

# Inversión de tecnología en habilidades laborales y crecimiento de la producción en el sector industrial

JONATHAN ANDREY BARRANDEY CHAVIRA<sup>1</sup>

## Resumen

En el presente trabajo se desarrolla un modelo de crecimiento endógeno que describe los efectos que tiene la inversión en tecnología incorporada en el aprendizaje de la mano de obra sobre el crecimiento de la producción en el sector manufacturero. Se parte del hecho de que la acumulación de habilidades de los trabajadores es una mejora de la productividad que tiene lugar cuando se asignan recursos tecnológicos que mejoran el proceso de producción, lo cual influye en el aprendizaje, y a su vez hace más eficiente el trabajo por el incremento de habilidades. Los resultados muestran que el crecimiento de la producción por trabajador en el sector es afectado de manera positiva por la eficiencia del aprendizaje de la mano de obra. Así, cuanto mayor es la capacidad tecnológica en la empresa, el trabajador adquiere mayores habilidades que impactan en el crecimiento de la producción. También se observa que hay una relación directa positiva entre salarios y adquisición de aprendizajes.

*Palabras clave:* aprendizaje, crecimiento de la producción, habilidades laborales, inversión en tecnología.

*Clasificación JEL:* C61, E22, E23, J21, L60 O33, O41.

---

Fecha de Recepción: 5 de Marzo de 2020. Fecha de Aceptación: 15 de Agosto de 2020.

1 Estudiante del programa del Doctorado en Estudios Económicos del Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas de la Universidad de Guadalajara. Egresado de la Maestría en Economía por la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, y con Licenciatura en Economía en la misma universidad, profesor de la misma Universidad en el Departamento de Economía (UACJ). Correo electrónico: jonathanbarrandey@gmail.com

## TECHNOLOGY INVESTMENT IN LABOR SKILLS AND PRODUCTION GROWTH IN THE INDUSTRIAL SECTOR

### **Abstract**

This paper develops an endogenous growth model that describes the effects of investment in embedded technology on labor learning on production growth in the manufacturing sector. It is based on the fact that the accumulation of workers' skills is an improvement in productivity that occurs when technological resources are allocated that improves the production process, which influences learning, and in turn, makes more efficient the work for the increase in skills. The results show that the growth of production per worker in the sector is positively affected by the efficiency of technological learning of the workforce. Thus, the greater the technological capacity in the company, the worker acquires greater skills that impact the growth of production. Also, it is noted that there is a direct positive relationship between wages and learning acquisition.

*Keywords:* learning, production growth, job skills, technology investment.

### **Introducción**

El capital humano en la actualidad sigue siendo fundamental para entender el crecimiento económico de los países, las regiones y localidades. Los conocimientos y la adquisición de nuevos aprendizajes son elementos imprescindibles de la vida productiva de los individuos y las empresas. La inversión en aprendizajes por las empresas, según la Organización Internacional del Trabajo (2018: 13) son actividades que favorecen la rentabilidad de los negocios y los trabajadores, contar con fuerza laboral capacitada, “aumenta la productividad y los beneficios que acumulan”, porque los empleados al recibir “supervisión y entrenamiento” obtienen habilidades que les permiten ser relativamente más productivos, lo cual se ve reflejado cuando las empresas empiezan a recuperar los “costos de capacitación” en términos de los “beneficios netos”.

La definición de aprendizaje que se desarrolla en el presente estudio es aquel que los individuos adquieren cuando las empresas asignan recursos en capacitación de la mano de obra, y a nivel industria, cuando se realizan inversiones en tecnología que hacen que las habilidades de los trabajadores se incrementen. En un estudio realizado por Arrow (1962: 155), el autor menciona que el “aprendizaje” es aquello que los individuos obtienen a lo largo de su vida “producto de la experiencia”, y la adquisición de conocimiento es lo que comúnmente se ha denominado “aprendizaje”. En este sentido, una persona que acumula conocimiento tiene la capacidad para desarrollar habilidades y resolver problemas, tanto laborales, académicos, como de la vida cotidiana.

En el presente trabajo se está interesado en analizar el concepto de inversión en tecnología que pueda favorecer a que la mano de obra adquiera mayores habilidades por la adquisición de aprendizajes, ya que desde la perspectiva de la industria manufacturera, que es un sector donde potencialmente se realizan cambios tecnológicos,

los trabajadores requieren de cierto nivel de habilidades, lo cual continuamente contribuye de forma eficiente en el crecimiento de la producción.

La importancia para la empresa de asignar recursos en capacitación de los trabajadores consiste en que aprenden a desempeñar nuevas tareas y rutinas de trabajo; además esto les permite reforzar los conocimientos, destrezas, capacidades y habilidades que son adquiridas por la experiencia en el pasado, destrezas que dependen en cierta medida de la capacidad de las tecnologías puestas a disposición de los negocios en beneficio de los empleados.

La hipótesis que se prueba es que el cambio tecnológico, cuando aumenta el trabajo en habilidades laborales, al hacer más productivo el proceso de producción, impulsa el crecimiento de la producción en la industria, lo cual hace que a su vez se requiera de una mayor demanda laboral con estas características.

Algunos estudios, como el de Prakash y Sandeep (2013) sobre inversión en tecnología por parte de las empresas, destacan que en la actualidad las inversiones en conocimiento y habilidades que se realizan en personal son tan importantes como las inversiones que se efectúan en capital físico; esto resulta favorable para la industria, porque ambas inversiones pueden ser complementadas, esto es, ante los retos de la competencia económica, para las empresas no puede excluirse una inversión de la otra, cuando el objetivo es la búsqueda de beneficios debido al crecimiento de la producción, y el crecimiento de la inversión depende de la inversión en capital.

A diferencia de la realización de inversiones en tecnología vinculada con el entrenamiento y capacitación directamente dentro de la empresa, de manera externa, éstas también recurren al mercado laboral para demandar trabajo con ciertas habilidades requeridas, situación que por la difusión del conocimiento en la industria, en muchos casos en las empresas los trabajadores vuelven a ser capacitados para el manejo de nuevas tareas y rutinas. En este sentido las habilidades continuamente se incrementan.

El planteamiento anterior se refuerza por lo que ya han explicado Aghion, Akcigit y Howitt (2013) y Lin (2009), quienes sostienen que cuando las empresas requieren de nuevos conocimientos, como mano de obra cualificada, lo hacen vía el mercado de trabajo, por lo que con el paso del tiempo, con la capacitación y el reforzamiento de las habilidades de los trabajadores estas cualificaciones pueden difundirse por los sectores de la economía y generar un círculo beneficioso de conocimientos en la industria, por el hecho de que las tecnologías que demandan los negocios se adaptan y generan economías de aglomeración, y que gracias a que las empresas se concentran en términos geográficos, de nuevo la tecnología y habilidades del trabajo se difunden, esto incentiva el crecimiento económico, los ingresos de los individuos y las economías locales.

