiabilidad y aquellas que requieren conocimientos más especializados, disfrutan de una ventaja en la protección en su tecnología, ya que no cualquier empresa o individuo puede conocer la forma de producir.

Cuando la apropiabilidad es baja es más fácil duplicar las modificaciones en la tecnología que hacen ciertas firmas, lo cual disminuye los incentivos para realizarlas, por los gastos que implican y por la imposibilidad de obtener retornos sobre las mismas. Pero si la es muy alta, solo una parte reducida de los beneficios de las modificaciones se extendería por todo el sistema económico, lo que brinda ventajas competitivas a las empresas que las hacen (Dosi, 1988b). De ahí las diversas discusiones en cuanto al alcance de los derechos de propiedad sobre los productos tecnológicos y sus efectos en la competencia dentro de los mercados.

El tercer elemento del régimen tecnológico hace referencia a los patrones de demanda que enfrentan las empresas, los cuales determinan también los incentivos que existen para realizar modificaciones a cada tecnología. Por ejemplo, si la elasticidad precio de la demanda que enfrenta el producto es alta, existen mayores incentivos para realizar modificaciones en los procesos y buscar eficiencia en costos, ya que cualquier variación en el precio puede perjudicar la empresa. Por otra parte, si la compañía enfrenta una elasticidad precio de la demanda baja, tiene más estímulos para explotar oportunidades tecnológicas que lleven a nuevos productos con nuevos precios, ya que los consumidores soportan mejor estas modificaciones (Urraca, 2008).

En definitiva, los cambios en el tamaño y crecimiento del mercado junto con los precios relativos son factores influyentes en la tasa y la dirección del progreso técnico, así como en la selección de potenciales paradigmas a ser explorados por las empresas. No obstante, las condiciones de demanda no son las más importantes para el análisis del cambio técnico, ya que son solo uno de los varios factores que determinan en qué componente del paradigma tecnológico la empresa debe fijar sus esfuerzos (Dosi, 1988a).

3.3. La empresa y los aprendizajes

Las empresas son unidades dinámicas con una organización y están enmarcadas en un paradigma tecnológico y, dado que están en constante movimiento e inmersas en estados del mundo cambiantes, tienen la necesidad de contar con rutinas de aprendizajes. Es decir, las firmas pueden definirse, además, como organizaciones o unidades de aprendizaje para la adquisición, acumulación y generación de conocimiento y esta característica es parte misma de su tecnología (Malerba, 1992).

En efecto, las organizaciones cuentan con redes y vínculos de información interna y externa que afectan su comportamiento (Freeman, 1994). Como consecuencia, en las empresas hay lugar a múltiples procesos de aprendizaje y dentro de estas se crea y reside una gran cantidad de conocimiento como resultado del historial de producción (Stiglitz y Greenwald, 2015). Es decir, cuando una empresa es liquidada, no solo se pierden los insumos (trabajo y capital), conforme asume la visión neoclásica de la firma. Cuando

una compañía termina se pierden experticias, sincronizaciones, conocimiento creado sobre la configuración de los recursos y potencialidades para resolver problemas propios de cada paradigma tecnológico.

El aprendizaje de las empresas ha sido considerado como uno de los recursos más importantes dentro de las industrias (Malerba, 1992). Gran parte del aumento de la productividad ocurre cuando las empresas aprenden unas de otras y cuando la tecnología mejora a través de la práctica. Por esta razón, se ha sostenido que uno de los avances en las economías modernas ha sido la mejora en los procesos de aprendizaje, es decir, que las empresas hayan aprendido a aprender (Stiglitz y Greenwald, 2015).

Los métodos de aprendizaje son variados y las empresas pueden aprender de diferentes maneras. Inicialmente, fue Arrow (1962) quien apuntó que existen aprendizajes no intencionados en la producción.⁷ No obstante, luego se reconoció que sí hay esfuerzos deliberados por aprender en la empresa. No se trata de procesos automáticos sino de actividades conscientes y deliberadas y que están vinculadas a diferentes fuentes de conocimiento internas y externas (Malerba, 1992).

