

Informe de Proyecto de Investigación

Título del proyecto	Duración	Lugar de ejecución
La economía subterránea, el ciclo económico y la corrupción en Colombia. una estimación de alta frecuencia con ecuaciones estructurales.	10	Bogotá, Sede Principal USTA.

Nombre del Investigador principal	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
Nicolás Ronderos Pulido	http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000122085	https://orcid.org/0000-0002-3447-4453	https://scholar.google.es/citations?user=QqQjcNAAAJ&hl=es

División	Facultad	Programa	Línea activa	Campos de acción	Grupo de investigación
División de Ciencias Administrativas y Económicas	Facultad de Economía	Economía	Economía pública, social y de las organizaciones	Sociedad	Economía y humanismo

Nombre(s) CO-Investigadores	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
Alexander Cotte Poveda	http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000214531	https://orcid.org/0000-0002-1991-2662	https://scholar.google.es/citations?user=xOuMdsMAAAJ&hl=es

División	Facultad	Programa	Línea activa	Campos de acción	Grupo de investigación
División de Ciencias Administrativas y Económicas	Facultad de Economía	Economía	Economía pública, social y de las organizaciones	Sociedad	Economía y humanismo

Resumen de la propuesta	Palabras clave
<p>En los momentos de mayor regulación por parte del Gobierno muchos individuos distorsionan la noción del tamaño de la economía colombiana participando activamente en la economía subterránea. Por lo cual los hacedores de política no pueden tomar las mejores decisiones con información parcial sobre el estado de la economía. En este trabajo se busca identificar la relación entre la economía subterránea, el ciclo económico y la corrupción en Colombia. La economía subterránea incorpora i) actividades legales no registradas, ii) evasión de impuestos y iii) actividades ilegales. Este tipo de ocupaciones pueden interactuar con el desempeño de la economía registrada, alterar su crecimiento y el bienestar de la población. La estimación de alta frecuencia de la economía subterránea permite a los hacedores de política tomar decisiones óptimas, En este trabajo se propone una nueva metodología para estimar el valor de la economía subterránea colombiana.</p>	<p>Clasificación JEL entre paréntesis. Economía subterránea (O17), Ciclos económicos (E32), Corrupción (D73)</p>

Planteamiento del problema y pregunta de investigación
<p>¿Cómo reacciona la economía subterránea a las variaciones en el ciclo económico? ¿Cuál es la relación entre el ciclo de la economía subterránea y el recaudo fiscal? ¿Cómo interactúa la corrupción y el crecimiento económico en el marco de la economía subterránea?</p>

Justificación
<p>La existencia de una relación entre el ciclo económico de la economía registrada y de la economía subterránea plantea varias interrogantes en cuestión del manejo macroeconómico de Colombia. Usualmente el gasto fiscal de un país es procíclico, debido a que las administraciones</p>

temporales desean obtener un buen desempeño en términos macroeconómicos. Por otro lado, la política monetaria busca estabilizar el ciclo de la economía registrada y para ello el Banco de la República realiza un análisis cuidadoso en lo que respecta al manejo de las herramientas monetarias. Si se incorpora en la toma de decisiones a la economía subterránea las políticas del Gobierno podrían ser óptimas, en el sentido de mejorar su efectividad para la estabilización de la economía registrada y subterránea. Dentro de las actividades de la economía subterránea existe la evasión de impuestos, debido a esto usualmente se considera que un incremento en el valor de la economía subterránea genera una disminución en el recaudo fiscal y en la capacidad del estado para efectuar proyectos y obras públicas. Sin embargo, en caso de que las otras actividades en la economía subterránea se transmitan como un incremento en el ingreso de la economía registrada, el recaudo del Gobierno podría incrementarse a causa de un mayor crecimiento de la economía subterránea. Adicionalmente, el buen desempeño de la economía subterránea está ligado a actividades corruptas que pueden ralentizar el crecimiento de la economía colombiana, debido a esto en el presente trabajo se explora la relación entre corrupción y el crecimiento económico mediante la economía subterránea.

Objetivo general

Estimar la evolución histórica de la economía subterránea y determinar su relación con el ciclo económico y la corrupción.

Objetivos específicos

- Establecer la magnitud de la relación de la economía subterránea con el crecimiento económico y las políticas de estabilización del ciclo económico.
- Calcular el valor y la evolución de la economía subterránea usando información de alta frecuencia.
- Revisión de los métodos indirectos de estimación de la economía subterránea.