Una de las razones de la demanda de trabajo cualificado en parte se debe a que el cambio tecnológico está sesgado hacia los trabajadores con mayores “destrezas observadas”, aunque también en aquellos que tienen “habilidades innatas no observadas”, como mencionan Aghion, Akcigit y Howitt (2013: 34). Es decir, la tecnología se adapta a los individuos que ya poseen ciertas habilidades, por tanto aumenta la demanda de trabajo de aquellos que mejor se adaptan a las nuevas tecnologías en que se ha invertido.

Puede decirse entonces que a medida que crece la capacidad tecnológica disponible en el proceso de producción a lo largo del tiempo, la trayectoria de las habilidades de los trabajadores será mayor, y por lo tanto el efecto que tiene la intensidad tecnológica en la productividad del trabajo va a tener implicaciones importantes en términos de la productividad, la eficiencia laboral, la disminución de los costos y la adopción de nuevas tecnologías que fomentan el crecimiento de la producción (Cascio y Montealegre, 2016).

El objetivo de este trabajo es proponer un modelo endógeno que describa la relación entre la inversión en tecnología y la mejora de las habilidades de la mano de obra, y las implicaciones que esto tiene en el crecimiento de la producción industrial.

Además de esta introducción, en la segunda sección se muestra el marco conceptual, en la tercera parte se definen los supuestos y las variables que se van a utilizar en el modelo, en la cuarta sección se presentan las soluciones de las ecuaciones construidas, en la sección quinta se plantea la estática comparativa de las principales ecuaciones encontradas, y en la sexta parte se presenta una simulación numérica con base en las ecuaciones, y finalmente las conclusiones.

## **2. Marco conceptual**

Romer (1990) plantea que la inversión en conocimiento es aquella situación en la que las personas adquieren habilidades cuando gastan recursos en la obtención de nuevos conocimientos, lo cual es una vía para alcanzar mayores ingresos. Por ejemplo, la inversión en educación conlleva a un mayor capital humano, y éste a su vez contribuye al incremento de la productividad y a un mayor ingreso, situación que hace que el ingreso regrese de nuevo a la formación de capital humano adicional (Flabbi y Gatti, 2018).

En un caso particular, Lucas (1988) menciona que el conocimiento que acumulan las personas es porque lo aprenden de otras; por ejemplo, en la educación la inversión se realiza al aceptar pagar la matrícula a algunos maestros a cambio de alguna disminución del salario. De la misma manera, Aghion y Howitt (1992) enfatizan que la acumulación de habilidades puede obtenerse por los canales de la educación, la capacitación en el trabajo, la educación científica básica y las innovaciones tanto de producto como de proceso. Estas últimas están relacionadas con la mejora y calidad de los bienes y servicios y la aplicación de nuevos métodos de producción en las empresas. Así, la educación, la adquisición de conocimientos y habilidades es una cuestión que tiene que ver con la inversión de recursos tanto humanos como económicos por los individuos y las empresas.

Por otra parte, el concepto de habilidad que proponen Kumpikaite y Ciarniene (2008) permite establecer la idea aquí planteada. Desde el punto de vista de la empresa, mencionan que las habilidades están relacionadas con la capacitación laboral, como aquel “esfuerzo planificado por una empresa para facilitar el aprendizaje de los empleados por las competencias relacionadas con el trabajo; estas competencias incluyen: conocimiento, habilidades, o comportamientos que son críticos para el desempeño laboral exitoso” (p. 156), sin dejar de lado las tecnologías de la información y

la comunicación que cumplen un papel fundamental en las habilidades<sup>2</sup> de la mano de obra para el mejor desempeño de las tareas dentro de las empresas.

La Organización Internacional del Trabajo (2018: 22) ha planteado que las empresas al realizar inversiones en “aprendizaje de calidad” para los puestos laborales, pueden “recuperar los costos” que se incurren en la capacitación de empleados cuando logran aprender las tareas al hacerse relativamente más “productivos”, esto es, porque el beneficio de la mejora de la calidad del aprendizaje al hacer productivo el proceso de trabajo impacta en un mayor crecimiento de la producción. También refiere que los negocios pueden ahorrar en el proceso de reclutamiento, ya que el personal capacitado puede presentar menores tasas de rotación, y de esta manera pueden aprovechar los beneficios de contar con fuerza de trabajo capacitada.

Lerman (2014), por su parte, destaca la importancia que tiene la inversión de equipos modernos sobre el aprendizaje, como aquellas nuevas tecnologías e innovaciones que sirven al desarrollo del aprendizaje de la mano de obra, las cuales regularmente están a disposición de los trabajadores más cualificados en las empresas, como aquellos trabajadores técnicos o profesionales experimentados brindan el apoyo y soporte suficiente en la capacitación de aquellos nuevos puestos de trabajo que así lo requieren, esto con el objeto de hacer productivo el proceso de producción. Es decir, la inversión en tecnología ayuda a los entrenadores a poseer competencias técnicas sólidas en el área laboral, en la cual la empresa al capacitar a los empleados para ser más productivos, puede permitir recuperar la inversión realizada una vez que la mano de obra adquiere mayor experiencia. Asimismo, como menciona Lerman (2014), durante el periodo de aprendizaje, para los empleadores los costos de llevar a cabo esta actividad pueden resultar ser elevados, pero una vez que el trabajo adquiere experiencia, los beneficios económicos empiezan a verse reflejados en la misma. Aunque cabe mencionar que la mejora de la cualidad del aprendizaje va a depender de las nuevas tecnologías invertidas puestas a disposición de los técnicos profesionales, lo que finalmente va a tener una contribución importante en la senda de expansión de la producción en la industria.

En las últimas décadas, debido a la expansión del progreso tecnológico, las empresas han realizado mayores inversiones en tecnologías de la información y comunicación (TIC) debido a la hipótesis de la disminución del costo del capital en relación con la mano de obra (Autor, Dorn, Katz, Patterson y Van Reenen, 2019), lo cual ha impulsado una caída de los precios de equipos de capital vinculados con las TIC; esto ha permitido a las empresas tener mayor acceso a las mismas. Esto ha hecho posible, como mencionan Benedikt y Osborne (2003), que durante los últimos años la disminución de los precios de las tecnologías (computadoras, robots industriales, tecnologías digitales, maquinaria de control numérico informático, etc.) ha hecho que las empresas alrededor del mundo ahora tengan un mayor acceso, lo que hace que

---

2 Es necesario aclarar, de acuerdo a los autores y teorías revisadas, que el aprendizaje, es un medio para adquirir mayores habilidades laborales, por lo que, el interés general es estudiar el concepto de habilidad y su relación con el aprendizaje.

continuamente esté mejorando la productividad del trabajo. Esto ha propiciado la realización de inversiones en tecnologías que están siendo incorporadas a los procesos de producción, para el desarrollo de habilidades de los trabajadores, esto ha hecho que la experiencia de la fuerza de trabajo cambie cuando se invierte en capacitación del personal. En este sentido, esto ha permitido manipular con mayores destrezas el proceso de trabajo, lo que conduce a que las habilidades de la mano de obra crezcan en proporción a la inversión destinada en nuevas tecnologías.

