

**ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN ENTRE LA OFERTA MONETARIA, LA
TASA DE INTERÉS Y EL CONSUMO DE LOS HOGARES EN
COLOMBIA EN EL PERÍODO 2005 - 2015**



NANCY YULIETH ARÉVALO LEÓN

SANDRA MILENA LAGUNA VERÁSTEGUI

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA
BOGOTÁ, D. C.
2017**

**ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN ENTRE LA OFERTA MONETARIA, LA
TASA DE INTERÉS Y EL CONSUMO DE LOS HOGARES EN
COLOMBIA EN EL PERÍODO 2005 - 2015**

NANCY YULIETH ARÉVALO LEÓN

SANDRA MILENA LAGUNA VERÁSTEGUI

Trabajo de Grado para optar al título de:

Especialista en Estadística Aplicada

Asesor: Juan Camilo Santana

Magister en Estadística

**FUNDACIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADÍSTICA APLICADA
BOGOTÁ, D.C.
2017**

Nota de Aceptación



Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, 10 de junio 2017

Las Directivas de la Universidad de Los Libertadores, los jurados calificadores y el cuerpo Docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas En el presente documento. Estos corresponde únicamente a los autores

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	9
• PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
• FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
• JUSTIFICACIÓN.....	11
• OBJETIVOS.....	11
2. MARCO DE REFERENCIA.....	12
3. MARCO TEÓRICO.....	15
3.1 Series Temporales.....	15
3.2 Modelamiento de series estacionarias univariadas.....	18
3.2.1 Modelos Autorregresivos de orden p , $AR(p)$	18
3.2.2 Modelos de Medias Móviles de orden q , $MA(q)$	19
3.2.3 Modelos Autorregresivos Integrados de Promedios Móviles, $ARIMA(p, d, q)$	19
3.3 Cointegración.....	19
3.3.1 Prueba de Engle-Granger.....	19
3.3.2 Mecanismo de corrección de errores (MCE).....	20
4. MARCO METODOLÓGICO.....	21
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	23
5.1 Descripción de las variables.....	23
5.2 Implementación método de Engle y Granger.....	28
5.2.1 Etapa 1. Determinación del orden de integración de la series.....	28
5.2.2 Etapa 2. Determinación de cointegración.....	31
5.3 Mecanismo de Corrección de Errores (MCE).....	33
5.4 Modelo ARIMAX.....	37
6. CONCLUSIONES.....	41
7. BIBLIOGRAFÍA.....	43

Lista de Gráficas

- Gráfica 1. Oferta monetaria $M1$ mensual
- Gráfica 2. Tasa de colocación mensual
- Gráfica 3. Índice de Confianza del Consumidor
- Gráfica 4. Series de tiempo para $M1$ y TCB e ICC transformadas
- Gráfica 5. Contraste de la serie $M1$ y la serie ajustada
- Gráfica 6. Correlogramas de los ε_t de corto plazo



Lista de Tablas

- Tabla 1. Prueba de DFA para la serie $M1$
- Tabla 2. Prueba DFA para la serie $M1$ diferenciada
- Tabla 3. Prueba de DFA para la serie TCB
- Tabla 4. Prueba de DFA para la serie TCB diferenciada
- Tabla 5. Prueba de DFA para la serie ICC
- Tabla 6. Prueba de DFA para la serie ICC diferenciada
- Tabla 7. Regresión Lineal $M1$, TCB e ICC
- Tabla 8. Prueba DFA residuales de la regresión sobre $M1$
- Tabla 9. Relación a corto plazo entre $M1$ y TCB , ICC y el error
- Tabla 10. Test de Ljung-Box sobre los ε_t de corto plazo
- Tabla 11. Test Jarque Bera sobre los ε_t de corto plazo
- Tabla 12. Modelos ARIMAX para $M1$
- Tabla 13. Modelo ARIMAX(12,0,7)
- Tabla 14. Test de Ljung-Box sobre los ε_t de corto plazo
- Tabla 15. Test de Jarque Bera sobre los ε_t de corto plazo



AGRADECIMIENTOS

A Dios, a nuestras familias y a todos aquellos que nos apoyaron en el desarrollo de este trabajo con sus aportes académicos y profesionales:

Infinitas Gracias



ANÁLISIS DE COINTEGRACIÓN ENTRE LA OFERTA MONETARIA, LA TASA DE INTERÉS Y EL CONSUMO DE LOS HOGARES EN COLOMBIA

RESUMEN

En economía se emplea a menudo la técnica estadística de cointegración para determinar la existencia de relaciones a largo plazo entre variables económicas. Para este caso en particular, se determina la relación a largo y corto plazo entre la oferta monetaria $M1$ como variable regresada, y la tasa de colocación y el consumo de los hogares como variables regresoras, en un contexto netamente colombiano durante el período 2005 – 2015. La metodología utilizada para establecer la existencia de cointegración a largo plazo entre estas variables, es la propuesta por Engle y Granger que consta de dos etapas en las cuales se determina el orden de integración de las series y la estabilidad en el largo plazo; una vez demostrada la cointegración se propone un mecanismo de corrección de errores, con el cual se establece una relación en el corto plazo entre las tres variables, una dependiente de las otras dos y del error estimado en el largo plazo, de tal manera que se pueda establecer el impacto de la tasa de colocación y el consumo de los hogares sobre la oferta de dinero.

Palabras Clave:

Oferta Monetaria, tasa de colocación, consumo de hogares, cointegración, mecanismo de corrección de errores, modelos ARIMAX.

I. INTRODUCCIÓN

La interacción entre política monetaria y estabilidad financiera se ha convertido en un nuevo tema de investigación cada vez más importante en los últimos años. Su creciente preponderancia obedece, al impacto que la crisis financiera de 2008 y 2009 ha tenido sobre el pensamiento de los hacedores de política económica en los países desarrollados y emergentes (Gonzales & Ojeda, 2015).

En este sentido, los temas de investigación se han dirigido al análisis del amplio número de relaciones a corto y largo plazo de los agregados económicos y los efectos en la estructura general monetaria y cómo impactan el consumo y la producción nacional.

Por consiguiente, conocer las relaciones entre la tasa de interés, el consumo de los hogares, y el flujo de dinero, puede ayudar a comprender los comportamientos que generan las estrategias económicas y financieras sobre la liquidez a lo largo del tiempo en la economía colombiana; y determinar si las modificaciones en el volumen de dinero circulante contribuyen al dinamismo de la economía o por el contrario pueden frenar el consumo y la producción nacional.

De allí que el presente documento tiene como propósito examinar las relaciones de corto y largo plazo entre la oferta monetaria, la tasa de interés y el consumo de los hogares.

En el capítulo 1, se presenta la descripción de la problemática de investigación y los objetivos propuestos; en el capítulo 2 se menciona la literatura que orientó el abordaje teórico y el desarrollo metodológico de la investigación. Luego se definen cada una de las variables bajo estudio y los planteamientos estadísticos necesarios para el análisis. En el capítulo 4 se describe la metodología utilizada y las características de los datos de las variables analizadas. En el capítulo 5 se exponen los análisis y resultados de la investigación y por último se presentan las conclusiones y referencias bibliográficas.

• PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La política monetaria es el principal medio de intervención del Estado en asuntos macroeconómicos. Así mismo, es uno de los mecanismos más importantes para controlar la cantidad de dinero sobre la actividad económica.

En Colombia, el Banco de la República es la autoridad en política monetaria, cuyo objetivo fundamental en el largo plazo es el mantenimiento de la capacidad adquisitiva de la moneda, coordinado con una política macroeconómica general orientada al crecimiento del producto y el nivel de empleo (Banco de la República, 2013).

De tal manera que política monetaria en el país está determinada por la meta de inflación, el panorama general de la economía y el comportamiento de los agregados monetarios (Zuluaga, 2004). Estos últimos, los agregados monetarios, son los componentes que integran la oferta monetaria, es decir, la oferta de dinero en todas sus expresiones.