Marco teórico

En la literatura existen varias definiciones de lo que constituye a la economía subterránea. Por lo cual, el problema abordado en el trabajo requiere de una definición de economía subterránea. La economía subterránea incluye:

- a. Actividades legales: ingresos subreportados de trabajos informales, ingresos de trabajos pagados en efectivo, actividades económicas sin regulación, evasión de pagos de seguridad social, imputaciones que no se incluyen en el PIB, trueque de bienes y servicios.
- b. Evasión de impuestos: trabajos hogareños que no reportan impuestos, rentabilidades financieras no reportadas al Estado, descuentos y beneficios a empleados.
- c. Actividades ilegales: comercio y producción de narcóticos, comercio y producción de bienes y servicios sin regulación, prostitución, contrabando, y comercio de bienes robados.

De esta manera en este trabajo se adoptan la siguiente definición de economía subterránea: “La producción de bienes y servicios, legales o ilegales, que escapan a la detección de las estimaciones oficiales del PIB” Del’Anno (2003), Del’Anno & Schneider (2004) & Feige (1989); Thomas (1999), Fleming, Roman & Farrell (2000); Giles, Tedds & Werkneh (2002). La cual contempla los tres tipos de actividades definidos anteriormente. Es importante resaltar que estas actividades se caracterizan por que los individuos intentan evadir impuestos, intentan acceder a algún beneficio por parte del Gobierno, o utilizan efectivo para realizar la transacción. Por lo cual, los individuos toman la decisión de participar en la economía subterránea debido a que pueden obtener un mayor ingreso disponible o encontrar bienes y servicios no ofrecidos en la economía oficial. En este trabajo se usarán indistintamente los términos economía informal, escondida, sumergida, paralela, negra o en las sombras para referirse a la economía subterránea.

Este trabajo se enmarca principalmente en la teoría de los *real bussines cycles* Long & Plosser (1983); Kydland & Prescott (1990); Cooley & Prescott (1995); Houston (1987);

Ferreira & Tiryaki (2007). El ciclo económico se define como las desviaciones de los precios, el valor de la producción, empleo, consumo e inversión con respecto a su tendencia de largo plazo. Existe una regularidad empírica en el ciclo económico de todos los países con una economía descentralizada: los ciclos tienden a estar autocorrelacionados de forma positiva, es decir los agregados macroeconómicos suelen mantenerse por encima o por debajo de su tendencia en el corto plazo. La teoría de los *real bussines cycles* propone que esta regularidad empírica puede explicarse a causa de la transmisión de las variaciones en el ingreso hacia el consumo futuro, debido a las preferencias intertemporales de los consumidores.

Ahora bien el valor de las transacciones que se realizan en la economía sumergida se caracteriza por ser inobservadas, al menos de forma directa. En la literatura existen propuestas metodológicas para su estimación, las cuales están basadas en un conjunto de indicadores que reflejen el valor de la economía en la sombra y otro conjunto de variables que expliquen su dinámica. Dichas propuestas reciben el nombre de MIMIC, *multiple indicators and multiple causes* por sus siglas en ingles. En este trabajo se adopta esta metodología indirecta de estimación.

Entre los indicadores que reflejan el valor de la economía subterránea se encuentra la cantidad de efectivo, debido a que sus transacciones se caracterizan por ser intensivas en su uso. En los trabajos del Gutmann (1977) y Cagan (1958) se propone el siguiente método, basado en la demanda de dinero, para la estimación de la economía subterránea.

1. Sea M_t la cantidad de dinero, compuesta por la cantidad de efectivo E_t y los depósitos bancarios D_t . De esta manera $M_t = C_t + D_t$. Se asume un año en el cual la economía subterránea no realizó transacciones con efectivo. Se calcula la proporción de efectivo a depósitos en este año $\lambda = C_{tDB}$.

2. Se asume que la proporción de efectivo a depósitos λ es constante. Por lo cual, en los años donde se presentaron transacciones en la economía subterránea la cantidad de efectivo utilizada por la economía formal es $C_{tF} = \lambda D_t$.

3. A causa de que $0 \leq \lambda \leq 1$ la cantidad de efectivo en la economía subterránea puede calcularse como $C_{tS} = C_t - C_{tF}$.

4. Se calcula la velocidad del dinero de la economía formal utilizando el PNB nominal Y_t y la cantidad de dinero de la economía formal $M_{tF} = C_{tF} + D_t$. La velocidad del dinero se define, de acuerdo a la teoría cuantitativa, como $V_t = Y_t / M_t$.

