

EFFECTOS EN LA INVERSIÓN PRIVADA: UN ANÁLISIS AL MODELO DE INVERSIÓN
IRREVERSIBLE PARA COLOMBIA 1990-2010

MAURICIO SOTO MARTINEZ

Trabajo de Grado

Profesora
Inés María Ulloa Villegas

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
CALI
2012
CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	3
1. ESTADO DEL ARTE	4
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1 MODELO DE INVERSIÓN IRREVERSIBLE	9
2.1.1 Modelo institucional modificado para Colombia	13
3. METODOLOGÍA	14
3.1 ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBB DOUGLAS	17
3.2 POSIBLES FUENTES DE LA VOLATILIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD MARGINAL DEL CAPITAL	22
3.3 EFECTOS EN LA INVERSIÓN PRIVADA	25
3.3.1 Función de impulso – respuesta	27
3.4 APROXIMACIÓN AL IMPACTO DE LAS INSTITUCIONES EN LA INVERSIÓN PRIVADA EN COLOMBIA	32
4. CONCLUSIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXOS	40

RESUMEN

En este trabajo se estudia los efectos en la inversión privada en Colombia durante el periodo 1990 al 2010, enfocado en un modelo de inversión irreversible. Se analiza la incertidumbre y cómo ésta afecta a la inversión privada, con base en la volatilidad de la productividad marginal del capital, la cual se utiliza como proxy de la incertidumbre. Las estimaciones se realizan por medio de vectores autorregresivos, VAR, donde se observa el efecto negativo de la incertidumbre en la inversión privada, además, se pone de relieve la importancia del Banco de la República en la economía colombiana.

Palabras claves: Capital, Inversión, Incertidumbre, Bancos Centrales

Clasificación JEL: D81, E22, E58

INTRODUCCIÓN

El comportamiento de la inversión privada en Colombia, históricamente ha demostrado ser muy volátil por distintos factores, entre ellos se destaca el efecto de la apertura económica en 1994 y la crisis de 1999. Estos cambios afectan al producto nacional puesto que la inversión privada ha representado, en los últimos años, entre el 12,9% y el 10,6% del PIB. Al centrar el análisis en un componente como éste, considerando un periodo de tiempo amplio, es necesaria la exploración de aspectos como la incertidumbre y la irreversibilidad.

La incertidumbre se define como el riesgo que asumen los agentes dentro del mercado, como el caso de una firma que desea invertir, la cual no conoce con certeza los costos que le tocara asumir y los retornos que podrá obtener en el futuro. El concepto de irreversibilidad se centra en el mercado de bienes de capital, en donde el precio de venta de una unidad de capital no es necesariamente el precio de compra, como expone Birchenall (1997).

Estos dos aspectos que componen el modelo de inversión irreversible, es objeto de algunos estudios en Colombia, entre estos Partow (1996), Birchenall (1997) y Posada (2010). Estos trabajos, enfocados en la literatura internacional, sugieren como base del análisis el efecto de la incertidumbre en la inversión, el cual demuestran que es negativo.

El objetivo principal de este trabajo es analizar el impacto de la incertidumbre sobre la inversión privada en Colombia entre 1990 y el año 2010, con base en un modelo de inversión irreversible, el cual se centra en los métodos que han utilizado otros autores, como es el caso de Partow (1996).

La ventaja de este estudio es que se pueden actualizar los datos y a diferencia de los trabajos realizados en este tema, el horizonte temporal es más amplio. Además, con el análisis de las fuentes de la incertidumbre, el estudio puede proveer una explicación sobre

el papel del Banco de la República en el control de dicha incertidumbre y sobre sus otras funciones como la política monetaria.

La sola inclusión de la incertidumbre en los análisis de la inversión ha llevado al uso de muchos métodos de estimación. En este caso se analizará los efectos de la incertidumbre en la inversión privada por medio de un modelo VAR que aprovecha el grado de endogeneidad que puede darse en los análisis descriptos.

Adicionalmente, también se estimará un modelo VAR para observar el efecto de la inversión privada en el crecimiento una vez estudiadas las fuentes de la incertidumbre. Con ello es posible ampliar los alcances del estudio, de tal manera que se enriquecen los resultados del modelo de inversión irreversible y se muestra que el devenir en la inversión privada es transmitido al producto.

1. ESTADO DEL ARTE

Teniendo presente la variedad de modelos que existen entorno a la inversión y la extensa literatura que hay al respecto, es importante resaltar aquellos estudios que conforman la base teórica y empírica del presente trabajo.

La literatura internacional sobre la inversión es, en esencia, el punto de partida. Bajo los supuestos de la teoría del acelerador, se desarrollaron trabajos importantes. Jorgenson (1967) elabora un resumen exhaustivo de la teoría neoclásica enfocado en el valor de la unidad marginal del capital. Tobin (1969) analiza el costo de ajuste de capital y, por medio de éste, se elabora lo que es conocido como la teoría q de Tobin.

La inclusión de supuestos más fuertes a estos modelos con el tiempo llevó a estudios empíricos más sofisticados. Entre los supuestos destacados se encuentra la incorporación del principio de incertidumbre en los modelos de inversión.

Entre estos estudios se encuentra el de Abel (1983) el cual incorpora la incertidumbre en los precios, donde el valor marginal del capital está sujeto a cambios y por ende en la inversión, además, usando el producto marginal del capital se demostró que la incertidumbre puede en ocasiones aumentar la inversión.

En Bernanke (1983) se introduce la idea de irreversibilidad que se establece como una restricción a las decisiones de inversión de cada empresa. El análisis se basa en el acervo de capital (usado y esperado) con el cual se plantea dos observaciones; una a nivel microeconómico y otra a nivel macroeconómico usando el diagrama IS-LM. El resultado en ambos casos es el mismo; es importante mantener la credibilidad en el mercado para no elevar los niveles de incertidumbre, la cual tiene efectos negativos en la inversión.

En Caballero y Pindyck (1992) y posteriormente en Pindyck y Solimano (1993) la inclusión de la incertidumbre se hace por medio de la volatilidad en la productividad marginal del capital. En ambos estudios la irreversibilidad se incluye en los análisis teóricos para determinar el comportamiento de cada una de las empresas en el momento de invertir. Dado que la incertidumbre afecta el mercado y la industria, en ambos estudios se tuvieron en cuenta la tasa de interés y otras variables relacionadas, donde se concluye que la incertidumbre tiene efectos negativos en la inversión.

Para el caso colombiano hay diversos estudios que profundizan el análisis de la inversión en Colombia. Tal es el caso de Fainboim (1990) cuyo análisis se centra en el costo del uso de capital, abordando la teoría de la inversión a partir de exploraciones empíricas cuya metodología se basa en pruebas de cointegración entre el producto y la inversión. Sin embargo, no se logra demostrar la causalidad entre ambas variables.

Cárdenas y Olivera (1995) se enfocan en los determinantes de la inversión y en la crítica de Lucas. Además, aborda los ciclos económicos teniendo en cuenta la incertidumbre y el costo del uso del capital. La metodología está relacionada con las series anuales de la

inversión y de sus componentes, donde se concluye que el costo de ajuste de capital es fundamental en el comportamiento de la inversión.

En Ortiz (1995) se realiza un estudio para la industria manufacturera en el cual se enfatiza la teoría del capital. Entre las variables más importantes se encuentran, la tasa de crecimiento del capital y del producto, que resumen el comportamiento de la industria. La conclusión se centra en el incremento de firmas en los sectores con rendimientos decrecientes, lo que tiende a mejorar el nivel de crecimiento de dicho sector.

En Partow (1996) se incorpora la teoría del modelo de inversión irreversible, basado en la volatilidad de la productividad marginal del capital, con el cual se espera capturar la incertidumbre y medir sus efectos sobre la inversión privada. En este estudio, se demuestra el efecto negativo de la incertidumbre en la inversión.

Este modelo en Colombia también fue desarrollado en Birchenall (1997) bajo el enfoque de la q de Tobin y el costo de ajuste de capital, con una muestra de más de 300 empresas. En este caso, la inestabilidad de la política económica genera incertidumbre con efectos negativos en la inversión, mientras que la devaluación implica, de igual manera, incertidumbre con efectos positivos en la demanda de inversión.

En Posada (2010) el análisis sobre el modelo de inversión irreversible está basado en la volatilidad de la tasa de cambio, con el cual se construye un índice de incertidumbre. Las estimaciones muestran que la incertidumbre tiene efectos negativos sobre la inversión real.

En vista de esto, queda claro que la incertidumbre afecta la inversión, por lo tanto conocer sus posibles fuentes es fundamental en el análisis. Como señala Birchenall (1997) ésta puede ser producto de varios factores tales como la tecnología, las preferencias de los consumidores, la inestabilidad macroeconómica o factores institucionales.

Por esta razón estudios como los de Acemoglu, Johnson y Robinson (2001) que se basan en el crecimiento y las instituciones no se encuentran muy distantes del contexto de la incertidumbre. Esta idea es producto de que las instituciones, en general, están como mecanismos reguladores, lo que implica reducir riesgos y proteger la propiedad privada. Por lo que reducir la incertidumbre, en el contexto de la economía, sería proteger los intereses de las firmas, disminuyendo costos y mejorando los niveles de inversión. En este punto, como se expondrá más adelante, el Banco de la República es fundamental.

2. MARCO TEÓRICO

En el contexto del crecimiento, los economistas están de acuerdo sobre la importancia y el rol que ejerce la inversión en el desempeño económico de un país. Por lo tanto, la literatura en este campo ha propuesto una revisión exhaustiva sobre el comportamiento de la inversión, sus determinantes y los modelos más apropiados.

Los modelos que subyacen al análisis de la inversión son muchos. Jorgenson (1967) presenta un modelo sencillo acerca de la teoría del capital óptimo. Modelos como el de Caballero y Pindyck (1992) y Pindyck y Solimano (1993) hacen parte de las formulaciones más complejas y sofisticadas que incluyen la incertidumbre y los costos de oportunidad.

La sola inclusión de la incertidumbre en los modelos de inversión propone un avance esencial en la medición correspondiente y en sus conclusiones. Por tal motivo los modelos neoclásicos que no tienen en cuenta los efectos de la incertidumbre en la inversión tienden a arrojar conclusiones erróneas, como se asume en Partow (1996).

La razón se halla en que la incertidumbre genera un cambio en las decisiones de inversión, para el caso en particular la inversión privada. Los empresarios tienen que asumir el riesgo de los cambios en los mercados, lo que genera una especie de barrera.

Además, bajo la idea de que la inversión privada está determinada por la formación de capital en maquinaria y equipo, la decisión que tome cualquier empresa en un periodo dado es irreversible. Si la empresa decide invertir y el escenario cambia de tal forma que lo mejor es abstenerse de realizar cualquier acción, la empresa no puede desinvertir pues su opción fue tomada.

