
Volatilidad y selección de inversión en
un modelo de crecimiento económico

*Volatility and Investment Selection in
an Economic Growth Model*

**Daniel Cerecedo
Hernández**

*Tecnológico de
Monterrey,
México*

**Selene Rocío
Gaxiola Laso**

*Universidad Anáhuac,
México*

Recibido: 4 de octubre de 2023.
Aprobado: 2 abril de 2024.

Resumen

La volatilidad macroeconómica puede afectar el crecimiento de largo plazo a través de sus efectos sobre el ahorro agregado e inversión. En este artículo se desarrolla un modelo de crecimiento económico en el cual las industrias, con base en la volatilidad macroeconómica y las restricciones de crédito del sector financiero, tienen la posibilidad de dividir su riqueza en inversión de corto plazo frente a una de largo plazo, la cual contribuye más al crecimiento de la productividad. El modelo se evalúa empíricamente para México mediante un modelo econométrico dinámico de ajuste parcial.

Palabras clave: volatilidad, inversión, crédito.

Clasificación JEL: C51, E21, E32, O47.

Abstract

Macroeconomic volatility can affect long-term growth through its effects on aggregate savings and investment. In this article, an economic growth model is developed in which industries, based on macroeconomic volatility and credit restrictions in the financial sector, are able to divide their wealth into short-term investment versus long-term investment, which contributes more to productivity growth. The model is empirically evaluated for Mexico using a dynamic partial-adjustment econometric model.

Keywords: Volatility, Investment, Credit.

JEL Classification: C51, E21, E32, O47.

1. Introducción

El efecto global de la volatilidad sobre el crecimiento económico es por lo general ambiguo, ya que es posible establecer una explicación sobre una relación negativa entre volatilidad y crecimiento económico mediante la definición de aversión al riesgo: mayor volatilidad significa más riesgo en la inversión, que tiende a desalentar la inversión y, por lo tanto, reducir la velocidad de crecimiento.

Por otro lado, el efecto anterior puede ser parcial o totalmente compensado debido a la precaución para el ahorro: una mayor volatilidad también significa más riesgo de ingreso, lo que tiende a elevar el ahorro precautorio y, con ello, reducir las tasas de interés, lo que a su vez estimula la inversión y aumenta el crecimiento económico.

La publicación de los modelos de crecimiento endógeno (Romer, 1986; Lucas, 1988; y Rebelo, 1990) facilitó el análisis entre la volatilidad y el crecimiento. Por ejemplo Jones, Manuelli y Stacchetti (2000), utilizando un modelo de crecimiento endógeno con función de producción AK, muestran que el efecto general de la volatilidad sobre la inversión y el crecimiento depende de la elasticidad de la tasa de sustitución intertemporal entre el consumo actual y futuro. Cuando esta tasa es mayor a uno, la relación entre la inversión y el crecimiento económico es negativa.

Por el contrario, los resultados en Angeletos (2003) sugieren que, en las economías donde el capital no agota todos los ingresos, el riesgo puede tener un impacto global negativo sobre la inversión, incluso cuando la elasticidad de sustitución intertemporal es sustancialmente por debajo de uno.

El modelo de crecimiento estocástico publicado por Acemoglu y Zilibotti (2001) plantea la idea de que cada nueva actividad implementada con el objetivo de incrementar los niveles de productividad implica un costo fijo y, por tanto, las economías menos desarrolladas solo pueden financiar un número limitado de actividades. Zak y Knack (2001) presentan un modelo de crecimiento económico de equilibrio general donde los inversionistas toman en cuenta la confianza en el entorno social, económico e institucional, mostrando que los ambientes de baja confianza reducen la tasa de inversión.

Bernanke y Gertler (1989), mediante un modelo neoclásico de ciclo económico, concluyen que los auge empresariales reducen los costos de agencia y aumenta la inversión en términos reales, lo que incrementa el auge del ciclo y viceversa en el caso de las recesiones. Siguiendo esta misma idea de ciclos económicos, Barlevy (2007)

explica el comportamiento de la inversión en investigación y desarrollo (I+D) durante los ciclos económicos, y encontró que las empresas prefieren innovar cuando la economía se encuentra en auge, esto debido a que las innovaciones son fáciles de imitar y en esta etapa del ciclo económico es cuando mayor rendimiento presentan. Una segunda conclusión es que en temporadas de crisis las restricciones de crédito aumentan, por lo que las empresas deben reasignar su inversión o dirigirse a nuevos mercados para diversificar su riesgo.

Aghion y Howitt (2009) encuentran que la relación entre la volatilidad y el crecimiento económico de los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) es más negativa y que, a su vez, se relaciona con un bajo desarrollo del sistema financiero.

En la literatura que involucra el análisis de la relación entre desarrollo financiero, ciclos económicos y crecimiento se encuentra el texto de Aghion, Banerjee y Piketty (1999), quienes muestran que al combinar las imperfecciones del mercado de capitales con un acceso desigual a las oportunidades de inversión se pueden generar fluctuaciones endógenas y permanentes en el producto interno bruto agregado. Aghion y Marinescu (2007) utilizan datos tipo panel para argumentar que las políticas fiscales anticíclicas, es decir, que implican déficits presupuestarios más altos durante las recesiones, mejoran el nivel de crecimiento en países con menores niveles de desarrollo financiero. Aghion, Hemous y Kharroubi (2009) explican que la política fiscal anticíclica mejora el crecimiento en aquellos sectores con mayor dependencia de financiamiento externo y localizados en países con menor desarrollo del sector financiero.