En efecto, la oferta monetaria, definida por el Banco de la República (2016) como el volumen de dinero que se encuentra disponible en la economía de un país en un momento determinado, es controlada por la banca central mediante estrategias de carácter macroeconómico como la fijación de una inflación objetivo, el establecimiento de valores de referencia para el nivel de los agregados monetarios, el nivel de déficit fiscal, y otras variables económicas consideradas en la programación monetaria y financiera como las tasas de interés.

Es así como el Banco de la República, cuenta con mecanismos de intervención de política monetaria para afectar la cantidad de dinero que circula en la economía, como lo es la modificación en la tasa de interés mínima que cobra a las entidades financieras por los préstamos que les hace, o la tasa de interés máxima que paga por recibirles el dinero sobrante.

Por otra parte, el consumo de los hogares, es uno de los indicadores de la dinámica y situación económica del país, y permite identificar el volumen de dinero que requiere la población, de ahí que el consumo de los hogares sea otra variable necesaria para determinar la oferta monetaria.

Por consiguiente, conocer las relaciones entre la tasa de interés, el consumo de los hogares, y la oferta monetaria, puede ayudar a comprender los comportamientos que generan las estrategias expansionistas o contraccionistas de la banca central a lo largo del tiempo en la economía colombiana; y determinar si las modificaciones en el volumen de dinero circulante contribuyen al dinamismo de la economía o por el contrario pueden frenar el consumo y la producción nacional.

- **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

De esta forma, surgen algunos interrogantes respecto de la dinámica entre la oferta monetaria, la tasa de interés y el consumo de los hogares en Colombia, ¿Está la oferta monetaria relacionada con la tasa de interés y el consumo de los hogares? De ser así, ¿cómo es esta relación en el largo y corto plazo?

- **JUSTIFICACIÓN**

Los agregados monetarios y la confianza de los consumidores dan muestra del desarrollo de la actividad económica y reflejan la orientación de la política monetaria en el país, de allí la importancia de identificar y analizar variables macro que ayuden a explicar las relaciones de la oferta monetaria a lo largo de tiempo. Todo esto con el fin de tomar decisiones acertadas, que garanticen la estabilidad económica y social del país.

- **OBJETIVOS**

Objetivo general:

- Identificar las relaciones de equilibrio de largo y corto plazo entre la oferta monetaria, la tasa de interés y el consumo de los hogares, en el período 2005-2015 en Colombia.

Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de la oferta monetaria, la tasa de interés y el consumo de los hogares en Colombia, en el periodo 2005-2015.
- Determinar la existencia de cointegración entre la oferta monetaria como variable regresada y la tasa de interés y el consumo de los hogares como variables regresoras dentro del período de estudio.
- Establecer una relación de largo plazo entre la oferta monetaria, la tasa de interés, y el consumo de los hogares en Colombia.
- Estimar una relación de corto plazo entre las variables objeto de estudio por medio del mecanismo de corrección de errores en el período observado.

2. MARCO DE REFERENCIA

Los agregados monetarios se definen como los componentes que integran la oferta monetaria, es decir, la oferta de dinero en todas sus expresiones. En un sentido más amplio, la oferta monetaria es la cantidad de dinero que circula dentro de una economía, ya sea dinero líquido o efectivo, hasta dinero bancario o títulos valor (Banco de la república, 2016).

Así, según el Banco de la República de Colombia (2015) los principales agregados monetarios son:

a) Oferta monetaria $M1$

Corresponde al dinero que es utilizado para transacciones, para vender y comprar cosas. Este dinero se puede utilizar en cualquier momento; éste hace referencia al efectivo (monedas y billetes) que se encuentra en poder del público y a los depósitos en cuentas corrientes en los bancos, los cuales son transferibles por medio de cheques.

$$M1 = \text{Efectivo en poder del público} + \text{cuentas corrientes}$$

b) Oferta monetaria $M2$

Corresponde al dinero en un sentido más amplio. $M2$ es la suma de los elementos de $M1$ y los llamados cuasi-dineros. Los cuasi-dineros son instrumentos financieros que pueden considerarse como unos sustitutos muy próximos del dinero. Ellos son: Los depósitos o cuentas de ahorro y los certificados de depósito a término fijo (CDT).

$$M2 = M1 + \text{cuasi-dineros}$$

Siguiendo con la misma fuente, se pueden definir otros agregados monetarios, $M3$, $M4$, etc., agregando otros elementos de la oferta monetaria que se encuentren disponibles en el mercado; por ejemplo: bonos, depósitos de otros tipos, letras del tesoro, pagarés, etc., y que encajen dentro de una categoría determinada.

De acuerdo al boletín de estadísticas monetarias y cambiarias del Banco de la República 2017, las variaciones porcentuales de $M1$ de los años 2014 a 2016, se han mantenido positivas y al alza, en especial en el mes de diciembre.

Los agregados monetarios por tanto dan muestra del desarrollo de la actividad económica y reflejan la orientación de la política monetaria en el país, de allí la importancia en identificar y analizar modelos estadísticos que expliquen el comportamiento de la oferta monetaria y pronostiquen su participación en el tiempo. Todo esto con el propósito de tomar mejores decisiones que garanticen la estabilidad económica y social.

Si bien uno de los temas más estudiados en política económica es la oferta monetaria y su impacto en el dinamismo de la economía, a continuación se presenta solo la serie de investigaciones que orientaron el marco teórico y metodológico del presente estudio.

Una de las principales preocupaciones de los bancos centrales a nivel mundial ha sido el volumen de dinero que circula en la economía y el efecto sobre la estabilidad económica. Cepeda & Padilla (2007) mediante un modelo econométrico ANOVA, determinan la relación entre la oferta monetaria y la inflación a corto plazo en la zona Euro, demostrando que la teoría cuantitativa del dinero es válida también en el corto plazo; este modelo econométrico relaciona cuantitativamente la oferta monetaria ($M1$ y $M3$) con la inflación a corto plazo sin depender de otras variables.

Por otra parte, Escobar y Posada (2004) proponen un esquema de oferta y demanda de dinero mediante la estimación de un modelo de relaciones de corto y largo plazo entre cinco variables: base monetaria, dinero ($M1$), tasa de interés, producto y nivel de precios al consumidor, en cifras trimestrales desde 1984:I hasta 2003:IV. El modelo propuesto por estos autores fue del tipo denominado SVEC (Structural Vector Error Correction), y los parámetros de las funciones de oferta y demanda de dinero fueron compatibles con las restricciones teóricas convencionales.

Otros académicos postulan que la oferta monetaria al ser fijada por la banca central, es inelástica y no depende de la tasa de interés, sin embargo autores como Rodríguez, et al. (2002), analizan la relación de causalidad entre diversos agregados monetarios en España con el propósito de contrastar el carácter

exógeno o endógeno de la oferta monetaria, utilizando para ello distintas técnicas proporcionadas por el análisis de series temporales.

A su vez, Salazar (2010) examina los impactos de la oferta monetaria sobre los precios agrarios e industriales en Colombia, mediante técnicas econométricas de series temporales adecuadas a las características estocásticas de los datos, estudiando las relaciones de equilibrio de largo plazo entre oferta monetaria y los precios agrarios e industriales, utilizando la metodología econométrica de la cointegración desarrollada por Engle y Granger y Johansen.

Si bien hay una amplia literatura referente al análisis de la oferta monetaria tanto como variable exógena como endógena, para el presente trabajo se tomó principalmente las definiciones establecidas por el Banco de la República y los Borradores de Economía de la misma entidad, referentes al entorno macroeconómico y las metodologías empleadas para desarrollar modelos econométricos de series temporales.



3. MARCO TEÓRICO

3.1 Series Temporales

Se denomina *serie de tiempo* a un conjunto de observaciones numéricas obtenidas en períodos de tiempos sucesivos o regulares. El tiempo puede ser medido en horas, días, meses, trimestres, años, etc. Si la variable aleatoria es continua se denotará por $Y(t)$ y si la variable es discreta se denotará como Y_t , donde $Y(t)$ o Y_t representa el valor de la variable en el momento t (Gujarati, 2009).