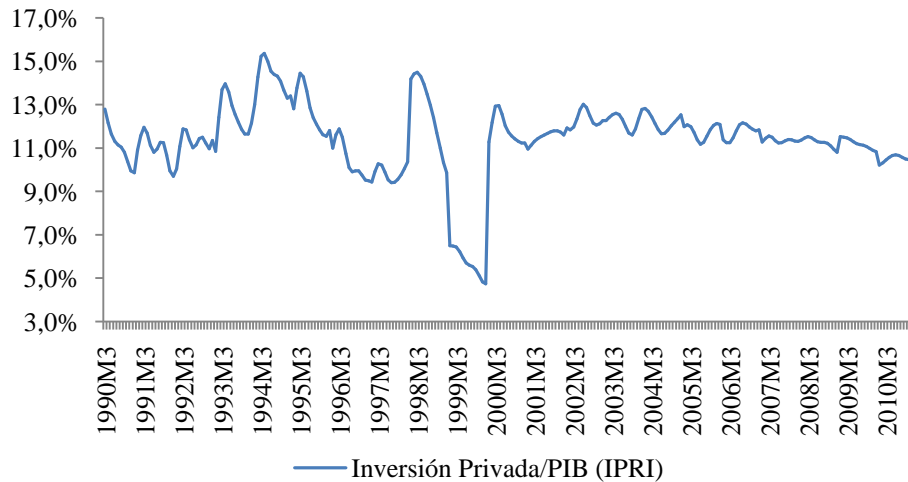
Por lo tanto, la incertidumbre eleva el riesgo y los costos de oportunidad pues cada acción que tome la empresa tiene sus consecuencias. En Caballero y Pindyck (1992) las empresas optan por decidir antes de entrar al mercado y esto genera un nivel de incertidumbre muy alto. Específicamente, se le llama “incertidumbre idiosincrásica”, asumiendo que es la incertidumbre de cada empresa.

En el caso colombiano se debe aclarar que la inversión privada, históricamente, ha demostrado tener una participación significativa, en especial después de 1950 como lo plantea Cárdenas y Olivera (1995). Esta participación ha tenido incrementos notables en varios años, como es el caso de 1994, a comienzo de 1998 y en el año 2000, justo después de un enorme declive en 1999, por la crisis económica que se registró en Colombia, tal y como se puede observar en la Gráfica 1.

La relativa importancia de la inversión privada en el PIB hace que esta variable sea fundamental en el análisis, además de que su comportamiento histórico, como ya se ha visto está marcado por las volatilidades, producto de muchos factores.

Por este motivo, se puede optar por incluirla en el modelo de inversión irreversible, bajo el enfoque que utiliza Partow (1996), cuyas bases son producto de la literatura internacional.

Gráfica 1. Inversión privada como % del PIB, 1990-2010



Fuente: Cálculos propios

2.1 MODELO DE INVERSIÓN IRREVERSIBLE

El trabajo de Partow (1996) se basa en el modelo de Caballero y Pindyck (1992). Teniendo presente que $A_i(t)$ es el producto de la empresa i y que el componente idiosincrásico de cada empresa se asume como constante. Este $A_i(t)$ se puede expresar de la siguiente forma:

$$A_i(t) = A(t)a_i \text{ donde } \int_0^{N(t)} a_i d_i = N(t) \quad (1)$$

$A(t)$ es la productividad media y a_i es la productividad de la unidad i con respecto a su promedio. Además teniendo presente que $N(t)$ es el número de pequeñas empresas que existen en esta economía, con un consumo agregado $Q(t)$ el cual está representado por la función CES, tal y cómo se hace referencia en Pindyck y Solimano (1993):

$$Q(t) = \left\{ \int_0^{N(t)} [A_i(t)]^\rho d_i \right\}^{1/\rho}; 0 < \rho < 1 \quad (2)$$

Puesto que no existen entradas selectivas, las empresas sólo conocen sus productividades relativas, a_i , cuando ingresan al mercado, enfrentando un mismo precio P y cuya demanda agregada isoelástica está dada de la siguiente manera:

$$P(t) = M(t)Q(t)^{-1/n} \quad (3)$$

Donde $M(t)$ sigue un proceso estocástico exógeno que representa los choques exógenos de la demanda agregada.

Continuando con el modelo descrito en Pindyck y Solimano (1993) plenamente basados en el modelo industrial descrito en Caballero y Pindyck (1992), la irreversibilidad se incluye a través del supuesto de que para entrar al mercado se requiere invertir un costo fijo F . Por lo tanto, la condición de entrada libre implica que:

$$F \geq E_0 \left[\int_0^{\infty} P(t)A(t)e^{-(r+\delta)t} dt \right] \quad (4)$$

Donde E_0 es el valor esperado, r es la tasa de descuento y δ es una tasa de depreciación que se supone que es exógena.

Puesto que las empresas no pueden entrar selectivamente al mercado, la utilidad marginal del capital para una empresa que desea entrar es el valor promedio del producto que se expresa de esta forma:

$$B(t) \equiv P(t)A(t) = M(t)A(t)^{\frac{(n-1)}{n}}N(t)^{-1/n} \quad (5)$$

Puesto que tanto $A(t)$ como $M(t)$ siguen procesos de movimiento Browniano, $B(t)$ también sigue un movimiento Browniano regulado estacionario como se resalta en Partow (1996). Este movimiento Browniano o proceso de Wiener como se expone en Birchenall (1997) son incrementos infinitesimales ante cambios infinitesimales en el tiempo, con media μ y varianza σ .

Cuando ingresan empresas al mercado, $B(t)$ se mantiene por debajo de un umbral “ U ”. Este umbral es de vital importancia puesto que el modelo no se concentra en la descripción del comportamiento de la inversión, sino en el nivel de este umbral que representa una condición necesaria para que ocurra la inversión.

Este umbral se expresa explícitamente en Caballero y Pindyck (1992) en relación con el costo fijo F :

$$E_0 \int_0^{\infty} U e^{-(r+\delta)t} dt > F \quad (6)$$

Este umbral crítico se constituye en un limitante para la inversión, en este caso la inversión privada. Cuando $B(t)$ está muy cerca del umbral U hay menos riesgo de que la empresa tenga resultados adversos en su decisión de invertir, es decir, el costo de oportunidad disminuye. El problema se encuentra cuando él $B(t)$ es volátil pues esto genera una disminución en la inversión debido a que el Umbral es más alto y $B(t)$ se aleja de éste.

Hay que aclarar que el umbral no se estima, lo importante es la conjetura que se ha hecho a partir de este umbral: el costo de oportunidad se incrementa cuando la volatilidad del $B(t)$ se eleva, lo que aumenta el nivel de incertidumbre, haciendo que la empresa opte por no realizar la inversión en ese momento, lo que afecta el desempeño del mercado.

Esto permite dilucidar que el umbral se limita al análisis de la incertidumbre, lo que complementa la irreversibilidad en la inversión, introducida con el supuesto del costo fijo F .

Utilizando una función de producción sencilla como la descrita en Pindyck y Solimano (1993) y suponiendo un mercado competitivo y una función Cobb – Douglas con rendimientos constantes a escala se tiene lo siguiente:

$$Y = AK^{\alpha_K} L^{\alpha_L} M_I^{\alpha_M} \quad \text{donde} \quad \alpha_K + \alpha_L + \alpha_M = 1 \quad (7)$$

Donde Y es el valor del producto real, K y L son insumos de capital y empleo, además M_I es el valor real de los materiales importados. Adicionalmente se obtiene la utilidad marginal del capital que es:

$$\Pi_K = \alpha_K \alpha_L^{\alpha_L/\alpha_K} \alpha_M^{\alpha_M/\alpha_K} A^{1/\alpha_K} P_L^{-\alpha_L/\alpha_K} P_M^{-\alpha_M/\alpha_K} \quad (8)$$

Teniendo presente que P_L y P_M son los precios reales del empleo y del material importado, el paso a seguir es despejar A de la ecuación (7), para luego introducirla en la ecuación (8) y obtener:

$$\Pi_K = \alpha_K \alpha_L^{\alpha_L/\alpha_K} \alpha_M^{\alpha_M/\alpha_K} (Y/K^{\alpha_K} L^{\alpha_L} M_I^{\alpha_M})^{1/\alpha_K} P_L^{-\alpha_L/\alpha_K} P_M^{-\alpha_M/\alpha_K} \quad (9)$$

Tal y como la subraya Pindyck y Solimano (1993), esta expresión es similar a la ecuación (5), donde $B(t)$ es el valor medio del producto. El procedimiento siguiente es transformar esta expresión en una expresión lineal a través de la transformación logarítmica tal que $b(t) = \log B(t)$ y así se obtiene la ecuación del modelo:

$$b(t) = \log(\alpha_K \alpha_L^{\alpha_L/\alpha_K} \alpha_M^{\alpha_M/\alpha_K}) + a_t/\alpha_K - (\alpha_L/\alpha_K) P_{L,t} - (\alpha_M/\alpha_K) P_{M,t} \quad (10)$$

Esta ecuación representa la productividad marginal de capital, donde a_t , como señala Pindyck y Solimano (1993), es el residuo de Solow, que está definido implícitamente en la ecuación anterior como $a_t = \log(Y/K^{\alpha_K} L^{\alpha_L} M_I^{\alpha_M})$.

Esta ecuación es fundamental puesto que el enfoque en este modelo de inversión irreversible es la volatilidad de la productividad marginal del capital, la cual describe el efecto de la incertidumbre.

2.1.1 Modelo institucional modificado para Colombia. Haciendo uso de la teoría del modelo de inversión irreversible ya expuesto, se puede observar que al incluir la incertidumbre, el estudio adquiere varios campos de acción.

Como dice Birchenall (1997), las fuentes de la incertidumbre descansan en muchos factores, entre ellos algunos institucionales. Además la incertidumbre es un componente con la que los inversionistas y el resto de los agentes racionales viven a diario.

Por esta razón, si ésta es producto de políticas económicas ejercidas por instituciones, como es el caso del Banco de la República encargado de la política monetaria y cambiaria en Colombia, las conclusiones de este modelo de inversión irreversible podrían ser más claras. En efecto, esto podría implicar que los cambios en la inversión a causa de la incertidumbre pueden ser menores y parcialmente controlables.

Esto quiere decir que sí los niveles de inversión privada reciben efectos de las políticas del Banco de la República, su trabajo no es solamente el de controlar la inflación puesto que también debe mantener un escenario de menor incertidumbre para los inversionistas nacionales y extranjeros.

Dado esto, el modelo de Acemoglu, Johnson y Robinson (2001) es muy útil puesto que resume lo anterior de una manera empírica. En este trabajo se muestran los efectos de las instituciones en el crecimiento mediante el “riesgo de expropiación” el cual explica la calidad institucional a través de la siguiente ecuación:

$$\log y_i = \mu + \alpha \log R_i + X_i + \varepsilon_i \quad (11)$$

Donde y_i es el PIB per cápita del país i , R_i es el indicador de protección contra la expropiación, X_i es un vector de otros indicadores y ε_i es el término error. El coeficiente más importante es él α puesto que el estudio se centra en los efectos de las instituciones sobre el producto per cápita.