De esta forma, es posible construir la hipótesis de que, en ausencia de restricciones crediticias, las inversiones que incrementan el crecimiento de largo plazo tienden a mejorar la actividad económica, ya que a menudo se llevan a cabo a expensas de las actividades directamente productivas. Por lo tanto, si el rendimiento de las actividades productivas es menor en las recesiones, entonces el costo de oportunidad de realizar inversión a largo plazo también será menor. De tal forma que existe la posibilidad de un efecto potenciador del crecimiento durante las recesiones, ya que la inversión se comportaría de manera contracíclica.

Sin embargo, si se considera que existen imperfecciones en el mercado de crédito que impiden a las empresas colocar inversiones de largo plazo durante las recesiones, debido a que en esta etapa del ciclo económico los ingresos corrientes disminuyen, en consecuencia, también se reduce su capacidad para solicitar préstamos

con el fin de innovar. Esta disminución de la capacidad, a su vez, implica que, con un menor desarrollo financiero, sumado a la anticipación de posibles recesiones, las empresas se desalientan para realizar inversiones de largo plazo, debido a que prevén con una mayor probabilidad que su inversión en I+D no será recompensada en el largo plazo y, como resultado, las recesiones tendrán un efecto perjudicial sobre las inversiones en I+D y el crecimiento.

La estructura del documento se ordena de la siguiente forma: en un primer apartado se desarrolla la estructura de un modelo de crecimiento con el objetivo de explicar los beneficios obtenidos por las empresas al realizar inversión de corto y largo plazo dada la volatilidad macroeconómica y las restricciones de crédito de la economía. Posteriormente, se evalúa el modelo teórico por medio de un modelo econométrico dinámico de ajuste parcial con series económicas para México. Por último, se presentan las conclusiones del trabajo.

2. Estructura del modelo

Se considera el modelo de crecimiento económico presentado en Aghion, Angeletos, Banerjee y Manova (2005) para una economía en la que existe un solo tipo de agentes a los que se denomina empresarios, indexados por i , distribuidos de manera uniforme sobre el segmento $[0, 1]$. En el primer período, el empresario recibe una dotación inicial exógena de riqueza, W_t , o dotación de capital humano, que puede generar ingresos utilizando una tecnología de uno por uno. La riqueza es proporcional al nivel de conocimiento sobre el estado de la economía T_t , con $w_t = \frac{W_t}{T_t}$ que denota dicho conocimiento, ajustado por el nivel de riqueza de un individuo.

Los empresarios dividen su riqueza en función de su elección de invertir en el corto plazo frente a una inversión a largo plazo. Aquellas a corto plazo producen al final del primer período, mientras que la inversión a largo plazo produce al final del segundo período. En medio, un *shock* de liquidez se realiza al azar, lo que amenaza con reducir el rendimiento de la inversión a largo plazo si el empresario no recibe financiamiento. Los empresarios son adversos al riesgo y al final del segundo período consumen sus ingresos, con lo que termina el problema de inversión.

La volatilidad macroeconómica para cada período tiene dos componentes: uno exógeno y otro endógeno. Para cada período t se hace el supuesto de que la volatilidad se refleja en la productividad, A_t , que fluctúa alrededor de su componente endógeno T_t , que es el *stock* del estado de la economía referente al período t .

El componente exógeno de la volatilidad, a_t , se define como el cociente entre $\frac{A_t}{T_t}$; de tal forma que un valor pequeño de a_t corresponde a un *shock* de productividad muy pequeño, mientras que un valor alto de a_t corresponde a un significativo *shock* de productividad. El componente a_t se asume como un proceso de Markov con media incondicional normalizada a uno y media condicional de $E_{t-1}a_t = a_{t-1}^\rho$, donde $\rho \in (0,1)$ es un parámetro de persistencia de un *shock* productivo exógeno.

En ausencia de volatilidad macroeconómica, la productividad se mantendrá en el nivel endógeno de la economía, es decir, $A_t = T_t$. La volatilidad macroeconómica en el modelo se introduce en el modelo como:

$$\ln A_t = \ln T_t + \ln a_t \quad (1)$$

El *shock* se asume como un proceso estocástico de la forma:

$$\ln a_t = \rho \ln a_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

Donde ε_t se distribuye de manera normal y el valor esperado del nivel de productividad A_t es igual al nivel T_t , el cual también puede interpretarse como la tendencia de la productividad.

En el período uno, el empresario debe decidir cómo asignar su dotación inicial de riqueza, ya sea en inversión a corto plazo, inversiones en capital K_t o inversión de largo plazo, Z_t . Para garantizar una senda de crecimiento equilibrado, supongamos que tanto la riqueza inicial, como los costos de capital y de inversión a largo plazo también son proporcionales al nivel de la economía T_t y por lo tanto es posible denotarlos por

$$w_t = \frac{W_t}{T_t}; k_t = \frac{K_t}{T_t}, \text{ y } z_t = \frac{Z_t}{T_t}$$

Es decir, se tienen los niveles sin tendencia de la riqueza e inversión tanto de corto como de largo plazo. Así, el empresario se enfrenta a la restricción presupuestaria:

$$k_t + z_t \leq w \quad (3)$$

Por lo tanto, la inversión de capital a corto plazo en el período t que toma solo un período en completarse genera ingresos por:

$$\Pi_t = A_t \pi_t(k_t) \quad (4)$$

Donde: Π representa la función de beneficio de la inversión en capital, la cual es decreciente y cóncava. Por lo tanto, en el corto plazo, el empresario produce de acuerdo con una función de producción con tecnología de tipo Cobb-Douglas, con un parámetro de productividad A_t .