De acuerdo con las fuentes y los tipos de conocimiento, las empresas pueden aprender haciendo (en la actividad interna de producción); aprender usando (utilizando los productos e insumos internos); aprender de los avances en ciencia y tecnología (absorbiendo los nuevos desarrollos externos); aprender de los derrames dentro de la industria (de lo que hacen los competidores y otras firmas); aprender interactuando (en la relación con fuentes ascendentes o descendentes externas del proceso de producción), y aprender buscando (mediante actividades internas de generación de nuevo conocimiento). Son todos aprendizajes diferentes que pueden mejorar los

⁷ Es posible postular cierta conexión histórica entre las rutinas del operario, señaladas por Adam Smith (1958) como causantes del cambio tecnológico y las innovaciones como resultado de las rutinas de producción presentes en el learning by doing de Arrow (1962). La conexión es que ambas vienen de la especialización y la división del trabajo en las empresas manufactureras.

procesos, los productos o la organización (Malerba, 1992; Freeman, 1994).⁸ Los diversos procesos de aprendizaje producen mejoras en el stock de conocimiento y en las capacidades tecnológicas de las empresas, lo cual genera una gama de trayectorias para el avance tecnológico (Malerba, 1992). En este proceso interactivo los flujos de información y de conocimiento son importantes para comprender el comportamiento de las firmas y, por consiguiente, el desempeño de la economía (Freeman, 1994).

Conforme apunta Benavides (2004), se debe agregar también que el aprendizaje social tiene otros dos componentes: la colaboración y la complementariedad. Las características que tengan estos dos ingredientes determinan a su vez la difusión e implementación de los nuevos aprendizajes en la empresa. Debido a que existen múltiples factores que afectan estos elementos, es posible detectar que los mismos procesos de aprendizaje han cambiado y no son homogéneos en la historia del capitalismo. De ahí que los ritmos de innovación se modifiquen cada vez más.

Al contrario de esta visión de la empresa, la teoría neoclásica considera que la compañía no aprende o no tiene necesidad de aprender. La firma se concibe como un receptor pasivo, que solo tiene la capacidad de adquirir la información externa que se encuentra en un stock común y público. En esa medida, no debe llevar a cabo ningún proceso interactivo para la acumulación de conocimiento, pues este ya está a su disposición (Freeman, 1994). Así, la teoría neoclásica ignora el aprendizaje y resta importancia a las actividades de I+D, ya que asume que todas las firmas emplean las mejores prácticas y, por ende, no tienen nada que aprender (Stiglitz y Greenwald, 2015).

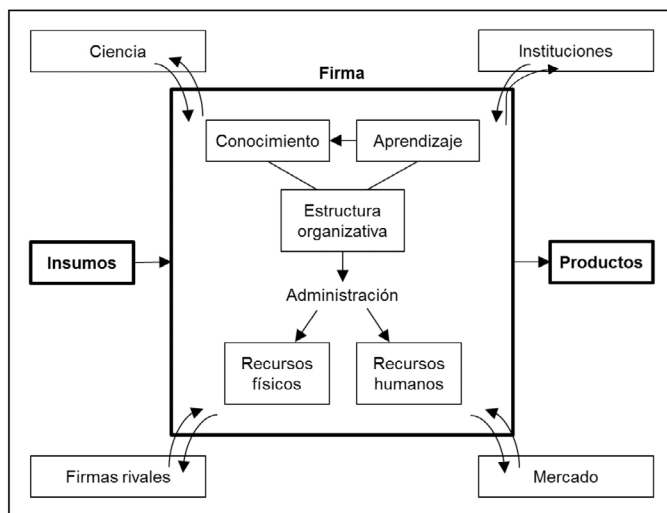
⁸ Aquí podemos detectar una hipótesis interesante a ser verificada en un proyecto de investigación. Por ejemplo, según Malerba (1992) el aprender-haciendo produce mejoras en los procesos, el aprendizaje por interacción con los proveedores provoca modificaciones en los insumos, el aprendizaje por interacción con los usuarios produce diferenciación en los productos. En este sentido, ya que cada aprendizaje se puede corresponder con una mejora determinada (innovación tecnológica), sería pertinente investigar qué diseño organizacional favorece más unos aprendizajes que otros y cómo dichos aprendizajes se corresponden con las mejoras que apunta la teoría. El desafío es entonces crear ambientes de aprendizajes en las empresas.

De acuerdo con el modelo neoclásico, la tecnología o el conocimiento del que disponen las empresas a priori se resume en una función de producción que mapea con exactitud cuánta cantidad de producto se consigue con ciertos insumos. Esta función resume toda la información relevante para las actividades de transformación de insumos, por lo que toda la atención gira sobre el proceso de optimización de dicha función. Este proceso se resuelve de manera mecánica una vez se cuenta con los parámetros del problema, los precios y la forma de la función de producción, los cuales solucionan el problema de optimización una vez en el tiempo. En consecuencia, la teoría neoclásica es limitada, ya que la optimización no alcanza nunca un máximo en firmas que tienen procesos de aprendizaje de manera continua por el contacto con sus clientes, con el mercado, con sus procesos y con la ciencia misma.