Para tener en cuenta la aproximación de Acemoglu, Johnson y Robinson (2001) en el modelo aquí planteado, es necesario introducir una modificación a éste. Consiste en reemplazar la variable explicativa en (11) por la inversión privada, la cual es afectada directamente por la incertidumbre:

$$\log y_C = \mu + \alpha \log IP_t + \varepsilon \quad (12)$$

Donde y_C es el PIB de Colombia e IP es la inversión privada. Con la ecuación (12) se puede ver la importancia de la incertidumbre en el crecimiento del país. Este análisis se basa en el hecho de que la incertidumbre puede afectar al producto nacional por medio de la inversión privada, asemejándose a un mecanismo de transmisión. Además de constatarse la hipótesis del acelerador, el crecimiento afectaría la inversión privada.

3. METODOLOGIA

En este trabajo se presentan estimaciones para Colombia de los efectos de la incertidumbre sobre la inversión privada, con series mensuales desde 1990 hasta el año 2010. Los datos fueron tomados del DANE, el DNP y el Banco de la República.

A continuación, se describen las tres etapas en las que se compone el análisis econométrico de acuerdo con el enfoque utilizado en Partow (1996).

Se estima inicialmente un modelo restringido con el cual se obtienen las participaciones de cada uno de los factores en la producción. Este proceso se realiza sobre una forma log - lineal de la ecuación (7):

$$\log(Y) - \log(K) = \log(A) + \alpha_L (\log(L) - \log(K)) + \alpha_M (\log(M) - \log(K)) \quad (13)$$

$$\text{Donde } \alpha_K = 1 - \alpha_L - \alpha_M$$

Las variables proxy con las cuales se estima la ecuación (13) corresponden a:

- El índice de producción real de la industria manufacturera se utiliza como proxy de Y
- El índice de empleo de la industria manufacturera es la proxy de L

En cuanto al M son las importaciones y el acervo de capital se obtiene de acuerdo a la metodología utilizada en Barrios (1993) que consiste en hallar inicialmente la formación neta de capital fijo (FNKF):

$$FNKF = FBKF - \text{Depreciación} \quad (14)$$

Para encontrar el acervo de capital:

$$\text{Acervo de Capital} = \text{acervo de capital en el año anterior} + FNKF \quad (15)$$

Donde el capital inicial (K_0) se obtiene de esta forma:

$$K_0 = \frac{FBKF (MyE)}{g_{y,1991} + \text{tasa de depreciación} (MyE)} \quad (16)$$

Aquí se suponen tasas de depreciación del 2% para la construcción y del 5% para maquinaria y equipo. Esta ecuación es una proxy de la ecuación (17):

$$K_0 = I / r + d \quad (17)$$

Como se puede observar en la ecuación (16) se utilizaron como proxy:

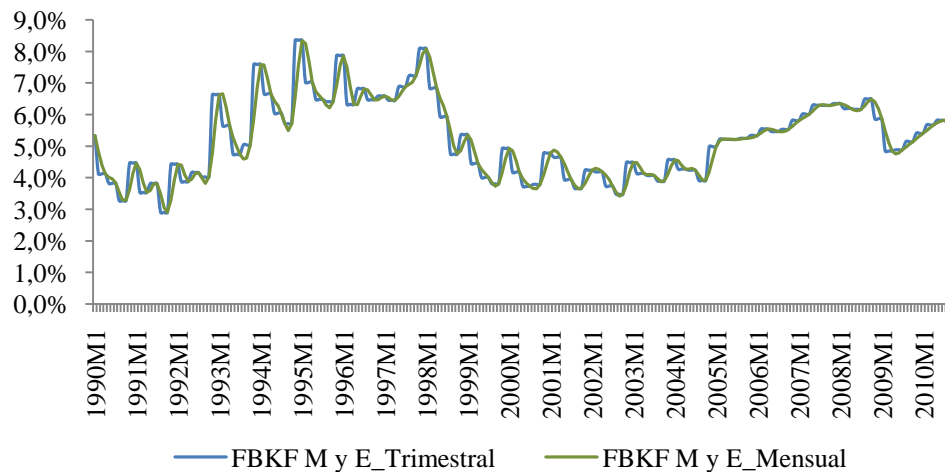
- La FBKF como proxy de I (inversión)
- La tasa de crecimiento del PIB de 1991, $g_{y,1991}$, como proxy de la tasa de crecimiento del capital (r)
- La tasa de depreciación de la maquinaria y equipo (d)

Dado que la serie de formación bruta de capital fijo (FBKF) total y desagregada en maquinaria y equipo (FBKF (M y E)) es una serie con frecuencia trimestral, en este trabajo se utiliza un método de interpolación para poder obtener una serie mensual, que corresponde a la periodicidad del resto de información.

El método utilizado corresponde al de los *spline* cúbicos. Este método facilita la transformación de series de baja frecuencia a series de alta frecuencia; en este caso de periodos trimestrales a mensuales, mediante la convergencia de datos. Esta transformación tiene la ventaja de aprovechar la periodicidad mensual de las mismas pero naturalmente presenta la desventaja de modificar la serie original.

En este modelo es importante la cantidad de observaciones puesto que se intenta hallar las elasticidades de cada factor. Los resultados de la aplicación de los *spline* cúbicos a la serie de la formación bruta de capital fijo en maquinaria y equipo se presentan en la Gráfica 2.

Gráfica 2. Formación bruta de capital fijo en maquinaria y equipo como % del PIB
1990-2010



Fuente: Cálculos propios, basado en las series del DANE.

Se puede observar que la serie mensual tiene aproximadamente el mismo comportamiento de la serie trimestral. La FBKF en maquinaria y equipo oscila entre el 2,9% y el 7,7% con respecto al PIB, con un máximo en 1995 y una recuperación en los últimos años, alcanzando el 5,6% del PIB.

Esta serie es fundamental en el análisis en el sentido de que con ella se obtiene el acervo de capital, variable fundamental en el ejercicio de medición.

Es importante aclarar que fue necesario empalmar las series FBKF y FIBKF y realizar los cambios de base. Estos procesos y la construcción de los índices se realizaron con base en la metodología expuesta en Lora (1991).

3.1 ESTIMACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE LA FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN COBB DOUGLAS

Teniendo presente la teoría económica, las series macroeconómicas como el PIB por su periodicidad acarrear algunos problemas de tipo econométrico. De acuerdo con la metodología Box Jenkins las series de tiempo de este tipo poseen además del componente cíclico y tendencial, un componente estacional.

Este componente puede afectar las estimaciones que se realicen. Por lo tanto, en este trabajo la desestacionalización de las series se elabora por medio del caso aditivo (unas de las tantas maneras para mitigar este problema), siguiendo cada uno de los siguientes pasos:

Primero, se obtiene una tendencia S_t a partir de la serie X_t que se desea desestacionalizar. Para este caso se utiliza el filtro Hodrick Prescott.

$$S_t = \text{Min} \sum_{t=1}^T (X_t - S_t)^2 + \lambda \sum_{t=2}^{T-1} ((S_{t+1} - S_t) - (S_t - S_{t-1}))^2 \quad (18)$$

Segundo, se calcula la diferencia:

$$Z_t = X_t - S_t \quad (19)$$

Tercero, se promedia las diferencias para cada periodo y se obtienen los factores estacionales:

$$\bar{Z}_{enero}, \bar{Z}_{febrero}, \dots, \bar{Z}_{diciembre} \quad (20)$$

Cuarto, se normaliza restándole la media para que tengan media cero:

$$\bar{Z}_{enero} - \bar{Z}_{promedio}, \bar{Z}_{febrero} - \bar{Z}_{promedio}, \dots, \bar{Z}_{diciembre} - \bar{Z}_{promedio} \quad (21)$$

De esta manera se obtienen los factores estacionales $F_{enero}, F_{febrero}, \dots, F_{diciembre}$

Por último se tiene la serie desestacionalizada \hat{X}_t :

$$\hat{X}_t = X_t - F_t \quad (22)$$

Adicionalmente hay que corroborar que las series resultantes sean estacionarias para que la regresión no sea espuria. Las pruebas de raíz unitaria se detallan en el Anexo A.

Ahora bien, teniendo presente estos pasos que resumen la metodología Box Jenkins se procede a estimar un modelo MA o de promedios móviles para hallar los parámetros de la Cobb Douglas modificada para el análisis, propuesto en la ecuación (13). Los resultados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Modelo restringido

Numero de Observaciones: 251	
Método: Máxima Verosimilitud	
Variable dependiente: log (PIB) - log (K)	
Constante	-0.000148 (0,001804)
log (L) - log (K)	0,87022 (0,020455)***
log (M) - log (K)	0,128631 (0,018542)***
MA (1)	0.426046 (0,059560)***
MA (2)	0.376118 (0,068595)***
MA (3)	0.391446 (0,072410)***
MA (16)	-0.237852 (0,068541)***
MA (33)	-0.135273 (0,063239)**
MA (36)	0.233593 (0,064814)***
R2	0,654542
R2 Adj	0,640442
*(**)[***] denota significancia al 10%(5%)[1%]	
Errores estándar entre paréntesis	

Fuente: Cálculos propios.

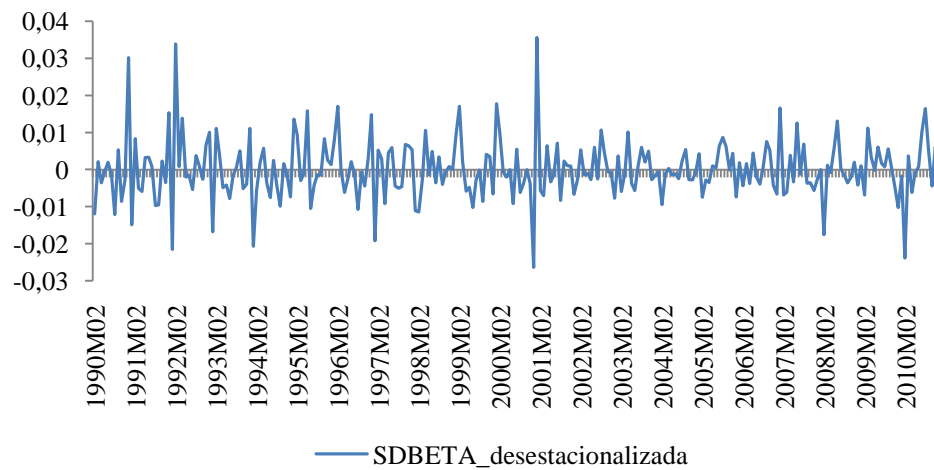
Se utiliza una estimación restringida debido a que el modelo general antepone el supuesto de rendimientos constantes a escala. La participación del trabajo es 0,87 ($\beta = 0,87$), de las importaciones es 0,12 ($\theta = 0,12$) y la participación del capital es 0,01 ($\alpha = 0,01$).

