

**ESTUDIO SOBRE EL EFECTO DEL CAMBIO TECNOLÓGICO EN LA
RELACIÓN CAPITAL-TRABAJO Y UN ANÁLISIS PARA EL CASO
COLOMBIA Y ESTADOS UNIDOS (1950-2014)**

JUAN PABLO VALENCIA BUENO

TUTOR:

EDUARDO SARMIENTO PALACIO

BOGOTÁ D.C.

14 DE MAYO DE 2019

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO I: CRECIMIENTO DEL PRODUCTO MEDIO POR TRABAJADOR Y LA RELACIÓN CAPITAL-TRABAJO	10
EL CASO DE COLOMBIA	12
EL CASO DE ESTADOS UNIDOS	16
CAPITULO II: DIFERENCIA ESTRUCTURAL	21
CAPÍTULO III: EFECTOS SOBRE LA ECONOMÍA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO	26
MODELO PARA COLOMBIA	26
MODELO PARA ESTADOS UNIDOS	28
CONCLUSIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXOS	35

RESUMEN

En el presente trabajo se busca establecer si el cambio tecnológico tiene un efecto sobre la relación capital-trabajo. Se parte de las diferentes teorías que hablan de un efecto neutral en el empleo y por ende no afectarían la relación capital-empleo, mientras que otras teorías enuncian que no hay garantías de esta neutralidad y que el efecto que se pueda llegar a presentar depende de la relación entre las variables y la estructura económica. Mediante modelos de vector autorregresivo (VAR) se pretende evaluar el caso de Estados Unidos y Colombia, para ver si hay o no un efecto del cambio tecnológico en la economía y si hay diferencias en los resultados dada la diferencia de estructuras económicas de ambos países. En la primera parte del trabajo se evalúa el comportamiento y la relación entre una variable proxy de productividad del trabajo y la relación capital-trabajo para ambos países, en la segunda sección se presentan las diferencias estructurales entre ambos países y en la tercera sección se desarrollará el modelo VAR para la determinación del efecto del cambio tecnológico en la economía.

Palabras Clave: Relación capital-trabajo, Cambio tecnológico, Estados Unidos, Colombia, Empleo, Producción.

JEL: E19 E22 E24

ABSTRACT

The goal in this Project is to establish if technological change affects the capital-labor ratio. There are economic theories that state that technological change doesn't have an impact on employment and therefore it doesn't affect the capital-labor ratio, meanwhile other theories say the opposite and state that technological change has an effect on employment and on the economy. Using a vector autoregressive model this research tries to establish the effect of technological change on the economy, and whether or not the result varies due to the different economic structure of the sample countries. The first section will develop the behavior and the relationship of capital to labor ratio and a proxy of labor productivity, the second section establishes the structural differences between these economies and the third section develops the VAR in order to identify the effect of technological change on the economy.

Key Words: Capital-labor ratio, Technological change, United States, Colombia, Employment, Production.

JEL: E19 E22 E24

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Identificar el efecto del cambio tecnológico en la relación capital-trabajo en Colombia y Estados Unidos en el periodo de 1950 a 2014.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la dinámica de la población, de la fuerza laboral, del stock de capital y del nivel de tecnología en Colombia y Estados Unidos para el periodo 1950-2014.
2. Estimar el efecto del cambio tecnológico en la relación capital-trabajo para el caso Colombia y Estados Unidos entre 1950 y 2014.
3. Comparar el caso de Colombia con el de Estados Unidos para el periodo 1950-2014.

INTRODUCCIÓN

Con el inicio de la cuarta revolución industrial¹ y el aceleramiento que ha tenido el desarrollo de las tecnologías biológicas, de la información y la robótica, es importante entender que efecto va a tener esta revolución tecnológica sobre la relación capital-trabajo. En la literatura se encuentran posiciones encontradas, donde se han planteado efectos del cambio tecnológico positivos, negativos y neutros sobre la relación capital trabajo en el largo plazo. Para tratar de esclarecer los posibles impactos de esta revolución tecnológica, en el presente trabajo se va a examinar el efecto que ha tenido el cambio tecnológico en la relación capital-trabajo en Colombia (un país importador de tecnología) y compararlo con los efectos que se presentan en un país que tienen un mayor grado de desarrollo y es un líder en la innovación tecnológica como lo es Estados Unidos. Se hace esta diferenciación entre dos países con estructuras diferentes ya que con base en todo lo anterior se plantea la siguiente pregunta de investigación. ¿Cuál es el efecto que ha tenido el cambio tecnológico sobre la relación capital-trabajo en Colombia y Estados Unidos entre 1950 y 2014²?

En la economía se presenta un debate sobre el efecto que el cambio tecnológico tiene sobre la relación capital-trabajo. En este debate busca determinar cuál ese efecto y poder determinar si es positivo, negativo o neutro. El objetivo del trabajo es determinar si la evidencia empírica indica que en Colombia y en Estados Unidos este cambio tecnológico ha tenido un efecto de sustitución de trabajo por capital. Profundizando la posición de la escuela clásica y más específicamente los planteamientos que Karl Marx y David Ricardo muestran en sus teorías, vamos a exponer la posición de cada autor. A pesar de que los planteamientos de Marx y Ricardo son similares tienen grandes diferencias conceptuales, como se muestra en el trabajo de Ramírez (2017) estas diferencias principalmente se centran en los conceptos de capital variable, capital fijo,

¹ La comunidad científica y varios economistas han nombrado como la cuarta revolución industrial al desarrollo de la inteligencia artificial, la robótica y sus tecnologías asociadas, como lo mencionan en la noticia de Perasso (2016).

² El trabajo se desarrolla este periodo de tiempo dada la disponibilidad de información en la base de datos PWT.

maquinaria y trabajo pasado lo cual conduce a que su análisis sea diferente, y a pesar de las diferencias se podría decir que ambos concluyen que el cambio tecnológico y la tecnificación de la producción tienen un impacto en el volumen de empleo y por ende en la composición orgánica del capital³. Contrario a la propuesta de la escuela clásica, la escuela neoclásica propone que el cambio tecnológico si sustituye trabajo por capital, pero que el efecto generado incrementa la productividad, la producción y la demanda agregada, lo cual garantizan la absorción de la mano de obra desplazada. Esta idea se evidencia de manera clara en Aghion & Howitt (2015) quienes parten del modelo de Solow y lo expanden con dos incorporaciones diferentes de la noción de cambio tecnológico. En la primera variante del modelo incorporan el cambio tecnológico al adaptar el concepto de destrucción creadora de Schumpeter, esto se hace mediante incurrir en un costo para mejorar la calidad del producto (innovar) y se van a demandar nuevos insumos intermedios para elaborar esta versión mejorada del producto. La destrucción creadora dice que cuando se innova se destruye la anterior estructura productiva para crear una nueva estructura productiva, donde esta estructura productiva es la combinación de los factores de la producción capital y trabajo, y las técnicas o métodos de producción. La segunda variante del modelo de Solow, incorpora la innovación a partir de la teoría de crecimiento endógeno de Romer, donde suponen que el avance en tecnología se transforma en desarrollar un nuevo producto y parte de una inversión inicial para desarrollar dicha tecnología. En desarrollo de ambos modelos no se aprecian efectos de la innovación o del cambio tecnológico en el nivel de empleo, aunque si se evidencia un incremento del producto.

Se han desarrollado múltiples trabajos de investigación con la finalidad de tratar de identificar el efecto del cambio tecnológico en las economías. El trabajo de Kumar & Russell (2002), en el cual estudian cómo el cambio tecnológico afecta la productividad de los factores (capital y trabajo), concluye que la diferencia en el nivel de tecnología de los países afecta la convergencia entre las economías, lo cual explican por medio

³ En Marx la relación capital-trabajo podría interpretarse como la composición orgánica del capital en una economía. Ya que el stock de capital físico es una medida que se acerca bastante al concepto de Marx de capital fijo y el número de empleados es el capital variable.

del *catch-up*⁴ tecnológico. Ellos trabajan el cambio tecnológico como los cambios en la frontera de producción mundial y el *catch-up* tecnológico consiste en que la producción de un país se mueve hacia la frontera de producción (la cual se ha “expandido” por el avance tecnológico). Los autores concluyen que, si se ha cerrado la brecha tecnológica entre los países, pero el cambio tecnológico favorece más a los países ricos que a los países no tan ricos y que la tecnología ha tenido un efecto significativo en el crecimiento económico y en la divergencia internacional de las economías. Es interesante rescatar la idea presentada por Kumar & Russell (2002) que la tecnología no tiene un efecto neutral en las economías y que tienen un sesgo que favorece el crecimiento de los países ricos. Por su parte Collard & Dellas (2007) muestran en su trabajo que, cuando una economía recibe choques externos tecnológicos⁵ se ve una caída del empleo, a pesar de que se eleva el nivel de productividad, además sostienen que el empleo y la productividad mantienen una correlación negativa. En el trabajo desarrollado por Beaudry & Collard (2003) se evalúa el impacto del crecimiento poblacional en los países industrializados y su relación con las brechas tecnológicas, concluyen que en los países de baja tasa de crecimiento de la población adulta se adoptan tecnologías a un mayor ritmo que países con mayores tasas de crecimiento poblacional. Trabajan con una expansión del modelo de Solow y concluyen que a partir de los años 70’s la dinámica económica en términos de la producción por trabajador y el empleo per cápita se ven altamente afectados por la dinámica poblacional adulta y su efecto en la apropiación de tecnologías en la producción.