Así pues, cuando las empresas invierten en nueva tecnología, como innovaciones de proceso, que hacen mejorar los métodos de producción, ello hace que la inversión en tecnología permita a las empresas obtener “externalidades naturales” (Romer, 1986). No obstante, este proceso es posible sólo si se invierte en mecanismos para que los trabajadores conozcan, aprendan y desarrollen las nuevas tareas creadas por la nueva tecnología implementada en la producción. A nivel organizacional, mencionan Prakash y Sandeep (2013) que estas inversiones en tecnología que son realizadas en aquellas actividades como investigación y desarrollo (IyD), tecnologías de la información y la comunicación, la educación, y otras como la movilización del capital humano entre las regiones, son variables fundamentales que ayudan a entender el crecimiento económico.

En el sector industrial, con el desarrollo tecnológico, como lo es la automatización, de manera continua, así como ha destruido algunos puestos de trabajo, ha creado nuevas tareas de producción que se asignan al capital y al trabajo, lo cual ha tenido cambios importantes en la demanda de mano de obra y la productividad, como sostienen Acemoglu y Restrepo (2019) bajo el argumento de que la tecnología al crear nuevas tareas, nuevos puestos laborales, la fuerza de trabajo va a seguir teniendo ventajas comparativas en la medida en que la mano de obra siga capacitándose y poniéndose a la vanguardia del manejo de tales tecnologías que les permita tener un dominio y control sobre ellas, por el hecho de que las empresas al estar incentivadas por la búsqueda de mayor valor agregado, el trabajo cualificado y el uso de tecnología es determinante en ello.

También la inversión en nuevas tecnologías ayuda a reforzar las tecnologías pasadas, de tal manera que en la industria continuamente el capital busca reforzarse en términos tecnológicos, acumulación en *stock* de capital nuevo, lo cual significa que en su trayectoria temporal el capital basado en tecnología moderna se está complementando con nuevas habilidades y destrezas de la mano de obra, y al estar asociado esto con la fuerza de trabajo, siempre se están potenciando las habilidades de la mano de obra cuando las empresas invierten en innovaciones que promueven las cualidades del trabajo (Autor, Levy y Murnane, 2003).

Existen algunos estudios, como el de Mankiw, Romer y Weil (1992) que construyen modelos que incluyen el capital humano como una variable determinante sobre el crecimiento económico, en el que modelan la inversión en capital físico y humano en funciones de producción para observar la evolución de la economía. Muestran que la producción *per cápita* depende principalmente del capital físico y humano. Lucas (1988), por otro lado, desarrolla un modelo en el que relaciona las habilidades de un

trabajador con el gasto en educación; de igual forma esta variable afecta el crecimiento de la producción de la economía de Estados Unidos.

En estos modelos el capital humano está definido por inversión en educación por parte de los individuos, a diferencia de lo que se plantea aquí; es inversión en tecnología por parte de las empresas lo que favorece las habilidades de los trabajadores, teniendo esto implicaciones positivas en la producción por trabajador en la industria.

### 3. Supuestos del modelo

En el modelo se plantea una economía competitiva donde el tiempo es continuo, por lo que la economía dispone en cualquier momento del tiempo de los factores de producción. Las empresas son homogéneas en el sector industrial y producen un bien final ( $Y$ ). Cada empresa contrata una cantidad de trabajadores homogéneos que ofrecen sus servicios del trabajo ( $L$ ) y disponen de una cantidad de capital ( $K$ ); por simplicidad, no hay depreciación del capital; además, cada empresa en la industria cuenta con un nivel de tecnología ( $A$ ) que refleja la productividad de los factores.<sup>3</sup> Se considera que los trabajadores adquieren habilidades ( $Z$ ) que aumentan el trabajo, donde ( $Z$ ) es una función del factor trabajo ( $L$ ). El modelo supone rendimientos constantes a escala, en el sentido de que si se duplican los factores de producción, se duplica la producción en la misma proporción; los coeficientes ( $\alpha$ ) están entre cero y uno, las empresas<sup>4</sup> están compuestas de  $i = 1, \dots, n$ . Haciendo uso del enfoque Cobb-Douglas, la función de producción es la siguiente:

$$Y(t) = K(t)^\alpha (A(t)Z(t))^{\alpha-1} \quad (1)$$

En esta economía competitiva los ingresos de los factores se pagan por los productos marginales de los mismos, que son la tasa de interés real ( $r$ ) pagado por el producto marginal del capital y los salarios ( $w$ ) que se pagan por el producto marginal del trabajo. Las empresas obtienen beneficios económicos ( $\pi$ ) por la diferencia entre el ingreso de las ventas del bien final y los costos de los factores de producción de acuerdo con la ecuación correspondiente:

$$\pi(t) = pF(K(t), A(t)L(t)) - w(t)L(t) - r(t)K(t) \quad (2)$$

Las empresas en esta economía realizan inversiones en capital con contenido tecnológico ( $I$ ) puesto a disposición de la mano de obra. La tasa de inversión en tecnología

---

3 En esta economía se considera una función de producción del tipo  $Y=F(K, AL)$  en el que, la tecnología  $A$  es aumentador de trabajo como lo hace Solow en su modelo de crecimiento económico. Donde  $A$  es el remanente de  $Y$ ,  $K$  y  $L$  siendo este la productividad total de los factores.

4 Por simplicidad, se va a considerar construir el modelo para el conjunto de las empresas, tomando en cuenta que la industria está compuesta por cada una de las empresas  $i = 1, \dots, n$ , sin considerar el subíndice en el agregado que está representado por una empresa en el sector industrial.

es realizada porque afecta a la tasa de producción de la industria en cada periodo del tiempo. Así, los cambios en  $(I)$  tienen efectos directos en los cambios de producción del bien final  $(Y)$ , en el sentido de que la producción crece cuando se incrementa la tasa de inversión. Se considera que las empresas dedican una proporción de la producción a la inversión en nuevas tecnologías que aumentan el aprendizaje  $(N)$  de cada trabajador  $(L)$  en el sentido de que  $(N)$  multiplica la inversión,  $(N)$  es constante en el tiempo, se establece que  $0 < N < 1$ . Se incluye una variable  $(M)$  que mide la cualidad del aprendizaje  $(N)$ .  $(M)$  está relacionada con la producción por trabajador  $(Y/L)$ , de esta manera una alta producción por trabajador eleva la cualidad del aprendizaje.<sup>5</sup>