Posteriormente, en el largo plazo, la inversión que puede considerarse como inversión en I+D realizada en el período t genera un ingreso en $t+1$ solo si la empresa puede cumplir con un costo de ajuste que surge al final del período t , y cuya realización es específica de cada empresario. Este costo se genera como resultado de un *shock* de tipo idiosincrático.

El costo de ajuste equivale a un *shock* de liquidez, cuya magnitud es incierta hasta el final del período t . Al igual que todas las demás variables, el costo de ajuste se considera proporcional al nivel actual de T , por lo que se define c como el costo por inversión de largo plazo ajustado por el nivel de conocimiento actual de la economía. La realización de este costo es incierta en el momento en que el empresario decide cómo distribuir su riqueza entre la inversión a corto y largo plazo, por lo que sea $F(c)$ la función de distribución acumulativa asociada con la distribución de probabilidad sobre c , esta es independiente e idénticamente distribuida para todos los agentes y períodos.

La inversión inicial por I+D genera beneficios en el período $t+1$ solo si el costo de ajuste se ha cumplido, en cuyo caso el empresario recuperará este costo y, además, obtendrá los beneficios a largo plazo en el período $t+1$, de tal forma que los beneficios estarían dados por:

$$\Pi_{t+1} = a_{t+1} T_t q(z_t) + c_t$$

O bien:

$$\Pi_{t+1} = V_{t+1} q(z_t) \quad (5)$$

Donde $q(z_t)$ es la probabilidad de que la inversión en I+D tenga éxito y V_{t+1} es el valor de la nueva innovación.¹

1. Se considera que es una función decreciente y cóncava, bajo el supuesto de que, con el paso del tiempo, se vuelve más complicado realizar innovaciones que desplacen la frontera del conocimiento.

Notar en las ecuaciones (4) y (5) que el rendimiento de cada tipo de inversión depende del *shock* de productividad contemporánea. Es decir, a_t para la inversión a corto plazo, y a_{t+1} para la inversión de largo plazo, tanto la ecuación (4) como la (5) dependen del nivel de conocimiento sobre el estado de la economía que el empresario obtiene en el comienzo del análisis (es decir, T_t).

Dado que a_t es un proceso aleatorio caracterizado por presentar reversión a la media, es seguro que el rendimiento de la inversión a corto plazo será más cíclico que el rendimiento de la inversión a largo plazo.

En la ecuación (5) se incluye a c_t en los beneficios de largo plazo, Π_{t+1} , por lo que si el *shock* de liquidez es mayor, los beneficios esperados deben ser mayores. En otras palabras, dado que $a_{t+1} T_t q(z_t^i) > 0$, los beneficios son siempre óptimos para cualquier empresa que pueda pagar el costo adicional de liquidez cada que le sea posible, solo que esto depende de la eficiencia del mercado de crédito.

Por lo tanto, si el empresario puede cubrir el costo de ajuste por la inversión en I+D, la innovación resultó exitosa y recupera el costo de ajuste por liquidez, entonces el valor de la innovación solo depende de la productividad de los próximos períodos, de tal forma que:

$$V_{t+1} = A_{t+1} \tag{6}$$

De manera contraria, si la innovación no logra cubrir el costo de ajuste, entonces el nivel de producción en el período $t+1$ seguirá siendo el mismo del período anterior.

Si se considera que solo la inversión en I+D, z_t , contribuye al crecimiento económico de largo plazo, esto por medio de la acumulación de conocimiento a través del tiempo a una tasa proporcional a la tasa agregada de la innovación en la economía, entonces,

$$\ln T_{t+1} - \ln T_t = q(z_t) f_t \tag{7}$$

Donde f_t denota la fracción de empresarios que logran cumplir con los costos de invertir a largo plazo. El término de la izquierda de la ecuación (7) representa la tasa de crecimiento del conocimiento de largo plazo, que es igual al valor medio a largo plazo o la esperanza sobre todas las posibles realizaciones de a_t , en la parte derecha de la ecuación.

A pesar de que hasta ahora se ha considerado como ejemplo de inversión de largo plazo la inversión en I+D, hay varias interpretaciones de lo que representan los

dos tipos de inversión y el *shock* de liquidez. Por ejemplo, la inversión a corto plazo podría considerarse el dinero de un negocio actual, mientras que la inversión para mejorar la productividad a largo plazo podría considerarse como empezar un nuevo negocio. O bien, la inversión a corto plazo puede ser el mantenimiento de los equipos existentes o la compra de una máquina de la misma época que los ya instalados, mientras que la inversión a largo plazo es la construcción de una planta adicional, aprender una nueva habilidad o la adopción de una nueva tecnología. El *shock* de liquidez puede interpretarse como un complemento necesario para superar algún choque idiosincrático que afecte la economía.

3. Comportamiento de la inversión de largo plazo en mercados completos

Se parte del supuesto de que no hay costos de intermediación, por lo tanto, de la ecuación (7) se tendría que $f_t = 1$, ya que todos los empresarios podrán pedir prestado libremente con el fin de satisfacer sus costos de ajuste de inversión a largo plazo.