Como se ha enunciado, hay muchos trabajos que buscan identificar el efecto del cambio tecnológico en la economía. Enfocándonos en la pregunta planteada, para poder desarrollar la investigación los datos que se van a usar son de la Penn World Table

⁴ *Catch-up* se interpreta como un cierre de la brecha entre el nivel de una variable en un país, sector o agente con otro.

⁵ Este trabajo parte de un modelo de ciclo real en el cual el crecimiento del nivel de tecnología es un factor externo y el país sobre el cual se desarrolla el trabajo es Estados Unidos.

(PWT). En los documentos anexos a la base de datos se explica cuáles fueron las metodologías y fuentes con las cuales se construyen las diferentes variables de la PWT.

Los datos de PIB se construyen a partir de los datos recogidos de la International Comparison Program del Banco Mundial y del sistema de cuentas nacionales de los países, para que la información sea comparable entre países se toman múltiples fechas de referencia para establecer la PPP⁶ y estos años *benchmark*⁷ son 1970, 1975, 1980, 1985, 1996, 2005 y 2011. Como se muestra en Feenstra, Inklaar & Timmer (2015) este es un proceso exhaustivo que lleva a calcular el PIB por el lado del gasto a dólares constantes de 2011 por PPP usando múltiples *benchmarks* y en algunos casos como el colombiano difieren levemente en los valores, pero reflejan el mismo comportamiento.

La siguiente variable de interés es la mano de obra o el nivel de empleo. En la PWT tenemos dos mediciones de trabajo, la primera es el número de personas en actividades laborales⁸ y la segunda es el promedio de horas trabajadas por persona enganchada en actividades de trabajo. En el trabajo de Inklaar & Timmer (2013) se establece la metodología para la construcción de los datos de personas enganchadas en actividades laborales y horas promedio de trabajo por persona. Para construir estas variables han tenido problemas ya que las encuestas que determinan muestras representativas de los países para monitorear el empleo, y los resultados de estas encuestas no son comparables entre países. Por ende, se apoyan en los datos recogidos por The Total Economy Database™ (TED) compilada por The Conference Board, la Organización Internacional del Trabajo, los World Development Indicators del Banco Mundial y el sistema de cuentas nacionales de los países, para construir series lo más consistentes

⁶ Paridad de Poder Adquisitivo, PPP por sus siglas en inglés Purchasing Power Parity.

⁷ Término en inglés que significa punto de referencia y en este contexto específico, años de referencia para la construcción de una serie de datos.

⁸ Para las personas enganchadas en actividades laborales en la PWT idealmente se deberían tener en cuenta a las personas que son empleados, a los trabajadores independientes, a los trabajadores de grupos familiares sin remuneración salarial pero que son activos económicamente, los practicantes o aprendices y las fuerzas militares. Sin embargo, se limitan a aprovechar la información disponible esperando mejoraren el futuro esta estadística donde la cantidad de personas enganchadas laboralmente no sean discriminadas por la condición de su trabajo (las enunciadas anteriormente) y su nacionalidad ya que muchos países cuentan con fuerzas laborales migrantes de un tamaño importante. Esta definición corresponde a la comúnmente llamada población ocupada.

posibles y que sean comparables a nivel agregado entre países. Dada la naturaleza de la encuesta y el cálculo para las horas promedio de trabajo por trabajador, esta variable no se va a tener en cuenta, aunque sería la variable ideal para trabajar el empleo y se va a tomar la de número de personas enganchadas en actividades laborales.

Para el tema del stock de capital, se construye a partir de unos valores de referencia tomados de fuentes de autoridad y por medio del sistema de cuentas nacionales se calcula el valor de inversión neta en la economía para determinar si aumento o decreció el stock de capital. Para la depreciación de ese mismo stock se maneja un valor promedio calculado a partir de la depreciación esperada por su clasificación de tipo de bien de capital físico y por su ponderación dentro del stock de capital físico. Al igual que la medición de PIB esta esta en millones de dólares constantes de 2011 con un ajuste de PPP.

Se construyen 3 variables a partir de los insumos que ya mencionamos son tomados de la PWT. Primero como variable proxy de la productividad está el producto medio por trabajador, segundo la relación capital-trabajo y finalmente una variable de control de comercio exterior que es proxy de los términos de intercambio. El producto medio por trabajador se construye al dividir el PIB entre el número de personas ocupadas. La relación capital-trabajo se construye dividiendo el stock de capital sobre el número de personas ocupadas. La variable de control del comercio exterior⁹ (XM) la cual se construye al tomar los ingresos obtenidos por exportaciones y dividirlo por el valor absoluto del ingreso percibido por las importaciones¹⁰.

⁹ De ahora en adelante referida como XM.

¹⁰ Como las importaciones no generan ingreso, sino son un gasto llevan signo negativo y se podrían interpretar como el gasto en importaciones. La razón que queda de construir XM tiene 3 resultados, si es igual a la unidad hablamos de un equilibrio en la magnitud del ingreso percibido por las exportaciones y el ingreso que se da para las importaciones, si el resultado es mayor a la unidad el ingreso percibido por las exportaciones es mayor que el ingreso destinado a la adquisición de importaciones, y si el resultado es menor a la unidad pero mayor a cero se destinó mayor parte del ingreso a importar que el ingreso percibido por las exportaciones.

CAPÍTULO I: CRECIMIENTO DEL PRODUCTO MEDIO POR TRABAJADOR Y LA RELACIÓN CAPITAL-TRABAJO

Como bien lo sintetiza Blanchard (2007) el trabajo de Layard, Nickell & Jackman¹¹, muestra como en el largo plazo las variaciones en el stock de capital y el cambio tecnológico no tienen efectos en el desempleo de equilibrio, sin embargo este modelo que plantean los autores parte de un supuesto muy fuerte donde los trabajadores tratan de mantener el nivel de empleo ya sea disminuyendo o elevando el salario negociado con los empresarios dependiendo si el choque externo es positivo o negativo. Esta posición va muy de la mano con lo que se observó en el modelo descrito en Aghion & Howitt (2015) anteriormente mencionado. Modelo que como ya se mencionó en la introducción, muestran como el cambio tecnológico tiene un efecto en la economía, pero no tiene efecto sobre el volumen de empleo. Por su parte Rowthorn (1999) muestra como el modelo de Layard, Nickell & Jackman llega a la conclusión de la neutralidad del efecto del cambio tecnológico y del incremento del stock de capital sobre el empleo dado que parten de una función de producción Cobb-Douglas y presuponen una elasticidad de sustitución entre capital y trabajo de 1, por ende, Rowthorn muestra que si la elasticidad de sustitución de trabajo por capital es diferente a 1 no hay garantías que los cambios tecnológicos y el incremento del stock de capital no tengan un efecto sobre el empleo de largo plazo.

Por su parte en sus teorías Ricardo (1821) y Marx (1867 y 1885), plantean que la mayor acumulación de capital físico y el cambio tecnológico tienen un impacto en el nivel de empleo y en toda la economía. Ricardo (1821) plantea que la implementación de nueva maquinaria, es decir un avance tecnológico genera una disminución en los precios, los costos y sustituye mano de obra por la nueva maquinaria. Cuando se sustituye el trabajo, no hay garantía de que sean empleados nuevamente o por lo menos no en su totalidad, donde el grado de absorción de la fuerza laboral desplazada por el capital

¹¹El libro de Layard, Nickell & Jackman se titula *Unemployment: Macroeconomic Performance and the Labour Market*.

depende de los efectos del cambio tecnológico en la ganancia bruta y neta, el ahorro y la masa salarial. Por su parte Marx (1867 y 1885) propone un modelo en el cual el progreso tecnológico genera efectos de sustitución de la mano de obra por capital. En el trabajo de Collard & Dellas (2007) los autores desarrollan un modelo para Estados Unidos donde parten de los planteamientos de Jordi Galí y encuentran (usando un VAR y un impulso respuesta) que los cambios en la productividad eran mayores a los cambios en el producto ante un cambio tecnológico medido por un choque en la productividad, lo que repercute de manera negativa en el empleo.

Sin embargo, una de las razones para hacer esta investigación es la hipótesis de que puede existir una diferencia significativa del efecto del cambio tecnológico en la relación capital-trabajo entre los países productores de tecnología y los países que son importadores de dicha tecnología. Esta hipótesis se plantea a partir de una interpretación personal de la siguiente idea, el trabajo sustituido por un cambio tecnológico se desplaza hacia la nueva industria y a las industrias ya existentes por el efecto demanda, sin embargo ¿Si esta nueva industria productora de tecnología no existe dentro de la estructura económica de un país ya que se importa la tecnología, podría esto afectar el efecto que el cambio tecnológico tiene sobre la relación capital-trabajo? Para responder a esa pregunta se evaluarán dos países con estructuras económicas diferentes. Como país importador de tecnología se evaluará el caso colombiano y como referente de los países desarrollados y productores de tecnología se evaluará en Estados Unidos. La primera parte del capítulo se centra en el caso colombiano, donde evalúa la dinámica individual de la variable proxy de productividad, el producto medio por trabajador y de la relación capital-trabajo y luego se realizará una estimación econométrica para determinar si hay una relación entre ambas. En la segunda parte del capítulo se hará lo mismo para el caso de Estados Unidos.