5. Se asume que la velocidad del dinero en la economía formal es igual a la velocidad de la economía sumergida. Por lo cual la producción nominal de la economía subterránea será $Y_{ts} = V_t C_{ts}$.

El resultado de este método es sensible a la elección del año base. Adicionalmente queda entredicho si la velocidad del dinero es igual en la economía subterránea y en la formal, a causa del mayor uso del efectivo en la economía informal las transacciones que se realizan al margen de la economía registrada pueden presentar una mayor velocidad del dinero. Este método ignora otros determinantes de la demanda de efectivo, Tanzi (1980) y Feige (1979) se calcula el valor de la economía en la sombra controlando por el salario, la tasa de interés real, y el producto por persona como se muestra en la siguiente ecuación.

$$\ln(CM2) = \beta_0 + \beta_1 \ln(1+TW) + \beta_2 \ln(WSY) + \beta_3 R + \beta_4 \ln(YN) + u_t$$

Donde TW representa el valor del recaudo de impuestos, y se utiliza como variables proxy de la economía subterránea. El valor estimado de la economía subterránea está dado por $(\beta \hat{\delta} + \beta \hat{1} \ln(1+TW)) / \ln(CM2)$. Los coeficientes se calculan usando OLS o TSLS. Es importante notar que en esta ecuación se ignora la posibilidad de cointegración. Por otro lado, Bhattacharyya (1990) utiliza la prueba de Ramsey (1969) para detectar la omisión de variables en la anterior ecuación. Debido a esto se calcula el valor de las transacciones de la economía subterránea como un polinomio de los valores ajustados de la anterior ecuación. En este trabajo se utiliza el enfoque de la demanda por efectivo usando en el contexto MIMIC.

Otro indicador que refleja el valor de la economía subterránea es la demanda de energía. Debido a que podría considerarse que todos los bienes y servicios producidos o comercializados en la economía informal utilizan como insumo la electricidad. En el trabajo de Kaufmann y Kaliberda (1996) se calcula el crecimiento de la economía subterránea como la diferencia entre el crecimiento de la demanda de energía y el PIB. Sin embargo, este enfoque ignora las particularidades de cada economía. Por ejemplo, la estructura de producción y consumo de los hogares puede presentar grandes diferencias en términos de la participación de la energía eléctrica. Es bien sabido que los países desarrollados presentan industrias manufactureras desarrolladas, intensivas en el uso de energía eléctrica. De la misma manera la demanda de energía como fuente de calefacción cambia dependiendo de la estación y la locación geográfica de un país. En los trabajos de Lackó (1999), Jhonson (1997) y Lizzeri (1979) se ajusta este enfoque de energía eléctrica controlando por factores adicionales que afecten a la demanda de energía eléctrica, como se muestra en la siguiente ecuación. $\ln ER_{it} = \alpha_1 \ln C_{it} + \alpha_2 AG_{it} + \alpha_3 G_{it} + \alpha_4 Q_{it} + \alpha_5 PR_{it} + \alpha_6 H_{it} + u_{it}$

Donde la ecuación se calcula para el i -ésimo país en el momento t . ER representa el consumo per cápita de electricidad (Kwh), C el consumo real de los hogares per cápita, AG la participación del sector agropecuario con respecto al PIB, G un índice de las diferencias climáticas, Q la participación de otras fuentes de energía diferentes a la eléctrica con respecto al total de energía consumida por el hogar, PR precio real de 1 Kwh en dólares, y H es el valor de la producción de la economía subterránea. Se asume que H_{it} se determina por $H_{it} = \beta_1 TL_{it} + \beta_2 TC_{it} + \beta_3 D_{it} + \beta_4 I_{it} + \beta_5 EX_{it}$

Donde TL son las tasas del impuesto a la renta, TC las tasas de impuesto al capital, D una dicótoma de cambio estructural en el PIB, I la inflación anual y EX el gasto del Gobierno como porcentaje del PIB. Los impuestos se incluyen ya que a mayor tasa de impuestos mayor ganancia puede tener un individuo al

participar en la economía subterránea. La inflación se incluye debido a que puede considerarse como un impuesto a la tenencia de efectivo. Por último el gasto del Gobierno puede tener una influencia indirecta en la economía subterránea mediante la economía registrada y el mayor control por parte del Gobierno. La estimar el valor de la economía sumergida se reemplaza el valor de H_{it} en la ecuación de $LnER_{it}$ y se calculan los parámetros del siguiente modelo utilizando OLS. $LnER_{it} = \gamma_1 LnC_{it} + \gamma_2 AG_{it} + \gamma_3 G_{it} + \gamma_4 Q_{it} + \gamma_5 PR_{it} + \gamma_6 H_{it} + \gamma_7 TL_{it} + \gamma_8 TC_{it} + \gamma_9 D_{it} + \gamma_{10} I_{it} + \gamma_{11} EX_{it} + \eta_{it}$