Sea $v_{t+1} = \frac{v_{t+1}}{T_t}$, la riqueza final ajustada por el nivel de conocimiento actual de la economía de una nueva innovación en el período $t+1$. De la ecuación (6), que presenta el escenario donde la innovación resulta exitosa, $v_{t+1} = A_{t+1}$, en conjunto con la ecuación (2), donde los *shocks* de productividad que generan volatilidad se definen como un proceso estocástico, como se representa con la siguiente ecuación:

$$\ln a_t = \rho \ln a_{t-1} + \varepsilon_t$$

Entonces la esperanza de la riqueza estará dada por:

$$E_t v_{t+1} = (a_t)^\rho \quad (8)$$

Lo anterior implica que los rendimientos de la inversión a largo plazo son menos procíclicos que los de las inversiones de capital a corto plazo. Es posible reescribir la ecuación anterior como sigue:

$$\frac{a_t}{E_t v_{t+1}} = \frac{a_t}{(a_t)^\rho} = a_t^{1-\rho} \quad (9)$$

Se observa que durante una expansión de la economía (cuando a_t es alta), el resultado del cociente de la ecuación (9) es mayor, de forma contraria ante una depresión (cuando a_t es baja), cuando el resultado del cociente es menor. Esta propiedad se mantiene en general siempre y cuando el *shock* de productividad sea pequeño y totalmente persistente, y el valor de la innovación represente el valor actual de los rendimientos a lo largo de un horizonte que se extiende más allá del período t .

En ausencia de restricciones de crédito, un empresario siempre podrá obtener el préstamo necesario para cubrir sus costos de inversión en I+D. Este hecho implica que la inversión en I+D de un empresario en su primer período de vida de su empresa siempre va a pagar el siguiente período en función de sus ingresos futuros de innovar v_{t+1} . De manera formal, el empresario, al inicio del primer período t , tendrá una expectativa de su riqueza ajustada por el su conocimiento al final del período $t+1$ igual a:

$$a_t \pi(k_t) + E_t v_{t+1} q(z_t) \quad (10)$$

Donde el empresario maximiza su riqueza final, ecuación (10), sujeto a la restricción presupuestal expresada en la ecuación (3), que quedaría como:

$$k_t + z_t = w_t \quad (11)$$

La ecuación de Lagrange estaría dada por:

$$L = a_t \pi(k_t) + E_t v_{t+1} q(z_t) - \lambda(k_t + z_t) = 0 \quad (12)$$

Donde λ es el multiplicador de Lagrange.

Al resolver las condiciones de primer orden de la ecuación de Lagrange se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$q'(z_t) E_t v_{t+1} = \lambda \quad (13)$$

$$a_t \pi'(k_t) = \lambda \quad (14)$$

Si se divide la ecuación (13) entre la ecuación (14), así:

$$\frac{a_t \pi'(k_t)}{q'(z_t) E_t v_{t+1}} = 1$$

Y se sustituye la ecuación anterior en la ecuación (9), se obtiene:

$$a_t^{1-\rho} \frac{\pi'(k_t)}{q'(w-k_t)} = 1 \quad (15)$$

Dado que las funciones π y q son cóncavas, implica que k_t aumenta con a_t . En otras palabras, k_t es procíclica (es decir, mayor en auge), mientras que z_t es anticíclica (es decir, mayor en las depresiones).

La intuición para el comportamiento anticíclico de la inversión en I+D es el siguiente: si se presenta un *shock* de productividad grande, es decir, una alta realización de a_t en la fecha t , entonces es más rentable invertir en la producción de corto plazo con un alto nivel de productividad, en lugar de invertir en el largo plazo que tendrá una productividad probablemente menor. Dado este resultado, la inversión en I+D en el período t tendrá un bajo costo de oportunidad en términos de producción actual. De manera contraria, si se genera un *shock* de productividad pequeño en el período t , entonces se vuelve más rentable para el empresario invertir en términos de I+D de largo plazo.

Entonces, lo anticíclico de la inversión a largo plazo se da ya que esta es baja cuando la economía se encuentra en auge, y la inversión en I+D es alta durante la depresión. En otras palabras, la característica anticíclica de la inversión en I + D también mitiga la volatilidad agregada, es decir, que contrarrestará en parte la volatilidad en a_t .

4. Comportamiento de la inversión de largo plazo en mercados imperfectos

En este apartado se amplía el modelo anterior considerando que existen fallas en el sector financiero. Es decir, después de la realización del costo de liquidez c_t en la inversión a largo plazo al final del período t , el empresario es capaz de invertir hasta μ veces la riqueza que tendrá al final del período con el objetivo de cubrir las necesidades de liquidez.