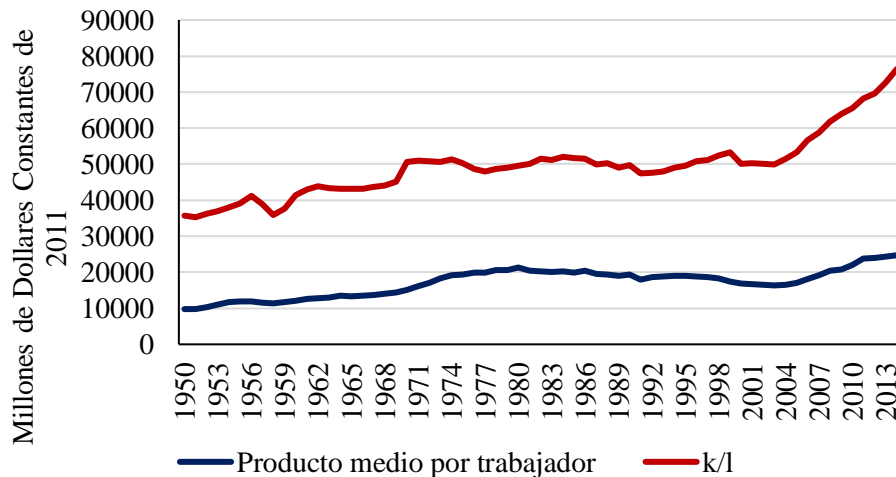
Antes de continuar con el desarrollo del capítulo se quiere recalcar la importancia que genera el hecho que no haya una variable de medición directa del cambio tecnológico, y como se puede evidenciar las variables proxy que hay actualmente no recogen de

manera satisfactoria el efecto aislado de la tecnología. Ni el residuo de Solow, ni el crecimiento de la productividad del trabajo, ni el incremento del stock de capital físico logran recoger el efecto aislado de la tecnología ya que estas variables también recogen otros efectos lo cual no permite hacer conclusiones insesgadas y precisas sobre los efectos del cambio tecnológico sobre la economía y viceversa.

EL CASO DE COLOMBIA

La relación capital-trabajo refleja la acumulación de capital por unidad de trabajo. Por su parte medir el cambio en el producto medio por trabajador es una variable proxy del cambio en la productividad del trabajo, que a su vez es una variable proxy del cambio tecnológico. En el Gráfico No. 1 se puede apreciar el comportamiento histórico del producto medio por trabajador y la relación capital-trabajo en Colombia el cual es similar, aunque, estén en niveles completamente diferentes. No solo tienen la misma tendencia positiva en el largo plazo, sino que poseen este comportamiento muy similar. Vale la pena recordar que tanto el Stock de capital como el producto interno están medidos en millones de dólares constantes de 2011 ajustados por PPP.

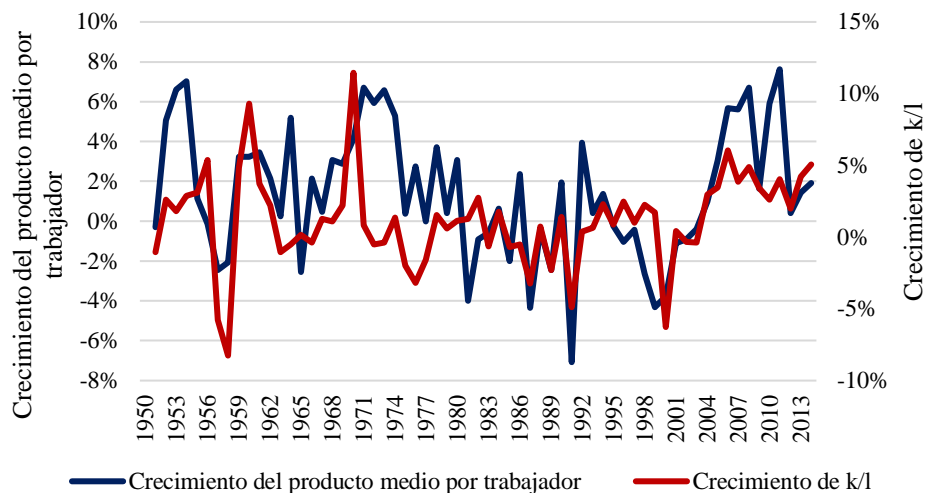
Gráfico No. 1



Fuente: Elaboración propia con datos del PENN.

Entre finales de los 60's y finales de los 90's la relación capital-trabajo y el producto medio por trabajador tienen una especie de estancamiento. En Colombia como se logra apreciar en el Anexo 1, el producto, el stock de capital y el empleo o tasa de ocupación tienen una tendencia creciente similar para las tres variables y en el Anexo 2 se evidencia que las tasas de crecimiento del stock de capital, el PIB y el empleo presentan un comportamiento similar que deja indicios de una correlación positiva entre estas variables. En el Gráfico No.2 se puede observar la tasa de crecimiento del producto medio por trabajador y de la relación capital-trabajo y como en el gráfico anterior se puede apreciar que tienen el mismo comportamiento y da indicios de una correlación positiva entre estas variables. Se realiza una prueba de correlación¹² para las tasas de crecimiento y se encuentra que tienen una correlación de 0.4892¹³ el cual es un valor significativo, estamos hablando de un 48.92% y es positivo como se intuía por la relación gráfica.

Gráfico No. 2



Fuente: Elaboración propia con datos del PENN.

Se continúa la evaluación del caso Colombia desarrollando un modelo VAR para ver la interacción del cambio tecnológico y la relación capital-trabajo, donde la variable de

¹² La prueba de correlación “correlate” en el programa Stata.

¹³ En los anexos se encuentra la prueba de correlación.

cambio tecnológico es el crecimiento logarítmico de la productividad promedio de cada empleado. De igual manera la variable de la relación capital-trabajo se incluye en el modelo en primera diferencia. En la Tabla No. 1 se encuentran los resultados de dicha regresión por medio de un modelo VAR, donde el crecimiento de la relación capital-trabajo es la variable dependiente y está determinada por la primera diferencia del producto medio por trabajador y por sus propios rezagos.

Tabla No.1

Ecuación 1	$r^2 = 0.2918$
Variable Y	
Producto medio por trabajador (primera diferencia)	
Termino Constante	
Coeficiente	82,89906
p-value	0,238
Variables X	
Producto medio por trabajador (primera diferencia primer rezago)	
Coeficiente	0,21808
p-value	0,082
Producto medio por trabajador (primera diferencia segundo rezago)	
Coeficiente	0,39204
p-value	0,002
Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico primer rezago)	
Coeficiente	-437,3042
p-value	0,844
Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico segundo rezago)	
Coeficiente	1376,15
p-value	0,537

Fuente: Elaboración propia con datos de la PWT

Como se puede observar pesar que la ecuación de la Tabla No. 1 tiene un mayor *r cuadrado* que la ecuación de la Tabla No.2, y la relación capital-trabajo no tiene coeficientes significativos en la determinación del producto medio por trabajador. A

diferencia del resultado obtenido en la ecuación de la Tabla No. 2, donde el cambio en el producto medio por trabajador y la relación capital-trabajo si tienen significancia individual para la determinación del crecimiento de la relación capital trabajo.

Tabla No.2

Ecuación 2		$r^2 = 0.1677$
Variable Y		
Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico)		
Termino Constante		
Coeficiente	0,00733	
p-value	0,085	
Variables X		
Producto medio por trabajador (primera diferencia primer rezago)		
Coeficiente	2,89E-06	
p-value	0,705	
Producto medio por trabajador (primera diferencia segundo rezago)		
Coeficiente	0,000015	
p-value	0,049	
Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico primer rezago)		
Coeficiente	0,28189	
p-value	0,037	
Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico segundo rezago)		
Coeficiente	-0,247	
p-value	0,068	

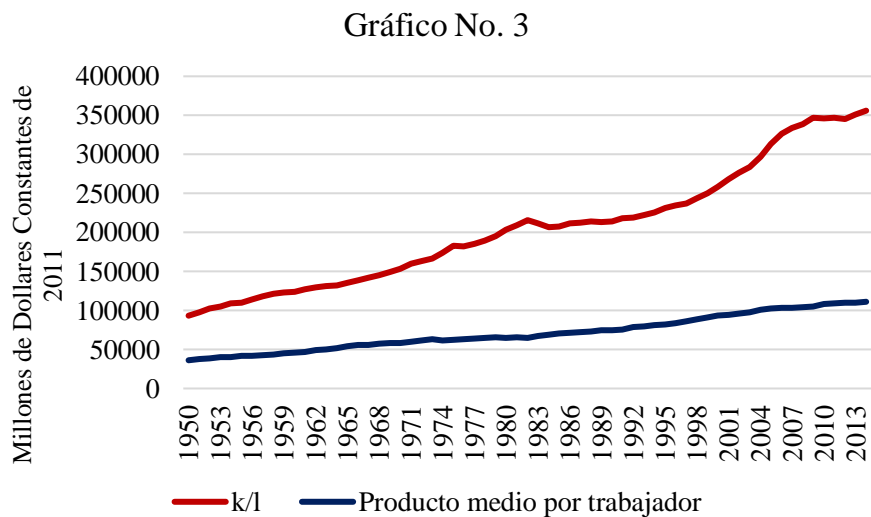
Fuente: Elaboración propia con datos de la PWT

Desafortunadamente la potencia de la prueba no es muy alta, sin embargo, nos permite tener una primera aproximación hacia la relación de estas variables. En primera instancia lo que dice este resultado es que los cambios en el producto medio por trabajador (variable proxy del cambio tecnológico) están afectando positivamente por el crecimiento de la relación capital-trabajo o también llamada composición orgánica del capital. Sin embargo, para poder establecer si genera un efecto en el desempleo y

en el crecimiento económico en la sección tres del presente trabajo se recreará una versión diferente del modelo presentado en Collard & Dellas (2007).