Se considera que las habilidades  $(Z)$  del trabajo son una función del aprendizaje acumulado  $(N)$  en el tiempo que llegan a adquirir los trabajadores durante el proceso de trabajo, además de los conocimientos que han obtenido a lo largo de su vida. De esta manera, cuando las empresas invierten en tecnología, como en tecnologías de la información y la comunicación (TIC), un trabajador llega a alcanzar niveles altos de destreza que lo hacen ser más hábil en el proceso de producción, porque adquiere mayor experiencia en tareas que constantemente integran estas tecnologías, lo cual lo hacen relativamente más productivo, esto favorece a la empresa en la producción. La función de habilidades del trabajo es:

$$Z(t) = G(N(t)) \quad (3)$$

donde  $(Z)$  son las habilidades y  $(N)$  es una fracción del producto que se invierte en capacitar a la mano de obra para la adquisición de aprendizajes. De esta manera, se va a contar con el flujo de inversión en capital  $I(t)$  en las TIC que forma parte de la formación del capital de la empresa, esto es porque aumenta el *stock* dado de capital en el tiempo. Aquí, el argumento es que la inversión es el cambio del *stock* de capital en el tiempo  $I(t) = \frac{dK}{dt}$ . De tal manera, que estableciendo una tasa de formación de capital  $\frac{dK}{dt}$  éste es igual a la tasa de flujo de inversión en tecnología en el tiempo  $I(t)$ . Como ya se ha hecho mención, el cambio de la tasa de inversión en tecnología  $I(t)$  afecta en la misma proporción al cambio de tasa de producción en el sector industrial; entonces esto se puede expresar como:

$$\frac{dY}{dt} = \frac{dI}{dt} \cdot \frac{1}{N} \quad (4)$$

donde  $N \neq 0$ , el cociente  $1/N$  va a multiplicar la tasa de inversión en tecnología que hace que sea proporcional a la tasa de producción  $(Y)$  en la trayectoria temporal.

---

5 La cualidad del aprendizaje  $(M)$  tiene que ver con aquella situación en la que la inversión en tecnología esta puesta a disposición de personal técnico y profesional que utilizan las tecnologías; como técnicos, ingenieros, trabajadores cualificados, personal de recursos humanos, etc. que ya alcanzaron un alto nivel de aprendizajes, enseñan e incentivan a que los empleados alcancen un mayor nivel de habilidades.

Se considera que la tecnología tiene el potencial de incrementar la producción en un valor de  $\theta$ , cuando  $\theta > 1$ . Así, cuanto mayor es  $\theta$  la producción siempre será mayor. Este parámetro tiene que ver con la magnitud o capacidad para que la tecnología contribuya al mantenimiento de una producción elevada. Es decir, el capital es potencialmente capaz de aumentar la producción a un ritmo elevado.

Por otro lado, el parámetro  $\tau$  va a medir la capacidad de la tecnología en el proceso de producción, que está dada por:

$$\tau = \frac{\theta}{K} \quad (5)$$

donde:  $\tau$  mide la capacidad tecnológica del capital. Este parámetro crece a una tasa constante y es mayor que la unidad. De esta forma tenemos:

$$\theta = \tau K \quad (6)$$

Por (6), el capital  $\tau K$  de la empresa tiene la capacidad de llevar a cabo una mayor producción de bienes finales contenidos en tecnología. Con esto, al tomar diferenciales en ambos lados de (6) se tiene:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{dK\tau}{dt} \quad (7)$$

O lo que es igual,

$$\frac{d\theta}{dt} = \tau I \quad (8)$$

La estabilidad en la industria se alcanza cuando hay una capacidad de producción elevada en general para todas las empresas. Esto es así porque el producto potencial es obtenido con una capacidad tecnológica elevada que hace se realice una mayor producción en un periodo de tiempo determinado. En este caso, el potencial tecnológico va a hacer que  $Y = \theta$ , que es un punto de máxima capacidad de la producción, es decir, la producción de manera continua se expande. Por tanto, por los cambios en la capacidad de producción en el tiempo se puede cambiar a la siguiente expresión:

$$\frac{dY}{dt} = \frac{d\theta}{dt} \quad (9)$$

Esta proporción va a medir la producción potencial alcanzada por la capacidad de la tecnología que se obtiene por la inversión para aumentar la producción en el tiempo.

#### 4. Solución del modelo

El modelo primero se resuelve para la inversión, para obtener el punto de estabilidad de la inversión en tecnología, y luego en la siguiente sección se resuelve para el modelo de producción; el objetivo es obtener la tasa exponencial de la variable de aprendizaje para encontrar un balance en la inversión, para finalmente encontrar la producción por trabajador que es afectada por la eficiencia del aprendizaje de los trabajadores en la industria. Posteriormente se va a tomar esta última ecuación de producción por trabajador para evaluar la cualidad del aprendizaje del trabajo.

##### 4.1. Solución de la inversión en tecnología

Para obtener la trayectoria del aprendizaje del trabajo por la inversión en tecnología, se toman las ecuaciones (4) y (8) anteriores para obtener el nivel de equilibrio:

$$\frac{dI}{dt} \cdot \frac{1}{N} = \tau I \quad (10)$$

La trayectoria de inversión en tecnología se obtiene solucionando el equilibrio siguiente:

$$\int \frac{1}{I} \frac{dI}{dt} dt = \int \tau N dt \quad (11)$$

Integrando, se llega al siguiente resultado:

$$I(t) = I(0)e^{\tau N t} \quad (12)$$

Esta expresión mide la trayectoria de inversión en capital con contenido tecnológico en el tiempo; por suposición se toma a  $I(0)$  como la inversión inicial en la industria. Así por ejemplo, en el periodo de un año, cuando  $t = 1$  la inversión es  $I(1) = e^{\tau N}$ . En el nivel en el que la producción es igual a la capacidad tecnológica de esta economía, la inversión crece exponencialmente a la tasa  $\tau N t$  a lo largo del tiempo. Así, cuanto mayor es la capacidad de tecnología en el proceso de trabajo  $\tau$  y los recursos dedicados al aprendizaje ( $N$ ) mayor es la tasa de crecimiento de la tecnología requerida para llevar a cabo el proceso de producción.