Se considerarán las series de tipo discreto, por lo cual los momentos en el tiempo se tomarán como t_1, t_2, t_3, \dots

- Componentes de una serie de tiempo

El comportamiento de una serie de tiempo está dado particularmente por cuatro componentes, que no necesariamente se encuentran presentes todos a la vez (Anderson, D., 2008). Dichos componentes son:

- Componente de tendencia
- Componente estacional
- Componente cíclico
- Componente irregular

Tendencia: Si una serie presenta un movimiento o desplazamiento general a largo plazo, se dice, que la serie tiene tendencia. Así, si el desplazamiento se da hacia valores grandes en la variable de interés, la tendencia es creciente a lo largo del tiempo, mientras que si el desplazamiento se da hacia valores pequeños de la variable a través del tiempo, la tendencia es decreciente (Anderson, D., 2008). Si la serie no presenta crecimiento o decrecimiento en el tiempo, se dice que la serie no tiene tendencia.

Estacional: Una serie que presenta fluctuaciones regulares en un período de tiempo igual o inferior a un año, se considera que la serie tiene un componente estacional.

Cíclico: Una serie presenta un componente cíclico, si tiene fluctuaciones alrededor de la tendencia, con ciclos mayores a un año (Ríos, 2008).

Irregular: si la serie se caracteriza por movimientos aleatorios sin ningún patrón definido, entonces es una serie con componente irregular (Ríos, 2008).

- Procesos estocásticos

Se denomina proceso estocástico a un conjunto de variables aleatorias ordenadas a través del tiempo (Gujarati, 2009). De esta manera, un proceso estocástico es sinónimo de serie de tiempo.

- Proceso estocástico estacionario

Se denomina proceso estacionario en sentido débil, a un proceso estocástico donde su media y su varianza son constantes a través del tiempo, y la covarianza de dos períodos no depende del tiempo sino del rezago entre los dos períodos (Gujarati, 2009). Dicho de otro modo, una serie Y_t es estacionaria si la media, varianza y autocovarianza¹ son invariables respecto del tiempo. Así,

$$\begin{aligned} E(Y_t) &= \mu, \quad \forall t \in T \\ \text{Var}(Y_t) &= \sigma^2, \quad \forall t \in T \\ \text{Cov}(Y_t, Y_s) &= \text{Cov}(t, s) = \gamma, \quad \forall t, s \in T \end{aligned}$$

- Proceso aleatorio o ruido blanco

Siguiendo con Gujarati (2009) se denomina proceso aleatorio o ruido blanco ε_t , a un proceso que cumple las siguientes condiciones.

$$\begin{aligned} E(\varepsilon_t) &= 0 \\ \text{Var}(\varepsilon_t) &= \sigma^2 \\ \text{Cov}(\varepsilon_t, \varepsilon_s) &= 0, \quad \forall t, s \in T \text{ y } t \neq s \end{aligned}$$

- Proceso estocástico de raíz unitaria

¹ Se llama autocovarianza $\text{Cov}(Y_t, Y_s)$ o $\text{Cov}(t, s)$ a la función que relaciona valores de la variable en diferentes instantes de tiempo (series de tiempo (4)). Así, la autocovarianza de la serie Y_t esta dada por la expresión $\text{Cov}(Y_t, Y_s) = E[(Y_t - \mu_t)(Y_s - \mu_s)]$, si $t = s$ se obtiene la varianza de Y_t (Genshiro, pag 19).

Se llama un proceso estocástico de raíz unitaria, a una caminata aleatoria sin deriva donde el valor absoluto del coeficiente de la variable independiente es igual a uno (Gujarati, 2009), así:

$$Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Con $\rho = 1$.

- Tratamiento para series de tiempo *no* estacionarias

Cuando una serie de tiempo es no estacionaria, es posible realizar un tratamiento sobre la serie original de tal forma que esta sea estacionaria, es decir, su media y su varianza sean invariantes respecto del tiempo.

Transformación de Logaritmo

Una forma de transformar una serie no estacionaria en estacionaria, es a través del logaritmo. De esta manera, si Y_t es la serie original que no es estacionaria y se aplica el logaritmo se obtendría una nueva serie de la siguiente forma (Genshiro, 2010)

$$Z_t = \log Y_t$$

Series Diferenciadas

Si Y_t es un proceso de caminata aleatoria con o sin deriva,

$$Y_t = \delta + Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{ó} \quad Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

se tiene que Y_t no es estacionario, sin embargo, al restar el valor de la serie en el tiempo $t - 1$ del valor en el tiempo t , se obtiene una serie estacionaria, puesto que ε_t es un ruido blanco. De esta forma, la serie será estacionaria en su primera diferencia (Gujarati, 2009).

$$\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = \delta + \varepsilon_t \quad \text{o} \quad \Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1} = \varepsilon_t$$

Se utilizará el símbolo Δ^d para representar el número d de veces que se diferencia la serie para que sea estacionaria, y se dirá que la serie es integrada de orden d .

- Pruebas de estacionariedad

Análisis Gráfico

A partir de la representación gráfica de la serie original, es posible determinar la estacionariedad de la serie, si esta presenta un crecimiento o decrecimiento a largo plazo a través del tiempo (Gujarati, 2009).

Prueba de Dickey-Füller aumentada

Para determinar si una serie es estacionaria se utiliza la prueba de Dickey-Füller aumentada, donde la hipótesis nula se refiere a que el proceso es no estacionario (Gujarati, 2009). Así:

$$h_0: \rho = 1$$
$$h_a: |\rho| < 1$$

De esta manera, si se acepta h_0 existe un proceso estocástico de raíz unitaria, es decir, la serie es no estacionaria. En caso contrario si se rechaza h_0 , se obtiene un proceso estocástico estacionario.

- Tratamiento para series de tiempo *no* estacionales

Cuando una serie de tiempo es estacional, es decir, que el comportamiento de esta se repite cada m observaciones en el tiempo, es necesario eliminar el efecto de la estacionalidad de tal forma que la media sea constante y por tanto, estacionario (Dettling, 2014).

Así, por medio de la diferenciación de la serie, es posible remover posibles tendencias.

3.2 Modelamiento de series estacionarias univariadas

3.2.1 Modelos Autorregresivos de orden p , $AR(p)$

Un modelo autorregresivo de orden p , también llamado $AR(p)$, es aquel en el que un proceso Y_t depende de sus valores pasados más un término aleatorio. El número de rezagos p del modelo, será el orden del mismo (Ríos, 2008). Así,

$$Y_t = \delta + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_n Y_{t-n} + \varepsilon_t$$

3.2.2 Modelos de Medias Móviles de orden q , $MA(q)$

Un modelo de medias móviles de orden q , también llamado $MA(q)$, es aquel en el que un proceso Y_t depende de los errores actuales y anteriores más un término aleatorio. El número de rezagos q del modelo, será el orden del mismo (Ríos, 2008). Así,

$$Y_t = \delta + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_n \varepsilon_{t-n}$$

3.2.3 Modelos Autorregresivos Integrados de Promedios Móviles, $ARIMA(p, d, q)$

Un proceso no estacionario que tiene parte autorregresiva y a su vez de media móvil, es llamado modelo $ARIMA$ cuyos parámetros p, d y q corresponden respectivamente al orden del proceso AR , el orden de integración de la serie, y el orden del proceso MA . Así,

$$Y_t = \delta + \varepsilon_t + \theta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \theta_n \varepsilon_{t-n}$$

3.3 Cointegración

Cuando dos o más series presentan una relación a largo plazo, es decir, se mueven conjuntamente a través del tiempo y sus diferencias son estacionarias, se dice que las series están cointegradas (Gujarati, 2009).

Desde el punto de vista econométrico, dos series de tiempo X_t y Y_t integradas de orden 1, $I(1)$, están cointegradas si existe una combinación lineal entre las dos series (Ramírez, 2007), tal que

$$Z_t = \alpha X_t + \beta Y_t \sim I(0)$$

3.3.1 Prueba de Engle-Granger

Para determinar si dos series tienen relación a largo plazo, éstas deben cumplir con las condiciones previamente expuestas, como ser $I(1)$ y que los errores de la relación a largo plazo sean $I(0)$.