EL CASO DE ESTADOS UNIDOS

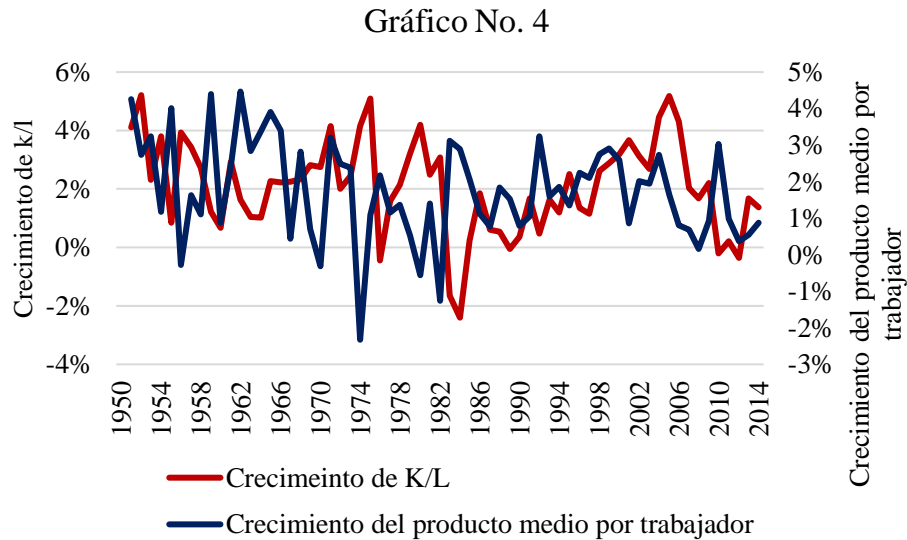
En el caso de Estados Unidos se puede observar una diferencia en el comportamiento del producto medio por trabajador y la relación capital-trabajo frente al que se presentó en Colombia. En Estados Unidos se puede observar como la serie histórica del producto medio por cada persona empleada tiene una tendencia de largo plazo positiva al igual que la relación capital-trabajo y a diferencia de Colombia parecen tener una tendencia creciente ininterrumpida como se puede observar en el Gráfico No.3. Contra el eje derecho esta la relación capital-trabajo medida en millones de dólares constantes de 2011 y en el eje izquierdo está el producto medio por trabajador en la misma unidad de medida.



Fuente: Elaboración propia con datos del PWT.

Al graficar los crecimientos de las variables en el Gráfico No. 4 podemos observar un comportamiento errático entre ambas variables, donde se ve un comportamiento inverso entre ambas en el periodo de inicios de los 70's a finales de los 80's, en esta serie no se observa claramente indicios de correlación positiva como si pasa en el caso

colombiano, pero tampoco es clara si hay indicios de una correlación negativa. Por su parte la prueba de correlación da un resultado de -0.2097 lo cual indica que hay una correlación negativa entre el comportamiento del crecimiento de ambas variables y que en los 63 años evaluados o del periodo de muestra predomina dicha correlación negativa.



Fuente: Elaboración propia con datos del PWT.

Sin embargo, después de revisar el crecimiento individual de las variables¹⁴ en el Anexo 2 se observa que son menos volátiles que en Colombia y tienen indicios de correlación positiva. Ahora bien, si a nivel individual se puede apreciar esta relación estrecha en el comportamiento de las variables con las cuales construimos la relación capital-trabajo y el producto medio por trabajador, la razón por la cual no se puede apreciar en el Gráfico No. 4 es por el orden de magnitud de los crecimientos. Es decir que el crecimiento del empleo es el más bajo de las tres variables y hay periodos donde el producto crece más que el stock de capital y viceversa, esta diferencia en las magnitudes de los crecimientos genera que el gráfico se comporte de esta manera. Para comprobar si hay una correlación entre las tres variables evaluadas en el Anexo 2, se

¹⁴ Crecimiento del stock de capital, crecimiento del producto y crecimiento del empleo.

realiza una prueba de correlación entre las variables¹⁵, el resultado de esta prueba es que se presenta una correlación positiva entre el crecimiento de las tres variables.

Ahora bien, evaluando el caso de Estados Unidos se construye el modelo que relaciona el producto medio por trabajo y la relación capital-trabajo de la misma manera que se hace para el caso colombiano. La serie de productividad como el crecimiento logarítmico del producto medio por trabajador es estacionaria y la serie de la relación capital-trabajo es estacionaria en su primera diferencia. Ya que ambas son variables estacionarias de orden de integración uno se puede aplicar un modelo VAR en las Tablas No. 3 y 4.

Tabla No. 3

Ecuación 1	$r^2 = 0.0475$
Variable Y	
Producto medio por trabajador (crecimiento logarítmico)	
Termino Constante	
Coefficiente	0,0125
p-value	0,005
Variables X	
Producto medio por trabajador (crecimiento logarítmico primer rezago)	
Coefficiente	0,14434
p-value	0,285
Producto medio por trabajador (crecimiento logarítmico segundo rezago)	
Coefficiente	0,08
p-value	0,531
Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico primer rezago)	
Coefficiente	0,153142
p-value	0,241

¹⁵ Los resultados de esta prueba se encuentran en el Anexo 4.

Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico segundo rezago)	
Coefficiente	-0,12565
p-value	0,327

Fuente: Elaboración propia con datos del PWT.

El modelo VAR que se observa en la Tabla No. 3 no es significativo y tiene muy baja potencia, además la prueba de causalidad de Granger estipula que la relación causal no es la que se muestra en la Tabla No. 3 sino en la ecuación de la Tabla No. 4. En la tabla No. 4 vemos un modelo con un *r cuadrado* más alto que en la Tabla No. 3 y hay más variables estadísticamente significativas.

Tabla No. 4		$r^2 = 0.315$
Ecuación 2		
Variable Y		
Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico)		
Termino Constante		
Coefficiente	0,0025	
p-value	0,59	
Variables X		
Producto medio por trabajador (crecimiento logarítmico primer rezago)		
Coefficiente	0,0277	
p-value	0,833	
Producto medio por trabajador (crecimiento logarítmico segundo rezago)		
Coefficiente	0,34406	
p-value	0,006	
Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico segundo rezago)		
Coefficiente	0,3964	
p-value	0,002	

Relación capital-trabajo (crecimiento logarítmico segundo rezago)	
Coefficiente	0,12661
p-value	0,312

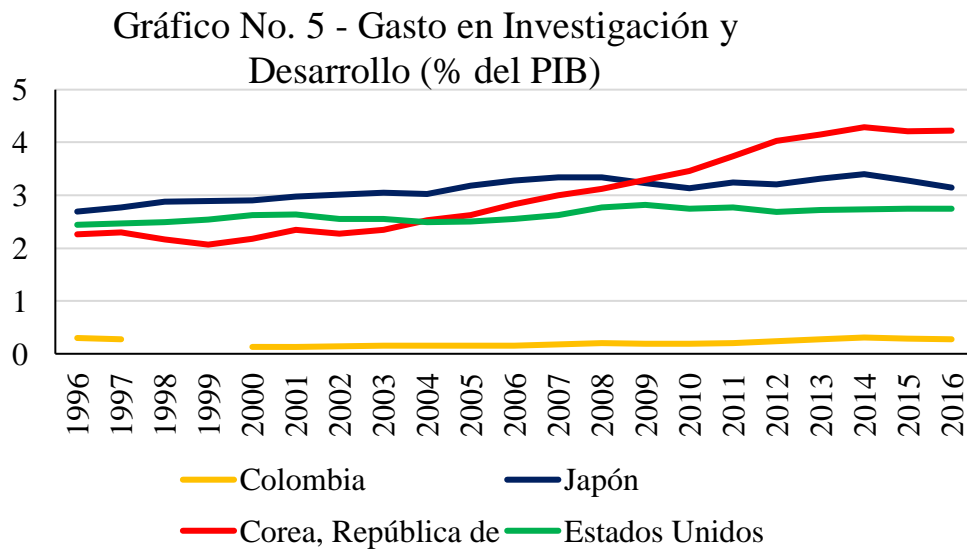
Fuente: Elaboración propia con datos del PWT.