Por lo cual el valor estimado de la economía subterránea para el conjunto de economía para todos los momentos del tiempo está dado por:

$$\hat{H}_{it} = (\gamma_6 \hat{H}_{it} + \gamma_7 \hat{TL}_{it} + \gamma_8 \hat{TC}_{it} + \gamma_9 \hat{D}_{it} + \gamma_{10} \hat{I}_{it} + \gamma_{11} \hat{EX}_{it}) / LnER_{it}$$

En esta metodología originalmente propuesta por Lackó (1999), Jhonson (1997) y Lizzeri (1979) se ignora la posibilidad de endogeneidad y las ventajas de una estimación con datos de panel. En este trabajo también se incorpora la demanda de energía eléctrica en el contexto de modelos MIMIC.

En este trabajo se propone la utilización del filtro de Kalman para estimar el valor de la economía subterránea. El uso del filtro tiene precedentes para este cálculo, en los trabajos de Frey and Weck-Hannemann (1984); Giles and Tedds (2002); Tedds (2005); y DellAno (2003) se plantea la estimación de la economía subterránea para la economía canadiense, de Estados Unidos e Italia. Para el caso colombiano Schneider y Hametner (2014) realizan la estimación de la economía subterránea, se encuentra una relación positiva de la economía subterránea y el crecimiento económico. Misas, Argando y Lopez (2005) calculan el valor de la economía sumergida para la economía colombiana basada en la demanda de efectivo, y Misas, Villa y Loayza (2016) estiman el valor del lavado de activos en la economía Colombiana. En ninguno de estos trabajos se realiza una estimación de alta frecuencia de la economía subterránea.

Para utilizar el filtro de Kalman las ecuaciones estructurales deben plantearse en una forma estado espacio, ver Harvey (1993) y Hamilton (1991). El vector de variables observadas de tamaño $N \times 1$ se plantea usando la *ecuación de medición*, dada por: $y_t = Z_t \alpha_t + d_t + \varepsilon_t$

Donde α_t se conoce como el *vector de estado* de tamaño $m \times 1$, este vector contiene variables inobservadas. La matriz Z_t es tamaño $N \times m$ y d_t es de tamaño $N \times 1$, estas matrices pueden contener variables observadas o determinísticas. Y ε_t es un vector $N \times 1$ de perturbaciones no autocorrelacionadas con media cero y matriz de varianzas covarianza $Va(\varepsilon_t) = H_t$. El vector α_t se encuentra determinado por la *ecuación de transición*. $\alpha_t = T_t \alpha_{t-1} + c_t + R_t \eta_t$

Donde T_t es una matriz de parámetros de tamaño $m \times m$, c_t es un vector de tamaño $m \times 1$, R_t una matriz $m \times g$ y η_t un vector $1 \times g$ de perturbaciones no autocorrelacionadas con media cero y matriz de varianzas covarianza $Va(\eta_t) = Q_t$. Adicionalmente se asume que las perturbaciones de la ecuación de medida y transición no se encuentran relacionadas $(\varepsilon_t \eta_t') = 0$. Si se define $\hat{\alpha}_t$ como el valor estimado de α_t utilizando la información disponible hasta t , es decir $\hat{\alpha}_t = (\alpha_t)$ la matriz de varianzas covarianza de las variables de estado estará dada por $P_t = E((\alpha_t - \hat{\alpha}_t)(\alpha_t - \hat{\alpha}_t)')$. De esta manera si se toma valor esperado condicional a la información disponible en $t-1$ se tiene que el estimador de α_t $\hat{\alpha}_t / t-1 = T_t \hat{\alpha}_{t-1} + c_t$

Y el estimador de P_t $P_t / t-1 = E((T_t(\alpha_{t-1} - \hat{\alpha}_{t-1}) + R_t \eta_t)(T_t(\alpha_{t-1} - \hat{\alpha}_{t-1}) + R_t \eta_t)')$ $P_t / t-1 = T_t P_{t-1} T_t' + R_t Q_t R_t'$

