

ESTIMACIÓN DE UNA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN AUMENTADA POR DELINCUENCIA PARA MÉXICO: 1999.1-2017.4

Bardo Dage Ruiz Dávila¹

RESUMEN

En el presente trabajo se estima una función de producción para la economía mexicana mediante el estudio de la relación del stock de capital, el trabajo y la tasa de homicidios con el producto, esto con datos trimestrales de 1999.1 a 2017.4. El trabajo emplea técnicas de series de tiempo como raíz unitaria, cointegración, análisis impulso-respuesta, descomposición de varianza y un modelo de Mecanismo de Corrección de Error (MCE). La prueba de cointegración de Johansen revela que existe cointegración entre las variables. Adicionalmente, se encuentra que la elasticidad producto del trabajo es mayor que la del capital, 0.81 y 0.18 respectivamente, y que un incremento en 1% en la tasa de homicidios disminuye el producto en 0.058 por ciento.

PALABRAS CLAVE: función de producción, tasa de homicidios, empleo, stock de capital, cointegración.

CLASIFICACIÓN JEL: C51, E23, O40, O47.

ABSTRACT

In the present work, a production function for the Mexican economy is estimated by studying the relation of capital stock, labor and the rate of homicides with the product, using the time series quarterly data over the period 1999.1 to 2017.4. The study employed time series techniques such as unitary root, cointegration, impulse-response analysis, variance decomposition and Vector Error Correction (VEC) model. The Johansen cointegration test revealed that there is cointegration between the variables. Additionally, it is found that the product elasticity of labor is greater than that of capital, 0.81 and 0.18 respectively, and that an increase of 1% in the homicide rate decreases the product by 0.058 percent.

KEYWORDS: production function, homicide rate, employment, stock of capital, cointegration.

JEL CLASSIFICATION: C51, E23, O40, O47.

1. INTRODUCCIÓN

La complejidad de los fenómenos económicos, y su naturaleza de carácter social, generan un nivel de dificultad en la medición de los mismos, tal

dificultad es superior a la de las ciencias exactas, esto debido a que los economistas (la mayoría de las veces) no generan los datos con los que trabajan, por lo cual, tienen que confiar en las ins-

¹ Maestro y doctorante del Doctorado en Ciencias Económicas de la Universidad Autónoma Metropolitana [bdrd@azc.uam.mx]

tituciones que los generan y en el proceso generador detrás de ello, mientras que en las ciencias exactas (en la mayoría) es posible la experimentación y la replicación de los fenómenos de estudio. Por lo anterior, el estudio de los fenómenos económicos requiere de instituciones capaces de generar datos confiables sobre las variables necesarias para analizar los procesos productivos y así establecer lineamientos de política económica que aumenten la eficiencia de los mismos y que ayuden a mejorar el bienestar de la sociedad.

El crecimiento económico es habitualmente atribuido al aumento del stock de capital, al aumento del trabajo, a la innovación, la educación, entre otros factores. Pero si bien es cierto que el crecimiento económico es afectado positivamente por los factores anteriormente mencionados, creando un círculo virtuoso en la economía y un incremento en el Producto Interno Bruto (PIB), también existen factores que repercuten negativamente en el crecimiento, tales como los movimientos sociales, los gobiernos autoritarios, guerras, delitos de alto impacto, corrupción y el crimen organizado, dichos factores ocasionan un círculo vicioso y la descomposición del tejido social, afectando la producción, inversión y deteriorando el capital humano o disminuyéndolo como consecuencia de las muertes ocasionadas por las guerras o el crimen.

En el caso de México el pobre crecimiento del PIB durante los últimos años podría ser explicado, en parte, por el aumento del crimen, ya que este impone costos importantes a la actividad económica y al crecimiento en el sentido de que amenaza la vida y la riqueza de las personas, ocasiona la focalización de recursos públicos y privados en el aumento de la seguridad, la pérdida de vi-

das y la suspensión o traslado de actividades productivas a lugares “más” seguros, por ejemplo, la empresa Lala suspendió en mayo de 2018 sus actividades en ciudad Mante, Tamaulipas, y Coca cola en marzo del mismo año cerró sus instalaciones en la ciudad Altamirano, Guerrero.

Los trabajos referentes a funciones de producción neoclásicas en México son limitados, esto debido a que es necesario estimar el stock de capital, y los trabajos que analizan funciones de producción ampliadas por delincuencia también son escasos y su análisis no está actualizado, por lo cual, en el presente trabajo se estima un modelo econométrico de Vector de Corrección de Error (VEC, por sus siglas en inglés) con el objetivo de estudiar los efectos del crimen sobre el producto, así como la contribución del stock de capital y el trabajo al mismo, la base teórica es el modelo de crecimiento de Solow (1956) y Barro (1991). Lo anterior se estima para el caso de la economía mexicana durante el periodo de 1999.1 a 2017.4².

La relevancia del trabajo radica en ampliar la literatura sobre funciones de producción para intentar explicar el impacto del crimen sobre el producto y poder servir de guía para la elaboración de futuras investigaciones y así abonar a la explicación del lento crecimiento de la economía mexicana. Adicionalmente, otro elemento a destacar de la investigación es la metodología empleada, ya que la aplicación de los modelos VEC es poco utilizada en el análisis de la relación producto-crimen, ya que la mayoría de los trabajos utilizan modelos de sección cruzada o modelos de datos en panel, lo cual ocasiona, en la mayoría de los casos, resultados espurios como consecuencia de la falta de pruebas de raíz unitaria y test de cointegración³. Por lo anterior, la

² Existen series sobre los datos representativos del crimen desde 1997, pero después de realizar varias pruebas y estimaciones se decidió recortar el periodo de estimación a 1999.1-2017.4 en virtud de que al incluir datos anteriores existían problemas en los signos de los parámetros estimados. Lo anterior posiblemente como consecuencia de que las primeras observaciones representativas del crimen son atípicas.

³ Esto debido a que en la mayoría de los trabajos solo se reporta la significancia de las variables y el impacto sobre el producto y no se realizan pruebas de raíz unitaria ni modelos de panel cointegrado.

metodología VEC muestra mejores resultados para el análisis del crecimiento y la relación con el crimen, por ejemplo, para el caso de Namibia Kathena y Sheefenil (2017) utilizan dicha técnica y demuestran que existe una relación bicausal entre el producto y el crimen.

Adicionalmente, otros objetivos de la presente investigación son conocer el tipo de rendimientos que muestra la producción de la economía mexicana, así como sus elasticidades, teniendo como hipótesis que el crimen afecta negativamente el producto y que el stock de capital tiene una mayor contribución a la producción que el trabajo.

Los resultados encontrados demuestran que el crimen tiene un impacto negativo en el producto y que conforme aumente la tasa de homicidios el producto disminuirá, específicamente, un incremento de 1% la tasa de homicidios disminuye el producto en 0.058%, resultados que coinciden con los encontrados por Barro (1991) para un conjunto de 98 países, y con Feliz (2012) para México durante el periodo de 2003 a 2010.

Además de la introducción, el trabajo se encuentra estructurado de la siguiente manera; en el siguiente apartado se consideran los aspectos teóricos del modelo y se hace una revisión de la literatura para México, posteriormente se analizan los hechos estilizados de las variables empleadas y se hacen las

consideraciones econométricas, finalmente, se destacan las principales conclusiones.