##### 4.2. Solución de la producción

Una vez que se ha encontrado la manera de medir la tasa exponencial del aprendizaje  $\tau(N)$ , se puede establecer una forma funcional del aprendizaje partiendo de la función de habilidades del trabajo  $Z = G(N)$ . Como ya se ha hecho mención, las habilidades de un trabajador representativo están en función de los aprendizajes que se adquieren

por los recursos que se dedican al mismo en la empresa, y los que son adquiridos a lo largo de la vida. Ahora, si se multiplica el trabajo  $L(t)$  por la tasa de inversión en tecnología<sup>6</sup> (12), se obtiene:

$$Z(t) = e^{\tau(N)} L(t) \tag{13}$$

En esta última expresión  $\tau(N)$  va a reflejar una medida de eficiencia del trabajo con  $t$  años de  $(N)$  aprendizajes en relación con dos casos opuestos: con alto aprendizaje  $\tau(0.99)$  y con muy pocos aprendizajes  $\tau(0.01)$ . En este sentido, un trabajador se vuelve más eficiente en términos laborales a medida que adquiere nuevas habilidades a lo largo del tiempo. El crecimiento de la eficiencia del aprendizaje por trabajador cuando  $t = 1$  es  $e^{\tau(N)}L = e^{\tau(N)}L$ . Asimismo, cabe mencionar que la expresión (13) al reflejar la medida de habilidades adquiridas por el trabajo, se debe principalmente a la inversión en tecnología que realizan las empresas en la industria en adquisición de nuevo aprendizaje.

En esta economía el propósito es producir un bien final ( $Y$ ) con contenido tecnológico empleando los factores de producción capital ( $K$ ) y trabajo ( $L$ ) y la eficiencia del aprendizaje de cada trabajador  $e^{\tau(N)}L$  como ya se ha argumentado. Ahora, sustituyendo (13) en (1) se obtiene la función siguiente:

$$Y(t) = K(t)^\alpha (A(t)L(t)e^{\tau(N)})^{1-\alpha} \tag{14}$$

En esta expresión la producción ( $Y$ ) depende del capital físico ( $K$ ), la medida de productividad ( $A$ ) aumentador de trabajo y la medida de eficiencia del aprendizaje  $\tau(N)$ . Se asume que el trabajo ( $L$ ) es homogéneo en toda la industria y que una unidad de trabajo ha recibido  $(N)$  aprendizajes en  $t$  años. Puede notarse en (14) que si  $\tau(N) = 0$  para toda  $(N)$  sin ningún aprendizaje, o  $N = 0$ , la función de producción sigue siendo la función de producción Cobb-Douglas estándar, sin que se diferencie el trabajo, por lo que ahora las habilidades de cada trabajador dependen del aprendizaje adquirido por cada uno de ellos, el cual es aumentador de trabajo en esta economía.

Al resolver para la producción, se considera que los factores de la producción se pagan de acuerdo con sus productos marginales; así, el producto marginal del capital es:

$$r(t) = \alpha K(t)^{\alpha-1} (A(t)L(t)e^{\tau(N)})^{1-\alpha} \tag{15}$$

La condición de equilibrio para la empresa, y en conjunto para la industria, es que la tasa de interés  $r$  es igual a su producto marginal. De igual manera se resuelve para el producto marginal del trabajo:

$$w(t) = \frac{(1 - \alpha)K(t)^\alpha (A(t)e^{\tau(N)})^{1-\alpha}}{L(t)^\alpha} \tag{16}$$

---

6 El lado derecho de la expresión (12) se ha obtenido de la forma que  $R = \frac{I(t)}{I(0)}$ , siendo  $Z = R(L)$ .

Donde ( $w$ ) es el salario que reciben los trabajadores por su producto marginal. Puede notarse que el salario en esta economía depende de la eficiencia de las habilidades adquiridas por el trabajador. Si se resuelve para encontrar la cantidad óptima de trabajo para ver las variables y los parámetros inmersos en ( $L$ ) en esta economía, se tiene:

$$L(t) = \left( \frac{1 - \alpha}{w} \right)^{\frac{1}{\alpha}} \left( A(t)e^{\tau(N)} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha}} K(t) \quad (17)$$

De tal forma que la demanda de trabajo ( $L$ ) depende de su inversa el salario ( $w$ ), lo que implica que la demanda de trabajo aumenta cuando disminuye el salario; también es una función de la tecnología o del residuo de Solow ( $A$ ), el capital ( $K$ ), los parámetros del modelo ( $a$ ) y la eficiencia del aprendizaje de los trabajadores  $\tau(N)$ . Es posible saber que la demanda de trabajo depende de qué tantos conocimientos y habilidades tengan los trabajadores en la industria, es decir, que aumentos de las habilidades del trabajo lleven a una mayor demanda del mismo en el sector; esto se muestra en la sección 5.

Ahora bien, para encontrar el nivel de producción ( $Y$ ) que es obtenido por la capacidad de la tecnología, se resuelve para  $K(t)$  en (15) y se sustituye en (14) y se obtiene:

$$Y(t) = \left( \frac{r}{\alpha} \right)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} A(t)L(t)e^{\tau(N)} \quad (18)$$

Donde  $Y(t)$  es el nivel de producción que depende de la tecnología ( $A$ ) dada en la economía multiplicada por trabajo ( $L$ ) veces el exponencial  $\tau(N)$ , que mide la trayectoria del aprendizaje. Ahora, si se divide entre  $L(t)$  y se transforma a logaritmo natural la expresión (18) se logra obtener la producción por trabajador en el sector en términos de las variables establecidas, se tiene:

$$\ln\left(\frac{Y(t)}{L(t)}\right) = \left(\frac{\alpha}{\alpha-1}\right) \ln\left(\frac{r}{\alpha}\right) + \ln(A(t)) + \tau(N) \quad (19)$$

Si se deja que  $\frac{Y(t)}{L(t)} = y(t)$  se puede expresar de nuevo la ecuación como:

$$\ln(y(t)) = \left(\frac{\alpha}{\alpha-1}\right) \ln\left(\frac{r}{\alpha}\right) + \ln(A(t)) + \tau(N) \quad (20)$$

En esta última expresión ( $y$ ) mide el crecimiento de la producción por trabajador,  $\left(\frac{r}{\alpha}\right)$  es el crecimiento de la tasa de interés real que se paga por el capital dividida entre la participación del capital ( $\alpha$ ). Nótese que aquí como  $0 < \alpha < 1$  entonces  $\left(\frac{\alpha}{\alpha-1}\right) < 0$  por tanto  $\left(\frac{r}{\alpha}\right) < 0$ , entonces se tiene una relación negativa entre la producción por trabajador y la tasa de interés, lo cual concuerda con el análisis económico de que si sube la

tasa de interés, disminuye la inversión y por lo tanto la producción disminuye. Puede observarse además que ( $y$ ) depende positivamente del crecimiento de la productividad ( $A$ ) y de la eficiencia del aprendizaje del trabajo  $\tau(N)$ .

En general, puede mencionarse que la producción por trabajador depende de forma positiva en relación con la tecnología y el aprendizaje del trabajo con la que cuenta el sector industrial para hacer crecer potencialmente la producción en su trayectoria temporal, como ya se ha inferido, y de manera negativa, con la tasa de interés. Lo cual puede justificarse por el hecho de que la inversión en capital con contenido tecnológico que favorece las habilidades del trabajador decrece a medida que la tasa de interés ( $r$ ) se incrementa.