En ambos casos, tanto Estados Unidos como Colombia la relación causal que se pudo determinar en las pruebas econométricas indica que los cambios en el producto medio por trabajador es una variable que influye en el comportamiento de la relación capital-trabajo, pero debemos recordar que no es la única. Ahora bien, el efecto que se puede apreciar en el caso de Estados Unidos que los cambios en el producto medio por trabajador repercuten con un coeficiente positivo en la relación capital-trabajo. Este coeficiente es estadísticamente significativo a un nivel de confianza del 95% para su segundo rezago.

Los resultados de estas estimaciones en ambos casos refutan la hipótesis planteada en el trabajo y confirman el planteamiento de la teoría neoclásica, donde los cambios tecnológicos que se ven reflejados en cierta medida por incrementos en la producción media por trabajador afectan de manera positiva la relación capital-trabajo. Sin embargo, falta comprobar el resultado obtenido en el modelo del trabajo de Collard & Dellas (2007) con los resultados parciales obtenidos en esta sección del trabajo.

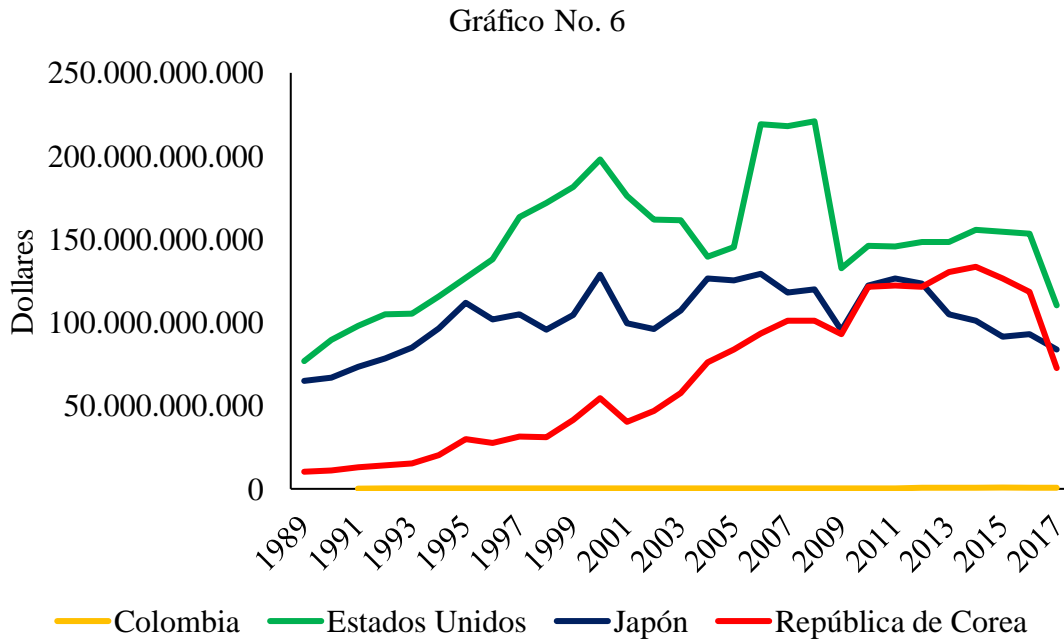
CAPITULO II: DIFERENCIA ESTRUCTURAL

Puede existir una diferencia crucial entre los efectos que implica la inversión en bienes de alta tecnología sobre la estructura económica en un país como Colombia y Estados Unidos o cualquier otro país desarrollado. Por un lado, la teoría convencional menciona que los nuevos bienes de tecnología demandados (la inversión en tecnología) crea un nuevo mercado para la producción, desarrollo, distribución y mantenimiento de dichos bienes y en toda esta cadena se forman nuevos empleos. Por otro lado se hace mención a que la inversión en tecnología y maquinarias va a generar un incremento en la productividad, como consecuencia directa se elevaran los salarios de dichos empleados cuya productividad se ha elevado y eso genera un efecto ingreso sobre la demanda, por consiguiente aumenta la demanda y permite que la oferta expanda su producción contratando más mano de obra y empleando más capital, mitigando el desplazamiento de mano de obra al realizar una inversión en bienes de capital. Sin embargo, esta premisa parte del supuesto de que el salario es igual a la productividad del trabajo y quedara pendiente para estudios futuros verificar si efectivamente se cumple este supuesto en Colombia.



Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial.

Lo que se quiere ilustrar es que en un país productor y exportador de bienes de alta tecnología (Estados Unidos), y otro que es un importador de tecnología (Colombia), las diferencias en su estructura productiva podrían generar diferencias significativas en el efecto del cambio tecnológico sobre la sustitución de la mano de obra, dado que en Colombia no se crea un nuevo mercado al demandar bienes de capital de maquinaria y equipo. En primera instancia se planea dejar en evidencia dicha situación con la información presentada en el Gráfico No.5, en el cual se puede observar el gasto en investigación y desarrollo medido como porcentaje del PIB. Lo que se puede observar es una clara diferencia entre el nivel de este gasto. Estados Unidos es un país con un alto gasto en investigación y desarrollo, con un gasto por encima del 2,5% del PIB a partir del 2005, mientras que Colombia tiene un gasto en investigación y desarrollo por debajo de 0,5% del PIB.



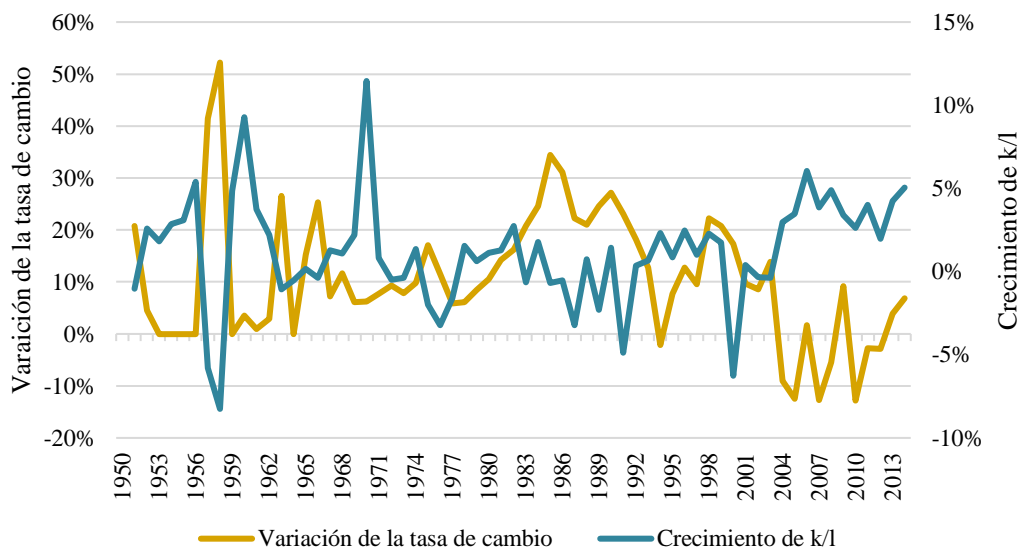
Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

La gran diferencia en el gasto en investigación y desarrollo se refleja en el Gráfico No. 6 donde se puede evidenciar el valor de las exportaciones de bienes de tecnología en

Estados Unidos, Colombia, Japón y la República de Corea¹⁶. Como se puede apreciar en el Gráfico No. 6 la diferencia entre el nivel de las series históricas del valor de las exportaciones de bienes de alta tecnología de Colombia con los demás países es gigantesca y permite ilustrar mejor la brecha entre los países productores de bienes de alta tecnología (en particular Estado Unidos) y Colombia como un importador de tecnología. Los datos presentados en los Gráficos No. 5 y 6 evidencian de manera clara la brecha entre la industria de bienes de alta tecnología con los países referentes y a la vanguardia del desarrollo de nuevas tecnologías.

Ya habiendo observado la baja inversión en tecnología y desarrollo en Colombia y sus casi nulas exportaciones de bienes de alta tecnología, se procede a analizar la relación entre la tasa de cambio y la inversión, y como se puede observar en el Gráfico No. 7 la inversión en Colombia y la tasa de cambio tienen un comportamiento inverso.

Gráfico No. 7



Fuente: Elaboración propia con datos del PWT.

¹⁶ Japón y la República de Corea son dos países con reconocimiento mundial en su industria de bienes de capital y su sector de tecnología. Se presentan en el gráfico y en el cuadro para dar un sentido de magnitud a las exportaciones de bienes de alta tecnología en Estados Unidos ya que Colombia no alcanza a ser referente significativo para dicho propósito.

En el gráfico se puede apreciar que en los periodos de depreciación como mediados de los 50, finales de los 90 y durante casi toda la década del 80 la inversión cae o es muy baja, en cambio en los periodos de apreciación se ven incrementos de la inversión, esta observación permite pensar que existe una relación inversa entre la tasa de cambio y la inversión. Para ratificar este indicio se lleva a cabo una prueba de correlación la cual presenta un valor de -0.6426 como la correlación entre el crecimiento de la relación capital-trabajo y la variación de la tasa de cambio ajustada por ppp. Este análisis permite inferir que, si hay una correlación entre ambas variables, sin embargo, es pertinente que se profundice este hecho para determinar causalidad y que no sea una relación espuria.