2. ASPECTOS TEÓRICOS

A. El modelo de crecimiento

El modelo de producción, basado en el enfoque neoclásico, está fundamentado en la teoría del crecimiento exógeno, en particular en los trabajos pioneros desarrollados por Solow en 1956 y 1957, los cuales dieron origen a una larga tradición del estudio del crecimiento económico. Particularmente, en el trabajo de 1957 *Technical Change and the Aggregate Production Function* Solow estimó una función de producción para la economía de los Estados Unidos durante el periodo de 1909 a 1949 en la que plantea que la intensidad del capital y del trabajo son los motores del crecimiento económico.

El modelo de producción neoclásico de Solow (1956) deduce el estado estacionario que las economías deberían de alcanzar, para ello toma como base una función de producción que describe como se relacionan la maquinaria y equipo y el capital humano, con el fin de simplificar el análisis se agrupan estos dos insumos en dos categorías, las cuales están representadas por el capital (K) y el trabajo (L), la producción se representa con la letra Y , la función de producción tiene la forma siguiente, donde se supone implícita la tecnología la cual se representa por la letra A y se considera es constante:

$$Y = F(A(K L)) = A(K^\alpha L^{1-\alpha}), \quad 0 < \alpha < 1 \quad [1]$$

La función anteriormente descrita es una función del tipo Cobb-Douglas y se considera homogénea de grado uno (tiene rendimientos constantes a escala). Expresando la función anteriormente descrita en su forma paramétrica tenemos:

$$Y_t = AX_{1t}^{\beta_1} X_{2t}^{\beta_2} e^{\varepsilon_t} \quad [2]$$

En la ecuación [2] Y_t representa el PIB, X_1 es el insumo trabajo, X_2 es el insumo capital, e es la base del logaritmo natural y ε_t representa el término de error. La función anterior no es lineal pero se puede linealizar, esto se realiza aplicando logaritmo a ambos lados de la ecuación, de lo cual se obtiene lo siguiente:

$$\ln Y_t = \ln A + \beta_1 \ln X_{1t} + \beta_2 \ln X_{2t} + \varepsilon_t \quad [3]$$

Ahora, si suponemos $\beta_0 = \ln A$ se tiene:

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{1t} + \beta_2 \ln X_{2t} + \varepsilon_t \quad [4]$$

En la ecuación [4] se puede observar fácilmente que al estimar un modelo como el señalado se pueden obtener las elasticidades del trabajo y del stock de capital, las cuales, como se comentó anteriormente, son de interés para los fines de la presente investigación.

Cabe destacar que posteriormente al desarrollo del modelo de crecimiento de Solow (1956) la teoría económica se vio nutrida de una serie de modelos que intentaban explicar el crecimiento económico y la posible convergencia del crecimiento entre distintos países de un modo más preciso mediante la introducción de un mayor número de variables, por ejemplo, la educación, el capital humano, la innovación, entre otras.

En el caso del capital humano se consideraba, y se considera, tal como lo apuntan Nelson y Phelps (1966), que el aumento de los años de escolaridad, las habilidades y las capacidades de los individuos incrementan el producto, esto derivado de que la mayor capacidad de los trabajadores permitirá absorber fácilmente nuevos conocimientos que han sido descubiertos en el exterior y así implementarlos en sus procesos productivos, lo cual ocasionará un rápido crecimiento.

Así como el capital humano puede ser afectado positivamente por la escolaridad dicho factor también puede verse afectado o disminuido por decisión propia, ya que siguiendo a Becker (1968), se puede establecer que participar en el crimen, o no, es una decisión racional del individuo, la cual puede ser analizada desde el punto de vista de la teoría de la utilidad haciendo un balance de los costos y beneficios de violentar la ley, y como el capital humano puede incidir benéficamente en el producto cuando este es estimulado positivamente también puede incidir negativamente en el mismo cuando el capital humano se deteriora, ya sea de manera individual o colectiva.

Lo anterior fue probado econométricamente por Barro (1991) al analizar el crecimiento económico de un conjunto de 98 países mediante un modelo de sección cruzada. En dicho modelo se incluyen diversas variables para explicar el crecimiento del producto, por ejemplo, escolaridad, consumo del sector público, entre otras, pero es de vital interés, para la presente investigación, el análisis que Barro presenta sobre dos variables de inestabilidad política, a saber, el número de revoluciones y golpes de estado (REVCROUP) y el número de asesinatos por cada 1000 habitantes (ASSASS). Los resultados presentados por el autor muestran que un aumento en REVCROUP disminuye el crecimiento y que un aumento del 10% en la tasa de asesinatos reduce la tasa de crecimiento entre 0.03% y 0.05%, mostrando así que dichas variables tienen una correlación negativa con el crecimiento económico. Cabe destacar que la proporción encontrada en el presente trabajo es mayor, es decir, ante un incremento de 10% en la tasa de homicidios el producto disminuye en 0.58%.

La propuesta de incluir variables negativas en el producto, introducida por Barro, puede ser compatibilizada con el modelo de crecimiento neoclásico de Solow⁴, así, realizando las transformaciones pertinentes, la ecuación [1] puede ser transformada en:

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{1t} + \beta_2 \ln X_{2t} - \beta_3 \ln X_{3t} + \varepsilon_t \quad [5]$$

En [5] X_3 es la variable que se considere como crimen. Adicionalmente, es evidente que a medida que se incremente el stock de capital, el trabajo o disminuya el crimen el producto aumentará y que ante aumentos del crimen, disminución del stock de capital o del trabajo el producto disminuirá.

⁴ Esto se puede realizar para modelos de crecimiento endógeno o exógeno, según sea el interés de la investigación, una magistral exposición al respecto se puede encontrar en Hofstetter (1998).

B. Revisión de la literatura

En el caso de México los trabajos que estiman una función de producción son escasos, esto debido a la poca confiabilidad y disponibilidad de series oficiales del stock de capital⁵. A continuación se realiza una revisión de los principales trabajos sobre funciones de producción para México.

En uno de los primeros trabajos que realizan un análisis de oferta para la economía mexicana Shiau *et al.* (2002) analizan el periodo que va de 1982 a 1999 con la finalidad de establecer si es posible que el gobierno cumpla su objetivo de crecimiento de 7% anual durante el periodo de 2000-2006. Los resultados reportados por los autores muestran que es imposible alcanzar tal objetivo, que las elasticidades del capital y el trabajo son de 0.66 y 0.36, respectivamente, mostrando así que la economía mexicana es intensiva en capital y tiene rendimientos crecientes a escala.

Loría (2009) estima, mediante cointegración, una función de producción neoclásica tradicional y otra que considera el efecto del tipo de cambio real para el periodo de 1980.1 a 2008.4, para la economía mexicana y chilena. Los resultados reportados por el autor, para el caso de México, muestran que la elasticidad producto del trabajo es mayor del doble que la del capital (0.66 y 0.28) y que la producción trimestral es intensiva en mano de obra, lo que sugiere que la utilización del capital es ineficiente, y que el tipo de cambio real es una variable clave para entender el crecimiento de la economía mexicana. Un elemento importante del trabajo de Loría (2009) es que obtiene elasticidades contrarias para las elasticidades del trabajo y del capital, esto respecto a las reportadas en el trabajo de Shiau *et al.* (2002). Adicionalmente, Loría (2009) considera que los rendimientos de la función de producción estimada pueden ser considerados constantes a escala.