Las ecuaciones de $\hat{\alpha}_t / t-1$ y $P_t / t-1$ se conocen como las ecuaciones de *predicción* del filtro de Kalman. Ahora bien el estimador de la ecuación de medición y_t condicionado a la información disponible en $t-1$, $\hat{y}_t / t-1 = Z_t \hat{\alpha}_t / t-1 + d_t$ y su error de pronóstico $v_t = y_t - \hat{y}_t / t-1 = Z_t(\alpha_t - \hat{\alpha}_t / t-1) + \varepsilon_t$. De esta manera la varianzas del error de pronóstico, utilizada para inferencia estadística, se determina por la siguiente expresión. $F_t = Z_t P_t / t-1 Z_t' + H_t$

La *actualización* de información hasta el momento t se realiza considerando que el vector $(\alpha_1', y_1)'$ se determina, para $t=1$ por:

$$\alpha_1 = a_1 / 0 + \alpha_1 - a_1 / 0 \quad y_1 = Z_1 a_1 / 0 + d_1 + Z_1 (\alpha_1 - a_1 / 0) + \varepsilon_1$$

Por lo cual el vector $(\alpha_1', y_1)'$ tiene media: $[a_1 / 0 \quad Z_1 a_1 / 0 + d_1]$

Y matriz de varianza covarianza: $[P_{1/0}E((T_1(\alpha_0 - a_0) + R_1\eta_1)(Z_1(T_1(\alpha_0 - a_0) + R_1\eta_1)))'.Z_1P_{1/0}Z_1' + H_1] = [P_{1/0}P_{1/0}Z_1'Z_1P_{1/0}Z_1P_{1/0}Z_1' + H_1]$

Teniendo en cuenta las propiedades de la distribución normal multivariada y que el anterior procedimiento puede realizarse para $t=1, \dots, T$, las ecuaciones de *actualización* del filtro de Kalman para la media y varianza del vector de estado son: $a_t = a_{t/t-1} + P_{t/t-1}Z_t'F_{t-1}(y_t - Z_t a_{t/t-1} - d_t)$

$$P_t = P_{t/t-1} - P_{t/t-1}Z_t'F_{t-1}Z_tP_{t/t-1}$$

El valor de la economía subterránea y su evolución histórica es estimado utilizando las ecuaciones de *predicción* y *actualización* del filtro de Kalman. Los parámetros de las ecuaciones estructurales son estimados utilizando máxima verosimilitud asumiendo una distribución normal multivariada para el error de predicción v_t . La estimación de estos parámetros indica la relación de la economía subterránea con el ciclo económico y la corrupción en Colombia. El filtro de Kalman se emplea utilizando el software Eviews 10. $LogL(Z_t, d_t, T_t, c_t, H_t, Q_t, R_t) = -T/2 Log 2\pi - 1/2 \sum_{t=1}^T \log ||F_t|| - 1/2 \sum_{t=1}^T v_t' F_{t-1}^{-1} v_t$

Se utilizan las siguientes bases de datos para la estimación de la economía subterránea.

- DANE: Índice de seguimiento a la economía, índices de precios al consumidor y productor.
- DIAN: recaudo mensual de impuestos.
- UPME: Demanda de energía residencial y no residencial.
- Banco de la República: Agregados monetarios y crediticios.
- Bloomberg: EMBI Colombia y CDS.
- Transparencia internacional: Corruption index. Interpolación.

Metodología

En este trabajo se propone la utilización del filtro de Kalman para estimar el valor de la economía subterránea. El uso del filtro tiene precedentes para este cálculo, en los trabajos de Frey and Weck-Hannemann (1984); Giles and Tedds (2002); Tedds (2005); y Dell'Ano (2003) se plantea la estimación de la economía subterránea para la economía canadiense, de Estados Unidos e Italia. Para el caso colombiano Schneider y Hametner (2014) realizan la estimación de la economía subterránea, se encuentra una relación positiva de la economía subterránea y el crecimiento económico. Misas, Argando y Lopez (2005) calculan el valor de la economía sumergida para la economía colombiana basada en la demanda de efectivo, y Misas, Villa y Loayza (2016) estiman el valor del lavado de activos en la economía Colombiana. En ninguno de estos trabajos se realiza una estimación de alta frecuencia de la economía subterránea.