#### *4.3. Solución sobre la cualidad del aprendizaje*

Una vez que ya se ha encontrado la ecuación (19), la cual describe la producción por trabajador en el sector industrial, que como ya se ha hecho mención, está relacionada con la tasa de interés, la productividad y con la eficiencia del aprendizaje, ahora se construye una ecuación que describa la cualidad del aprendizaje que esté relacionada con la producción por trabajador; con base en la descripción que se dio en las secciones 2 y 3 anteriores se puede establecer la siguiente ecuación:

$$M(t) = Q(t) \left( \frac{Y(t)}{L(t)} \right)^\eta \quad (21)$$

Donde ( $M$ ) es la cualidad del aprendizaje; mide el nivel del aprendizaje; en este caso cuando es alto, la tecnología invertida puesta a disposición del proceso de trabajo es utilizada por profesionales o personal altamente cualificados que se encargan de la capacitación de la mano de obra para que alcancen mayores habilidades; ( $Q$ ) es una proporción de la productividad que es positiva, siempre  $Q > 0$ ,  $Y/L$  es la producción por trabajador y  $\eta$  es un parámetro que mide la magnitud de la producción por trabajador en determinada empresa en la industria; así  $0 < \eta < 1$ , entre más grande es  $\eta$ , el efecto de la producción por trabajador sobre la cualidad del aprendizaje es mayor. La expresión (12) indica que cuanto mayor es la producción por trabajador, más alta es la cualidad del aprendizaje que recibe un trabajador.

Ahora bien, si se hace abstracción del capital, y se supone que la producción del sector depende solamente del factor trabajo para observar los efectos de la cualificación del aprendizaje sobre la producción por trabajador, podrá observarse que la cualidad del aprendizaje ( $M$ ) puede multiplicar las habilidades del factor trabajo ( $Z$ ); así la ecuación (1) puede escribirse:

$$Y(t) = A(t)M(t)e^{\tau N} L(t) \quad (22)$$

En esta expresión la eficiencia del aprendizaje del trabajo  $e^{\tau N} L(t)$  está relacionada con la cualidad del aprendizaje  $M(t)$  y la tecnología  $A(t)$ . Ahora, si se sustituye (21) en (22) resulta:

$$Y(t) = A(t)Q(t) \left( \frac{Y(t)}{L(t)} \right)^\eta e^{\tau N} L(t) \quad (23)$$

Puede notarse que ahora la eficiencia del aprendizaje del trabajo multiplica la producción por trabajador. Ahora bien, una relación que interesa mostrar es la contribución del aprendizaje y todos los demás elementos sobre la producción por trabajador, para ello la expresión (23) se divide entre  $L(t)$ ; lo que resulta es lo siguiente:

$$\frac{Y(t)}{L(t)} = A(t)Q(t) \left( \frac{Y(t)}{L(t)} \right)^\eta e^{\tau N} \quad (24)$$

Lo que describe esta expresión es que una alta producción por trabajador está relacionada con la cualificación de la eficiencia del aprendizaje por trabajador en el sector. Esta última ecuación también puede ser transformada de la siguiente manera:

$$\ln(y(t)) = \left( \frac{1}{1-\eta} \right) [\ln(A(t)) + \ln(Q(t)) + \tau N] \quad (25)$$

Esta expresión resulta similar a la ecuación (20). El crecimiento de la producción por trabajador depende del crecimiento de la productividad  $A$ , la constante  $Q$  y la eficiencia del aprendizaje de la mano de obra  $\tau N$  y el parámetro de magnitud de la producción por trabajador  $\eta$ . Puede notarse que como  $0 < \eta < 1$ ,  $\left(\frac{1}{1-\eta}\right) > 0$  lo que resulta que  $\left(\frac{1}{1-\eta}\right)^{\tau N} > 0$ . Este término indica la importancia relativa que tiene la cualidad del aprendizaje vinculada con intensidad tecnológica sobre la producción por trabajador en el sector industrial. Es fácil saber, derivando la ecuación (25), que cuanto más alto sea  $\eta$  la producción por trabajador  $\ln(y(t))$  aumenta; del mismo modo, incrementos en la eficiencia del aprendizaje del trabajo  $\tau N$  hacen que la producción por trabajador  $\ln(y(t))$  aumente para todo el sector industrial.

## 5. Estática comparativa

Empleando las ecuaciones (16), (17) y (20) se puede hacer un análisis de estática comparativa de los valores óptimos para obtener los signos de las tasas de cambio y ver las implicaciones cualitativas que tienen los parámetros del modelo sobre las variables correspondientes a dichas ecuaciones. En la tabla siguiente se muestran los resultados de las derivadas parciales de las ecuaciones correspondientes.

*Tabla 1*  
Estática comparativa de las ecuaciones principales

<i>Variable dependiente</i>	$\Delta N$	$\Delta \tau$	$\Delta r$
$\Delta w$	(+)	(+)	0
$\Delta L$	(+)	(+)	0
$\Delta y$	(+)	(+)	(-)

Fuente: elaboración propia basada en los cálculos de las ecuaciones.

En la tabla se pueden observar los cambios de las variables dependientes en la primera columna, y los cambios en los parámetros, y variables independientes en las siguientes tres columnas a la derecha, con los signos esperados respectivos. Puede observarse que cuando  $0 < \alpha < 1$ , un aumento del aprendizaje del trabajador ( $N$ ) lleva a un aumento del salario ( $w$ ) de los trabajadores, por el hecho de que la industria paga mayores salarios a medida que los trabajadores están mayormente cualificados.

Por su parte, el aumento del aprendizaje de los trabajadores ( $N$ ) aumenta la demanda de trabajo ( $L$ ). Es un hecho que las empresas tienen incentivos por demandar trabajo cualificado cuando requieren aumentar la productividad. Asimismo, el aumento del aprendizaje de los trabajadores ( $N$ ) aumenta la producción por trabajador ( $y$ ) como ya se había inferido. Puede notarse también que la producción por trabajador en el sector crece en proporción inversa a la tasa de interés, porque disminuye la inversión.