Así, Robert Engle y Clive Granger propusieron una metodología que consta de dos etapas y es utilizada para probar la cointegración entre dos series de tiempo:

Etapa 1.

Determinar el orden de integración de cada una de las series. En este caso tales series deben tener el mismo orden de integración, específicamente deben ser I(1) (Córdova, 2014). Para tal fin se utiliza la prueba de Dickey-Füller aumentada que determina la existencia de raíz unitaria.

Etapa 2.

Estimar una regresión lineal por mínimos cuadrados ordinarios entre las dos variables y verificar que sus residuales sean I(0) por medio de la prueba de Dickey-Füller aumentada, con lo cual se garantiza que existe una relación de equilibrio a largo plazo y por tanto, existe cointegración (Gujarati, 2009). Así, se tiene:

$$Y_t = \delta_0 + \delta_1 X_t + u_t$$

$$\hat{u}_t = Y_t - \hat{\delta}_0 - \hat{\delta}_1 X_t$$

3.3.2 Mecanismo de corrección de errores (MCE)

Cuando dos series están cointegradas existe estabilidad a largo plazo, sin embargo, en el corto plazo puede haber desequilibrio. Así, se utiliza el teorema de representación de Granger, el cual establece que si dos variables X e Y están cointegradas, la relación entre estas dos se expresa como un mecanismo de corrección de error (Gujarati, 2009):

$$\Delta Y_t = \phi_0 + \sum_{j=1}^p \phi_j \Delta Y_{t-j} + \sum_{h=0}^q \theta_h \Delta X_{t-h} + \alpha \hat{u}_{t-1} + \varepsilon_t$$

Donde,

Y_t : Es la variable explicada.

X_t : Representa la variable explicativa.

\hat{u}_t : Es el error de equilibrio del largo plazo.

4. MARCO METODOLÓGICO

Con base en el marco de referencia y en el marco teórico, este apartado describe la metodología utilizada y las características de los datos de las variables en estudio.

El presente estudio tiene como propósito identificar específicamente, las relaciones de la tasa de colocación *TCB* y el consumo de los hogares *ICC* sobre la oferta monetaria *M1*, mediante una técnica econométrica de series temporales adecuada a las características estocásticas de los datos. Se utilizó por tanto, la metodología econométrica de la cointegración desarrollada por Engle y Granger, para estudiar las relaciones de equilibrio de largo y corto plazo.

Cabe recordar que para su desarrollo se consideró la oferta monetaria *M1* como variable dependiente; como variables independientes, la tasa de colocación *TCB* y el índice de Confianza del Consumidor *ICC* como variable proxy del consumo de los hogares. La serie temporal de cada una de estas variables se expresó de manera mensual en el periodo de 2005 a 2015. Los datos de *M1* y la *TCB*, fueron proporcionados por las estadísticas monetarias del Banco de la República, y los datos del *ICC*, por FEDESARROLLO.

Por su parte, *M1* está expresada en miles de millones de pesos, la *TCB* en porcentaje y el *ICC* como índice. La *M1* fue desestacionalizada con el método X-12. Así mismo, tanto la *M1* como el *ICC*, fueron transformados a logaritmo natural para poder expresar los resultados en función de tasas de crecimiento de la oferta monetaria. Las variables regresoras serán descritas con mayor detalle en el siguiente capítulo.

Como análisis exploratorio y descriptivo, se analizó el comportamiento de cada una de las variables durante el periodo mensual comprendido entre enero de 2005 a diciembre de 2015.

De acuerdo con lo expuesto en el marco teórico, la metodología de cointegración de Engle y Granger, propone un procedimiento para establecer si dos o más series están cointegradas y reflejan la presencia de un equilibrio a largo plazo.

De allí que el procedimiento utilizado consistió en:

1. Determinar el orden de integración de cada una de las variables a ser incluidas en el modelo.

2. Especificar y estimar la relación funcional a largo plazo y contrastar si los residuales tienen una raíz unitaria o no.
3. Prueba de cointegración de los residuos estimados
4. Estimar el modelo de corrección de errores si las variables están cointegradas.

Paralelamente se realizaron las pruebas para determinar si las series eran estacionarias y cuando fuese el caso, se transformaron las series en primeras diferencias.

Para el procesamiento de los datos y La aplicación de la metodología, se contó con el programa R en su versión 3.3.3.



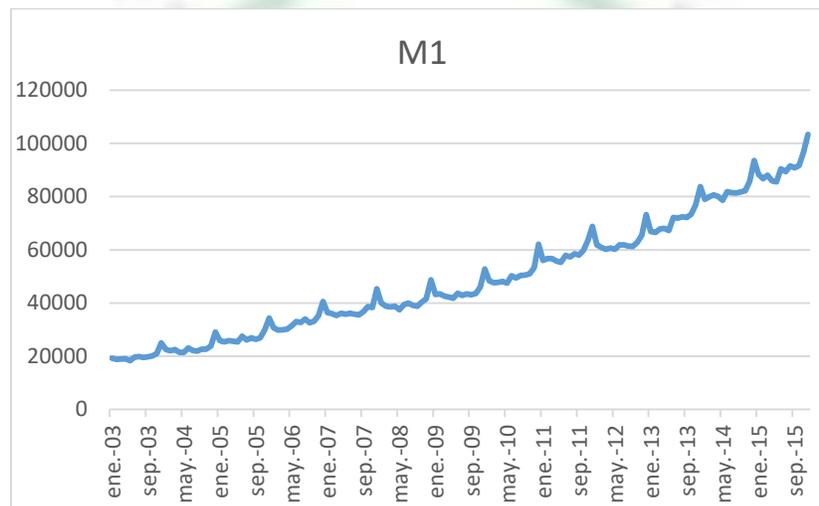
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS

5.1 Descripción de las variables

Las series utilizadas para realizar el modelo se describen a continuación:

- *Oferta monetaria M1*

Corresponde al dinero en efectivo (monedas y billetes) y a las cuentas corrientes que se encuentran en poder del público (Fondo Monetario Internacional, 2001). Así, con los datos mensuales obtenidos del Banco de la República se obtuvo la gráfica de la serie:



Gráfica 1. Oferta monetaria *M1* mensual

En el período analizado, la gráfica muestra que la *M1* a lo largo del tiempo es mayormente creciente luego existe una clara tendencia al alza en los últimos años, dado por el dinamismo de la economía colombiana y las políticas macroeconómicas establecidas por el Banco de la República. Así, mismo se observa que la serie presenta picos regulares anualmente en el mes de diciembre, es decir, es estacional cada año, esto es debido a la particularidad que presenta este mes, donde existe mayor liquidez por la alta demanda de bienes y servicios

- *Tasa de Colocación (TCB)*

Según la Subgerencia Cultural del Banco de la República (2015), La tasa de interés es la utilidad (rentabilidad) medida en términos porcentuales del rendimiento de un capital determinado. Las tasas de interés que se utilizan en el sistema financiero están reguladas por el Banco de la República, el cual, a través de su Junta directiva, señala, cuando las circunstancias lo exijan, y en forma temporal (máximo ciento veinte días en el año), límites a las tasas de interés que deben pagar y cobrar los establecimientos de crédito.

Para este estudio, se usará específicamente la tasa de colocación, la cual permite poner dinero en circulación en la economía, ya que los bancos toman el dinero o los recursos que obtienen a través de la captación y, con éstos, otorgan créditos a las personas, empresas u organizaciones que los soliciten. Por dar estos préstamos los bancos cobran, dependiendo del tipo de préstamo, una cantidad determinada de dinero llamada intereses (intereses de colocación), definida a través de la tasa de referencia del Banco de la República.

A través de estas dos actividades (captación y colocación), los bancos y otras instituciones financieras obtienen sus ganancias. Los intereses de colocación, en la mayoría de los países, incluyendo Colombia, son más altos que los intereses de captación, es decir, los bancos cobran más por dar recursos que lo que pagan por captarlos.