Acevedo (2009) utiliza el filtro de Kalman y una función de producción Cobb-Douglas para estudiar el PIB potencial de México y la Nairu, durante el periodo 1980.1-2007.3, adicionalmente supone tres distintos niveles de productividad total de los factores, el autor encuentra que la elasticidad producto del trabajo es menor que la del capital, a saber 0.3 y 0.7, respectivamente.

En cuanto a trabajos que analizan el impacto del crimen en el producto a nivel regional se encuentran los trabajos de Feliz (2012), González (2014) y Enamorado *et al.* (2014) mientras que las investigaciones que analizan el impacto del crimen de manera conjunta en el producto de la economía mexicana son aún más limitadas, siendo el trabajo de Quiroz *et al.* (2015) el único en estudiar dicho tema.

Feliz (2012) estima un modelo de corte transversal con MCO, Variables Instrumentales (VI) y Método de Momentos Generalizados (GMM, por sus siglas en inglés) durante el periodo de 2003 a 2010 para analizar el impacto de la tasa de homicidios en el producto per cápita a nivel estatal, los resultados reportados por el autor muestran que el aumento en la tasa de homicidios explica una disminución en la tasa de crecimiento per cápita de 21% y que un incremento del 10% en la tasa de homicidios ocasiona una disminución del PIB per cápita de 0.13% en el corto plazo y una disminución de 3.6% en el largo plazo.

En el trabajo de González (2014) se analiza la relación inversa entre el crimen y el crecimiento económico, para ello el autor utiliza el producto real bruto per cápita estatal, la incidencia de delitos del fuero común, el fuero federal y delitos de alto impacto en tasas por cada cien mil habitantes. Los resultados reportados, mediante un modelo de datos en panel de efectos fijos, mues-

tran que durante el periodo de 2003 a 2010 la relación existente entre el crecimiento económico y las variables representativas del crimen es pequeña y negativa.

En un estudio que analiza la convergencia beta, durante el periodo de 2005 a 2010, del impacto del crimen relacionado con drogas sobre el ingreso de los municipios de México Enamorado *et al.* (2014) encuentran evidencia de que el crimen por drogas afecta negativamente el crecimiento de los ingresos de los municipios en nuestro país.

En cuanto al análisis de la incidencia del crimen, sobre el producto total de la economía mexicana, el trabajo de Quiroz *et al.* (2015) estudia, mediante la prueba de cointegración, la relación existente entre el Índice Global de la Actividad Económica (IGAE), los homicidios, los secuestros y los robos⁶. Los resultados reportados por los autores, para el periodo de 1997.1 a 2011.2, establecen que existe una relación negativa entre las variables consideradas como crimen y el producto, es decir, a medida que se incrementan los homicidios, secuestros o robos el IGAE disminuye. Específicamente, en el caso de los homicidios la disminución en la actividad económica resultado de un aumento en un punto porcentual es de 0.013%, resultados inferiores a los encontrados en la presente investigación.

Las investigaciones que buscan estimar una función de producción para México son variadas, en metodología y periodo de estudio, y muestran resultados diferentes, por otro lado, los trabajos que analizan el impacto del crimen en el producto de manera general son escasos, o inexistentes, ya que la mayoría de los trabajos existentes se enfocan en un análisis estatal o municipal empleando métodos de modelos de sección cru-

zada o de datos en panel, pudiendo caer así en espuriedad al estimar dichos modelos debido a la falta de pruebas de raíz unitaria en las series. Por lo anterior, se pretende estimar un modelo VEC para intentar explicar el impacto que el crimen tiene sobre el producto de la economía mexicana, así como el impacto de los factores productivos en el crecimiento y conocer las elasticidades de los mismos.

3. HECHOS ESTILIZADOS

En México el crecimiento económico ha sido muy lento durante los últimos 40 años y muchos son los debates sobre las causas de ello, por ejemplo Ros (2005) considera que la manera en la cual América Latina (incluido México) se insertó en las Cadenas Globales de Valor (CGV) limitó su crecimiento y los mantuvo al margen de los procesos productivos de alto contenido tecnológico, adicionalmente se ha vinculado el limitado crecimiento de la economía mexicana a la volatilidad del tipo de cambio, la corrupción, la delincuencia y, en la primera década del siglo XXI, al impacto de la crisis económica mundial de 2008. En cuanto a los trabajos que consideran que el lento crecimiento de la economía mexicana puede ser consecuencia del crimen se encuentran los trabajos de Feliz (2012) y González (2014).

El limitado crecimiento de la economía mexicana puede ser verificado en la baja tasa de crecimiento anual del producto, la cual es en promedio 2.3% desde el año 1999 hasta 2017.4 y de 2.2% de manera trimestral para el mismo periodo. La Gráfica 1 muestra la tasa de crecimiento del producto⁷ de manera trimestral, la cual tiene severas caídas durante la crisis punto com de 2001 y en la crisis de 2008, esta última afectando en gran medida la actividad comercial y productiva por el lado de la demanda como conse-

⁵ Como ya se mencionó, los trabajos que estiman funciones de producción son limitados, esto debido a la falta de datos confiables del stock de capital, por lo cual algunos autores establecen *a priori* las elasticidades del capital y del trabajo, por ejemplo, Blázquez y Santiso (2004) consideran la elasticidad del capital como 1/3 y la del trabajo 2/3, lo cual es metodológicamente incorrecto y puede derivar en resultados erróneos o confusos.

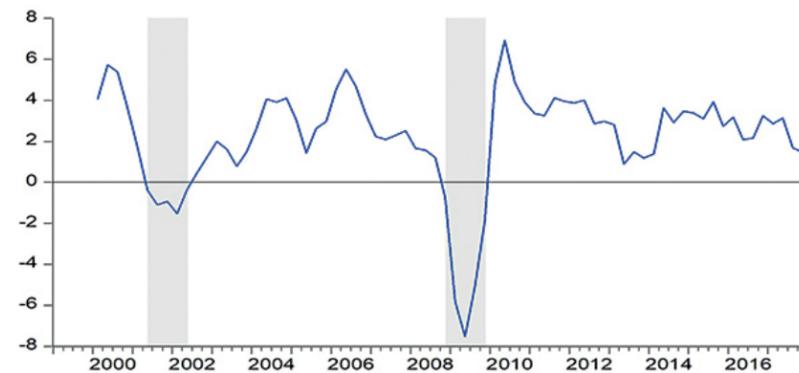
⁶ Las variables utilizadas como medida del crimen, en el trabajo mencionado, es el número de casos y no tasas por cada 10000 o 100000 habitantes, lo que podría subestimar o sobrestimar el impacto de las mismas en la dinámica de la actividad económica.

⁷ Todas las variables utilizadas en el presente trabajo están desestacionalizadas y las variables monetarias se expresan en pesos constantes de 2013.

cuencia de la gran vinculación comercial con Estados Unidos, país en el que inició la crisis y que posteriormente se expandió a Europa y al resto del mundo.