Por lo tanto, la inversión inicial de largo plazo, z , al inicio del período t , pagará rendimientos en el período $t+1$, si y solo si el costo de liquidez es menor al monto de inversión para solventar el problema de liquidez, es decir:

$$c_t \leq \mu a_t \pi(k_t) \quad (16)$$

De tal forma que la inversión a largo plazo del empresario que pagará el siguiente período tendrá la probabilidad representada en la siguiente ecuación:

$$\Pr [c_t^i \leq \mu a_t \pi(k_t)] \equiv F[\mu a_t \pi(k_t)] \quad (17)$$

Si el valor de conocimiento ajustado v_{t+1} para el período $t+1$ es igual al *shock* de productividad exógeno ajustado a_{t+1} , entonces al inicio del primer período el empresario elige el perfil de inversión de corto y largo plazo (k_t, z_t) con el objetivo de maximizar sus beneficios de tal forma que la ecuación se verá así:

$$\max_{k, z} \{a_t \pi(k_t) + E_t a_{t+1} \pi(Z_t) F[\mu a_t \pi(k_t)]\} \quad (18)$$

Sujeto a:

$$k_t + z_t \leq w$$

A diferencia de la ecuación (10), la ecuación (18) incorpora el término a_t en el segundo término, por lo que a contrarresta el efecto de costo de oportunidad que se señaló en el apartado anterior. Si el valor realizado de a_t es pequeño, entonces disminuye la probabilidad $F[\mu a_t \pi(k_t)]$ de obtener mayor productividad tras realizar la inversión de corto plazo. Este resultado, a su vez, tiende a hacer que la inversión de largo plazo sea más procíclica cuando las restricciones de crédito están más ajustadas.

La intuición de por qué la inversión a largo plazo se vuelve más procíclica cuando existen restricciones de crédito más ajustadas puede explicarse debido a que, si existe una baja realización de productividad a_t , esta origina un menor nivel de beneficios $a_t \pi(k_t)$ al final del período actual. Además, las restricciones de crédito implican una menor capacidad de endeudamiento y, en consecuencia, la capacidad para responder al *shock* de liquidez c sobre la inversión de largo plazo es menor, por lo que disminuye la probabilidad de que la inversión a largo plazo en la fecha t pague rendimientos en el futuro.

Por lo tanto, dado un *shock* de baja productividad en el período t , los empresarios ajustan instantáneamente y rehúyen a invertir a largo plazo. De ahí el carácter procíclico de la inversión a largo plazo debido a restricciones de crédito más enérgicas.

5. Análisis empírico

En esta sección se desarrolla un ejercicio empírico para la economía mexicana por medio de un estudio econométrico dinámico. Específicamente, se propone un modelo de ajuste parcial con el objetivo de analizar si la volatilidad de la producción agregada generada por *shocks* de productividad tiene un efecto en la composición de inversión de corto y largo plazo por parte de los empresarios, dadas las condiciones de crédito existentes en la economía.

5.1 Descripción de los datos

La información estadística que se incorpora en el modelo contiene series económicas de México, que comprende el período de 1995 a 2019, expresadas en tasas de crecimiento mensual. La información de dichas series se extrajo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Como medida de la productividad real de la economía se utiliza el indicador global de actividad económica (IGAE), el cual se elabora a partir de la metodología del Sistema de Cuentas Nacionales de México con cobertura nacional, incorporando las actividades primarias, secundarias y terciarias.

La variable de inversión se representa por el indicador de inversión fija bruta, el cual proporciona información sobre el comportamiento mensual de la inversión y está integrado por los gastos en adquisición de bienes que serán utilizados en el proceso productivo durante más de un año. Este indicador muestra la proporción del valor agregado bruto de la economía que se invierte en lugar de dedicarse al consumo, partiendo del supuesto de que no existe la variación de existencias.

Una medida de desarrollo financiero utilizada frecuentemente en la literatura es el crédito privado (Beck *et al.*, 2000), que es el valor del crédito concedido al sector privado por los bancos y otros intermediarios financieros, como instituciones de crédito privadas residentes en el país, bancos locales, sus agencias en el extranjero y filiales de bancos extranjeros establecidos en México.²

2. En Beck, Demirgüç-Kunt y Levine (2010) se siguieron otras medidas de desarrollo financiero, ya que el crédito privado excluye el crédito concedido al sector público y los fondos proporcionados por los bancos centrales o de desarrollo.

Por último, para representar el impacto de los precios relativos de los bienes y servicios que se comercian entre el país y el resto del mundo se considera como variable el índice de tipo de cambio real.³ Este se construye con el tipo de cambio nominal del peso respecto al dólar (número de pesos por dólar), el índice de precio al consumidor en Estados Unidos y el índice de precios al consumidor en México.

Con excepción de la serie del nivel de crédito privado, las series para el resto de las variables en el estudio se tomaron con ajuste estacional o desestacionalizada, lo que significa que las series han sido generadas al eliminar las influencias estacionales y de calendario de la serie original,⁴ evitando así efectos sobre las variables por causas que pueden considerarse ajenas a la naturaleza económica de las series.

La variable de crédito privado se estima en diferencias, ya que al efectuarle la prueba de raíces unitarias, se deduce que la serie es integrada de orden uno.

5.2 Modelo econométrico

El objetivo es analizar el nivel de inversión que los empresarios eligen para maximizar sus beneficios dada la volatilidad de producción agregada generada por *shocks* de productividad, tal y como se mostró en la ecuación (18). Para ello se especifica un modelo de ajuste parcial en el que se considera que existe un nivel de producción de equilibrio, óptimo, o de largo plazo, requerido para que los empresarios elijan realizar inversión de corto o largo plazo. Este nivel de producción también depende de la liquidez financiera que los empresarios consigan dadas las restricciones de crédito del sector.

Supongamos que el nivel de producción deseado Y_t^* es una función lineal de la inversión, la capacidad de crédito y el nivel de precios de la economía, expresado de la siguiente manera:

$$Y_t^* = \beta_0 + \beta_1 I + \beta_2 x_t + \beta_3 r_t + u_t \quad (19)$$

Donde:

3. Un aumento en el índice de tipo de cambio real representa una depreciación real de la moneda mexicana.

4. Para realizar el ajuste estacional de las series y corregir tales influencias intraanuales periódicas, el INEGI realiza el ajuste con el paquete estadístico X-12-ARIMA.