El aprendizaje no se puede esquematizar en términos simples como una serie de conjuntos de elecciones y resultados limitados y conocidos o como un simple parámetro que altera la función de producción que eleva la productividad marginal por insumo como asume la teoría del choque tecnológico (Malerba, 1992). Contrario a esto, el aprendizaje es un fenómeno histórico, complejo e institucional que cada firma construye de forma idiosincrática y que se convierte en parte distintiva de la misma (Dosi, 1982).

Es posible afirmar entonces que el concepto de tecnología en sí también debe ser entendido como las rutinas de aprendizaje de las empresas, debido a la naturaleza intrínsecamente incierta que implica toda mejora en los procesos de producción. En este sentido, la limitación del concepto neoclásico de función de producción reside en que carece de la conceptualización de la tecnología per se y no proporciona un marco adecuado para el análisis y medición del cambio tecnológico (Sahal, 1981). En suma, la economía neoclásica tiene una concepción corta de la tecnología, al concebirla como una caja negra sin esquema organizativo ni aprendizajes (Dosi, 1982). Con el fin de superar las falencias del modelo neoclásico y de conjugar los elementos esenciales para la conceptualización integral de la empresa y de la tecnología expuestos antes, se presenta a continuación una esquematización alterna de la firma en la figura 17.

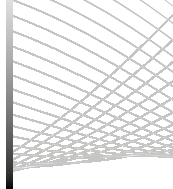
Figura 17. La firma como organización de aprendizaje en un paradigma tecnológico



Elaborado con base en Galvis y Echavarría (2018).

La propuesta que se presenta busca focalizar el hecho de que la firma debe ser concebida como una organización administrativa de recursos productivos, cuya actividad económica se desarrolla dentro de un esquema organizativo y una planificación deliberada (Penrose, 2009). Además, la empresa debe enfrentar y está enmarcada en un paradigma tecnológico que configura unas relaciones únicas con la ciencia (oportunidad tecnológica), las instituciones (condiciones de apropiabilidad) y el mercado (condiciones de demanda), las cuales dependen de la tecnología específica de cada firma (Dosi, 1982).

La empresa debe entenderse también como una unidad de aprendizaje para la adquisición, acumulación y generación de conocimiento, por lo cual es dable concluir que la tecnología en sí misma involucra también este aprendizaje, el cual afecta el conocimiento de la firma, su organización y su administración (Malerba, 1992). En este sentido, con las visiones alternativas referenciadas es posible configurar, en conjunto, una conceptualización más integral de la empresa y de su tecnología.



De acuerdo con los aportes iniciales de Schumpeter, la innovación se relaciona con la búsqueda, descubrimiento, experimentación, desarrollo y adopción de nuevos productos, procesos de producción y esquemas de organización por parte de la firma. Por tanto, a partir del esquema presentado en la figura 17, es posible también establecer algunas causas de la innovación tecnológica. Una vez que cada firma puede ser caracterizada desde el régimen tecnológico al cual pertenece, la innovación es resultado de:

- Las capacidades de aprendizaje.
- Los estímulos internos y externos de cada firma.
- El estado del arte de la ciencia y las técnicas en todas sus ramas.
- La oferta de capacidades técnicas en la economía.
- La facilidad para establecer derechos de propiedad.
- El entorno económico y las condiciones del mercado.

Es decir, la innovación es una actividad incierta de búsqueda y solución de problemas de producción, que se realiza a partir de una variedad de conocimientos, tanto públicos como privados, principios científicos generales y experiencias articuladas en cada firma, en una interacción con las condiciones económicas vigentes (Dosi, 1988a).



Conclusión general

El cambio técnico es una fuerza fundamental para mostrar los posibles patrones de transformación de cada economía. A pesar de su importancia, en la teoría neoclásica la tecnología y el cambio técnico son factores residuales y, como resultado, dicha teoría no consigue explicar las causas de los ciclos económicos y los patrones de transformación que han mostrado los países. Esto es tanto un resultado como un punto de partida de una teoría que asume de entrada trabajar con agentes representativos sin tener en cuenta su heterogeneidad.

Conforme fue presentado a lo largo de este trabajo, gran parte de las limitaciones radica en la confusión que existe sobre la tecnología como un instructivo para combinar insumos sin darle la debida importancia a la organización, los saberes empíricos, la experiencia, las memorias, los logros, el aprendizaje y las características únicas de cada firma y el sector económico al que pertenece.