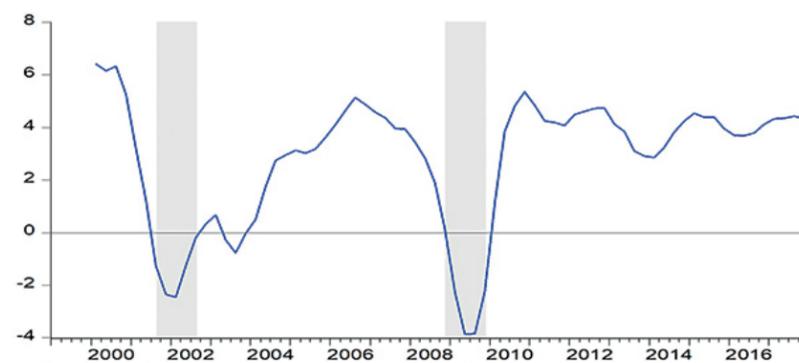
La caída del producto durante las dos crisis mencionadas incidió negativamente en el crecimiento del empleo⁸. La Gráfica 2 mues-

GRÁFICA 1: TASA DE CRECIMIENTO DEL PRODUCTO 1999.1-2017.4



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI.

GRÁFICA 2: TASA DE CRECIMIENTO DEL EMPLEO 1999.1-2017.4



Fuente: elaboración propia con datos del IMSS.

tra dicho fenómeno, en la cual se observa una disminución de la tasa de crecimiento trimestral del empleo durante las dos crisis mencionadas y también se observa un repunte en los últimos años durante el sexenio del presidente Peña Nieto, aunque dicho incremento fue volátil. Un dato interesante es que la caída del producto durante la crisis del 2001 inició en el segundo trimestre de dicho año, mientras que la caída en el empleo fue posterior a ello, es decir el tercer trimestre del 2001, mientras que la caída en el producto y en el empleo durante la crisis del 2008 fue simultánea iniciando el cuarto trimestre del 2008, esto se puede deber al hecho de que la crisis financiera de 2008 rápidamente se trasladó al sector real de la economía, afectando y destruyendo puestos laborales no sólo en el sector financiero sino que disminuyó la demanda de mano de obra del sector real de la economía.

La disminución en la tasa de crecimiento del empleo disminuyó la posibilidad de encontrar trabajo, ya sea un trabajo de medio tiempo o de tiempo completo, aumentando así el desempleo y ocasionando un incremento en la incidencia de delitos de alto impacto, tales como homicidio doloso⁹, secuestro y robo con

⁸ El empleo corresponde al número de personas aseguradas del IMSS, y aunque de acuerdo con Loría (2009) esto puede sobre valorar las cifras y en consecuencia los resultados econométricos es la mejor aproximación que existe para el indicador del empleo en México.

⁹ La tasa de homicidios dolosos por cada 100000 habitantes es la que se utiliza como medida representativa del crimen. Dicha tasa es calculada como: $\left(\frac{\text{número de eventos}}{\text{población}}\right) * 100000$.

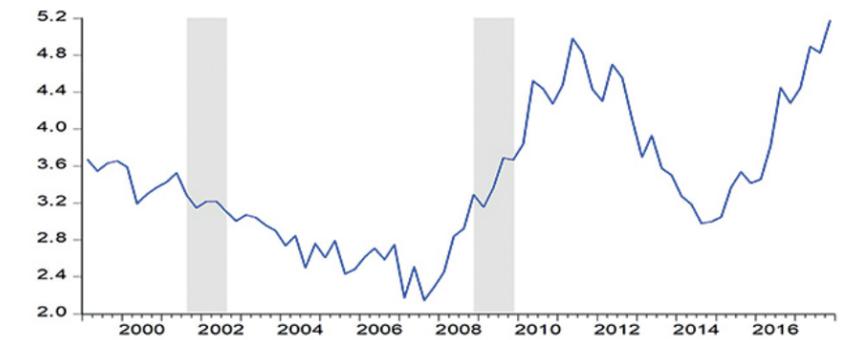
violencia. En el caso de la tasa de homicidios dolosos por cada 100000 habitantes se observa, en la Gráfica 3, que en el periodo de la crisis de 2008, en el cual disminuyó la tasa de crecimiento del producto y del empleo, dicha variable estaba en un proceso de expansión que inició el tercer trimestre de 2007 y que concluyó el segundo trimestre de 2011. Cabe destacar que durante dicho periodo el gobierno del presidente Felipe Calderón (2006-2012) seguía una estrategia abierta de “guerra contra el narcotráfico”, estrategia que no funcionó y disparó los índices delictivos y la tasa del homicidio doloso, convirtiéndose así 2011 en uno de los años más violentos de nuestro país con una tasa de homicidio doloso de 4.8 por cada cien mil habitantes, tasa que se desaceleró durante el periodo de 2012 a 2014 y que fue superada en 2017 llegando a 5.4 homicidios dolosos por cada cien mil habitantes y que es el mayor nivel que ha experimentado México, lo preocupante de esto no es el alto nivel que registra la tasa de homicidios, sino la posibilidad de superarla durante 2018 ya que como consecuencia de la celebración de las elecciones federales y estatales se desató una ola de violencia en contra de diversos candidatos a puestos de elección popular.

Adicionalmente, pese a que el empleo ha crecido desde el primer trimestre del 2010 esto no es suficiente para disminuir la violencia en nuestro país ni para generar mejores condiciones de

vida en la población y mejores condiciones laborales ya que, según datos de la OCDE (2015), desde 2013 México es uno de los países en donde se trabajan más horas a la semana (más de 50 horas en promedio) a nivel mundial sin que esto se vea reflejado en un aumento en la productividad y en el salario, lo que introduce aún más estrés social a la situación de delincuencia y violencia que se experimenta en el país, ya que de acuerdo con la CIDH (2015), los factores socioeconómicos como la desigualdad, la exclusión social, el desempleo y los bajos salarios, entre otros, son algunos de los principales motores de la violencia en México.

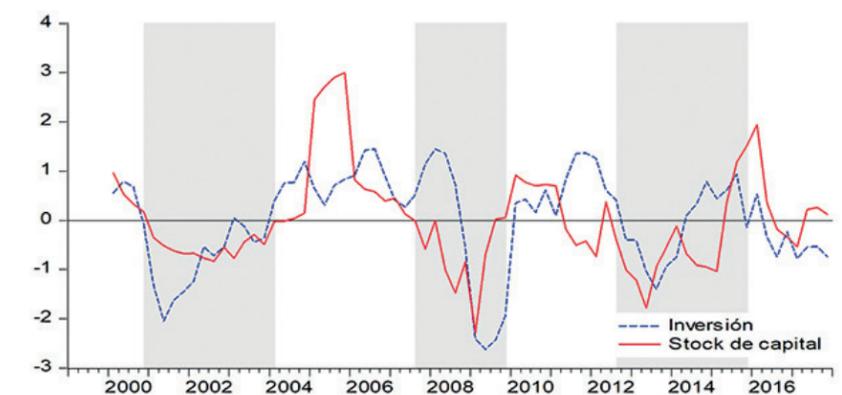
La Gráfica 4 muestra el crecimiento del stock de capital y de la inversión, en la cual se presentan tres subperiodos. En el primero

GRÁFICA 3: TASA DE HOMICIDIOS DOLOSOS POR CADA 100000 HABITANTES 1999.1-2017.4



Fuente: elaboración propia con datos del SESNSP.