De esta forma, la gráfica de la serie mensual de la *TCB* en el período 2005 – 2015 se muestra a continuación:



Gráfica 2. Tasa de colocación mensual

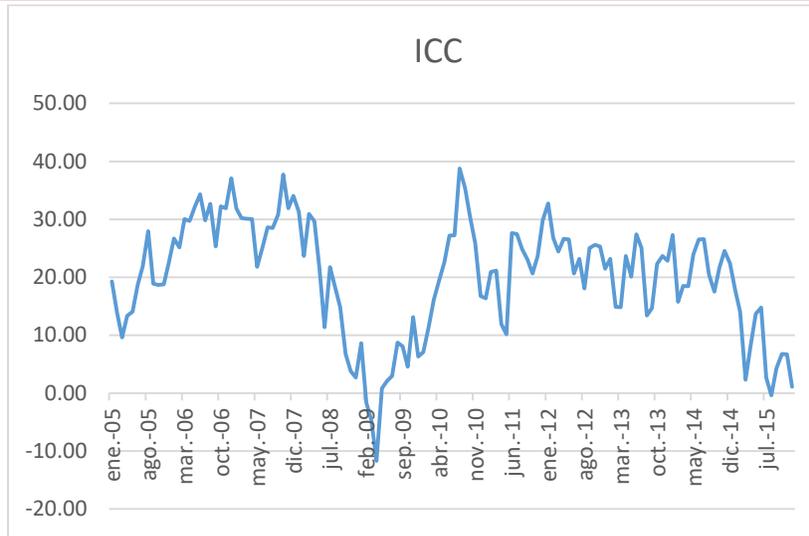
La tasa de colocación ha tenido varias fluctuaciones dentro del período analizado, con una tendencia generalmente decreciente lo cual indica que la serie no es estacionaria. Así, se observa gráficamente que entre los años 2007 y 2009 la *TCB* alcanzó su punto máximo, específicamente en los meses de abril, noviembre y diciembre de 2008 con un 18%, esto debido a la crisis financiera que se presentó en esos años. Posterior a la crisis, hubo un decrecimiento de la tasa llegando a su punto mínimo dentro del período de estudio en el año 2010 con una tasa de 9%. A partir de ese momento y hasta finales de 2015 (período de observación), la *TCB* ha tenido una tendencia más estable cuya tasa promedio se encuentra en un 10% aproximadamente.

- *Consumo de los hogares (ICC)*

La variable índice de confianza del consumidor se tomó como proxy del consumo de los hogares, por tanto el *ICC* (serie mensual), mide el grado de optimismo que los consumidores sienten sobre el estado general de la economía y sobre su situación financiera personal. Así mismo permite identificar qué tan seguras se sienten las personas sobre la estabilidad de sus ingresos, determinando sus actividades de consumo y por lo tanto sirve como uno de los indicadores claves en la forma general de la economía (FEDESARROLLO, 2017).

Un *ICC* alto, refleja que los consumidores están haciendo más compras, impulsando la expansión económica. Por otra parte, si la confianza es menor, los consumidores tienden a ahorrar más y gastar menos, lo que provoca contracciones en la economía.

Así, la serie refleja el comportamiento que ha tenido el *ICC* en el período de estudio, tal como se muestra en la siguiente gráfica:



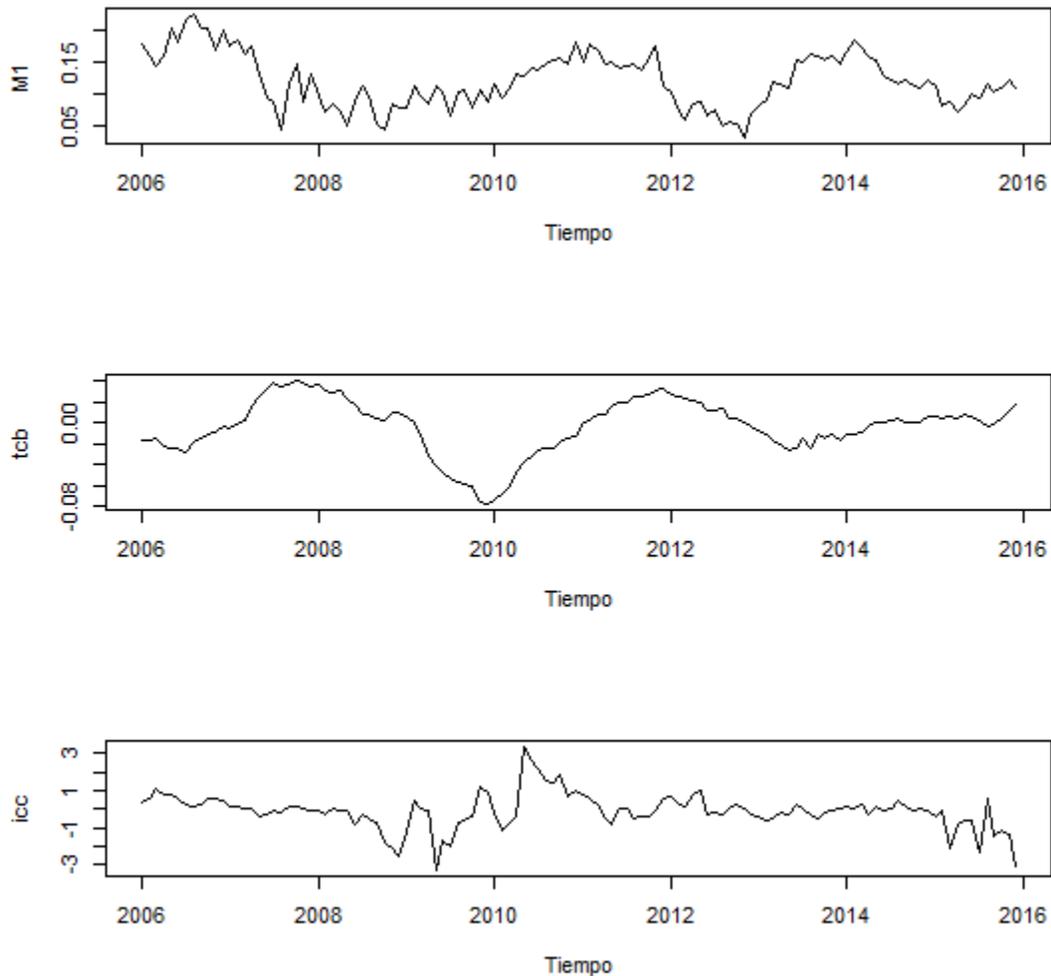
Gráfica 3. Índice de Confianza del Consumidor

Acorde con el Banco de la República, el índice de confianza del consumidor ha tenido niveles muy bajos. Con un promedio histórico de 15 puntos, se observa gráficamente que en el período de estudio el punto más crítico se presentó en abril de 2009 con -11,7 muy por debajo de la media. Posteriormente, se ve un acelerado crecimiento llegando hasta su punto máximo en agosto de 2010 con 38,7. Desde 2011 hasta el final del período el índice de confianza ha venido presentando una tendencia a la baja, lo cual indica que los hogares han disminuido su confianza en la demanda de bienes y servicios, por tanto, han limitado su consumo en los últimos años.

- *Relación entre M1, TCB e ICC*

Para entender las dinámicas entre las variables regresoras *TCB* e *ICC*, y la variable regresada *M1* en términos de variaciones anuales con frecuencias mensuales, se realizaron algunas transformaciones sobre las variables en estudio. Así, para la variable *M1*, por presentar ciclos fue desestacionalizada con la metodología X12 y posteriormente transformada al igual que el *ICC*, en logaritmo natural para disminuir la heterocedasticidad de las series. Posteriormente, todas las variables fueron anualizadas conservando su frecuencia mensual y seguidamente diferenciadas para observar la variación en términos porcentuales.