La forma específica de la tecnología importa y está explicada en función del régimen tecnológico en el que se ubica cada empresa. Los análisis desarrollados a partir de la teoría de los paradigmas tecnológicos permiten concluir que la tecnología de cada firma está compuesta por todos los saberes; tanto teóricos como empíricos, universales como específicos, articulados como tácitos y públicos como privados, necesarios para producir. Debido a esa gran

variedad de conocimiento que posee y que necesita cada firma para producir, es que se hace difícil reducir la tecnología a una función de producción. En suma, la teoría presentada buscó abrir la caja negra neoclásica de la firma para mostrar la producción y la tecnología como un sistema abierto, dinámico, sujeto a estímulos y con un intercambio continuo de información fluyendo entre los agentes económicos y sus instituciones.

Referencias bibliográficas

- ARROW, K., DEBREU, G. (1954). "Existence of Equilibrium for a Competitive Economy." *Econometrica*, 22(3), 265-290.
- ARROW, K. (1962). "The economic implications of learning by doing." *Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173.
- ARROW, K., HAHN, F. (1977). *Análisis general competitivo*. Editorial Fondo de Cultura Económica, México. 528pp.
- ATKINSON, A., STIGLITZ, J. (1969). "A New View of Technological Change." *Economic Journal*, 79(315), 573-578.
- BARRO, R., SALA-I-MARTÍN, X. (2004). *Economic Growth*. The MIT Press, Londres. 673pp.
- BENAVIDES, ÓSCAR (2004). "La innovación tecnológica desde una perspectiva evolutiva." *Cuadernos de Economía*, 23(41), 49-70.
- BLAUG, M. (1963). "A Survey of the Theory of Process-Innovations." *Economica*, 30(117), 13-32.
- CATAÑO, J. F. (1997). "El modelo de equilibrio general: estático o estéril?" *Cuadernos de Economía*, 16(27), 113-139.
- COBB, C., DOUGLAS, P. (1928). "A theory of production." *The American Economic Review*, 18(1), 139-165.
- DOSI, G. (1982). "Technological paradigms and technological trajectories." *Research Policy*, 11, 147-162.
- DOSI, G. (1988a). "Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation." *Journal of Economic Literature*, 26, 1120-1171.
- DOSI, G. (1988b). "The nature of the innovative process." En: G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Eds.): *Technical change and economic theory* (pp. 221-238). Editorial Pinter Publisher. Londres.

- FREEMAN, C. (1994). "The economics of technical change." *Cambridge Journal of Economics*, 18(5), 463-514.
- GALVIS-CIRO, JUAN CAMILO; ECHAVARRÍA-ARCILA, MARÍA ALEJANDRA. (2018). *Una visión alterna de la firma desde la organización, el aprendizaje y los paradigmas tecnológicos*. Revista Panorama Económico, 26(4), 503-518.
- FISHER, F. (1969). "The Existence of Aggregate Production Functions." *Econometrica*, 37(4), 553-577.
- HEIJS, J., BUESA, M. (2016). *Manual de economía de innovación. Tomo I. Teoría del cambio tecnológico y sistemas nacionales de innovación*. Editorial Universidad Complutense, Madrid. 346pp.
- HICKS, J. (1945). *Valor y capital*. Editorial Fondo de Cultura Económica, México. 423pp.
- JONES, H. (1979). *Introducción a las teorías modernas del crecimiento económico*. Antoni Bosch Editor. Barcelona. 334pp.
- KNIGHT, F. (1947). *Riesgo, incertidumbre y beneficio*. Editorial Aguilar, Madrid. 342pp.
- KOUTSOYIANNIS, A. (2002). *Microeconomía Moderna*. Amorrortu Editores. Buenos Aires, 656pp.
- KUHN, T. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. University of Chicago Press. 264pp.
- LOZANO, F. (2012). *Teoría microeconómica: elección racional*. Editorial Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 467pp.
- MALERBA, F. (1992). "Learning by firms and incremental technical change." *The Economic Journal*, 102 (413), 845-859.
- MARTÍNEZ, EDUARDO (1994). *Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas*. Editorial Nueva Sociedad. Caracas. 522 pp.
- MONSALVE, S. (1999). *Introducción a los conceptos de equilibrio en economía*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 358pp.
- NAYLOR, T., VERNON, J. (1973). *Economía de la empresa*. Editorial Amorrortu, Buenos Aires. 506pp.
- NELSON, R., WINTER, S. (1977). "In search of a useful theory of innovation." *Research Policy*, 6, 36-76.
- NELSON, R. (1988). Preface. En: G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Eds.): *Technical change and economic theory* (pp. 219-220). Editorial Pinter Publisher, Londres.
- NICHOLSON, W. (2004). *Teoría microeconómica*. Ediciones Paraninfo, Madrid. 784pp.
- NUPIA, C.M. (2014). *La política científica y tecnológica en Colombia, 1968-1991*. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín. 234pp.