Una vez obtenida las correspondientes participaciones de cada factor, el análisis consiste en hallar la productividad marginal del capital para el estudio de la volatilidad y la incertidumbre.

Bajo el enfoque de Partow (1996), una vez obtenida la productividad marginal de capital expuesta en la ecuación (7), se calcula las desviaciones estándar de la tasa de crecimiento para construir su volatilidad (SDBETA).

Cada vez que aumente esta volatilidad se reduce la inversión privada debido a que se incrementa el nivel de incertidumbre. Por lo tanto, esta variable se convierte en el indicador de riesgo (debido a que aumenta la probabilidad de que la firma tome una mala decisión). Además esta volatilidad es un determinante de la inversión privada.

Gráfica 3. Volatilidad de la productividad marginal del capital 1990-2010



Fuente: Cálculos propios

La serie de la volatilidad de la productividad marginal del capital, como se observa en la Gráfica 3, es estacionaria y además está desestacionalizada. Esta serie se llamará SDBETAEXADES.

Esta variable es muy importante para el análisis de la inversión privada y para estimar un modelo en series de tiempo que relacione la inversión privada y la volatilidad de la productividad marginal del capital.

Aunque ésta no es la única variable que merece esta mención, existen otras variables que pueden determinar la inversión privada. De acuerdo con la teoría económica la tasa de interés tiene incidencia en la inversión total, aunque como muestran Fainboim (1990) y

Cárdenas y Olivera (1995) la tasa de interés no es relevante en el análisis de inversión puesto que no es significativa en los modelos que realizan.

En Caballero y Pindyck (1992) y en Posada (2010), la tasa de cambio es una variable a tener en cuenta puesto que la participación de las importaciones en el análisis de la industria manufacturera es importante dada la importación de insumos. Además como se puede observar en la ecuación (7) y (10) las importaciones se incluyen junto con el capital y el trabajo.

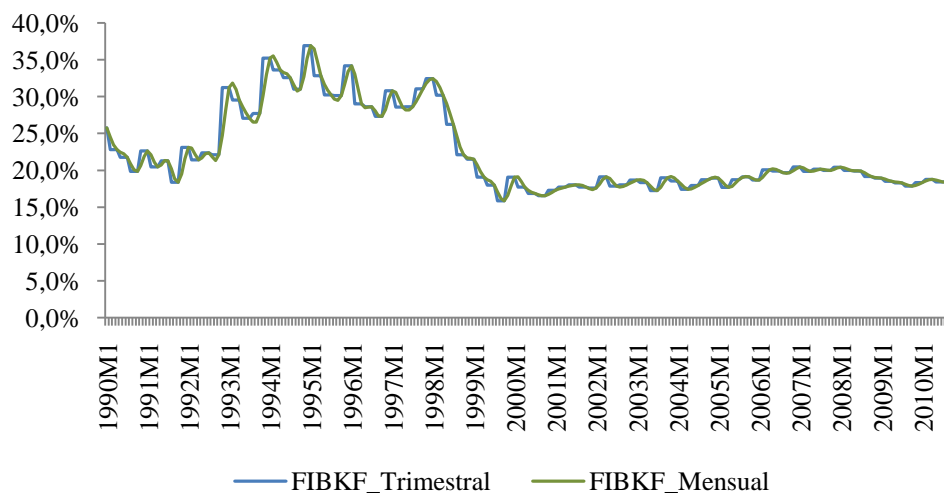
De esta manera, el modelo incluye además de la volatilidad de la productividad marginal del capital como regresor, dos variables de política. La primera, la tasa de interés como tal (TI) y su volatilidad (SDINT). La segunda variable de política es la tasa de cambio pero en términos de sus volatilidades (SDEXCH), siguiendo los lineamientos de Caballero y Pindyck (1992).

Bajo este enfoque también se incluye la tasa de crecimiento del producto (CPIB), la inflación (INF) y la volatilidad de la inflación (SDINF) como variables exógenas. La variable dependiente sería la tasa de inversión privada (IPRI).

Para el cálculo de la inversión privada, Partow (1996) propone una metodología para su construcción, que consiste en multiplicar la serie mensual de FIBKF, una vez interpolada mediante los *spline* cúbicos (ver Gráfica 4), por la razón (FIBKF privada/ FIBKF total) que es una serie anual. Este cociente es constante durante un año dado. Este resultado dividido el PIB representa la tasa de inversión privada (IPRI), que se muestra en la Gráfica 1.

Como se puede observar en la Gráfica 4 que se presenta a continuación, en 1995 se tuvo un máximo en la FIBKF alcanzando el 35,2%, mientras que a finales del 2010 el porcentaje representa el 18,4%, es decir, aproximadamente la mitad de lo registrado en 1995.

Gráfica 4. Formación interna bruta de capital fijo % del PIB, 1990-2010



Fuente: Cálculos propios, basado en las series del DNP.

3.2 POSIBLES FUENTES DE LA VOLATILIDAD DE LA PRODUCTIVIDAD MARGINAL DEL CAPITAL

La volatilidad de la productividad marginal del capital es muy importante en el análisis de la inversión privada por ser la proxy de la incertidumbre. Como señala Partow (1996), es necesario verificar cuáles son las posibles causas de la incertidumbre, de esta manera, desarrollar un análisis más sintético. Por lo tanto, se elabora una estimación con el uso de las variables macroeconómicas antes descritas, donde la variable dependiente sea dicha proxy.

Esta estimación también es necesaria para saber si el factor institucional puede ejercer cierto control sobre la incertidumbre, como se presume, y también cómo lo expone Birchenall (1997).

En el Cuadro 2 se presentan las estimaciones correspondientes a los modelos MA elaborados según la metodología Box Jenkins.

Las variables SDINFDES, INFDES y SDBETAEXADES que se presentan en el Cuadro 2 son series desestacionalizadas y TIPD es la primera diferencia de TI.

La ventaja de las tasas de crecimiento y de las desviaciones estándar es que estas series en su mayoría son estacionarias, por lo que se facilita rechazar la hipótesis nula de existencia de raíz unitaria. Las pruebas de raíz unitaria se presentan en el Anexo A.

Los resultados muestran que la tasa de interés no es significativa dentro del análisis de la volatilidad de la productividad marginal del capital; sin embargo, su volatilidad sí lo es.

Esto puede entenderse como el riesgo que existe cuando esta variable es volátil. Es decir, que los inversionistas son afectados por las volatilidades de la tasa de interés y, por ende, por la política monetaria. La ecuación 1, 2, 3 y 4 del Cuadro 2 muestra claramente que la volatilidad de la tasa de interés es significativa al nivel del 10%.

Esto involucra el papel del Banco de la República puesto que la tasa de interés, al menos su volatilidad, se muestra como fuente de la incertidumbre. Por lo tanto, hay indicios de que la política monetaria puede generar incertidumbre en el mercado.

No obstante, la volatilidad de la tasa de cambio no es significativa. Esto significa que ésta volatilidad no es una fuente de la incertidumbre, puesto que no la explica en este modelo.

En la ecuación 2 la volatilidad de la inflación es significativa a un nivel del 5%, lo que ratifica el hecho de que la inestabilidad macroeconómica afecta la incertidumbre. El nivel de inflación no es significativo tanto en la ecuación 2 como en la 5. Además se puede observar que de manera conjunta el nivel de inflación y su respectiva volatilidad no son significativos como lo muestra la ecuación 3.

Cuadro 2. Fuentes de la volatilidad de la productividad marginal del capital

Numero de Observaciones: 251					
Método: Máxima Verosimilitud					
Variable dependiente: Volatilidad de la productividad marginal del capital (SDBETAEXADES)					
	Ec. 1	Ec. 2	Ec. 3	Ec. 4	Ec. 5
Constante	4.11E-05 (0.000792)	-0.001049 (0.000766)	-0.000494 (0.000903)	-2.59E-05 (0.000705)	1.14E-05 (4.69E-05)
SDINT	0.020560 (0.011693)*	0.017654 (0.010482)*	0.019938 (0.011780)*	0.018788 (0.011100)*	
SDEXCH	-0.036163 (0.026137)	-0.026642 (0.024062)	-0.034291 (0.026089)	-0.030302 (0.025059)	
SDINFDES		0.357902 (0.173400)**	0.188106 (0.202947)		
INFDES			0.115335 (0.127855)		-0.004954 (0.122056)
TIPD				-0.000305 (0.000329)	
MA (1)	-0.177734 (0.060396)**	-0.261547 (0.058546)***	-0.198943 (0.060521)***	-0.214668 (0.060080)***	-0.297407 (0.053911)***
MA (2)					
MA (4)		-0.165633 (0.057870)***		-0.131555 (0.060202)**	-0.189964 (0.055764)***
MA (5)					-0.216221 (0.058940)***
MA (7)					-0.200641 (0.055386)***
MA (12)	0.288773 (0.063323)***	-0.165633 (0.060662)***	0.280474 (0.063449)***	0.275353 (0.063492)***	0.223828 (0.057800)***
MA (18)					-0.273932 (0.052070)***
R2	0.128505	0.155662	0.136235	0.146312	0.212956
R2 Adj	0.114334	0.134900	0.114995	0.125233	0.190284

*(**)[***] denota significancia al 10%(5%)[1%]
 Errores estándar entre paréntesis

Fuente: Cálculos propios

Esto implica que se debe tener en cuenta las volatilidades de las variables, más que sus niveles. Además se puede observar que las causas de la incertidumbre son la inestabilidad

macroeconómica (inflación, SDINFDES) y la política monetaria (volatilidad de la tasa de interés, SDINT) como lo suponía Birchenall (1997).

Bajo estas consideraciones, en el análisis de la inversión privada se debe tener presente que algunas de estas variables macroeconómicas causan a la incertidumbre pero que, a su vez, pueden afectar a la inversión; tal es el caso de la volatilidad de la tasa de interés, por lo que la hipótesis de endogeneidad debe tenerse en cuenta.

3.3 EFECTOS EN LA INVERSIÓN PRIVADA

En Partow (1996) se determinó que la productividad marginal del capital era endógena y, por lo tanto, fue necesario el uso de instrumentos para realizar las estimaciones correspondientes. En este trabajo la estimación se realizará bajo un modelo VAR estructural y multivariado que asegure el uso adecuado de las variables.

En los estudios que involucran la incertidumbre se presentan normalmente problemas de endogeneidad, en especial cuando se usan variables agregadas, como lo afirma Birchenall (1997) y como lo antepone Posada (2010) en sus modelos. Con la estimación a través de modelo VAR se mitiga este problema.