Para utilizar el filtro de Kalman las ecuaciones estructurales deben plantearse en una forma estado espacio, ver Harvey (1993) y Hamilton (1991). El vector de variables observadas de tamaño $N \times 1$ se plantea usando la *ecuación de medición*, dada por:

$$y_t = Z_t \alpha_t + d_t + \varepsilon_t$$

Donde α_t se conoce como el *vector de estado* de tamaño $m \times 1$, este vector contiene variables inobservadas. La matriz Z_t es tamaño $N \times m$ y d_t es de tamaño $N \times 1$, estas matrices pueden contener variables observadas o determinísticas. Y ε_t es un vector $N \times 1$ de perturbaciones no autocorrelacionadas con media cero y matriz de varianza covarianza $Var(\varepsilon_t) = H_t$. El vector α_t se encuentra determinado por la *ecuación de transición*.

$$\alpha_t = T_t \alpha_{t-1} + c_t + R_t \eta_t$$

Donde T_t es una matriz de parámetros de tamaño $m \times m$, c_t es un vector de tamaño $m \times 1$, R_t una matriz $m \times g$ y η_t un vector $1 \times g$ de perturbaciones no autocorrelacionadas con media cero y matriz de varianza covarianza $Var(\eta_t) = Q_t$. Adicionalmente se asume que las perturbaciones de la ecuación de medida y transición no se encuentran relacionadas $E(\varepsilon_t \eta_t') = 0$. Si se define a_t como el valor estimado de α_t utilizando la información disponible hasta t , es decir $a_t = E(\alpha_t)$ la matriz de varianza covarianza de las variables de estado estará dada por $P_t = E((\alpha_t - a_t)(\alpha_t - a_t)')$. De esta manera si se toma valor esperado condicional a la información disponible en $t - 1$ se tiene que el estimador de α_t

$$a_{t/t-1} = T_t a_{t-1} + c_t$$

Y el estimador de P_t

$$P_{t/t-1} = E((T_t(\alpha_{t-1} - a_{t-1}) + R_t \eta_t)(T_t(\alpha_{t-1} - a_{t-1}) + R_t \eta_t)')$$

$$P_{t/t-1} = T_t P_{t-1} T_t' + R_t Q_t R_t'$$

Las ecuaciones de $a_{t/t-1}$ y $P_{t/t-1}$ se conocen como las ecuaciones de *predicción* del filtro de Kalman. Ahora bien el estimador de la ecuación de medición y_t condicionado a la información disponible en $t - 1$, $\widehat{y_{t/t-1}} = Z_t a_{t/t-1} + d_t$ y su error de pronóstico $v_t = y_t - \widehat{y_{t/t-1}} = Z_t(\alpha_t - a_{t/t-1}) + \varepsilon_t$. De esta manera la varianza del error de pronóstico, utilizada para inferencia estadística, se determina por la siguiente expresión.

$$F_t = Z_t P_{t/t-1} Z_t' + H_t$$

La *actualización* de información hasta el momento t se realiza considerando que el vector $(\alpha_1', y_1)'$ se determina, para $t = 1$ por:

$$\alpha_1 = a_{1/0} + \alpha_1 - a_{1/0}$$

$$y_1 = Z_1 a_{1/0} + d_1 + Z_1(\alpha_1 - a_{1/0}) + \varepsilon_1$$

Por lo cual el vector $(\alpha_1', y_1)'$ tiene media:

$$\begin{bmatrix} a_{1/0} \\ Z_1 a_{1/0} + d_1 \end{bmatrix}$$

Y matriz de varianza covarianza:

$$\begin{bmatrix} P_{1/0} & E((T_1(\alpha_0 - a_0) + R_1 \eta_1)(Z_1(T_1(\alpha_0 - a_0) + R_1 \eta_1))') \\ \cdot & Z_1 P_{1/0} Z_1' + H_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{1/0} & P_{1/0} Z_1' \\ Z_1' P_{1/0} & Z_1 P_{1/0} Z_1' + H_1 \end{bmatrix}$$

Teniendo en cuenta las propiedades de la distribución normal multivariada y que el anterior procedimiento puede realizarse para $t = 1, \dots, T$, las ecuaciones de *actualización* del filtro de Kalman para la media y varianza del vector de estado son:

$$a_t = a_{t/t-1} + P_{t/t-1} Z_t' F_t^{-1} (y_t - Z_t a_{t/t-1} - d_t)$$

$$P_t = P_{t/t-1} - P_{t/t-1} Z_t' F_t^{-1} Z_t P_{t/t-1}$$

El valor de la economía subterránea y su evolución histórica es estimado utilizando las ecuaciones de *predicción* y *actualización* del filtro de Kalman. Los parámetros de las ecuaciones estructurales son estimados utilizando máxima verosimilitud asumiendo una distribución normal multivariada para el error de predicción v_t . La estimación de estos parámetros indica la relación de la economía subterránea con el ciclo económico y la corrupción en Colombia. El filtro de Kalman se emplea utilizando el software Eviews 10.