Con apoyo en la teoría de Keynes (1936) y su reinterpretación se puede encontrar un vínculo teórico entre la relación de la tasa de cambio y de la inversión, para Colombia como país importador de bienes de capital. En la teoría keynesiana uno de los factores que determina el nivel de inversión de los empresarios es la eficiencia marginal del capital¹⁷, si tomamos su formulación y expresamos el valor de la inversión o el precio del bien de capital en moneda extranjera (en este caso dólares estadounidenses ya que se importa el bien de capital) se puede apreciar como la tasa de cambio pasa a ser una variable relevante dentro de la determinación de la eficiencia marginal del capital. Siguiendo esta línea de pensamiento no solo la tasa de interés y las expectativas sobre el ingreso de los empresarios estarían determinado las decisiones de inversión de los empresarios en Colombia, sino que también estaría determinada por la tasa de cambio y esto podría aplicar a los países importadores de tecnología y bienes de capital. Ya que con tasas de cambio depreciada es más caro el valor de un bien de capital y por ende el monto de la inversión y de los intereses, a pesar de que la tasa de interés sea la

¹⁷ La eficiencia marginal del capital se compone de dos elementos clave. El primero es los rendimientos esperados de la inversión por parte del empresario, el cuál dependerá de cómo el empresario perciba el futuro del mercado y para su producto, en otras palabras, ser positivo frente al consumo y nivel de ingreso futuros. El segundo es el costo del capital que es, el valor de adquirir un bien de capital sumado los intereses que se pagan para adquirir dicho capital. Es en este segundo ítem donde entra a jugar la tasa de cambio ya que, si el bien de capital se importa, esta expresado en moneda extranjera y la apreciación o depreciación de la moneda pueden afectar de manera significativa el costo del capital y por ende las decisiones de inversión.

misma. Podemos hablar que en estas fluctuaciones de la tasa de cambio pueden hacer variar el precio del bien de capital hasta un 50%, lo cual podría ser un factor que inflencie las decisiones de inversión, teniendo en cuenta que inversión es el crecimiento neto del stock de capital físico y desafortunadamente hay muchos bienes de capital físico en el rubro y no esta acotado a los bienes de capital para la producción, como maquinaria y equipo.

Retomando la diferencia entre el comportamiento del producto medio por trabajador y la relación capital-empleo que se ve entre Colombia y Estados Unidos, también se debe a diferencias estructurales. En ambas economías como muestran los Anexos 1 y 2 hay diferencias en la magnitud de los crecimientos y la volatilidad de los mismos, según la literatura Estados Unidos se encuentra en una situación de pleno empleo de factores desde finales de los 70's y su banca central tiene un doble objetivo constitucional¹⁸. Claramente Colombia no tiene pleno empleo de factores y los objetivos de su banca central son diferentes, esta es otra diferencia estructural que genera que las decisiones de política monetaria busquen objetivos diferentes y según las teorías convencionales macroeconómicas el comportamiento de la economía no es el mismo en estado estacionario y fuera del estado estacionario. A pesar de las diferencias estructurales que se establecen en este capítulo y como se vio en el primer capítulo, no representan una diferencia en la interacción del producto medio por trabajador y la relación capital-trabajo.

¹⁸ A diferencia del Banco Central en Colombia que tiene como norma procurar por el poder adquisitivo de la moneda y se consistente con la política macroeconómica del gobierno, la reserva federal en Estados Unidos tiene un doble objetivo de política y es mantener el nivel de empleo y procurar por el poder adquisitivo del dólar.

CAPÍTULO III: EFECTOS SOBRE LA ECONOMÍA DEL CAMBIO TECNOLÓGICO

Como se ha mencionado previamente en la introducción, hay posiciones encontradas entre diferentes autores y teorías sobre el efecto del cambio tecnológico en la economía y puntualmente sobre algunas variables macroeconómicas. Estas variables macroeconómicas que se analizaron fueron las dos variables proxy de cambio tecnológico que son la relación capital-trabajo y el producto medio por trabajador además se analiza el PIB, el empleo el cual se midió por medio por personas ocupadas y una variable de control que es una variable proxy de los términos de intercambio¹⁹.

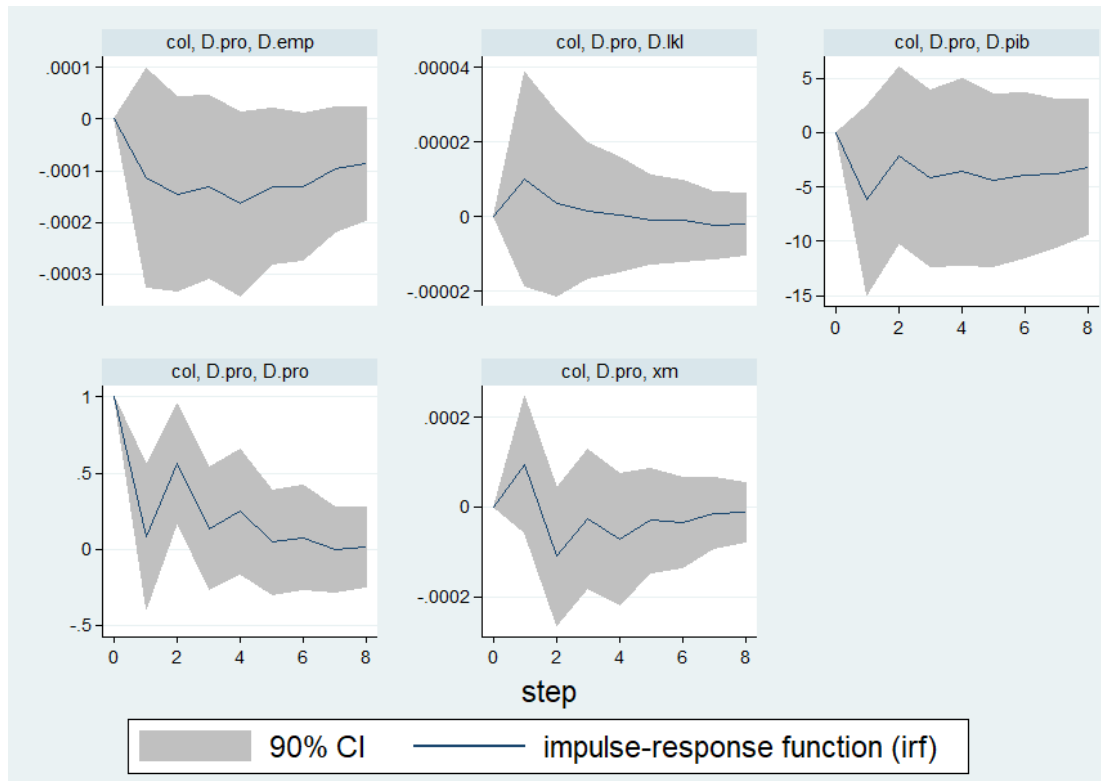
MODELO PARA COLOMBIA

En el modelo de la primera sección se pudo observar que el cambio tecnológico medido como el incremento del producto medio por trabajador tiene un efecto positivo en la relación capital-trabajo. Ahora se va a desarrollar el modelo VAR para Colombia con la finalidad de identificar el efecto del cambio tecnológico medido como el incremento del producto medio por trabajador sobre la economía y buscar confirmar si el efecto se mantiene positivo en la relación capital-trabajo en un modelo que incorpora más variables. Una vez determinada la estacionariedad y la aplicabilidad del modelo, se procede a calcular el VAR y graficar el choque de impulso respuesta. Para este modelo se asume un choque positivo en el producto medio por trabajador y cómo reaccionan las demás variables del modelo. Se asume que el choque en el producto medio por trabajador refleja un cambio tecnológico que aumenta la productividad media de la mano de obra y se pueden apreciar los resultados del choque en el Gráfico No. 7. Las variables se construyeron de la siguiente manera, en primera diferencia está el empleo, la producción y el producto medio por trabajador. La variable de control XM está en nivel y la relación capital trabajo esta expresada como tasa de crecimiento²⁰.

¹⁹ Para mayor detalle sobre las variables remitirse a la introducción.