Suponiendo que el modelo está compuesto de ecuaciones simultáneas en donde todas las variables son endógenas y cada una de ellas se expresa en términos de sus valores rezagados y de los rezagos de las variables restantes, el modelo se puede expresar en forma reducida de la siguiente manera:

$$X_t = \phi_1 X_{t-1} + \phi_2 X_{t-2} + \dots + \phi_i X_{t-i} + BZ_t + U_t \quad (23)$$

Donde:

- X_t es el vector columna que contiene las ocho variables endógenas (las que se muestran en el Cuadro 2, más TI, CPIB e IPRI).

- X_{t-i} es el vector columna con las ocho variables endógenas anteriores rezagadas, donde $i=1,2,\dots,18$.
- Z_t es el vector de variables exógenas.
- Φ_i, B son matrices de coeficientes a estimar, para $i=1,2,\dots,18$
- U_t es el vector de errores, normal e independientemente distribuido

Para los 18 rezagos las bandas no exceden las líneas punteadas del correlograma que se encuentran a ± 2 desviaciones estándar. Por lo tanto, los rezagos no son significativos en consecuencia la hipótesis nula de que la serie es ruido blanco gaussiano se puede aceptar a un nivel del 5%, como se puede observar en la Gráfica 5.

Gráfica 5. Correlograma VAR (18)

Sample: 1990M02 2010M12
Included observations: 233

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.025	-0.025	0.1424	0.706
		2 -0.063	-0.063	1.0709	0.585
		3 -0.059	-0.062	1.8869	0.596
		4 0.038	0.031	2.2261	0.694
		5 -0.056	-0.062	2.9754	0.704
		6 -0.075	-0.079	4.3361	0.631
		7 -0.060	-0.069	5.2129	0.634
		8 -0.040	-0.065	5.6079	0.691
		9 0.093	0.076	7.7165	0.563
		10 -0.031	-0.040	7.9455	0.634
		11 -0.011	-0.015	7.9773	0.715
		12 -0.049	-0.057	8.5760	0.739
		13 0.098	0.069	10.957	0.614
		14 -0.030	-0.034	11.187	0.671
		15 -0.013	-0.008	11.231	0.736
		16 -0.028	-0.020	11.429	0.782
		17 -0.049	-0.067	12.028	0.798
		18 0.056	0.043	12.823	0.802
		19 -0.018	-0.020	12.901	0.844
		20 0.074	0.078	14.301	0.815
		21 0.019	0.038	14.398	0.852
		22 0.114	0.095	17.769	0.720
		23 -0.120	-0.103	21.545	0.548
		24 -0.041	-0.039	21.979	0.581
		25 0.014	0.028	22.029	0.634

Fuente: Cálculos propios

Teniendo en cuenta que la serie es ruido blanco se procede a escoger el orden del VAR observando los criterios de especificación de Akaike (AIC) y de Schwarz (SC), los cuales

penalizan el uso excesivo de parámetros en el modelo. Por lo tanto se escoge el modelo con los valores de los criterios más pequeños.

En un modelo VAR al estar constituido de variables endógenas, no centra su análisis en los coeficientes de la regresión estimada ni en la bondad de ajuste (R^2) tal y como se resalta en Enders (2004). Es por ello que el análisis debe centrarse en los residuos, de tal manera que se pueda determinar la ausencia de autocorrelación, heterocedasticidad y que exista, en alguna medida, normalidad a lo largo de la observación.

Bajo la prueba de autocorrelación de Breusch Godfrey (ó Multiplicador de Lagrange (LM)) la cual detecta autocorrelación de cualquier orden, se pudo determinar que al orden de los 18 rezagos se puede aceptar la hipótesis nula de no autocorrelación, como se puede observar en el Anexo C.

Mediante el test de White se concluye que al nivel de los 18 rezagos se acepta la hipótesis nula de homocedasticidad, lo que es una evidencia clara de que la varianza es constante. Sin embargo, los errores no son normales puesto que no se acepta la hipótesis nula de que los errores sigan una distribución normal multivariada (Anexo D).

No obstante, en Arias y Torres (2004) se argumenta que en los modelos VAR es más importante que los errores no presenten autocorrelación que la misma normalidad.

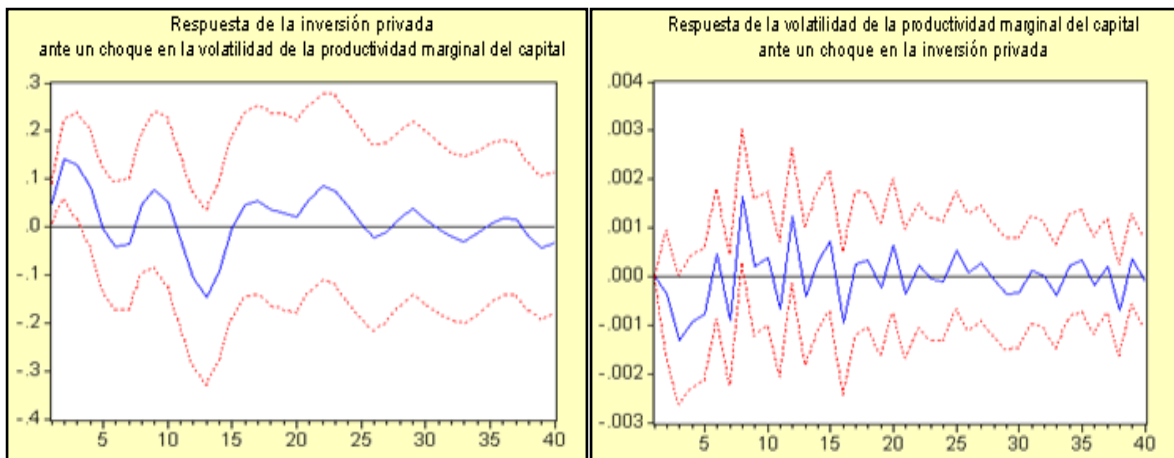
3.3.1 Función de impulso – respuesta. El análisis parte de las variables más relevantes. En la Gráfica 6, se puede observar la respuesta de la inversión privada (IPRI) ante un choque en la volatilidad de la productividad marginal del capital (SDBETAEXADES), la cual muestra una caída pronunciada después del mes 10, para luego estabilizarse después del mes 30.

La respuesta de la volatilidad de la productividad marginal del capital (SDBETAEXADES) ante un choque en la inversión privada (IPRI) tiene una tendencia a decaer en los primeros

meses y a elevarse en el mes 8 logrando estabilizarse de manera oscilatoria para periodos posteriores al 25, es decir, aproximadamente después de dos años.

Efectivamente, en ambos casos, las variables están expuestas a cambios. Sin embargo, la respuesta de la inversión privada (IPRI) es mayor que la respuesta de la volatilidad de la productividad marginal del capital (SDBETAEXADES), por lo que es más efectivo un choque en esta que en la inversión privada (IPRI). Esto indica que la inversión privada está expuesta a cambios negativos cuando la productividad marginal del capital es muy volátil, lo que señala el efecto negativo de la incertidumbre.

Gráfica 6. Respuesta de la inversión privada ante un choque en la volatilidad de la productividad marginal del capital y viceversa

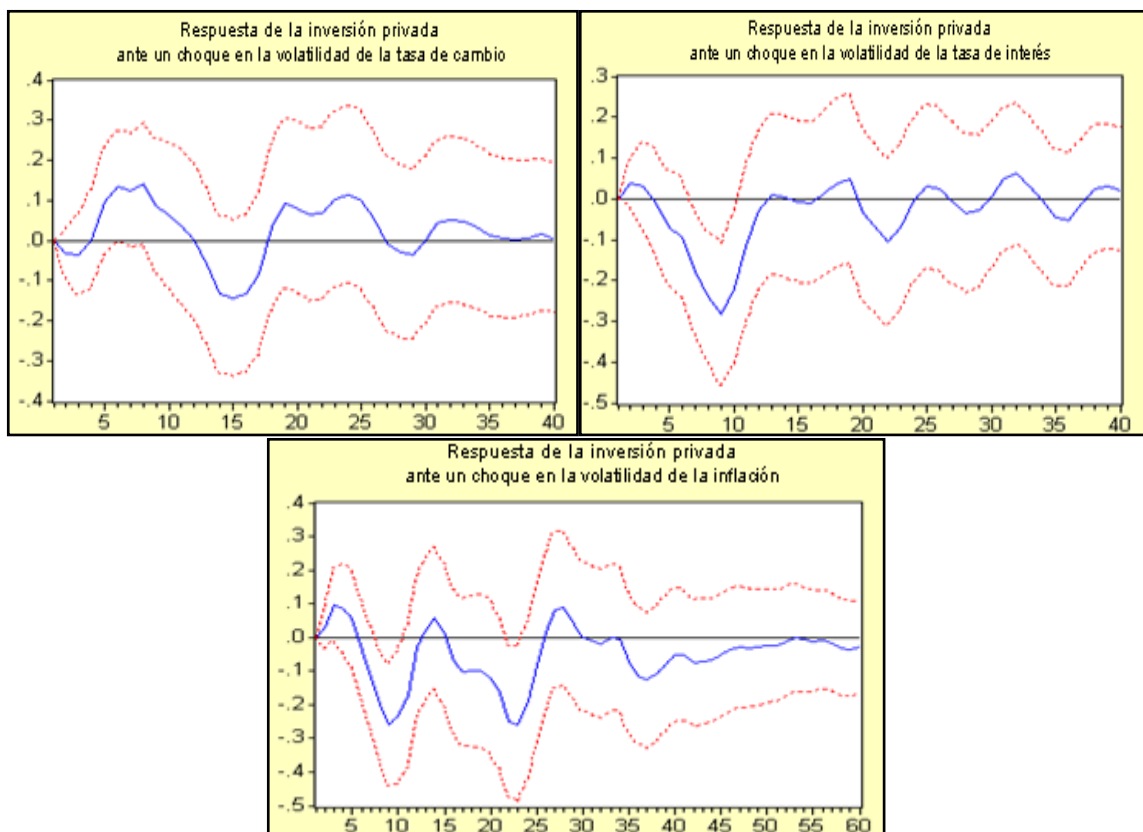


Fuente: Cálculos propios

Para observar los efectos de la inestabilidad macroeconómica y de la política monetaria en la inversión privada se debe observar la respuesta de la inversión privada (IPRI) ante choques en la volatilidad de la tasa de cambio (SDEXCH), la volatilidad de la tasa de interés (SDINT) y la volatilidad de la inflación (SDINFDES). En la Gráfica 7 se observa la respuesta de la inversión privada ante un choque unitario en la volatilidad de la tasa de cambio, la cual se reduce en el mes 15 y comienza a oscilar hacia efectos positivos para luego estabilizarse.