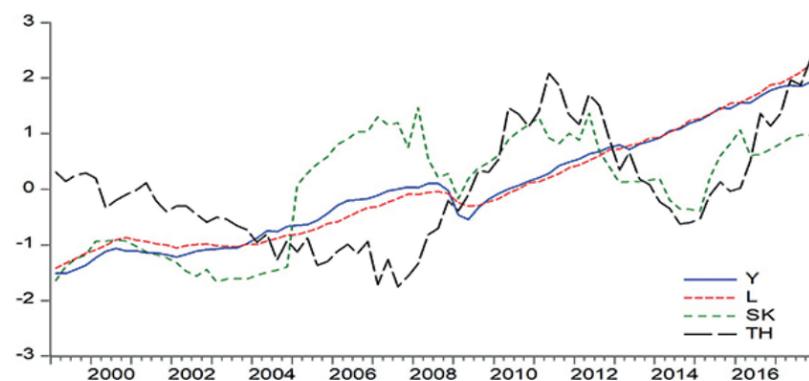
GRÁFICA 4: TASA DE CRECIMIENTO DEL STOCK DE CAPITAL E INVERSIÓN 1999.1-2017.4



Fuente: elaboración propia a partir de la metodología de Loría y de Jesús (2007).

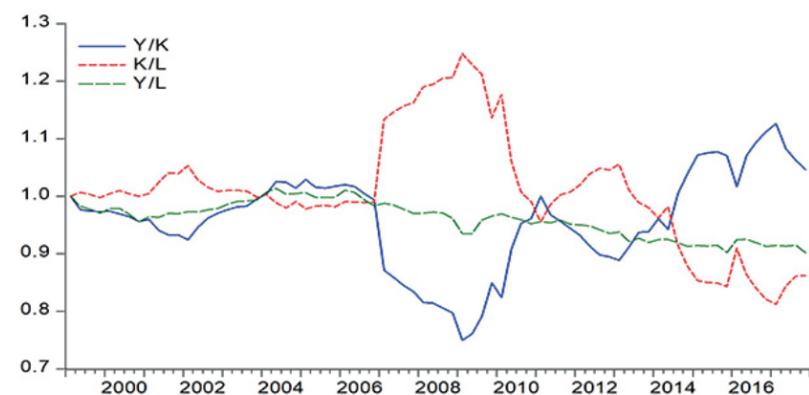
(2000.4-2004.1) se observa, como consecuencia de la crisis de 2001, una caída tanto de la inversión como del stock de capital, lo que muestra que dichas variables siguen la misma dinámica, esto debido a la dependencia del stock de capital del volumen de inversión. El segundo subperíodo (2007.3-2009.4) representa la crisis de 2008, periodo en donde la tasa de crecimiento del producto disminuyó, así como la inversión, esto derivado de una contracción económica mundial. Finalmente, el tercer subperíodo (2012.3-2015.2) muestra una notable caída del stock de capital a partir de 2012.3, esto pese a una menor caída de la inversión y a un crecimiento sostenido del producto desde ese periodo hasta la actualidad.

GRÁFICA 5: PIB, EMPLEO, STOCK DE CAPITAL Y TASA DE HOMICIDIOS: 1999.1-2017.4 (VARIABLES NORMALIZADAS)



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI, IMSS y SESNSP.

GRÁFICA 6: RELACIONES TÉCNICAS: 1999.1-2017.4



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI e IMSS.

La evidencia encontrada muestra que el producto, el stock de capital y el empleo siguen la misma tendencia, pero con la finalidad de mostrar la veracidad de dicha afirmación se presenta la Gráfica 5, en la que se muestra que dichas variables siguen la misma tendencia siendo el comportamiento del producto (Y) y el empleo (L) más estables en comparación con el stock de capital (SK), esto debido a las variaciones en la tasa de depreciación e inversión, las cuales tuvieron una gran volatilidad durante 2008 y 2009. En la gráfica también se muestra la relación inversa existente entre la tasa de homicidios (TH) y el producto durante el periodo de 1999.1 hasta 2009.1 y una tendencia semejante de 2009.2 hasta 2012.4, esto derivado, como se comentó anteriormente, del aumento de la violencia experimentado en el país durante el gobierno del presidente Felipe Calderón.

La Gráfica 6 muestra las relaciones técnicas entre las variables analizadas, en ella se observa que estas tienen trayectorias que no son acordes con el crecimiento económico de los países, ya que la relación producto capital debe ser estable y la relación capital trabajo debe ser creciente (Loría, 2009). Adicionalmente, se observa que la producción trimestral es intensiva en trabajo, lo que hace que la productividad media (Y/L) sea muy baja y decreciente, dichos resultados son acordes con los

reportados por Loría (2009) para la economía mexicana durante el periodo de 1980.1 a 2008.4.

El Cuadro 1 permite corroborar la relación positiva entre el stock de capital y el empleo con el producto, tal como lo establece la teoría económica neoclásica y el modelo de crecimiento de Solow. Cabe destacar que dichas relaciones son positivas, siendo la relación del trabajo mayor que la del capital. Lo anterior contradice nuestra hipótesis en el sentido de que en México la producción no es intensiva en capital si no en mano de obra.

La mayor correlación existente, durante el periodo de estudio, es entre el trabajo y el producto, lo cual es un elemento que sugiere que dicho factor productivo contribuye en mayor medida a explicar la producción y que es dicho factor el encargado de dinamizar y comandar la actividad económica de México y no el stock de capital, lo que coincide con los resultados encontrados por Loría (2009).

En lo que respecta a la correlación de la TH y el PIB se encuentra que existen cuatro periodos, de 1999.1 a 2009.2 se observa una correlación negativa y significativa, de 2009.3 a 2012.3 se encuentra que la correlación existente es positiva, durante 2012.4 a 2015.2

la correlación es negativa y significativa y finalmente, durante 2015.3 a 2017.4 la correlación vuelve a ser positiva.

Cabe destacar que los periodos en los cuales se encontró una correlación positiva son periodos donde el crimen aumentó como consecuencia de una estrategia de confrontación directa de la delincuencia y el narcotráfico por parte de las autoridades mexicanas, derivando así en un aumento generalizado de la violencia, de las muertes y en un incremento de los indicadores de criminalidad. El Cuadro 2 indica los periodos de una alta correlación entre el producto y la tasa de homicidios dolosos por cada cien mil habitantes.

CUADRO 1: CORRELACIÓN ENTRE EL STOCK DE CAPITAL Y EL PRODUCTO Y CORRELACIÓN ENTRE EL EMPLEO Y EL PRODUCTO

Correlación	L	Y
L	1.000	

Y	0.989	1.000
	0.000	-----

Correlación	SK	Y
SK	1.000	

Y	0.675	1.000
	0.000	-----

Fuente: elaboración propia.