²⁰ $x = \ln(X_t/X_{t-1}) = \ln(X_t) - \ln(X_{t-1})$

Gráfico No. 7

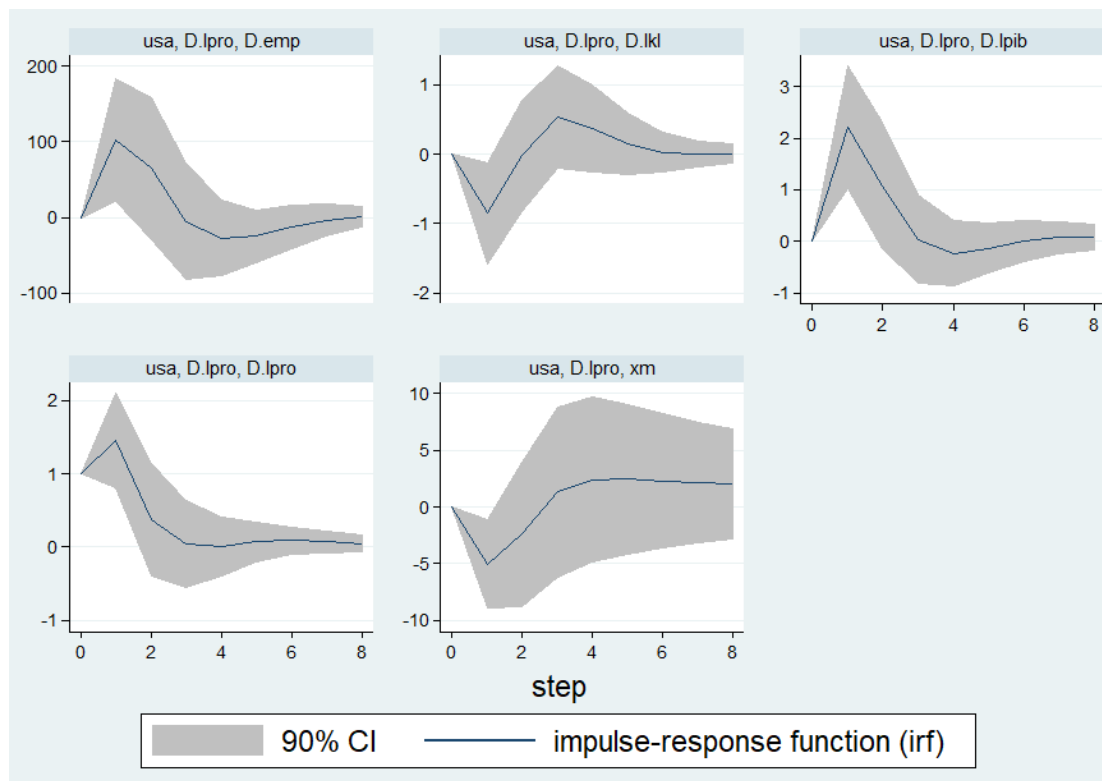


En el Gráfico no. 7 se puede apreciar que el efecto del cambio tecnológico en la relación capital-empleo no es significativo a pesar de estar con bandas del 90% de confianza. Por su parte el efecto de la producción media por trabajador también presenta un efecto de neutralidad igual al que se presenta en el producto nacional y como consecuencia, el choque en el producto medio por trabajador es neutral y no repercute en el nivel de empleo, a diferencia de lo que se proponía en la teoría clásica. Tiene un efecto casi que neutral en la variable de control XM con una leve mejora de los términos de intercambio, pero rápidamente se ajustan a su valor regular en la economía. En general se puede apreciar que, en el caso colombiano los cambios en el producto medio por trabajador o el choque positivo en el producto medio por trabajador no tiene efectos significativos en la economía.

MODELO PARA ESTADOS UNIDOS

Para el caso del modelo en Estados Unidos, se procede a realizar las pruebas necesarias para comprobar la estacionariedad de las variables y poder realizar el modelo VAR, sobre el cual se hará un choque de impulso respuesta. Se va a simular un choque positivo en el crecimiento del producto medio por trabajador y su efecto o respuesta en la relación capital-trabajo, el producto, el empleo, sobre ella misma y sobre nuestra variable de control de comercio exterior. En el gráfico No. 8 se pueden apreciar los resultados del impulso respuesta. La particularidad en esta serie es que PIB, producto medio por trabajador y la relación capital-trabajo están expresadas como tasas de crecimiento²¹

Gráfico No. 8



Fuente: Elaboración propia con datos de la PWT.

²¹ $x = \ln(X_t/X_{t-1}) = \ln(X_t) - \ln(X_{t-1})$

Como se puede apreciar en el modelo de impulso respuesta el efecto de la productividad sobre la relación capital-trabajo no es significativo en el largo plazo a pesar que dentro de sus bandas de confianza tiene oscilaciones positivas y negativas. Curiosamente en el primer periodo el choque de producción media por trabajador sobre las variables de PIB y empleo es significativa y, sin embargo, no logra tener un impacto en el largo plazo sobre las variables macroeconómicas a evaluar. Las demás variables del modelo tienen una respuesta neutral sobre el crecimiento del producto medio por trabajador. Este modelo estaría de acuerdo con lo que se presenta en el caso colombiano donde se obtienen resultados similares. Partiendo de lo observado en este modelo y el modelo de la primera sección en Estados Unidos se refutaría la hipótesis planteada en la introducción y presenta indicios contrarios a los resultados obtenidos por Collard & Dellas (2007), sin embargo existen diferencias en los modelos que son significativas, como la presencia de una variable adicional, tasa de cambio en el trabajo de Colard & Dellas, en este trabajo se agrega la relación capital-trabajo y se difiere en la medición de la variable empleo y la variable de control de comercio internacional.

Este resultado del impulso respuesta en Estados Unidos y Colombia como se puede apreciar, es neutral en el largo plazo sobre la economía. También este modelo es un indicio de que la hipótesis propuesta en el trabajo sobre el efecto del cambio tecnológico en el empleo y en la relación capital-trabajo no se cumplen. Donde el efecto de un cambio tecnológico sobre la sustitución de mano de obra en la economía es no se presenta o por lo menos en el modelo de impulso respuesta. En Estados Unidos no se puede estar presentando que el efecto en la caída del empleo ya que la economía tiene la capacidad de generar nuevas plazas de trabajo para el trabajo sustituido, sin embargo, tampoco se puede apreciar ese efecto de incremento del producto de manera significativa, por su parte en Colombia también se presenta un efecto neutral. Ya habiendo mostrado las diferencias estructurales en la sección dos uno podría pensar que estas diferencias generarían resultados opuestos y por el contrario se presenta un resultado similar. Se debe hacer un análisis más profundo de este fenómeno dado el

enorme potencial de sustitución de la mano de obra por los nuevos bienes de capital, como lo son la robótica y la inteligencia artificial.

CONCLUSIONES

Como se puede observar en el Gráfico No. 5 y en las pruebas de correlación existe una relación negativa entre las variaciones en la tasa de cambio y la inversión y podría relacionarse con la idea Keynesiana del costo marginal del capital como determinante del nivel de inversión. Para poder desarrollar mejor esta relación y comprobarla o refutarla se debe contar con una base depurada del stock de capital físico que se centre en los bienes de capital como maquinaria y equipo, también se debería diferenciar los bienes de capital que son para consumo de los hogares con los que son insumos para los productores. Ahondar en este tema podría darnos una mejor caracterización de la inversión en Colombia y esclarecería si existe una relación negativa entre la tasa de cambio y la importación de bienes de capital como insumo productivo.

Se logra evidenciar que en Colombia las variaciones del empleo, la inversión y el producto son más volátiles y con ciclos menos marcados que lo que se puede observar en los insumos gráficos que se presentaron en los anexos. Es muy interesante observar la cercanía en términos de magnitud que tiene Estados Unidos en las tasas de crecimiento del empleo, el producto y el stock de capital, que a su vez es acorde a lo que proponen los modelos de crecimiento económico neoclásicos, en cuanto a la igualdad de tasas de crecimiento en el estado estacionario. Estado estacionario que no hay en Colombia, pero igualmente se aprecia esa correlación positiva en el comportamiento de estas variables.

Hace falta una mejor variable para recoger los efectos del cambio tecnológico ya que la productividad del trabajo y el producto medio por trabajador también puede incrementar por otros factores como ejemplo, la formación de capital humano. Esta variable es esencial para poder entender como las tecnologías como la inteligencia artificial que tienen un potencial de sustitución de la mano de obra gigantesco, van a impactar la economía y si generaran el efecto ingreso suficiente en la demanda

agregada para la creación de puestos de trabajo formal²² que absorban la mano de obra desplazada.

Es importante que se trabaje más en este tema para poder tener mayor claridad en que elementos de la estructura económica de los países desarrollados permiten que los avances tecnológicos mejoren los términos de intercambio, la productividad, la producción y no repercutan negativamente en el largo plazo en el empleo y en la inflación.

²² Es importante recalcar esto ya que países como Colombia presentan tasas de informalidad de hasta un 50%. Es importante que los trabajos que absorban a la mano desempleada estén en el sector formal, donde aporten a la seguridad social y a la tributación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aghion, P., & Howitt, P. (2015). *The Economics of Growth*. New Delhi: MIT Press Eastern Economy Edition.
- Barro, J. R., & Sala-i-Martin, X. (1999). *Economic Growth*. Cambridge: MIT Press 1999.
- Beaudry, P., & Collard, F. (2003). Recent Technological and Economic Change among Industrialized Countries: Insights from Population Growth. *The Scandinavian Journal of Economics*, 105(3), 441-463. Tomado de <http://www.jstor.org/stable/3440950>
- Blanchard, O. (2007). A Review of Richard Layard, Stephen Nickell, and Richard Jackman's "Unemployment: Macroeconomic Performance and the Labour Market". *Journal of Economic Literature*, 45(2), 410-418. Tomado de <http://www.jstor.org/stable/27646799>
- Collard, F., & Dellas, H. (2007). Technology Shocks and Employment. *The Economic Journal*, 117(523), 1436-1459. Tomado de <http://www.jstor.org/stable/4625562>
- Elliott, J. (1980). Marx and Schumpeter on Capitalism's Creative Destruction: A Comparative Restatement. *The Quarterly Journal of Economics*, 95(1), 45-68. Tomado de <http://www.jstor.org/stable/1885348>
- Feenstra, R. C., Inklaar R. and Timmer M. P., (2015), "The Next Generation of the Penn World Table" *American Economic Review*, 105(10), 3150-3182, disponible para descargar en: www.ggd.net/pwt
- Inklaar, Robert and Marcel P. Timmer. (2013). Capital and TFP in PWT8.0. Tomado de: www.ggd.net/pwt
- Keynes, J. M., (1936) *The General Theory of Employment, Interest and Money* (3° Ed) Publicado 2013, Cambridge University Press.