Ante un choque en la volatilidad de la tasa de interés, la inversión privada decae significativamente en el mes 15 y luego en el mes 25 logra estabilizarse. Un choque en la volatilidad de la inflación disminuye la inversión privada; esta decae sustancialmente en el mes 10 y en el mes 25 y en ambos casos oscila hacia efectos positivos. Este impacto comienza a estabilizarse (desaparecer) a partir del mes 50, es decir después de cuatro años.

Gráfica 7. Respuesta de la inversión privada ante un choque en las volatilidades de la tasa de cambio, la tasa de interés y la inflación

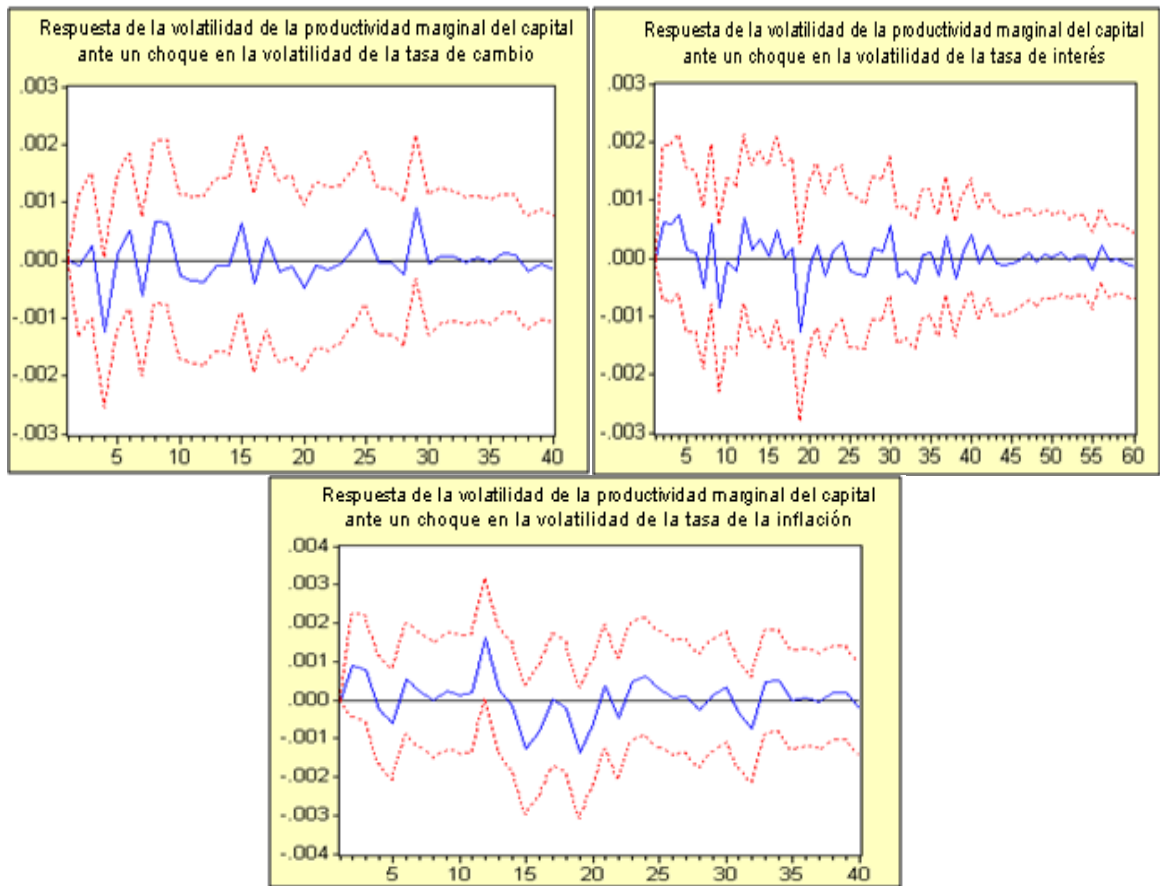


Fuente: Cálculos propios

A la luz de los resultados es posible afirmar que en el corto plazo la volatilidad de la tasa de interés tiene efectos negativos en la inversión privada. En cuanto a la volatilidad de la inflación, ésta tiene efectos negativos en la inversión privada que se muestran persistentes en el tiempo, por lo que un cambio en la política económica que afecte la inflación puede afectar inclusive en el mediano plazo la inversión privada.

Según las Gráfica 8, la volatilidad de la productividad marginal del capital ante choques en las volatilidades de la tasa de cambio, la tasa de interés y la inflación, respectivamente, presentan respuestas menores en comparación con las que se presentan en la Gráfica 7, que logran estabilizarse para periodos posteriores a 20 meses.

Gráfica 8. Respuesta de la volatilidad de la productividad marginal del capital ante un choque en las volatilidades de la tasa de cambio, la tasa de interés y la inflación



Fuente: Cálculos propios

Estos resultados muestran que las volatilidades de cada una de las variables afectan a la volatilidad de la productividad marginal del capital en menor medida, en comparación con la inversión privada, donde las respuestas son mayores. Esto muestra que la inversión

privada es muy sensible ante cambios imprevistos en la tasa de interés, la tasa de cambio, la inflación y la productividad marginal del capital.

Por esta razón en este análisis no se incluye las variables en niveles, puesto que no resultaron significativas y no son relevantes como sus correspondientes volatilidades tal y como resalta Partow (1996). Por el contrario las correspondientes volatilidades si lo son. Además como se pudo observar la volatilidad de la tasa de cambio tiene un efecto mayor en la inversión privada que en la volatilidad de la productividad marginal del capital, lo que afianza el efecto directo que se presumía en la estimación anterior.

El sistema tiende a estabilizarse para periodos menores a 25 meses, es decir a los dos años, lo que demuestra que el VAR es estable en el mediano plazo (la estabilidad del VAR se presenta en el Anexo B).

Para analizar la posible endogeneidad de la volatilidad de la productividad marginal del capital dentro del modelo de inversión privada, tal y como resalta Partow (1996), se realiza la prueba de Wald para exogeneidad en bloque. Ésta se muestra en el Cuadro 3.

La hipótesis nula de que la inversión privada no causa, en sentido de Granger, a la volatilidad de la productividad marginal del capital se rechaza a un nivel del 5%. La hipótesis nula de que la volatilidad de la productividad marginal del capital, no causa en sentido de Granger, a la inversión privada se rechaza a un nivel del 10%.

Esto demuestra que hay doble causalidad a un nivel de significancia del 10%. Sin embargo, el resultado no se sostiene bajo un nivel de significancia menor puesto que en este caso la volatilidad de la productividad marginal del capital no sería endógena. Por este motivo no se puede asegurar con suficiencia que exista doble causalidad.

Cuadro 3. Prueba de Causalidad de Granger para la volatilidad de la productividad marginal del capital y la inversión privada

Variable Dependiente: SDBETAEXADES			Variable Dependiente: IPRI		
	Rezago	[Chi-sq]		Rezago	[Chi-sq]
IPRI	18	(39,39982)***	SDBETAEXADES	18	(16,15223)*
SDEXCH	18	(16,78261)	SDEXCH	18	(35,54245)***
SDINT	18	(24,69517)	SDINT	18	(34,27347)**
CPIBDES	18	(8,268851)	CPIBDES	18	(45,52151)***
SDINFDES	18	(21,3695)	SDINFDES	18	(14,99011)
INFDES	18	(17,31727)	INFDES	18	(28,60308)*
TODO	18	(129,1901)*	TODO	18	(195,028)***

[.] Estadístico Chi-sq de Wald

*(**)[***] denota significancia al 10%(5%)[1%]

Fuente: Cálculos propios

Para niveles de significancia del 5% hay variables que explican la inversión privada, como es el caso del crecimiento del PIB y la volatilidad de la tasa de cambio y de la tasa de interés. La inflación y la volatilidad de la productividad marginal del capital son significativas al 10%.

La volatilidad de la inflación no es significativa. Esto no quiere decir que no afecte la inversión privada, puede estar explicada por una subestimación debido a la presencia de esta variable en niveles.

3.4 APROXIMACIÓN AL IMPACTO DE LAS INSTITUCIONES EN LA INVERSIÓN PRIVADA EN COLOMBIA

Teniendo presente que la inversión privada está determinada por la volatilidad de la productividad marginal del capital, que es la proxy de la incertidumbre en este trabajo, se procede a realizar un análisis con base en el modelo institucional general expuesto en Acemoglu, Johnson y Robinson (2001).

Esta aproximación a los impactos institucionales sobre la inversión privada se realiza con la estructura de la ecuación (12), que corresponde al modelo modificado para observar la aplicabilidad del modelo de inversión irreversible.

Dado que los estudios, entre ellos el de Fainboim (1990), no están seguros del grado de endogeneidad de la inversión en el análisis del PIB, y teniendo presente el resultado de la última prueba donde CPIB causa a IPRI a un nivel del 5%, se escoge un modelo VAR para la estimación correspondiente.

Las ecuaciones simultáneas están determinadas por:

$$\log Y_t = f(\log Y_{t-p}, \log IP_{t-p}) \text{ donde } p = 1, \dots, i \quad (24)$$

$$\log IP_t = f(\log Y_{t-m}, \log IP_{t-m}) \text{ donde } m = 1, \dots, i \quad (25)$$

Donde:

- *IP* es la inversión privada cuya proxy será el IPRI
- *Y* es el PIB real donde la proxy será el PIB de la industria manufacturera

La forma reducida de este modelo VAR corresponde a la ecuación (23), teniendo presente que, el vector X_t contiene las dos variables endógenas y X_{t-i} sus rezagos correspondientes.

De acuerdo al correlograma presentado en la Gráfica 9, se puede observar que la serie es ruido blanco gaussiano y mediante el uso de los criterios de información AIC y SC se determinó que el orden de los rezagos es 28 ($i=28$).

Analizando los residuos, no existe presencia de autocorrelación al nivel de 28 rezagos, existe homocedasticidad, por lo que varianza no depende del tiempo. De manera similar con el VAR anterior, no hay presencia de normalidad multivariada. Las pruebas de

heterocedasticidad y autocorrelación se encuentran en el Anexo C. Los test de normalidad están en el Anexo D.

Considerando el impulso – respuesta, en la Gráfica 10 se puede observar que, ante un choque en el producto (LNY), la respuesta de la inversión privada (LNIPRI) inicialmente es en un aumento sostenido, que disminuye sustancialmente en el mes 15, para luego incrementarse después del mes 20. Finalmente logra estabilizarse para periodos posteriores a 60 meses, es decir cinco años.