Y_t^* = Tasa de crecimiento mensual del IGAE

I_t = Tasa de crecimiento mensual del indicador de inversión fija bruta

x_t = Tasa de crecimiento mensual del crédito privado

r_t = Tasa de crecimiento mensual del índice de tipo de cambio real

u_t = Término de error

Dado que el nivel de producción no se observa de forma directa debido a la existencia de volatilidad en la producción agregada, se postula la siguiente hipótesis de ajuste parcial:

$$Y_t - Y_{t-1} = \delta(Y_t^* - Y_{t-1}) \quad (20)$$

Donde:

δ = Es el coeficiente de ajuste, tal que $0 < \delta \leq 1$, y representa el ajuste en la inversión de corto y largo plazo debido al *shock* de productividad.

$Y_t - Y_{t-1}$ = Representa el cambio observado en el nivel de producción

$Y_t^* - Y_{t-1}$ = Representa el cambio deseado en el nivel de producción

De tal forma que como $Y_t - Y_{t-1}$ es el cambio en el nivel de producción entre dos períodos que define la asignación de inversión, es posible escribir la ecuación (20) de forma alternativa así:

$$I_t = \delta(Y_t^* - Y_{t-1}) \quad (21)$$

La ecuación (20) implica que la decisión de inversión en el tiempo t depende de la magnitud del *shock* de productividad δ durante ese período. Si $\delta > 1$, lo que significa que el *shock* de productividad es lo suficientemente grande para realizar inversión de largo plazo. Sin embargo, si $\delta = 0$, el nivel de producción actual en el tiempo t es el mismo que en el período de tiempo anterior. El valor de δ es solo un ajuste parcial para las posibilidades de inversión, ya que también está en función de las restricciones de crédito. Este mecanismo de ajuste o *shock* de productividad de la ecuación (20) puede escribirse alternativamente así:

$$Y_t = \delta Y_t^* + (1 - \delta)Y_{t-1} \quad (22)$$

Con lo cual el nivel de producción observado en el tiempo t es un promedio ponderado del *shock* de producción esperado para ese período y el realizado en el período anterior, siendo δ y $(1-\delta)$ las ponderaciones. Si sustituimos (19) en (22):

$$\begin{aligned} Y_t &= \delta(\beta_0 + \beta_1 I_t + \beta_2 x_t + \beta_3 r_t + u_t) + (1 - \delta)Y_{t-1} \\ Y_t &= \delta\beta_0 + \delta\beta_1 I_t + \delta\beta_2 x_t + \delta\beta_3 r_t + (1 - \delta)Y_{t-1} + \delta u_t \\ Y_t^* &= \alpha_0 + \alpha_1 I + \alpha_2 x_t + \alpha_3 r_t + \alpha_4 Y_{t-1} + v_t \end{aligned} \quad (23)$$

Donde:

$$\alpha_0 = \delta\beta_0$$

$$\alpha_1 = \delta\beta_1$$

$$\alpha_2 = \delta\beta_2$$

$$\alpha_3 = \delta\beta_3$$

$$\alpha_4 = (1 - \delta)$$

$$v_t = \delta u_t$$

La ecuación (19) representa el nivel de producción de largo plazo o de equilibrio, la ecuación (23) será la función de producción de corto plazo, puesto que, en el corto plazo, el nivel de producción puede no ser igual a su nivel de largo plazo.

Una vez estimada la función de corto plazo, ecuación (23), se obtiene la estimación del coeficiente de ajuste δ (del coeficiente de Y_{t-1} , que representa el componente de volatilidad agregada), y puede derivarse la función de largo plazo dividiendo $\delta\beta_0$ y $\delta\beta_1$ por δ y omitiendo el término rezagado de Y , con lo cual se estima la ecuación (19).

La ecuación (23) contiene un término de error de δu_t , por consiguiente, si u_t satisface los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, de igual manera lo hará δu_t . Por lo tanto, es posible estimar por medio de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y obtener estimaciones consistentes. Aun cuando Y_{t-1} dependa de u_{t-1} y de todos los términos de perturbación anteriores, no está relacionado con el término

de error actual u_t . Por consiguiente, siempre que u_t sea serialmente independiente, Y_{t-1} también será independiente o, por lo menos, no estará correlacionada con u_t , satisfaciendo uno de los supuestos de MCO: el de no correlación entre las variables explicativas y el término de perturbación estocástico.

5.3 Resultados

A partir de los datos de las series económicas para México descritas en el apartado 4.1 y para un período de tiempo de enero de 1995 a agosto de 2019 con periodicidad mensual, el resultado de la regresión de la ecuación (23) es el siguiente:

$$\hat{Y}_t = 0.0012 + 0.0771Dx_{t-1} + 0.1695I_t - 0.0305r_{t-3} + 0.1483Y_{t-1} - 0.3264AR(1) \quad (24)$$

La regresión (24) se ajusta mediante un modelo autorregresivo de orden uno. En la tabla 1 se describen los coeficientes y estadísticos de la regresión (ver tabla 1).