CUADRO 2: CORRELACIÓN ENTRE LA TASA DE HOMICIDIOS DOLOSOS Y EL PRODUCTO

1999.1-2009.2

Correlación	TH	Y
TH	1.000	

Y	-0.752	1.000
	0.000	-----

2012.4-2015.2

Correlación	TH	Y
TH	1.000	

Y	-0.594	1.000
	0.041	-----

Fuente: elaboración propia.

4. ASPECTOS ECONOMETRICOS

La inspección visual de las gráficas del desempeño de las variables utilizadas, para probar la hipótesis de la investigación, sugiere que las mismas no tienen media ni varianza constante, por lo cual, no tienen un comportamiento estacionario en niveles. Por lo anterior, y con la finalidad de establecer el orden de integración de las series, se realizan las pruebas pertinentes, a saber, las pruebas de raíz unitaria: Augmented Dickey Fuller (ADF), Phillips-Perron (PP), Kwiatkowski, Phillips, Schmidt y Shin (KPSS). Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 3.

Los resultados obtenidos por las pruebas de raíz unitaria (ADF, PP y KPSS) muestran que las series

CUADRO 3: PRUEBAS DE RAÍCES UNITARIAS

Variable	Augmented Dickey Fuller			Philips-Perron			KPSS	
	Nada	Constante	Constante y tendencia	Nada	Constante	Constante y tendencia	Constante	Constante y tendencia
y	2.72*	-0.25	-3.05	3.79*	-0.08	-1.87	1.16*	0.10
Δy	-4.68*	-5.59*	-5.77*	-4.60*	-5.25*	-5.19*	0.05	0.03
l	3.06*	1.90	-1.21	4.71*	0.91	-1.11	1.16*	0.21
Δl	-1.33	-3.32*	-4.06*	-3.87*	-5.10*	-5.07*	0.19	0.05
sk	1.17	-1.84	-1.89	1.06	-1.93	-2.14	0.74*	0.17*
Δsk	-8.33*	-8.39*	-8.36*	-8.37*	-8.43*	-8.40*	0.10	0.05
th	0.39	-0.86	-1.66	0.39	-0.68	-1.66	0.42*	0.13
Δth	-10.10*	-10.08*	-10.32*	-9.99*	-9.97*	-10.22*	0.25	0.08

Fuente: elaboración propia.

Nota: las variables con minúscula representan logaritmo, los valores marcados con * implican rechazo de la hipótesis nula a un 95% de confianza. En las pruebas Augmented Dickey Fuller y Philips-Perron se reportan los valores t, mientras que en la prueba KPSS se reporta el estadístico LM.

estudiadas, en niveles, presentan raíz unitaria, y por lo tanto, no siguen un proceso estacionario, de allí que no sea correcto metodológicamente aplicar MCO ya que de aplicar dicha técnica econométrica los resultados, las inferencias sobre los datos y los pronósticos correrían peligro de ser espurios obteniendo de esa manera resultados erróneos, lo cual conduciría a recomendaciones de políticas públicas ineficientes.

Adicionalmente, se observa, mediante las pruebas, que todas las series de tiempo estudiadas en la presente investigación son integradas de orden uno, I(1), o no estacionarias, es decir necesitan ser diferenciadas una vez para tener media y varianza constantes.

En virtud del orden de integración de las series, de la revisión de la literatura y del análisis de las series de tiempo, establecido anteriormente, se

considera apropiado utilizar la metodología sugerida por Johansen (1988) ya que dicha técnica permite establecer si como resultado de la combinación lineal de series I(1) se obtiene una serie estacionaria I(0) que sea estable en el largo plazo. Por lo anterior, se plantea el siguiente sistema de información:

$$S_t = \{y_t, sk_t, l_t, th\} \quad [6]$$

En la ecuación [6] y_t es el PIB, sk_t representa el stock de capital, l_t es el empleo y th es la tasa de homicidios por cada 100000 habitantes. Las series de las cuatro variables, contenidas en el conjunto de información S_t , se expresan en logaritmos y por lo tanto, se utiliza notación en minúscula, adicionalmente el modelo utiliza dos variables *dummy* de correcta especificación (d_{1t} y d_{2t})¹⁰, esto con la finalidad de capturar los efectos de las crisis de 2001 y de 2008.

¹⁰ d_{1t} : 2004.2= 1, 2008.4= -1, 2009.1=-1, 2009.3=1, 2013.2=-1; d_{2t} : 2005.1=1, 2008.1=1, 2008.2=-1, 2009.2=1, 2011.2=-1, 2012.3=-1, 2015.2=1.

El conjunto de información establecido en [6] muestra, mediante la prueba de la traza y del máximo eigenvalor, que existe, entre las variables utilizadas, un vector de cointegración sin constante y con un rezago. Lo anterior muestra que las variables se mueven de manera conjunta, por lo cual la relación existente entre las cuatro variables puede representarse mediante un VEC en la forma reducida como se muestra a continuación:

$$\Delta S_t = \pi S_{t-1} + \Gamma_i \Delta S_{t-i} + \sum_{i=1}^2 \phi d_i + \varepsilon_t \quad [7]$$

En la ecuación [7] $\pi = \alpha\beta$, d_i son las variables *dummy* de ajuste y ε_t es el término de error.

4.1. Análisis y discusión de resultados

Con la finalidad de mostrar la correcta especificación del modelo propuesto se presentan a continuación los resultados obtenidos de la estimación de la ecuación [8], la cual está normalizada sobre el producto:

$$y_t = 0.814l_t + 0.184sk_t - 0.058th + \varepsilon_t \quad [7.1]$$

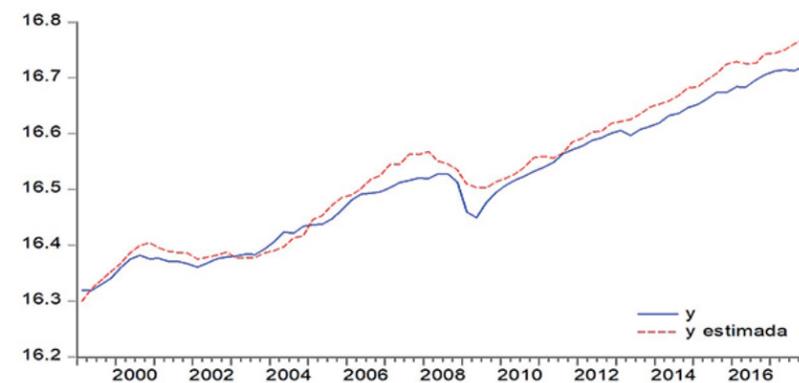
(t) (-22.13) (-5.31) (2.90)

$$MCE: \alpha = -0.101, t = -2.845$$

1 vector de cointegración; Traza = 11.13(0.77); Máx Eigen = 9.88(0.49); RC = 0.97; LM(2) = 15.25(0.50); Urzúa = 58.66(0.34); White(n.c.) = 164.75(0.07)

Los resultados obtenidos en la ecuación [7.1] muestran que el modelo estimado cumple con las condiciones de estabilidad dinámica y de correcta especificación, la máxima raíz característica

GRÁFICA 7: BONDAD DE AJUSTE DE LA ECUACIÓN DE COINTEGRACIÓN 1999.1-2017.4



Fuente: elaboración propia.