## **6. Simulación sobre la trayectoria de inversión de tecnología en habilidades laborales en el sector industrial**

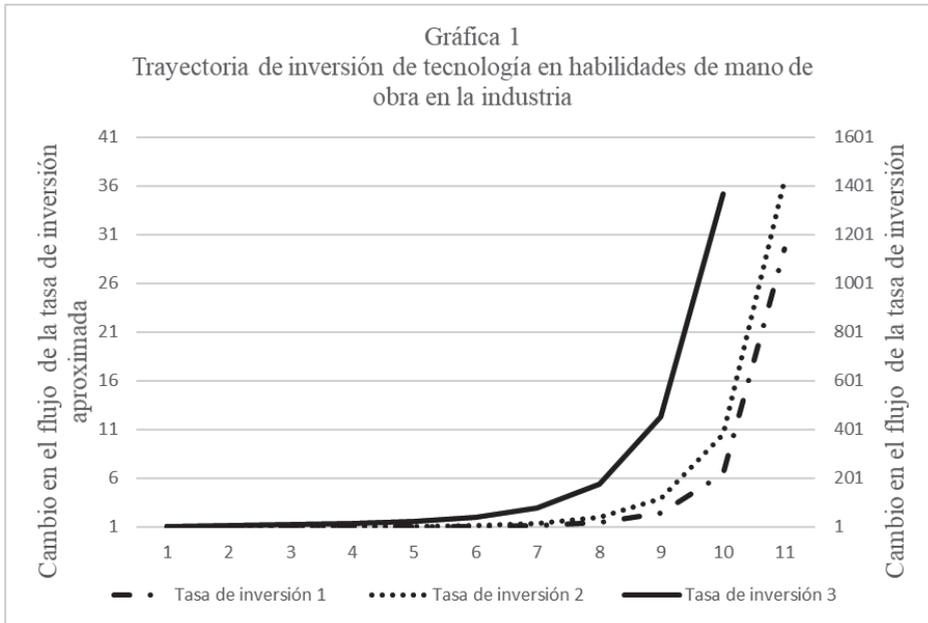
Con la ecuación de la tasa de inversión en tecnología  $I(t) = I(0)e^{\tau Nt}$  para la industria obtenida en (12), se definen valores numéricos y aproximados en los parámetros: capacidad de la tecnología en la producción  $\tau$  y para  $N$  la proporción del producto que se asigna a la inversión en aprendizajes de la mano de obra para observar el comportamiento que tienen sobre la proporción del flujo de inversión en tecnología  $I^{(t)}/I(0)$  en su trayectoria. Se sabe que  $\tau > 1$  y  $0 < N < 1$ , se toma un periodo de una década. En la tabla 2 se muestran los valores asignados a estos parámetros:

*Tabla 2*  
Trayectoria de inversión en tecnología en la industria ( $h = 0.02$  en  $N$ )

<i>Tiempo</i>	<i>Valores de <math>\tau</math></i>	<i>Valores de <math>N</math></i>	<i>Cambio de flujo de la tasa de inversión anual (1)</i>
0	1.2	0.02	1.00
1	1.4	0.04	1.06
2	1.6	0.06	1.21
3	1.8	0.08	1.54
4	2.0	0.10	2.23
5	2.2	0.12	3.74
6	2.4	0.14	7.51
7	2.6	0.16	18.39
8	2.8	0.18	56.37
9	3.0	0.20	221.41
10	3.2	0.22	1141.39

Fuente: elaboración propia. Valores de los parámetros capacidad del capital tecnológico y proporción de inversión en aprendizaje durante  $t = 0,1,2,\dots,10$ .

En la tabla se puede observar que los valores de  $\tau$  la capacidad de la tecnología en la producción, en el año 0 es de 1.2 y en el décimo año tiene un valor de 3.2, el cual aumenta a una razón de 0.2. De igual forma  $N$  la inversión en aprendizaje crece a una razón  $h = 0.02$ , que multiplicados estos valores por el tiempo en años  $t$ , se obtiene el cambio de flujo de la tasa de inversión anual (1) en la tabla 1 para el sector industrial, el cual crece a una tasa exponencial. Se observa en la tabla que cuando  $\tau$  aumenta en proporción en valores de 0.2, y  $N$  en 0.2, la trayectoria de inversión que se necesita para la producción crece a una tasa exponencial cada vez más alta a medida que aumenta el tiempo, como también se observa en la gráfica 1, la tasa del flujo de inversión crece a la tasa exponencial  $\tau N$ , esto implica que el crecimiento de la tasa de inversión debe crecer a un ritmo elevado igual al que crece la eficiencia del aprendizaje de la mano de obra  $\tau N$  a lo largo del tiempo.



Fuente: elaboración propia con datos de las tablas 1 y 2.

Ahora, con la misma ecuación de inversión (12), ahora se elige mantener constante  $\tau$  la capacidad del capital tecnológico en un valor de 1.1 durante los 10 años, mientras que  $N$  aumenta a una razón de 0.06, que es tres veces más grande que la tasa  $h = 0.02$  anterior, como se observa en la tabla 2, la trayectoria de inversión, que en la gráfica 1 representa la curva de la tasa de inversión 2, crece a una tasa exponencial mucho más rápido que la tasa de inversión 1 anterior, lo que pudiera significar que aunque la capacidad del capital permanezca constante en la industria, a medida que crecen las habilidades de la mano de obra, la trayectoria de inversión que requiere el sector debe crecer a la tasa exponencial  $\tau N$  para que el sector alcance una producción potencial elevada.

Hasta ahora se ha utilizado la ecuación exponencial exacta (12); si se realiza una curva de solución numérica o aproximación de la ecuación exacta con la misma información de la tabla 2, comenzando por los valores iniciales  $t = 0$ ,  $N = 0.06$  y  $\tau = 1.1$ , el cambio de flujo de la tasa de inversión aproximada (3) en el periodo 0 es igual 1, como se esperaba; véase la tabla 3.

Tabla 3

Trayectoria de inversión en tecnología en la industria ( $h = 0.06$  en  $N$ )

Tiempo	Valores de $\tau$	Valores de $N$	Cambio de flujo de la tasa de inversión anual (2)	Cambio de flujo de la tasa de inversión anual (Aproximación) (3)	Error absoluto	Error porcentual
0	1.1	0.06	1.00	1.00	0.0	0.0
1	1.1	0.12	1.14	1.06	0.1	7.1
2	1.1	0.18	1.49	1.13	0.4	24.1
3	1.1	0.24	2.21	1.22	1.0	44.8
4	1.1	0.30	3.74	1.33	2.4	64.5
5	1.1	0.36	7.24	1.55	5.7	78.5
6	1.1	0.42	15.99	1.99	14.0	87.6
7	1.1	0.48	40.29	2.95	37.3	92.7
8	1.1	0.54	115.82	5.37	110.4	95.4
9	1.1	0.60	379.93	12.31	367.6	96.8
10	1.1	0.66	1,422.26	35.11	1,387.1	97.5

Fuente: elaboración propia. Valores de los parámetros capacidad del capital tecnológico y proporción de inversión en aprendizaje durante  $t = 0, 1, 2, \dots, 10$ . La cuarta columna representa el valor real de la ecuación (12) y la quinta columna la ecuación aproximada de la misma ecuación (12).

Utilizando el método numérico de aproximación,<sup>7</sup> en el que el resultado del periodo anterior se suma a la información del periodo siguiente y así sucesivamente, se obtiene la tasa de inversión (3) de manera aproximada como se observa en la gráfica 1; la inversión crece a una tasa menor, pero más estable, la cual depende del tamaño de la razón de cambio a la que crecen las habilidades por los aprendizajes en la trayectoria temporal  $h = 0.06$ .