Tabla 1. Estimación del modelo de ajuste parcial

Variable	Coefficiente	Error estándar	t-Estadístico	Probabilidad
C	0.001298	0.000347	3.745083	0.0002
D(x(-1))	0.077198	0.024771	3.116514	0.0021
I	0.169549	0.019762	8.579506	0.0020
r(-3)	-0.030531	0.012216	-2.499173	0.0131
Y(-1)	0.148359	0.074311	1.996464	0.0470
AR(1)	-0.326446	0.085408	-3.822179	0.0002
R-cuadrada	0.601549	Est. Durbin-Watson		2.05454
R-cuadrada ajustada	0.586875			

Fuente: elaboración propia.

De los resultados mostrados en la tabla 1, recordar que las series de las variables, a excepción de x , están corregidas de problemas de estacionalidad, por lo que se estiman en niveles. La variable x se estima en primeras diferencias al ser integrada de orden uno. Se observa que todas las variables son estadísticamente significativas al 95%, el estadístico Durbin Watson es de 2.05, por lo que el modelo no presenta problemas de autocorrelación.

Los resultados muestran que la proporción en la que el nivel de producción aumenta debido al aporte de la inversión en el corto plazo es igual a 0.1695, lo que sugiere que un incremento de una unidad en la inversión aumentará el nivel de producción medio en casi 0.17 unidades.

En lo que respecta al crédito, en la relación positiva esperada —y aunque solo tarda un período en tener un impacto sobre el nivel de producción— el impacto es muy pequeño, ya que por cada unidad de crédito se logra un incremento del 0.0771 en el nivel de producción, lo que podría interpretarse como un débil desarrollo financiero y que se cuenta con fuertes restricciones de crédito.

En lo que atañe al impacto por el nivel de precios, r , el signo negativo implica que una inestabilidad del sector económico externo tiene un efecto contrario sobre la actividad económica en el país, el cual se ve reflejado en la economía hasta un tercer período, y su coeficiente es pequeño.

Para calcular la relación de largo plazo, ecuación (19), se calcula el *shock* de productividad δ de la regresión (24). De la ecuación (23) se sabe que:

$$\alpha_4 = (1 - \delta)$$

$$\delta = 1 - \alpha_4 \Rightarrow \delta = 1 - 0.1483$$

$$\delta = 0.8517$$

El coeficiente de ajuste debido a la volatilidad agregada es de 0.8517, por lo que la inversión de largo plazo estará dada por:

$$\beta_1 = \frac{\alpha_1}{\delta} = \frac{0.1695}{0.8517} = 0.1990$$

Entonces, el aumento del nivel de producción debido a la inversión de largo plazo es de 0.1990. El impacto de inversión de largo plazo es muy similar al de corto plazo debido a que el coeficiente de ajuste, que es alrededor de 0.85, sugiere que en cualquier período de tiempo los empresarios solo ajustan su nivel de inversión en una proporción muy pequeña hacia su nivel de largo plazo.

Al evaluar el ajuste para el resto de las variables se tiene que el coeficiente para el crédito es de 0.0905 lo que implicaría un mayor impacto del sector financiero sobre la producción objetivo de largo plazo, sin que esta haga mucha diferencia en comparación con la de corto plazo.

En cuanto al coeficiente que representa los *shocks* económicos de los precios, este se vuelve más negativo, -0.0358, por lo que la economía en el largo plazo se torna más volátil.

6. Conclusiones

El objetivo de este artículo se centró en analizar la relación entre la volatilidad macroeconómica y su efecto sobre las decisiones de inversión de corto y largo plazo. Para ello, se elaboró un modelo teórico en el cual se consideró la volatilidad existente, el rendimiento de cada tipo de inversión que depende del *shock* de productividad contemporánea, lo cual se asume como un proceso estocástico.

En una primera etapa en el modelo, se considera que todas las empresas son capaces de obtener liquidez para realizar inversión de largo plazo, la cual tiene un comportamiento anticíclico, ya que esta es baja cuando la economía se encuentra en auge y alta durante la depresión. Por lo tanto, la inversión en I+D tiende a mitigar la volatilidad macroeconómica.

Sin embargo la inversión de largo plazo incluye un costo de liquidez, por lo que los beneficios esperados deben ser mayores para cualquier empresa que pueda pagar el costo adicional de liquidez, lo que dependerá de la eficiencia del mercado de crédito. De esta forma, aquellas economías con mercados financieros más desarrollados tendrán mayor inversión y crecimiento de largo plazo y, en consecuencia, tenderán a ser economías con menores niveles de volatilidad macroeconómica.

En una segunda etapa del modelo, se considera que se tiene un mayor nivel de volatilidad y restricciones de crédito más estrictas, por lo que el resultado de realizar inversión de largo plazo cambia para volverse procíclica. Primero, porque los altos

niveles de volatilidad están relacionados con menores niveles de productividad, lo que propicia menores beneficios. Por otro lado, las restricciones de crédito implican una menor capacidad de endeudamiento y, en consecuencia, se tiene una menor capacidad para responder al *shock* de liquidez sobre la inversión de largo plazo, por lo que los empresarios son menos capaces de diversificar el riesgo y ajustan instantáneamente, rehuendo a invertir en el largo plazo y cambiando esto por inversiones en tecnologías seguras, pero menos productivas, con el objetivo de escapar al riesgo.

Por lo tanto, una consecuencia derivada de las conclusiones anteriores es que las políticas macroeconómicas que estabilizan el ciclo económico deberían ser mayores, para mejorar así el crecimiento en los países y sectores que tienen una mayor limitación financiera.