Las gráficas de las series para las nuevas variables transformadas se muestran seguidamente:



Gráfica 4. Series de tiempo $M1$ y TCB e ICC transformadas

Realizando el contraste entre las gráficas de las series $M1$ y TCB transformadas, se observó que existe una relación inversa entre la oferta monetaria y la tasa de colocación. Así, en entre los años 2006 a 2008 hubo un decrecimiento de la $M1$ mientras la TCB , tuvo un crecimiento en el mismo período; el mismo comportamiento ocurrió en 2014-2015. Análogamente, en el período 2008 a 2010, la oferta monetaria tuvo un leve crecimiento mientras que la tasa disminuyó considerablemente.

Similar al análisis anterior, se observó la dinámica entre las series $M1$ e ICC transformadas, reflejando una relación directa entre estas dos variables. Entonces, para el período 2006-2008 la $M1$ reflejó un decrecimiento al igual que el ICC pero en diferentes proporciones. En 2009-2010 las dos gráficas muestran un

crecimiento en ese período, mientras que en los dos últimos años del período de estudio, es decir, en 2014-2015 las dos series tuvieron una tendencia a la baja.

Así pues, gráficamente se evidencia una notoria relación directa entre las variables $M1$ e ICC transformadas pues mientras el índice de confianza sube la oferta también aumenta, de igual forma, si el índice de confianza disminuye la oferta monetaria también lo hará. En contraste con el ICC , la relación entre la oferta y la tasa de colocación es inversa, de tal forma que si la TCB aumenta entonces la $M1$ disminuirá y viceversa. Por consiguiente, se esperan estas mismas dinámicas sobre las relaciones de largo y corto plazo entre las variables observadas, luego dicho contraste se realizará posteriormente.

Para mayor facilidad en términos de notación, cuando se haga referencia nuevamente en el documento a $M1$, TCB e ICC se sobreentenderá que son las variables $M1$, TCB e ICC transformadas anteriormente.

5.2 Implementación método de Engle y Granger

Para determinar si existe cointegración entre la variable respuesta $M1$ y las variables explicativas TCB e ICC , se utilizó el método de cointegración de Engle y Granger como se describe a continuación.

5.2.1 Etapa 1. Determinación del orden de integración de la series

El primer paso a seguir en la metodología propuesta por Engle y Granger, es determinar si existe cointegración entre las variables estudiadas. Para esto, las series deben cumplir los supuestos de que las series sean integradas de orden 1. Estos supuestos se validaron utilizando las gráficas de las series y la prueba de Dickey- Fuller aumentada que determina la existencia de raíces unitarias.

5.2.1.1 Análisis Gráfico

A partir del análisis gráfico previamente realizado sobre las series en estudio, se observa que estas no son estacionarias pues aunque en varios subperíodos existen notables variaciones o tendencias, la serie en conjunto presenta un comportamiento similar a largo plazo ya sea creciente o decreciente. Por lo cual se puede intuir la presencia de raíces unitarias para cada una de las series.

5.2.1.2 Prueba de Dickey-Füller aumentada DFA

Para demostrar que las series tienen raíz unitaria y determinar su orden de integración, se utilizó la prueba de Dickey-Füller aumentada sobre cada una de las series.

Como se indicó en capítulos anteriores, el test considera las siguientes hipótesis:

H_0 : Existe raíz unitaria

H_1 : No existe raíz unitaria

La prueba para cada variable se muestra a continuación:

- Prueba de Dickey-Füller aumentada para $M1$

Tabla 1. Prueba de DFA para la serie $M1$

	Valores críticos		
Nivel de significancia	1%	5%	10%
Tau	-3.99	-3.43	-3.13
Estadístico	-3.0846		

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

Con un sólo rezago, la prueba con tendencia DFA arrojó un valor crítico asintótico de Engle y Granger en el nivel de 5%, un valor igual a -3.43. Así, con un estadístico de prueba igual a -3.0846, hay evidencia estadísticamente significativa para no rechazar H_0 . De esta forma, se verificó que existe raíz unitaria en la serie $M1$, por lo tanto no es estacionaria.

Para descartar la existencia de más raíces unitarias, se diferencié una sola vez la serie $M1$ y se aplicó nuevamente la prueba (ver tabla2):

Tabla 2. Prueba DFA para la serie $M1$ diferenciada

	Valores críticos		
Nivel de significancia	1%	5%	10%
Tau	-3.99	-3.43	-3.13
Estadístico	-11.1307		

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

Nuevamente, con un sólo rezago y un estadístico de -11.13 y punto crítico de -3.43, se rechaza H_0 en favor de H_a , luego no existen más raíces unitarias, por lo tanto, se concluye que la variable transformada MI es $I(1)$.

- Prueba de Dickey-Füller aumentada para TCB

Tabla 3. Prueba de DFA para la serie TCB

	Valores críticos		
Nivel de significancia	1%	5%	10%
Tau	-3.99	-3.43	-3.13
Estadístico	-1.2945		

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

Tomando un único rezago sobre la serie, la prueba de tendencia DFA dio como resultado un estadístico igual a -1.29 y como punto crítico -3.43, luego no se rechaza H_0 , es decir, la serie TCB tiene raíz unitaria, por lo tanto no es estacionaria.

Para descartar la existencia de más raíces unitarias, se diferencié la serie una vez y se realizó nuevamente la prueba.

Tabla 4. Prueba de DFA para la serie TCB diferenciada

	Valores críticos		
Nivel de significancia	1%	5%	10%
Tau	-3.99	-3.43	-3.13
Estadístico	-5.3583		

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

De igual forma, incluyendo un único rezago en la prueba con tendencia DFA produjo un estadístico de -11.13 y punto crítico de -3.43, se rechaza H_0 en favor de H_a , luego la serie diferenciada es estacionaria, por lo tanto, se concluye que la TCB es $I(1)$.

- Prueba de Dickey-Füller aumentada para ICC

Tabla 5. Prueba de DFA para la serie ICC

	Valores críticos		
Nivel de significancia	1%	5%	10%
Tau	-3.99	-3.43	-3.13
Estadístico	-2.813		

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

Con 3 valores rezagados, de la prueba con tendencia DFA aplicada se obtuvo un estadístico de -2.81 y punto crítico de -3.43, por lo tanto, no hay evidencia estadísticamente significativa para rechazar H_0 en favor de H_a , luego la serie *ICC* tiene raíz unitaria, entonces no es estacionaria.

Para descartar la existencia de más raíces unitarias, se diferenció una sola vez la serie de la variable *ICC* y se realizó nuevamente la prueba.

Tabla 6. Prueba de DFA para la serie *ICC* diferenciada

	Valores críticos		
Nivel de significancia	1%	5%	10%
Tau	-3.99	-3.43	-3.13
Estadístico	-9.8026		

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

Para este caso con tal sólo 1 rezago, el test muestra un estadístico de -9.80 y tomando como punto crítico al nivel de 5% un valor de -3.43, se rechaza la hipótesis nula en favor de la hipótesis alternativa, por lo tanto, la serie de la variable *ICC* en primera diferencia es estacionaria. En consecuencia, la serie es $I(1)$.

En resumen, ninguna de las series es estacionaria pero sí lo son en primera diferencia, por consiguiente se demuestra que las todas series son $I(1)$.

5.2.2 Etapa 2. Determinación de cointegración

Definido el orden de integración de las series, se estableció la relación a largo plazo entre las variables en estudio, como una combinación lineal entre *M1* y *TCB* e *ICC*. Para esto, se anualizó cada una de las series con el fin de observar las variaciones anuales pero conservando la frecuencia mensual. Los resultados de la regresión lineal estimada se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7. Regresión Lineal $M1$, TCB e ICC

	Estimado	Error estándar	t valor	p - valor	
Intercepto	0.120943	0.003694	32.737	$<2 \cdot 10^{-16}$	***
TCB	-0.240006	0.139789	-1.717	0.088663	.
ICC	0.015945	0.003974	4.013	0.000107	***
Significancia	<0.001	0.001	0.01	0.05	0.1
Código	***	**	*	.	