Kumar, S., & Russell, R. (2002). Technological Change, Technological Catch-up, and Capital Deepening: Relative Contributions to Growth and Convergence. *The American Economic Review*, 92(3), 527-548. Tomado de <http://www.jstor.org/stable/3083353>

Marx, C. (1867) *El Capital: Crítica de la economía política Tomo I* (4ª Ed, 1ª Reimpresión en español) Fondo de Cultura Económica México.

Marx, C. (1885) *El Capital: Crítica de la economía política Tomo II* (3ª Ed) Fondo de Cultura Económica México.

Perasso, Valeria (12 de octubre de 2016) Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). BBC. Tomado de: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-37631834>

Ramirez, M. D. (2017) Marx and Ricardo on Machinery: A Critical Note. working paper 17-06, trinity college department of economics, Hatford.

Ricardo, D. (1821) *On the Principles of Political Economy and Taxation* (3ª Ed.).

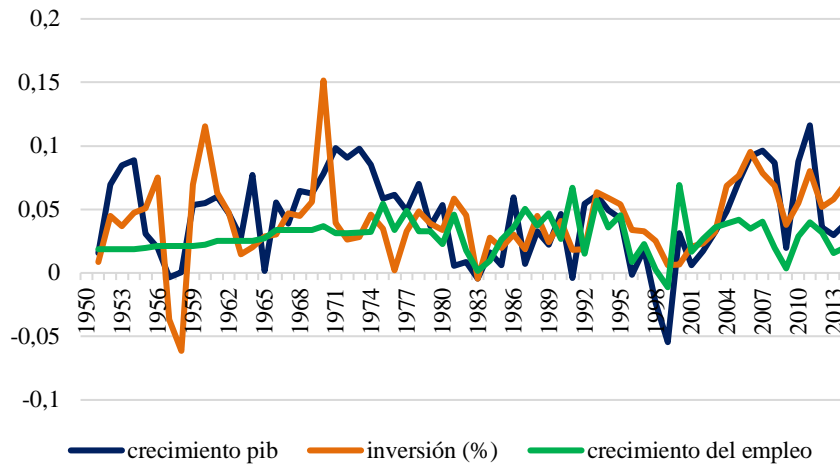
Rowthorn, R. (1999). Unemployment, wage bargaining and capital—labor substitution. *Cambridge Journal of Economics*, 23(4), 413-425. Tomado de <http://www.jstor.org/stable/23600409>

Solow, R. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94. Tomado de <http://www.jstor.org/stable/1884513>

ANEXOS

Anexo No.1

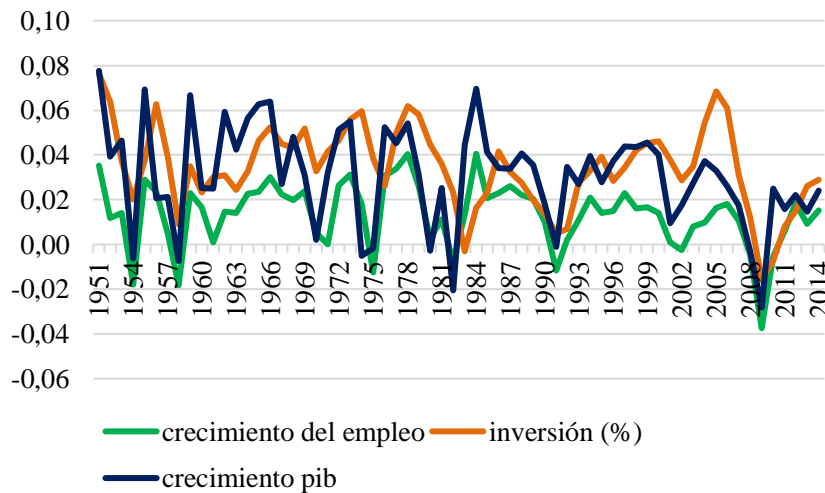
Crecimiento del stock de capital, del empleo y del stock de capital físico. Colombia



Fuente: Elaboración propia con datos de la PWT

Anexo No. 2

Crecimiento del stock de capital, del empleo y del stock de capital físico. EEUU



Fuente: elaboración propia con datos de la PWT

Anexo No. 3

Pruebas de estacionariedad para Colombia

Dickey-Fuller Aumentada							
Variable	trend	const	# Rezagos	Valor P	5%	10%	Estacionariedad
PIB (Primera Diferencia)	x		1	-3,535	-3,488	-3,173	Si al 5%
	x		2	-2,333	-3,489	-3,173	No
	x		3	-2,172	-3,490	-3,174	No
Productividad (Diferencia Logaritmica)			1	-2,872	-2,920	-2,595	Si al 5%
			2	-3,271	-2,921	-2,596	Si al 5%
			3	-2,927	-2,922	-2,596	Si al 5%
Empleo (Primera Diferencia)	x		1	-5,248	-3,488	-3,173	Si al 5%
	x		2	-4,674	-3,489	-3,173	Si al 5%
	x		3	-4,112	-3,490	-3,174	Si al 5%
XM (Nivel)	x		1	-3,591	-3,487	-3,172	Si al 5%
	x		2	-3,774	-3,488	-3,173	Si al 5%
	x		3	-3,406	-3,489	-3,173	Si al 10%
K/L (Diferencia Logaritmica)		x	1	-5,113	-3,488	-3,173	Si al 5%
		x	2	-4,391	-3,489	-3,173	Si al 5%
		x	3	-3,430	-3,490	-3,174	Si al 10%

Prueba de Portmanteau				
Variable	# Rezagos del ARDL	Q Static	Prob>chi2	Ruido Blanco
PIB	1	62,9011	0,0004	No
PIB	2	24,1438	0,7218	Se acepta al 5%
Productividad	1	71,1614	0,0000	No
Productividad	2	62,8023	0,0000	No
Productividad	3	18,6368	0,9302	Se acepta al 5%
Empleo	1	23,1808	0,8078	Se acepta al 5%
Empleo	2	22,3557	0,8052	Se acepta al 5%
XM	1	18,9487	0,9411	Se acepta al 5%
XM	2	17,1115	0,9604	Se acepta al 5%
K/L	1	25,9126	0,6796	Se acepta al 5%
K/L	2	17,2188	0,9587	Se acepta al 5%

Fuente: Elaboración propia con datos de la PWT

Anexo No. 4

Pruebas de Correlación para el caso colombiano

Pruebas de Correlación	
	Crecimiento de K/L
Crecimiento del producto medio por trabajador	0,4892
Variación de la tasa de cambio.	-0,6426

Pruebas de Correlación para el caso estadounidense

Pruebas de Correlación			
	Crecimiento de K/L	Crecimiento del PIB	Crecimiento del nivel de empleo
Crecimiento del producto medio por trabajador	-0,2097	Crecimiento del PIB 0,8103	
		Inversión (%) 0,5599	0,3806

Anexo No. 5

Pruebas de estacionariedad para Estados Unidos

Dickey-Fuller Aumentada							
Variable	trend	const	# Rezagos	Valor P	5%	10%	Estacionariedad
PIB (Diferencia Logaritmica)	x	?	1	-5,389	-3,488	-3,173	Si al 5%
	x	?	2	-5,242	-3,489	-3,173	Si al 5%
	x	?	3	-3,911	-3,490	-3,174	Si al 5%
Productividad (Diferencia Logaritmica)	x	?	1	-4,897	-3,488	-3,173	Si al 5%
	x	?	2	-4,322	-3,489	-3,173	Si al 5%
	x	?	3	-3,070	-3,490	-3,174	No
Empleo (Primera Diferencia)	x		1	-5,209	-3,488	-3,173	Si al 5%
	x		2	-4,920	-3,489	-3,173	Si al 5%
	x		3	-4,173	-3,490	-3,174	Si al 5%
XM (Nivel)	x	?	1	-3,798	-3,487	-3,172	Si al 5%
	x	?	2	-3,395	-3,488	-3,173	Si al 10%
	x	?	3	-3,650	-3,489	-3,173	Si al 5%
K/L (Diferencia Logaritmica)	x	?	1	-4,020	-3,488	-3,173	Si al 5%
	x	?	2	-3,439	-3,489	-3,173	Si al 10%
	x	?	3	-2,687	-3,490	-3,174	No

Portmanteau				
Variable	# Rezagos del ARDL	Q Static	Prob>chi2	Ruido Blanco
PIB	1	19,0772	0,9384	Se acepta al 5%
PIB	2	19,2475	0,9347	Se acepta al 5%
Productividad	1	23,5555	0,7918	Se acepta al 5%
Productividad	2	23,8905	0,7770	Se acepta al 5%
Empleo	1	49,8423	0,0129	No
Empleo	2	24,8842	0,6842	Se acepta al 5%
XM	1	35,4226	0,2276	Se acepta al 5%
XM	2	32,0332	0,3184	Se acepta al 5%
K/L	1	89,8601	0,0000	No
K/L	2	22,5124	0,7983	Se acepta al 5%

Fuente: Elaboración propia con datos de la PWT