Los resultados de la tabla 3 establecen que entre la tasa de inversión aproximada (3) y la tasa de inversión exacta (2), durante este periodo siempre hay una diferencia, esto es, va a indicar un error que aumenta a medida que crece la razón de  $h$ ; la proporción de la producción que se destina a la capacitación de los trabajadores o aprendizaje, el error tiende a disminuir a medida que  $h$  también disminuye, pero esto hace que también disminuya la trayectoria de la tasa de inversión. La interpretación va en el sentido de que el sector para alcance de una producción potencial a lo largo del tiempo, la tasa de inversión debe crecer en relación con la capacidad del capital tecnológico veces las habilidades de la mano de obra  $\tau N$  a lo largo de la trayectoria temporal.

7 El lado derecho de la expresión (12) se ha obtenido de la forma que  $R = I(t) / I(0)$ , siendo  $Z = R(L)$ . El método de Euler es un proceso simple pero claro de aproximar mediante rectas tangentes la solución de la ecuación diferencial (12) que aquí se está empleando, el cual define de manera recursiva y por medio de la fórmula  $y_{t+1} = y_t + hf(x_t, y_t)$  donde  $x_t = x_0 + th$ ,  $n = 0, 1, 2, \dots, 10$  la precisión de la ecuación aproximada, obteniendo así un error absoluto por la diferencia entre la ecuación exacta y la ecuación aproximada, el cual depende de los valores que se le den a  $h$ . Esta ecuación se observa en la tabla 2.

Es decir, para que la producción continuamente esté creciendo se tienen que dedicar recursos a la inversión de capital que favorezcan a las habilidades de la mano de obra en el sector industrial y a la capacidad del capital tecnológico, pero esto significa que siempre hay plena utilización de la capacidad de los recursos que se asignan en dicho sector, es por ello que se encuentra una diferencia creciente entre los flujos de la tasa de inversión  $\tau$  y la tasa de inversión aproximada (2), como se muestra en la tabla 3.

Esto demuestra que al ser  $\tau/N$  la eficiencia del aprendizaje, éste va a crecer exponencialmente en la medida que se dediquen suficientes recursos a esta actividad en el sector industrial a lo largo del tiempo; no obstante, si  $\tau$  aumenta a un ritmo lento, y  $N$  es bajo, el crecimiento de la eficiencia del aprendizaje será menor y seguramente esto tendrá efectos significativos menores en la producción por trabajador, la cual va a crecer de manera lenta.

## **Conclusiones**

Las implicaciones que tiene la inversión de capital en el proceso de producción concuerda con el hecho de que la inversión llevada a cabo por las empresas tiene como finalidad incrementar la producción por trabajador, cuando se asignan recursos que fomentan la eficiencia del aprendizaje que lleve a mayores habilidades de los trabajadores, sobre todo cuando se dedican suficientes recursos a aquellos rubros como capacitación de la mano de obra, va a contribuir al crecimiento de la producción en la industria de una manera mucho más significativa que cuando se dedican pocos recursos. Sin embargo, esto sólo es posible por la eficiencia de habilidades llevada a cabo por trabajadores que operan los procesos de producción haciendo uso de herramientas con contenido tecnológico, y cuando el aprendizaje de la mano de obra se refuerza con capacitación por parte de personal cualificado.

Los resultados corroboran el hecho de que los salarios y la demanda de trabajo en la industria aumentan cuando crece la eficiencia del aprendizaje del trabajo. También, cuando hay un crecimiento de las habilidades, esto lleva a un aumento del crecimiento de la producción por trabajador en esta economía competitiva. Por ello es que el capital humano sigue teniendo una importancia mayor en el crecimiento de la producción en actividades industriales, sobre todo cuando las empresas dedican recursos tecnológicos vinculados con la capacitación de la mano de obra que los hace ser más productivos.

Estos resultados evidencian que aunque se dediquen recursos al aprendizaje ( $N$ ) para que el trabajo adquiera mayores habilidades, si la capacidad tecnológica  $\tau$  es baja, la eficiencia del aprendizaje que requiere la producción para llevar a cabo un producto potencial va a tener un nivel bajo.

El proceso de producción requiere que la capacidad de la producción sea elevada para tener un ritmo de aprendizaje mayor y esto tenga implicaciones mayores en el crecimiento del producto por trabajador en esta industria.

## Referencias bibliográficas

- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2019). *Automation and new tasks: How technology displaces and reinstates labor*. National Bureau of Economics Research. *NBER Working Paper Series*, No. 25684, 2-31.
- Aghion, P., Akcigit, U., y Howitt, P. (2013). *What do we learn from Schumpeterian growth theory?* National Bureau of Economic Research. *NBER Working Paper Series*, No. 18824, 1-42.
- Aghion, P., y Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2): 323-351.
- Arrow, K. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic of Studies*, 29(3): 155-173.
- Autor, D., et al. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly Journal of Economics*, pp. 1280-1333.
- Autor, D., et al. (2019). The fall of the labor share and the rise of superstar firms. *Quarterly Journal of Economics*, pp. 1-105.
- Axmann, M. (2018). *Aprendizaje de calidad: Una perspectiva práctica para América Latina y el Caribe*. Uruguay: Organización Internacional del Trabajo (OIT), pp. 2-51.
- Benedikt, C., y Osborne, M. (2013). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerization?* Oxford University Programme on the Impacts of Future Technology, pp. 1-72.
- Cascio, W., y Montealegre, R. (2016). How Technology is changing work and organizations. *Annual Rev. Organ. Psychol. Behav.*, núm. 3, pp. 349-375.
- Flabbi, L., y Gatti, R. (2018). *A primer on human capital*. World Bank Group. Policy Research Working Paper, No. 8309, pp. 2-35.
- Kumpikaite, V., y Ciarniene, R. (2008). New training technologies and their use in training and development activities: Survey evidence from Lithuania. *Journal of Business Economics and Management*, 9(2): 155-159.
- Lerman, R. (2014). Do firms benefit from apprenticeship investments? Why spending on occupational skills can yield economic returns to employers. *IZA World of Labor*, núm. 55, pp. 2-10.
- Lin, J. (2009). *Technological adaptation, cities, and new work*. Federal Reserve Bank of Philadelphia, Research Department, Working Paper, No. 09-17, pp. 1-44.
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, núm. 22, pp. 3-42. University of Chicago.
- Mankiw, N., Romer, D., y Weil, D. (1992). A contribution to the empirics of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, pp. 408-437. Massachusetts Institute of Technology.
- Prakash, Y., y Sandeep, G. (2013). Knowledge and skill key to economic growth. *Indian Journal of Management Science*, III(2231-279X): 28-37.
- Romer, P. (1986). Increasing returns and long-run growth. *The Journal of Political Economy*, 94(5): 1002-1037.
- . (1990). Endogenous technological change. *The Journal of Political Economy*, 98(5): 71-102. The University of Chicago Press.