R^2	14.84%
-------	--------

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

Así, se obtuvo la siguiente relación:

$$M1 = 0.1209 - 0.24 \cdot TCB + 0.015 \cdot ICC + \hat{u}_t$$

La regresión muestra que el intercepto y la variable ICC son altamente significativas en el modelo, y la variable TCB es también significativa pero a un nivel menor. El R^2 muestra que no existe un buen ajuste, lo que podría dar indicios de no correlación espuria, sin embargo, se realizó la prueba de raíz unitaria para confirmar la existencia de una relación a largo plazo entre las variables.

La relación entre las variables explicativas y la explicada son consistentes con el análisis gráfico previamente establecido, ya que se confirma la relación inversa entre la oferta monetaria y la tasa de colocación. Así, el modelo estimado a largo plazo establece que si la TCB aumenta anualmente en una unidad porcentual, la $M1$ disminuye un 24% anualmente, es decir, hay menor liquidez en el mercado. De esta forma, si los bancos prevén una reducción de dinero circulante, estos deben aumentar el costo del crédito bancario, o bien si por el contrario requieren mayor liquidez en el mercado, estos disminuirán las tasas de sus productos.

Con respecto a la relación de largo plazo estimada entre la oferta monetaria y el ICC , al igual que con la tasa de colocación, se confirma la dinámica directa existente entre estas dos variables, es decir, si aumenta la $M1$ lo hace también el ICC , o bien si disminuye $M1$ entonces el ICC disminuye. La proporción de

incremento o disminución anual de la $M1$ conforme el ICC aumente o disminuya una unidad porcentual anualmente es del 1.5% de la oferta monetaria. En consecuencia, en la medida que la oferta de dinero incremente, un menor costo del dinero favorece un mayor consumo de los hogares, en el caso inverso, cuando los hogares aumenten su consumo es debido a que el costo del dinero es menor, por tanto, existe una mayor oferta monetaria.

Del análisis anterior de la relación a largo plazo entre las variables estudiadas, donde se observó una alta significancia de las variables regresoras sobre la $M1$, se determinó el orden de integración de los residuales del modelo utilizando nuevamente la prueba de Dickey-Füller aumentada (Ver tabla 8):

Tabla 8. Prueba DFA residuales de la regresión sobre $M1$

Nivel de significancia	Valores críticos		
	1%	5%	10%
Tau	-2.58	-1.95	-1.62
Estadístico	-3.0154		

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

El test muestra que con un rezago, la prueba con tendencia DFA sobre los residuales de la ecuación a largo plazo son estacionarios, es decir, son $I(0)$ aún al 1% de significancia. De esta forma, se confirma la cointegración entre la $M1$ y la TCB e ICC , luego se demuestra la existencia de una relación a largo plazo entre estas tres variables, una dependiente de las otras dos.

5.3 Mecanismo de Corrección de Errores (MCE)

Verificada la relación de equilibrio a largo plazo entre las variables estudiadas, se propuso un modelo que explicara su relación a corto plazo utilizando el error de equilibrio del largo plazo.

De esta manera, se obtiene la relación a corto plazo como una combinación lineal de $M1$ en función de $M1_a$, TCB_a , ICC_a y el *error.ecm*. Donde, $M1_a$ representa la variable $M1$ rezagada un período y corresponde con la tasa de crecimiento anual de la oferta monetaria mensualmente; la variable TCB_a representa a la variable TCB rezagada un período y corresponde con la variación anual de las tasas de captación; por otra parte, la ICC_a es la variable ICC rezagada un mes y corresponde a la variación anual del índice de confianza del consumidor. Por

último, la variable *error.ecm* es el error de la ecuación de largo plazo rezagada un período, que corrige el desequilibrio en el corto plazo. Estas nuevas variables corresponden con la ecuación del MCE.

Los resultados de la regresión lineal se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9. Relación a corto plazo entre *M1* y *TCB*, *ICC* y el error

	Estimado	Error estándar	t valor	p - valor	
Intercepto	0.098676	0.005164	19.110	$<2 \cdot 10^{-16}$	***
M1_a	0.185471	0.042151	4.400	$2.45 \cdot 10^{-5}$	***
TCB_a	-0.162739	0.040822	-3.987	0.000119	***
ICC_a	0.007912	0.001149	6.885	$3.33 \cdot 10^{-10}$	***
error.ecm	0.839637	0.042430	19.789	$<2 \cdot 10^{-16}$	***
Significancia	<0.001	0.001	0.01	0.05	0.1
Código	***	**	*	.	
R²	93.78%				

Fuente: Elaboración propia. Resultados Software R - Project

En consecuencia, la ecuación de la relación de corto plazo entre las variables en estudio está dada por la ecuación:

$$\Delta^{12} \log(M1_t) = 0.098 + 0.185 \cdot \Delta^{12} \log(M1_{t-1}) - 0.162 \cdot \Delta^{12} TCB_{t-1} + 0.007 \cdot \Delta^{12} \log(ICC_{t-1}) + 0.839 \cdot error.ecm + \varepsilon_t$$

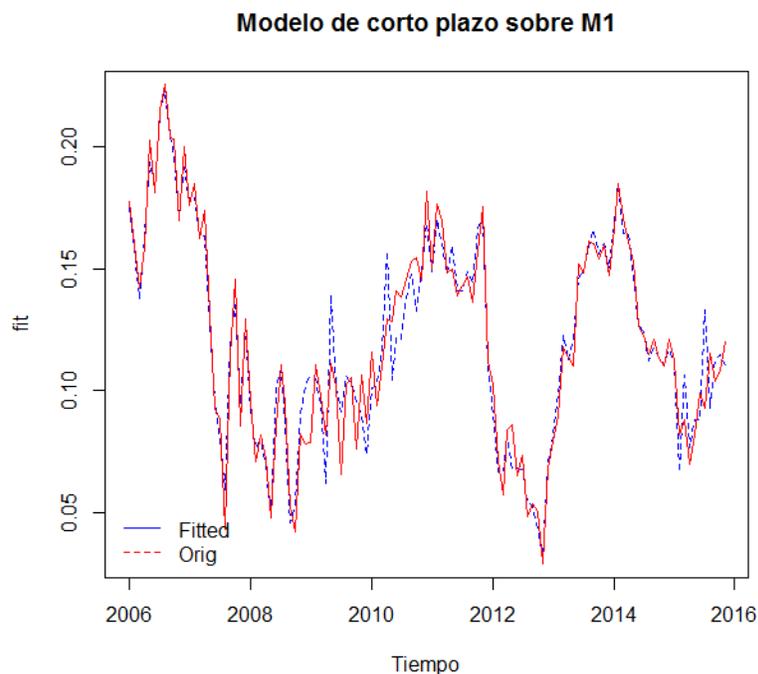
El modelo muestra que las variables *TCB_a* e *ICC_a*, y el error *error.ecm* son altamente significativas para explicar la variable *M1* en el corto plazo. Así como la parte autorregresiva. El coeficiente de determinación R^2 muestra que la regresión tiene un muy buen ajuste a los datos, en otras palabras, la *M1_a* anualizada de hace un mes, la *TCB_a*, *ICC_a* y *error.ecm* explican alrededor del 93.7% la oferta monetaria *M1*.

Se observa que la tasa de colocación es la única que es inversamente proporcional a la *M1*, así que por cada unidad porcentual que aumente la tasa de colocación anualmente, la liquidez de dinero disminuirá un 16% aproximadamente en el mismo período. Esto puede explicarse por el hecho, que al encarecerse el costo de colocación de los créditos ordinarios, la oferta monetaria se contrae; es decir, es más difícil acceder a los recursos.

Por otra parte, si aumenta el consumo de los hogares en Colombia, el dinero en circulación aumentará un 0.7%. De esta manera, los hogares reaccionan positivamente al consumo si existe una mayor oferta monetaria y la disponibilidad de recursos a bajos costos.

La elasticidad de la tasa de colocación de corto plazo es de -0.16 mientras que la elasticidad al largo plazo es de -0.24. Por otra parte, la elasticidad del índice de confianza del consumidor en el corto plazo es de 0.0079 y la del largo plazo es de 0.015. Cabe notar que la elasticidad en el largo plazo del *ICC* resulta ser el doble de la del corto plazo.