Gráfica 9. Correlograma VAR (28)

Sample: 1990M02 2010M12
Included observations: 223

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	-0.038	-0.038	0.3226	0.570
		2	-0.035	-0.036	0.5987	0.741
		3	-0.043	-0.046	1.0206	0.796
		4	0.004	-0.001	1.0246	0.906
		5	-0.011	-0.014	1.0530	0.958
		6	0.050	0.047	1.6278	0.951
		7	0.003	0.006	1.6296	0.977
		8	0.016	0.019	1.6927	0.969
		9	-0.042	-0.036	2.1004	0.990
		10	0.028	0.027	2.2876	0.994
		11	0.048	0.051	2.8407	0.993
		12	0.016	0.016	2.8980	0.996
		13	-0.017	-0.010	2.9665	0.998
		14	-0.015	-0.014	3.0204	0.999
		15	0.054	0.058	3.7293	0.998
		16	0.011	0.012	3.7595	0.999
		17	0.083	0.085	5.4564	0.996
		18	-0.016	-0.009	5.5208	0.998
		19	0.091	0.101	7.5480	0.991
		20	-0.011	0.009	7.5754	0.994
		21	-0.014	-0.013	7.6276	0.997
		22	-0.080	-0.079	9.2053	0.992
		23	-0.042	-0.064	9.6489	0.993
		24	0.010	0.006	9.6745	0.996
		25	-0.046	-0.072	10.205	0.996
		26	0.025	0.017	10.360	0.997
		27	0.063	0.048	11.373	0.996
		28	-0.022	-0.011	11.496	0.998
		29	-0.081	-0.078	13.173	0.995
		30	-0.042	-0.058	13.627	0.995

Fuente: Cálculos propios

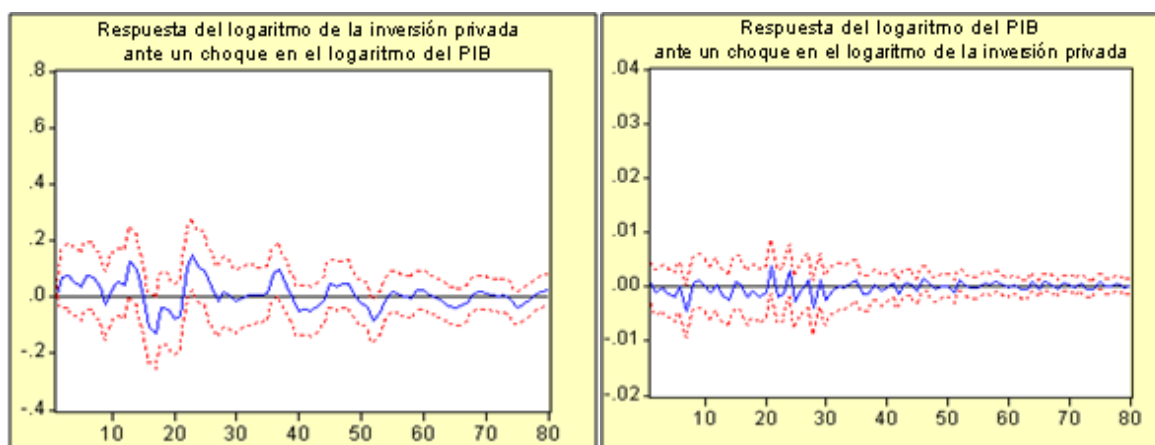
Se puede observar que el producto afecta la inversión privada en el mediano plazo. Es decir que el crecimiento del producto genera un jalonamiento a la inversión privada algo que resume la teoría del acelerador.

Ahora bien ante un choque en la inversión privada (LNIPRI) la respuesta del producto (LNY) es prácticamente estable, un decaimiento leve en los primeros meses para luego

oscilar entre los meses 20 a 30 y posteriormente estabilizarse. Las respuestas son mucho menores, por lo que tiene más impacto un choque sobre el producto.

En general el sistema es estable en el mediano plazo. En consecuencia hay una evidencia de la estabilidad del VAR como se puede ver en el Anexo B.

Gráfica 10. Respuesta del logaritmo de la inversión privada ante un choque en el logaritmo del PIB y viceversa



Fuente: Cálculos propios

Debido a la probabilidad de que exista endogeneidad en el modelo, se procede a realizar la prueba de causalidad de Granger que se muestra en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Prueba de causalidad de Granger para el logaritmo de la inversión privada y el logaritmo del PIB

Variable Dependiente: LNIPRI			Variable Dependiente: LNPIB		
	Rezago	[Chi-sq]		Rezago	[Chi-sq]
LNPIB	28	(43,66381)**	LNIPRI	28	(31,50623)*
TODOS	28	(43,66381)**	TODOS	28	(31,50623)*

[.] Estadístico Chi-sq de Wald

*(**)[***] denota significancia al 10%(5%)[1%]

Fuente: Cálculos propios

En el planteamiento de la primera hipótesis, la hipótesis nula de que el PIB, no causa en sentido de Granger, la inversión privada, se rechaza a un nivel del 5%. En el planteamiento de la segunda hipótesis, la hipótesis nula de que la inversión privada, no causa en sentido de Granger, al PIB se rechaza al 10%.

Por lo tanto, existe evidencia empírica para determinar doble causalidad entre ambas variables a un nivel de significancia del 10%. También hay evidencia de que el producto genera jalonamientos en la inversión privada lo que demuestra que se da un efecto acelerador.

4. CONCLUSIONES

El propósito de este trabajo es explicar los efectos en la inversión privada mediante el análisis del modelo de inversión irreversible.

Durante la investigación la incertidumbre mostró tener efectos negativos en la inversión privada en Colombia. Además se pudo demostrar que la volatilidad de la tasa de interés es significativa en el análisis de las posibles fuentes de la incertidumbre. Esto quiere decir que el manejo de la política monetaria tiene un impacto relevante sobre el grado de incertidumbre en el mercado.

Igualmente se mostró que la volatilidad de la inflación es significativa. En ambos casos se confirma las suposiciones de Birchenall (1997) donde se resalta que la incertidumbre puede ser producto de la inestabilidad macroeconómica (medida a través de la volatilidad de la inflación) o por factores institucionales (medidos a través de la volatilidad de la tasa de interés).

De acuerdo a esto, es interesante ver que una manera de estimular la inversión privada es ejercer más controles en la inflación para que la economía sea más estable, por lo que es más efectiva una política encaminada a ello que manipular la tasa de interés, pues como se

observó en el impulso – respuesta, la volatilidad de la inflación tiene efectos negativos en la inversión privada que se muestran persistentes en el tiempo.

La volatilidad de la tasa de cambio tiene un efecto directo sobre la inversión privada, igual como lo asume Posada (2010), donde ésta es la proxy de la incertidumbre. Esto quiere decir que los cambios repentinos en las políticas cambiarias del país pueden estimular o desestimular la inversión privada.

Además, las variables en términos de volatilidades mostraron ser significativas en el análisis de la inversión privada, lo que también concluye Partow (1996).

También se logró demostrar que a un nivel de significancia del 10% la volatilidad de la productividad marginal del capital es endógena en el análisis de la inversión privada.

Con el desarrollo del modelo institucional modificado, se pudo demostrar que el producto jalona la inversión privada, lo que hace alusión a la teoría del acelerador. Este resultado implica que el PIB tiene efectos en la inversión privada, al igual que la incertidumbre.

Bajo un nivel de significancia del 10%, se demuestra que la inversión privada jalona el producto, también lo que implica doble causalidad. Teóricamente, se entiende que la inversión privada afecta el PIB por ser un componente de la demanda. En este caso, las implicaciones institucionales son importantes puesto que el Banco de la República afecta también el crecimiento a través de la incertidumbre, que reduce la inversión privada.

Es claro pues la importancia del Banco de la República en la economía, puesto que es el encargado de mantener las políticas que contribuyan a regular los niveles de incertidumbre por distintos mecanismos, sea vía política monetaria o cambiaria. Sin embargo, el mecanismo que se muestra más eficaz es conservar una política anti-inflacionaria para mantener la economía en condiciones estables, estimulando con ello la inversión privada y a su vez el producto nacional que asegure el crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

ABEL, Andrew. Optimal Investment Under Uncertainty. En: The American Economic Review. Marzo. 1983. Vol. 73, no. 1, p. 228 – 233.

ACEMOGLU, Daron, JOHNSON, Simon y ROBINSON, James. The colonial origins of comparative development: An empirical investigation. En: American Economic Review. Diciembre, 2001. Vol. 91, no. 5, p. 1369 – 1401.

ARIAS, Eilyn y TORRES, Carlos. Modelos VAR y VCEM para el pronóstico de corto plazo de las importaciones en Costa Rica. En: Departamento de Investigaciones Económicas. Marzo, 2004, p. 1-30.

BARRIOS, Adriana, HENAO, Marta, POSADA, Carlos, VALDERRAMA, Fanny y VASQUEZ, Diego. Empleo y capital en Colombia: Nuevas estimaciones 1950-1992. En: Archivos de Macroeconomía. Septiembre, 1993, p. 1 – 19.

BERNANKE, Ben. Irreversibility, Uncertainty and Cyclical Investment. En: Quarterly Journal of Economics. Febrero, 1983. Vol. 98, no. 1, p. 85 – 106.

BIRCHENALL, Javier. Inversión, q de Tobin, e incertidumbre en la industria Colombiana. En: Desarrollo y Sociedad. 1997, no. 39, p. 149 – 208.

CABALLERO, Ricardo y PINDYCK Robert. Uncertainty, Investment and Industry Evolution. En: National Bureau of Economic Research. Septiembre, 1992. Working Paper, no. 4160, p. 1 – 24.

CÁRDENAS, Mauricio y OLIVERA Mauricio. La Crítica de Lucas y la inversión en Colombia: Nueva evidencia. En: Ensayos sobre Política Económica. Junio, 1995, no. 27, p. 95-138.

ENDERS, Walter. Applied Econometric Time Series. 2 ed. Estados Unidos: Jhon Wiley & Sons, 2004. 460 p.

FAINBOIM, Israel. Inversión, tributación y costo de uso del capital en Colombia: 1950-1987. En: Ensayos sobre Política Económica. Diciembre, 1990, no. 18, p. 7-50.

JORGENSON, Dale. The Theory of Investment Behavior. En: National Bureau of Economic Research. 1967. Vol. ISBN: 0-87014-309-3, p. 129-188.

LORA, Eduardo. Técnicas de medición económica: metodología y aplicaciones en Colombia. 2 ed. Colombia: Tercer Mundo Editores, 1991. 490 p.

ORTIZ, Carlos. Rendimientos a escala y rentabilidad en la industria manufacturera: Análisis sectorial. En: Borradores Semanales de Economía. 1995, no. 21, p. 1 – 30.

PARTOW, Zeinab. Incertidumbre económica e inversión privada en Colombia. En: Borradores Semanales de Economía. 1996, no. 56, p. 1 – 32.

PINDYCK Robert y SOLIMANO Andrés. Economic Instability and Aggregate Investment. En: National Bureau of Economic Research. Junio, 1983. Working Paper, no. 4380, p. 1 – 48.