$$\text{Log}L(Z_t, d_t, T_t, c_t, H_t, Q_t, R_t) = -\frac{T}{2} \text{Log}2\pi - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \log \| F_t \| - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T v_t' F_t^{-1} v_t$$

Se utilizan las siguientes bases de datos para la estimación de la economía subterránea.

- DANE: Índice de seguimiento a la economía, índices de precios al consumidor y productor.
- DIAN: recaudo mensual de impuestos.
- UPME: Demanda de energía residencial y no residencial.
- Banco de la República: Agregados monetarios y crediticios.
- Bloomberg: EMBI Colombia y CDS.
- Transparencia internacional: Corruption index. Interpolación.

Resultados esperados		
Tipo de producto	Detalle	Cantidad
Generación de nuevo conocimiento	Artículos de investigación	1

	Libros de investigación	0
	Capítulos de investigación	0
	Productos tecnológicos patentados o en proceso	0
	Variedades vegetales	0
Actividades de investigación, desarrollo e innovación	Productos tecnológicos certificados o validos	0
	Productos empresariales	0
	Regulaciones, normas, reglamentos técnicos	0
	Consultorías científicas y tecnológicas	0
	Innovación social	0
Apropiación social del conocimiento	Participación ciudadana	0
	Transferencia del conocimiento	0
	Gestión del conocimiento	0
	Comunicación del conocimiento	0
	Circulación del conocimiento especializado	0
Formación de recursos de formación	Tesis de doctorado	0
	Tesis de maestría	0
	Trabajos de grado	0
	Proyectos de ID+i con formación	0
	Apoyo a programas de formación	1

Contribución del proyecto al cumplimiento con la misión institucional

El proyecto de investigación se articula con la misión institucional de la USTA al promover la investigación y el mejoramiento de los procesos de enseñanza aprendizaje de manera crítica y creativa para aportar a las soluciones de las problemáticas y necesidades del país.

Líneas del PIM con las que vincula el proyecto

1.	Gobierno	Consolidado	y	Fortalecido
3.	Proyección	social	investigación	pertinentes

5. Personas que transforman sociedad
6. Capacidad y gestión institucional que logran la efectividad Multicampus

Acciones del Plan General de Desarrollo 2016-2019 con el que se articula el proyecto

El proyecto de investigación se articula con la calidad educativa para todos, inclusión para la equidad e igualdad en el Plan General de Desarrollo de Bogotá.

FODEIN				
Concepto	Nombre	Escalafón	Horas mes	Total (\$)
Horas Nomina (Investigador Principal)	Nicolás Ronderos Pulido	2	40	\$ 9.965.200
Horas Nomina (Co-Investigadores)	Alexander Cotte Poveda	4	40	\$ 13.927.600

Concepto	Descripción	Total (\$)
Servicios técnicos	Traducciones y publicación en revistas especializadas	\$ 3.000.000
Total FODEIN	\$ 26.892.800	

CONTRAPARTIDA EXTERNA

Concepto	Nombre	Escalafón	Horas mes	Total
Horas Nomina				\$

Concepto	Descripción	Total
		\$
Total Contrapartida externa	\$	
TOTAL PROYECTO	\$ 0	

CRONOGRAMA		
Actividad	Fecha Inicio	Fecha Fin
Revisión de literatura nacional e internacional sobre los rendimientos de la educación	2019-02-01	2019-06-30
Contratación auxiliares de investigación	2019-02-01	2019-02-28
Construcción de bases de datos	2019-03-01	2019-06-30
Diseño del modelo	2019-06-01	2019-06-30
Aplicación del modelo de ecuaciones estructurales	2019-06-01	2019-09-30
Ajustes metodológicos y revisión de trabajos previos	2019-10-01	2019-10-31
Envío del artículo a la revista seleccionada	2019-10-01	2019-11-30

Posibles evaluadores
Sebastián Sandoval MA, Docente Pontificia Universidad Javeriana. Correo electrónico: juan-sandoval@javeriana.edu.co