En lo que se refiere al análisis econométrico para el caso de México, es posible concluir que, una vez realizado el ajuste parcial debido a la volatilidad macroeconómica, es decir, a los cambios en la actividad económica en relación con la producción objetivo, el impacto de la inversión sobre la actividad económica es similar para el caso del corto y largo plazo. Esto podría explicarse debido a que el impacto de la variable de crédito sobre la actividad económica es muy pequeño, lo que se interpreta como un débil desarrollo financiero y fuertes restricciones de crédito, lo cual es congruente con los resultados del modelo teórico.

El resultado del comportamiento procíclico en la inversión de largo plazo obtenido en el modelo teórico no es del todo observable en el análisis empírico, ya que si bien la aportación de la inversión de largo plazo sobre la actividad económica aumentó en relación con la de corto plazo, al igual que el impacto del sector financiero, los incrementos fueron muy pequeños. Además, la aportación negativa del efecto precios sobre la actividad económica se incrementó en el largo plazo, efecto contrario al de la inversión.



Esta obra se distribuye bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

■ Referencias

- Acemoglu, D. y Zilibotti, F. (2001). "Productivity Differences." *Quarterly Journal of Economics*, 116, 563-606. <https://www.jstor.org/stable/2696473>
- Aghion, P. y Howitt, P. (2009). *The Economics of Growth*. The MIT Press.
- Aghion, P. y Marinescu, I. (2007). "Cyclical Budgetary Policy and Economic Growth: What Do We Learn from OECD Panel Data?" (mimeo). Harvard University.
- Aghion, P., A. Banerjee y Piketty, T. (1999). "Dualism and Macroeconomic Volatility." *Quarterly Journal of Economics*, 114, 1359-1397. <https://doi.org/10.1162/003355399556296>
- Aghion, P., Hemous, D. y Kharroubi, Enisse. (2009). "Credit Constraints, Cyclical Fiscal Policy and Industry Growth" (mimeo).
- Aghion, P., Angeletos, G. M., Banerjee, A. y Manova, K. (2005). "Volatility and Growth: Financial Development and the Cyclical Behavior of the Composition of Investment" (mimeo). Harvard University.
- Angeletos, G.M. (2003). "Private Equity and Idiosyncratic Investment Risk in the Neoclassical Growth Model" (mimeo). MIT.
- Barlevy, G. (2007). "On the Cyclicalities of Research and Development." *American Economic Review*, 97, 1131-1164. <https://doi.org/10.1257/aer.97.4.1131>
- Beck, Thorsten, Demirgüç-Kunt, Asli y Levine, Ross. (2000). "A New Database on Financial Development and Structure." *World Bank Economic Review*, 14, 597-605. <https://www.jstor.org/stable/3990086>
- Beck, Thorsten, Demirgüç-Kunt, Asli y Levine, Ross. (2010). "Financial Institutions and Markets across Countries and over Time: The Updated Financial Development and Structure Database." *The World Bank Economic Review*, vol. 24, núm. 1, 77-92. <https://www.jstor.org/stable/40647421>
- Bernanke, B. y Gertler, M. (1989). "Agency Costs, Net Worth and Business Fluctuations." *American Economic Review*, 79, 14-31. <https://www.jstor.org/stable/1804770>
- Jones, L., Manuelli, R. y Stacchetti, E. (2000). "Technology and Policy Shocks in Models of Endogenous Growth." Staff Report 281, Federal Reserve Bank of Minneapolis. <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/7063.html>
- Lucas, R. E., Jr. (1988). "On the Mechanics of Economic Development." *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Rebelo, S. (1990). "Long-Run Policy Analysis and Long-Run Growth." *Journal of Political Economy*, 99, 500-521. <https://doi.org/10.3386/w3325>
- Romer, P. (1986). "Increasing Returns and Long-Run Growth." *Journal of Political Economy*, 94, 1002-1037. <https://www.jstor.org/stable/1833190>
- Zak, P. J. y Knack, S. (2001). "Trust and Growth." *Economic Journal*, 111, 295-321. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00609>

■ Sobre los autores

Daniel Cerecedo Hernández es doctor en Ciencias Financieras por el Tecnológico de Monterrey y doctor en Ciencias Económicas por el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Es profesor del departamento de Contabilidad y Finanzas en el Tecnológico de Monterrey, Campus Santa Fe, donde imparte clases a nivel profesional y posgrado. Cuenta con publicaciones de economía financiera y crecimiento económico.

danielch@tec.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4048-5041>

Selene Rocío Gaxiola Laso es doctora en Innovación y Responsabilidad Social por la Universidad Anáhuac México. Maestra en Banca y Mercados Financieros por la Universidad de Cantabria y Universidad Anáhuac México. Licenciatura en Contaduría Pública por el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM). En la actualidad es coordinadora de la licenciatura en Finanzas y Contaduría Pública en la Universidad Anáhuac México y ha impartido cursos en licenciatura y maestría durante más de 18 años de Análisis Financiero, Administración Financiera, Tesorería, Presupuestos, Auditoría, Portafolios de Inversión, y Organización y Gestión Bancaria. Se ha desempeñado profesionalmente en empresas como E&Y, HSBC, BBVA Bancomer y Banco Santander Central Hispano en Madrid, España.

srgaxiola@anahuac.mx

<https://orcid.org/0009-0001-7428-5956>