(RC) muestra que la serie obtenida del modelo no es explosiva, en cuanto a la prueba de autocorrelación los resultados del estadístico LM permiten establecer que el modelo no tiene problemas de autocorrelación, mientras que los resultados del estadístico de Urzúa muestra que los residuos del modelo están normalmente distribuidos, finalmente la prueba de White con términos no cruzados muestra que los residuos son homoscedásticos, es decir que tienen la misma varianza. Lo anterior muestra que el modelo es robusto.

Adicionalmente, los resultados reportados por el Mecanismo de Corrección de Error (MCE) están en el intervalo correcto, esto es $0 < |\alpha| < 1$, así como el valor del estadístico t. Aunque el MCE cumple con la condición antes mencionada y corrige así las desviaciones en la relación de largo plazo su bajo valor implica que existe un ajuste lento para recuperar el nivel de equilibrio.

Por lo anterior, y de acuerdo con el teorema de representación de Granger, el MCE encontrado permite corregir las desviaciones en la ecuación de equilibrio de largo plazo, por lo cual, el modelo es una buena aproximación al Proceso Generador de la Información (PGI), para comprobar la veracidad de dicha afirmación, y siguiendo a Loría (2007), se grafica la ecuación estimada por el modelo en contra de la variable observada. Los resultados se muestran en la Gráfica 7, en la cual se observa que la estimación logra un buen ajuste al PGI.

Por otro lado, se puede considerar que los resultados obtenidos muestran rendimientos constantes a escala y que la magnitud de las elasticidades coincide con Loría (2009). Adicionalmente, se observa que por cada punto porcentual que se incremente el empleo el producto crecerá 0.81%, mientras que por cada punto porcentual que aumente el stock de capital el producto crecerá en 0.18%, lo cual contradice nuestra hipótesis en el sentido de que la producción en México no es intensiva en capital sino en mano de obra. En el caso del efecto de un incremento en la tasa de homicidios el resultado es acorde al de la teoría, es decir, ante un incremento en un punto porcentual en la tasa de homicidios por cada cien mil habitantes el resultado será una disminución del producto de 0.058%, resultado superior al encontrado por Quiroz *et al.* (2015) para el periodo de 1997.1 a 2011.2. Lo anterior valida nuestra hipótesis, en el sentido de que el crimen incide negativamente en el producto.

4.2. Análisis impulso-respuesta y descomposición de varianza

Al analizar las funciones impulso respuesta, las cuales sirven para ver el impacto y las relaciones entre las variables, así como para visualizar el efecto de un choque aleatorio en una variable, se verifican los signos de los parámetros del VEC y se valida la hipótesis (ver Gráfica 8). Los principales hallazgos son:

- a) Es importante destacar el efecto de histéresis del producto ya que cuando dicha variable es chocada mantiene un efecto persistente y no regresa a su nivel inicial.
- b) El efecto de un incremento en el empleo ocasiona un incremento en el producto, tal como lo predice la teoría y el modelo estimado.
- c) Análogamente el efecto de un incremento en el stock de capital ocasiona un incremento en el producto, dicho incremento es menor que el ocasionado por el aumento en el empleo.
- d) En el caso de la tasa de homicidios se observa que un incremento de dicha variable ocasiona una disminución en el producto que se mantie-

ne durante todo el periodo, validando así nuestra hipótesis inicial.

e) Finalmente, el efecto que presenta la tasa de homicidios ante un incremento del producto es una disminución de la primera variable misma que tiene una tendencia decreciente y que se estabiliza en el sexto periodo, esto debido a un mejor entorno económico y al incremento del empleo, lo que genera mejores condiciones de vida y una disminución del crimen.

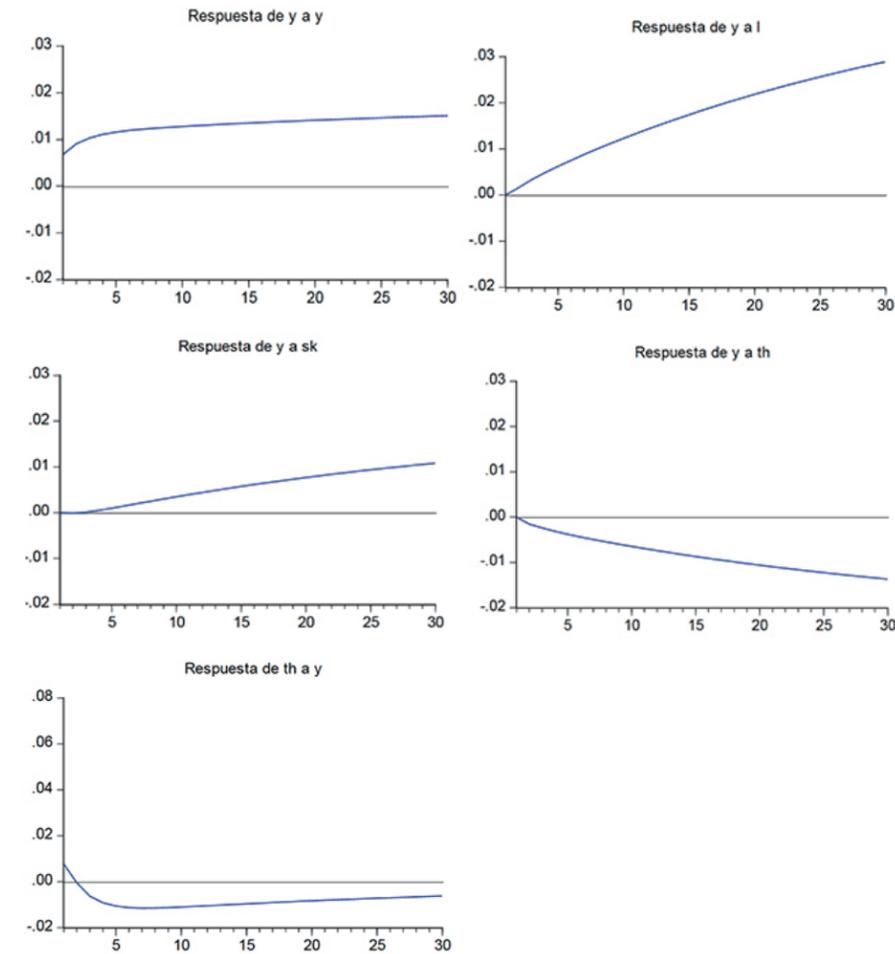
Finalmente, el análisis de descomposición de varianza se presenta el Cuadro 4. En el panel a) se observa que las variaciones en el empleo explican en mayor medida las variaciones del producto y que las variaciones de la tasa de homicidios explica, en el periodo número 30, en 12.82% las variaciones del producto, lo anterior implica que las variaciones de la tasa de homicidios podrían ser parte de una explicación estructural más compleja sobre los determinantes del lento crecimiento de la economía mexicana, misma que rebasa los límites de la presente investigación. Adicionalmente, se observa que las variaciones del stock de capital contribuyen en menor medida a explicar las variaciones del producto.

El panel b) muestra la variación del empleo, la cual es explicada en gran medida por ella misma, mientras que en el largo plazo las variaciones del producto y la tasa de homicidios ayudan a explicar un 12.45% y 10.31%, respectivamente.