- PENROSE, E. (2009). *The theory of the growth of the firm*. Editorial Oxford University Press, Nueva York. 301pp.
- PÉREZ, C., SOETE, L. (1988). "Catching up in technology: entry barriers and windows of opportunity." En: Dosi et al. (eds): *Technical Change and Economic Theory* (pp. 458-478). Pinter Publishers. Londres. 646pp.
- POLANYI, M. (1958). *Personal Knowledge*. Editorial: Routledge & Kegan Paul, Londres. 503pp.
- PORTER, M. (1991). *La ventaja competitiva de las naciones*. Editorial Vergara. Buenos Aires. 1025pp.
- ROBLEDO, J. (2008). *Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación*. Editorial Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 259pp.
- SÁBATO, J., BOTANA, N. (1993). "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina." *Revista de la Integración*, 3, 1-11.
- Sahal, D. (1981). "Alternative conceptions of technology." *Research Policy*, 10, 2-24.
- SALA-I-MARTÍN, X. (2000). *Apuntes de crecimiento económico*. Antoni Bosch Editor, Madrid. 264pp.
- SCHMOOKLER, J. (1966). *Invention and Economic Growth*. Harvard University Press. Cambridge. 350pp.
- SCHUMPETER, J. (1967). *Teoría del desenvolvimiento económico: una investigación sobre ganancias, capital, crédito, interés y ciclo económico*. Fondo de Cultura Económica. México, 255pp.
- SCHUMPETER, J. (1978). *Teoría del desenvolvimiento económico*. Quinta Reimpresión, Fondo de Cultura Económica, México. 256pp.
- SMITH, A. (1958). *Investigación sobre la naturaleza y causa de la riqueza de las naciones*. Fondo de Cultura Económica. México. 919pp.
- SOLOW, R. (1956). "A Contribution to the Theory of Economic Growth." *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.
- STIGLITZ, J., GREENWALD, B. (2015). *Creating a learning society. A new approach to growth, development, and social progress*. Editorial Columbia University Press, Nueva York. 680pp.
- URRACA, A. (2008). "Persistência versus mudança estrutural da especialização tecnológica do Brasil." *Economia e Sociedade*, 17(3-34), 403-427.
- VARIAN, H. (1992). *Análisis Microeconómico*. Antoni Bosch Editor, Barcelona. 637pp.
- VENCE-DEZA, X. (1995). *Economía de la innovación y el cambio tecnológico*. Siglo Veintiuno Editores, Madrid. 470pp.
- VILLAR, A. (1996). *Curso de microeconomía avanzada. Un enfoque de equilibrio general*. Antoni Bosch Editor, Barcelona. 285pp.



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

SU OPINIÓN



Para la Editorial UPB es muy importante ofrecerle un excelente producto. La información que nos suministre acerca de la calidad de nuestras publicaciones será muy valiosa en el proceso de mejoramiento que realizamos. Para darnos su opinión, escribanos al correo electrónico: editorial@upb.edu.co Por favor adjunte datos como el título y la fecha de publicación, su nombre, correo electrónico y número telefónico.

Esta obra es un análisis crítico a la teoría económica de la innovación tecnológica. En su primera parte, la obra presenta el concepto de tecnología en la teoría neoclásica de la firma y se analiza la elección de las técnicas de producción desde los conceptos microeconómicos de la función de producción, las isocuantas y la relación técnica de sustitución. En la segunda parte, son analizadas las teorías clásicas de la innovación; el cambio técnico por jalón de demanda y la teoría del choque tecnológico. Luego de esto, se despliega una crítica a la teoría neoclásica por sus limitaciones para discernir sobre el fenómeno de la innovación. Como contrapunto, en la tercera parte se presenta la visión alterna de la firma como administradora de recursos y como una unidad de aprendizaje, junto con las visiones evolutivas de la empresa desde la teoría de los regímenes tecnológicos. En esta parte se discuten, de forma crítica e histórica, las implicaciones del concepto de tecnología y las diferentes aproximaciones al concepto de innovación desde la oportunidad tecnológica, la apropiabilidad y condiciones de mercado. En la última parte, se postula una visión de la firma que conjuga la teoría de los recursos, los paradigmas tecno-económicos y los aprendizajes que toman lugar dentro de las empresas.