POSADA, Mauricio. Incertidumbre macroeconómica e inversión real en Colombia. En: Sociedad y Economía. 2010, no. 18, p. 269 – 300.

TOBIN, James. A General Equilibrium Approach to Monetary Theory. En: Journal of Money Credit and Banking. 1969. Vol. 1, no. 1, p. 15 - 29.

ANEXO A
Prueba de raíces unitarias

Planteamiento de la hipótesis:

Ho: Trayectoria de la raíz unitaria con tendencia en la serie

Ha: Estacionalidad con tendencia en la serie

Regla de decisión:

Se rechaza la Ho sí:

$$|Estadístico Phillips - Perron| > |Valor Crítico|$$

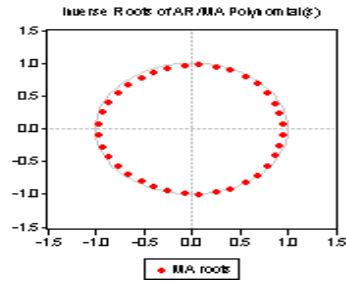
Series	Prueba de raíz unitaria	
	Estadístico Phillips - Perron	Valor Crítico ($\alpha= 5\%$)
LNK	-2,873148	-3,42783
LNL	-16,16944	-3,42783
LNМ	-1,549106	-3,42783
ЛNY	-10,51805	-3,42783
CPIBDES	-33,2323	-3,42866
INFDES	-8,63847	-3,42866
IPRI	-4,306926	-3,42866
SDBETAEXADES	-19,61015	-3,42866
SDEXCH	-12,34206	-3,42866
SDINFDES	-10,78547	-3,42866
SDINT	-9,504779	-3,42866
TI	-2,655743	-3,42866
LNIPRI	-9,253682	-3,427902

Series	Primeras Diferencias	
	Estadístico Phillips - Perron	Valor Crítico ($\alpha= 5\%$)
LNKPD	-16,12076	-3,427902
LMPD	-23,68251	-3,427902
TIPD	-10,69716	-3,42866

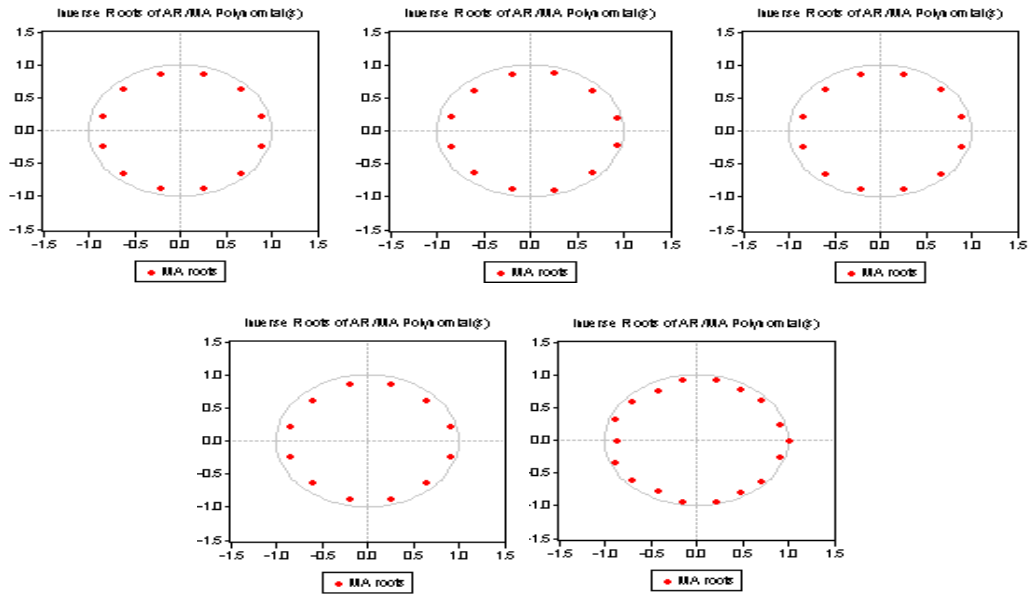
ANEXO B

Raíces inversas auxiliares y del polinomio característico (prueba gráfica de estacionariedad en los MA y estabilidad en los VAR)

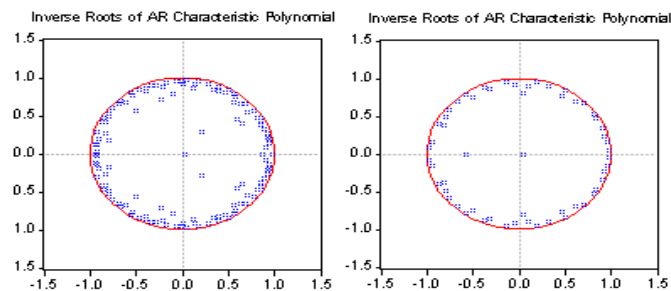
Modelo 1



Modelo 2 (Ecuacion 1 a la 5)



Modelo 3 y 4 respectivamente (Estabilidad del VAR)



ANEXO C
Prueba de autocorrelación y heterocedasticidad

Ho: Ausencia de autocorrelación hasta el retardo de orden h
Ha: Hay autocorrelación hasta el orden h

Prueba Breusch Godfrey				
Modelo 1: Modelo Restringido				
Ecuación	Rezagos	Estadístico F	Probabilidad	Ho
1	36	1,401377	0,082289	Se acepta *
Modelo 2: Fuentes de la Volatilidad de la PMgk				
Ecuación	Rezagos	Estadístico F	Probabilidad	Ho
1	12	1,47444	0,134582	Se acepta *
2	12	0,828503	0,620966	Se acepta *
3	12	1,435521	0,150694	Se acepta *
4	12	1,151056	0,320073	Se acepta *
5	18	0,910304	0,566748	Se acepta *
Modelo 3: VAR				
Ecuación	Rezagos	Estadístico LM	Probabilidad	Ho
1	18	60,71572	0,1217	Se acepta *
Modelo 4: VAR				
Ecuación	Rezagos	Estadístico LM	Probabilidad	Ho
1	28	5,489733	0,2406	Se acepta *

* Al 5% de significancia para ambas pruebas

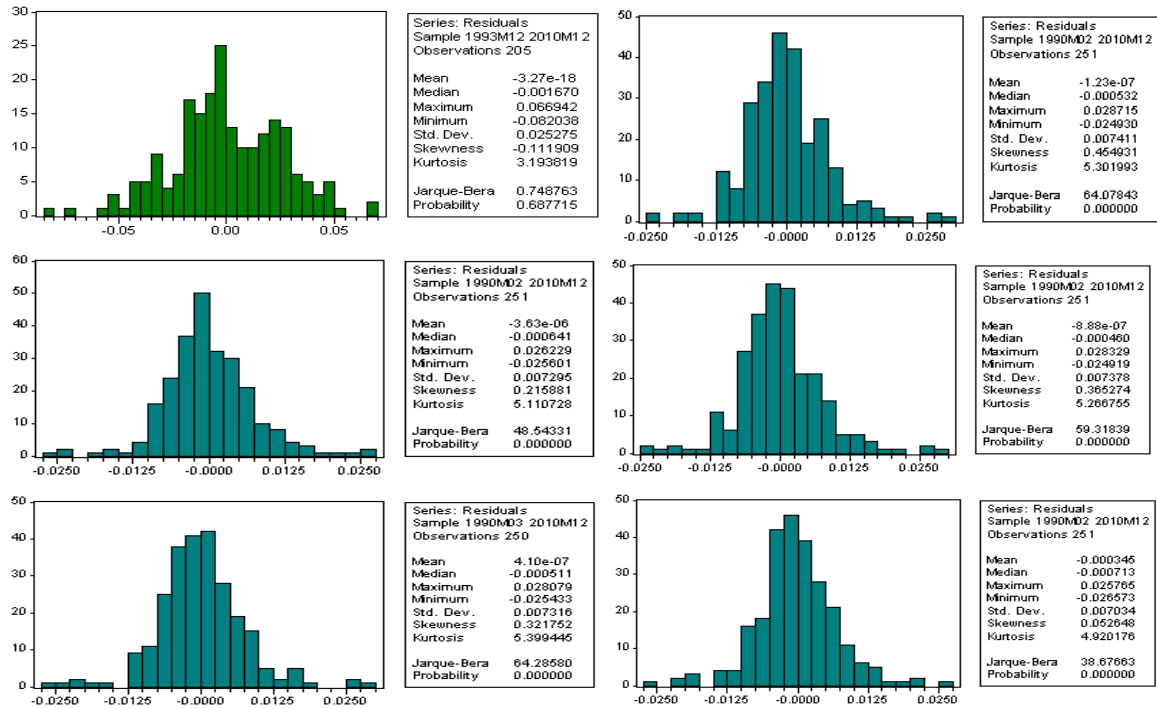
Ho: Residuos homocedásticos
Ha: Residuos heterocedásticos

Prueba de White sin términos cruzados				
Modelo 1: Modelo Restringido				
Ecuación	Prueba	Estadístico F	Probabilidad	Ho
1	Normal	1,102782	0,352396	Se acepta *
Modelo 2: Fuentes de la Volatilidad de la PMgk				
Ecuación	Prueba	Estadístico F	Probabilidad	Ho
1	Normal	1,938833	0,104588	Se acepta *
2	Normal	2,286129	0,036371	Se rechaza *
3	Normal	2,030003	0,052059	Se acepta *
4	Normal	4,147862	0,000548	Se rechaza*
5	Normal	5,098983	0,006759	Se rechaza*
Modelo 3: VAR				
Ecuación	Prueba	Chi-sq (df)	Probabilidad	Ho
1	Conjunta	6205,428 (6188)	0,4355	Se acepta *
Modelo 4: VAR				
Ecuación	Prueba	Chi-sq (df)	Probabilidad	Ho
1	Conjunta	341,73 (336)	0,403	Se acepta *

(df) son los grados de libertad de la Chi-Cuadrado

ANEXO D Pruebas de normalidad

Histogramas de los residuales (Modelo 1 y 2)



Modelo 1: Modelo Restringido			
Ecuación	Prueba	Estadístico JB	Ho
1	Normal	0,748763	Se acepta *
Modelo 2: Fuentes de la Volatilidad de la PMgk			
Ecuación	Prueba	Estadístico JB	Ho
1	Normal	64,07843	Se rechaza *
2	Normal	48,54331	Se rechaza *
3	Normal	59,31839	Se rechaza *
4	Normal	64,2858	Se rechaza *
5	Normal	38,67663	Se rechaza *
Modelo 3: VAR			
Ecuación	Prueba	Estadístico JB (df)	Ho
1	Conjunta	364,031 (14)	Se rechaza*
Modelo 4: VAR			
Ecuación	Prueba	Estadístico JB (df)	Ho
1	Conjunta	356,0181 (4)	Se rechaza*

* Al 5% de significancia
df son los grados de libertad de la Chi cuadrado