En cuanto a las variaciones del stock de capital se observa, en el panel c), que las variaciones de dicha variable son explicadas, en gran medida, por ella misma, mientras las variaciones del producto incrementan su importancia en la explicación de las variaciones del stock de capital conforme se incrementan los periodos.

Finalmente, el panel d) muestra la variación de la tasa de homicidios, la cual es explicada, en gran medida, por ella misma, mientras que en el largo plazo las variaciones del empleo y el stock de capital ayudan a explicar casi un 50% de las variaciones de la tasa de homicidios.

GRÁFICA 8: ANÁLISIS IMPULSO-RESPUESTA (CHOLESKY) 1999.1-2017.4



Fuente: elaboración propia.

CUADRO 4: DESCOMPOSICIÓN DE VARIANZA 1999.1 2017.4

a) Descomposición de varianza de y

Periodo	y	l	sk	th
1	100.00	0.00	0.00	0.00
10	61.11	28.31	1.68	8.87
20	37.41	45.97	4.78	11.81
30	26.78	53.74	6.64	12.82

c) Descomposición de varianza de sk

Periodo	y	l	sk	th
1	12.61	0.47	86.91	0.00
10	43.96	1.31	52.36	2.36
20	47.44	1.68	48.87	1.99
30	48.35	1.92	47.88	1.82

b) Descomposición de varianza de l

Periodo	y	l	sk	th
1	23.45	76.54	0.00	0.00
10	25.79	64.89	2.22	7.08
20	16.54	69.25	4.86	9.34
30	12.45	70.82	6.40	10.31

d) Descomposición de varianza de th

Periodo	y	l	sk	th
1	1.14	0.97	2.18	95.68
10	2.39	1.73	14.25	81.61
20	2.27	10.15	22.03	65.52
30	1.74	20.87	26.85	50.51

Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se estimó una función de producción para la economía mexicana mediante el estudio de la relación del stock de capital, el trabajo y la tasa de homicidios con el producto, esto con datos trimestrales (1999.1-2017.4) a través de un modelo de MCE. Los resultados encontrados muestran que el modelo es una buena aproximación al PGI y también se encontró que la contribución de la intensidad del capital al producto es baja, mientras que la producción en México muestra ser intensiva en mano de obra, resultados que coinciden con los reportados por Loría (2009), y que siguiendo a dicho autor, es en alguna medida paradójico ya que en una economía intensiva en mano de obra (y poco calificada) la elasticidad del capital debería de ser mayor. Los resultados obtenidos muestran que nuestra hipótesis sobre la intensidad del capital en la producción es errónea, resultados que servirán de guía para futuras investigaciones. Adicionalmente, queda asentada en nuestra agenda de investigación el estudio de la relación de la tasa de homicidios con los costos que genera, esto en términos de la productividad total de los factores, sobre la actividad económica¹¹.

Adicionalmente, se encontró que la hipótesis del impacto del crimen sobre el producto se valida, es decir, conforme aumente la tasa de homicidios el producto disminuirá, específicamente, un incremento de 1% en la tasa de homicidios disminuye el producto en 0.058%, resultados que coinciden con los encontrados por Barro (1991) para un conjunto de 98 países, Aníbal (2012) y Feliz (2012) para México.

Finalmente, los resultados sugieren impulsar la capacitación de la mano de obra y políticas que ayuden a disminuir el crimen, ya que en México

la producción es intensiva en dicho factor productivo, y por lo tanto, aumentar las capacidades de la fuerza laboral aumentaría la productividad media y con ello el salario y el bienestar de la población. Adicionalmente, se considera importante mejorar la capacitación de las autoridades encargadas de impartir justicia en nuestro país, ya que esto aumentaría la eficiencia en el trabajo policial y así los delincuentes serían arrestados y condenados aumentando el costo de oportunidad de romper la ley.

BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E. (2009). PIB potencial y productividad total de los factores. Recesiones y expansiones en México. *Economía Mexicana*, 175-219.
- Almond, C. (1999). *The Craft of Economic Modeling*. Needham Heights: Ginn Press, 4ta edición.
- Azofeifa, A., & Villanueva, M. (1996). Estimación de una función de producción: caso de Costa Rica. *Banco Central de Costa Rica*, 1-101.
- Barro, R. (1991). Economic Growth in a Cross Section of Countries. *The Quarterly Journal of Economics*, 407-443.
- Becker, G. (1968). Crime and Punishment: An Economic Approach. *Journal of Political Economy*, 169-217.
- Blázquez, J., & Santiso, J. (2004). Mexico: Is it an Emerging Market? *Journal of Latin American Studies*, 297-318.
- Córdova, G. (2005). *Estimación del stock de capital para la economía ecuatoriana en dolarización*. FLACSO-Ecuador: Quito.
- Enamorado, T., López-Calva, L., & Rodríguez-Castelán, C. (2013). Crime and growth convergence: Evidence from Mexico. *Policy Research Working Paper*, 1-12.
- Feliz, R. (2012). Crimen y crecimiento económico en México. Los estados federales en el periodo 2003-2010. En J. Aguilar, *Las bases sociales del crimen organizado y la violencia en México* (pág. 389). México: CIES.

- González, S. (2014). Criminalidad y crecimiento económico regional en México. *Frontera Norte*, 75-111.
- Hofstetter, G. (2017). La Violencia en los Modelos de Crecimiento Económico. *Revista de Economía de la Universidad del Rosario*, 67-77.
- Jaitman, L. (2017). *Los costos del crimen y de la violencia: nueva evidencia y hallazgos en América Latina y el Caribe*. Washington: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Johansen, S. (1988). Statical analysis of cointegration vector. *Journal of economic Dynamics and control*, 231-254.
- Kathena, I., & Sheefeni, J. (2017). The relationship between economic growth and crime rates in Namibia. *European Journal of Basic and Applied Sciences*, 51-62.
- Loría, E. (2007). *Econometría con aplicaciones*. México: Pearson.
- Loría, E. (2009). Sobre el lento crecimiento económico de México. Una explicación estructural. *Investigación económica*, 37-68.
- Loría, E., & de Jesús, L. (2007). Los acervos de capital en México. Una estimación, 1980.I-2004.IV. *El trimestre económico*, 475-485.

- Nelson, R., & Phelps, E. (1966). Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. *American Economic Review Proceedings*, 69-75.
- OCDE. (2015). *Estudios económicos de la OCDE MÉXICO*. México: OCDE.
- Quiroz, J., Castillo, R., Ocegueda, J., & Varela, R. (2015). Delincuencia y actividad económica en México. *NORTEAMÉRICA*, 187-209.
- Ros, J. (2005). El desempleo en America Latina desde 1990. *Serie Estudios y perspectivas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*.
- Shiau, A., Kilpatrick, J., & Matthews, M. (2002). Seven percent growth for Mexico? A quantitative assessment of Mexico's investment requirements. *Journal of Policy Modeling*, 781-798.
- Solow, R. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, 65-94.
- Solow, R. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 312-320.
- Suárez, F. (2010). Estimación de una función de producción agregada: Argentina 1975-2006. Aplicaciones al crecimiento económico. *Ensayos de Política Económica*.

¹¹ Para una agenda de investigación más amplia sobre el impacto del crimen sobre el crecimiento económico en Latinoamérica se recomienda ver el trabajo de Jaitman (2017).