Referencia(s)
Bhattacharyya, D. K. (1999). On the economic rationale of estimating the hidden economy. <i>The Economic Journal</i> , 109(456), 348-359.
Breitung, J., & Swanson, N. R. (1998). Temporal aggregation and causality in multiple time series models (No. 1998, 27). Discussion Papers, Interdisciplinary Research Project 373: Quantification and Simulation of Economic Processes.
Cagan, P. (1958). The demand for currency relative to the total money supply. <i>Journal of political economy</i> , 66(4), 303-328.
Feige, E. L. (1996). Overseas holdings of US currency and the underground economy. <i>Exploring the Underground Economy</i> . Kalamazoo, Michigan, 5-62.
Feige, E. L. (1997). Underground activity and institutional change: Productive, protective and predatory behavior in transition economies. <i>Transforming post-communist political economies</i> , 21, 34.

Fleming, M. H., Roman, J., & Farrell, G. (2000). The shadow economy. *Journal of International Affairs*, 387-409. Fichtenbaum, R. (1989). The productivity slowdown and the underground economy. *Quarterly Journal of Business and Economics*, 78-90.

Friedman, E., Johnson, S., Kaufmann, D., & Zoido-Lobaton, P. (2000). Dodging the grabbing hand: the determinants of unofficial activity in 69 countries. *Journal of public economics*, 76(3), 459-493.

Giles, D. E., Tedds, L. M., & Werkneh, G. (2002). The Canadian underground and measured economies: Granger causality results. *Applied Economics*, 34(18), 2347-2352. Giles, D. E. (1999). Measuring the hidden economy: Implications for econometric modelling. *The Economic Journal*, 109(456), 370-380.

Gutmann, P. M. (1977). The subterranean economy. *Financial Analysts Journal*, 33(6), 26-27. Granger, C. W. (1988). Some recent development in a concept of causality. *Journal of econometrics*, 39(1-2), 199-211. Houston, J. F. (1987). Estimating the size and implications of the underground economy (No. 87-9).

Kalman, R. E. (1960). A new approach to linear filtering and prediction problems. *Journal of basic Engineering*, 82(1), 35-45. Lackó, M. (2000). Hidden economy—an unknown quantity? Comparative analysis of hidden economies in transition countries, 1989–95. *Economics of Transition*, 8(1), 117-149. Loayza, N. (1999). The economics of the informal sector: a simple model and some empirical evidence from Latin America.

The World Bank. Ramsey, J. B. (1969). Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 350-371.

Villa, E., Misas, M. A., & Loayza, N. V. (2016). Illicit activity and money laundering from an economic growth perspective: a model and an application to Colombia. The World Bank.

Misas, M., Arango, C., & López, E. (2005). *ECONOMIA SUBTERRANEA EN COLOMBIA 1976-2003: UNA MEDICION A PARTIR DE LA DEMANDA DE EFECTIVO*♣. Borradores de Economía. Bogotá: Banco de la República.

Schneider, F., & Hametner, B. (2014). The shadow economy in Colombia: size and effects on economic growth. *Peace Economics, Peace Science and Public Policy*, 20(2), 293-325.

Schneider, F. (2004). *The Size of the Shadow Economies of 145 Countries all over the World: First Results over the Period 1999 to 2003*.

Schneider, F. (2005). Shadow economies around the world: what do we really know?. *European Journal of Political Economy*, 21(3), 598-642.

Schneider, F. (2007). Shadow economies and corruption all over the world: what do we really know?.

Schneider, F. (2007). Shadow economies and corruption all over the world: what do we really know?. Tanzi, V. (1999). Uses and abuses of estimates of the underground economy. *The Economic Journal*, 109(456), 338-347.

Tanzi, V. (1980). The underground economy in the United States: estimates and implications. *PSL Quarterly Review*, 33(135).

Tedds, L., & Giles, D. (2002). Taxes and the Canadian underground economy.

Tedds, L. (2005). The underground economy in Canada. Thomas, J. (1999). Quantifying the black economy: 'measurement without theory' yet again?. *The Economic Journal*, 109(456), 381-389.

Weck-Hannemann, H., & Frey, B. S. (1985). Measuring the shadow economy: the case of Switzerland. In *The economics of the shadow economy* (pp. 76-104).

Springer, Berlin, Heidelberg. Wei, W. W. (1982). Comment: The Effects of Systematic Sampling and Temporal Aggregation on Causality—A Cautionary Note. *Journal of the American Statistical Association*, 77(378), 316-319.

Documentos adjuntos

Aval Facultad.pdf

Aval Facultad.pdf