La gráfica siguiente muestra el contraste entre la serie *M1* y el modelo de corto plazo estimado para la serie:



Gráfica 5. Contraste de la serie *M1* y la serie ajustada

Se observa que la gráfica del modelo estimado al corto plazo (línea punteada azul) tiene un buen ajuste a la serie *M1* anualizada (línea continua roja), tal como lo indica el coeficiente de determinación de la regresión. Aunque se nota que el modelo no recoge algunos picos de la serie, es posible incluir más rezagos que permitan mejorar el ajuste.

- *Evaluación de los residuales de corto plazo*

Para verificar que el modelo es un ajuste razonable a los datos, se realizó un diagnóstico sobre los residuales descartando autocorrelación y buscando normalidad en los errores.

- Test de autocorrelación

Se verifica que los residuales del modelo no estén correlacionados. Para esto se utilizó el test de Ljung-Box que evalúa las hipótesis:

$H_0 = \text{No existe correlación entre los residuales}$

$H_a = \text{Existe correlación entre los residuales}$

Tabla 10. Test de Ljung-Box sobre los ε_t de corto plazo

Test Ljung-Box
p - valor 0.05056

Con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, el test muestra que no hay evidencia estadísticamente significativa para rechazar H_0 luego, no hay correlación entre los residuales en el modelo de corto plazo.

- Test de Normalidad

Para determinar si los residuales del modelo cumplen el supuesto de normalidad, se realizó el test de Jarque Bera que evalúa las hipótesis:

$H_0 = \text{Los residuales siguen una distribución normal}$

$H_a = \text{Los residuales no siguen una distribución normal}$

Tabla 11. Test Jarque Bera sobre los ε_t de corto plazo

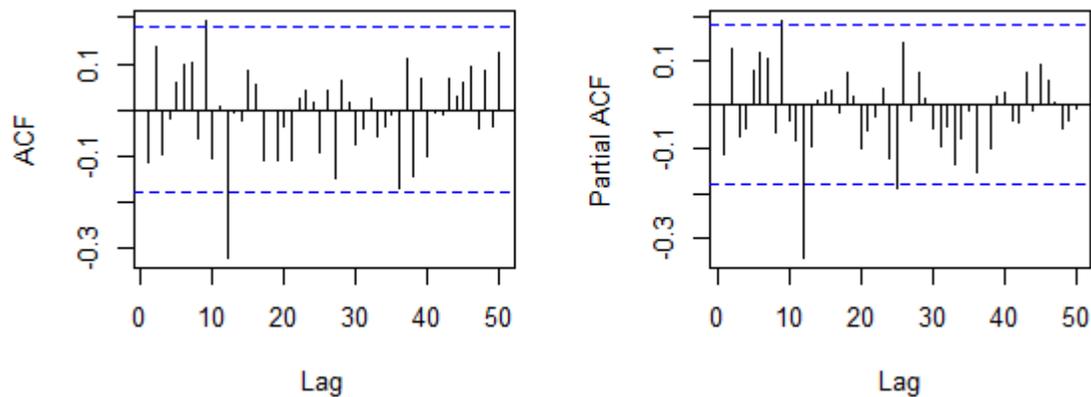
Test Jarque Bera
p - valor < 0.01

Con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, el test muestra que los residuales no se distribuyen normalmente.

- *Extensión del modelo de corto plazo*

Con el fin de mejorar las pruebas sobre los residuales del modelo de corrección de errores, se evaluaron algunos modelos del tipo ARIMAX sobre la relación de corto plazo y con base en el criterio de información bayesiana BIC, se eligió entre estos modelos el que menor valor BIC presentó.

Para determinar los posibles modelos ARIMAX se analizaron las gráficas de las autocorrelaciones y autocorrelaciones parciales de los residuales de la ecuación a corto plazo (ver Gráfica 6), en las que se observa que los rezagos 9 y 12 son significativamente distintos de cero, por lo cual pueden ser incluidos en el modelo para mejorar el ajuste.



Gráfica 6. Correlogramas de los ε_t de corto plazo

Dentro de los modelos ARIMAX propuestos, aquellos que resultaron ser los mejores se muestran en la siguiente tabla:

	MODELOS		
		t valor	BIC
ARIMAX(12,0,0)	ar2	-13.53	-690.32
	ar12	-2.70	
	Intercepto	46.30	
	error.ecm	18.16	
ARIMAX(0,0,12)	ma1	5.02	-723.36
	ma2	5.97	
	ma6	6.12	
	ma7	7.06	
	ma8	4.60	
	Intercepto	36.64	
	error.ecm	23.58	
ARIMAX(12,0,7)	ar2	5.90	-730.9
	ar12	2.70	
	ma1	6.33	
	ma6	2.91	
	ma7	4.15	
	Intercepto	40.20	
	error.ecm	20.76	

Tabla 12. Modelos ARIMAX para $M1$

Dentro de los modelos anteriores se eligió el modelo ARIMAX(12,0,7) con un BIC igual a -730.9, pues fue el que menor valor presentó para el criterio de información. El modelo escogido se presenta con más detalle a continuación:

	Estimado	Error estándar	t valor
ϕ_0	0.1206	0.0030	40.20
ϕ_2	0.5100	0.0865	5.90
ϕ_{12}	-0.2520	0.0963	-2.70
θ_1	0.5885	0.0929	6.33
θ_6	0.5081	0.1747	2.91
θ_7	0.4797	0.1157	4.15
α	0.8595	0.0414	20.76

Tabla 13. Modelo ARIMAX(12,0,7)

Aquí, los parámetros ϕ representan la parte autorregresiva, los parámetros θ representan la parte de media móvil y α representa el error de largo plazo. De esta forma, en la parte autorregresiva los rezagos más significativos fueron ϕ_2 y ϕ_{12} ,

mientras que en la parte de media móvil, los rezagos más influyentes para describir la serie fueron el θ_1 , θ_6 y θ_7 además del intercepto ϕ_0 y el error de largo plazo α (ver tabla 13). Se observó además, que de las variables regresoras la única significativa fue el error de largo plazo.

Una vez estimado el modelo se realizaron el test de correlaciones y la prueba de normalidad sobre los residuales del modelo anterior, tal como se observa en las siguientes tablas:

Tabla 14. Test de Ljung-Box sobre los ε_t de corto plazo

Test Ljung-Box
p - valor 0.7013

Tabla 15. Test de Jarque Bera sobre los ε_t de corto plazo

Test Jarque Bera
p - valor < 0.01

De esta manera, en el modelo ARIMAX estimado se incluyeron más rezagos autorregresivos y algunos de media móvil lo cual mejoró considerablemente la prueba de Ljung-Box. Así pues, en el modelo de regresión lineal se obtuvo un p-valor de 0.05056 mientras que en el modelo ARIMAX(12,0,7) se obtuvo un p-valor igual a 0.7013, que en contraste con un nivel de significancia del 5%, se observó que con el último modelo existe mayor confiabilidad de no correlación entre los residuales del modelo de corto plazo. Por otra parte, el test de normalidad de Jarque-Bera aplicado sobre los dos modelos muestra que los residuales no siguen una distribución normal ni siquiera incluyendo más rezagos como en el modelo ARIMAX.

En cuanto a las variables regresoras, se observó que en el modelo de regresión lineal las variables TCB_a, ICC_a y el error.ecm son altamente significativas para explicar la oferta monetaria M1_a, incluso la misma variable regresada pero rezagada un período resultó ser significativa a un nivel del 5%, de igual forma que el intercepto. Con el modelo ARIMAX la única variable regresora significativa para explicar la oferta monetaria fue el error de largo plazo a diferencia del primer modelo; también, la variable M1_a resultó ser dependiente de su valor en el tiempo $t = 2$ y $t = 12$ hacia atrás, así como de los choques del pasado en los períodos 1, 6 y 7 anteriores, así como del intercepto.

Los parámetros de las variables que resultaron ser significativas en los dos modelos de corto plazo propuestos, fueron similares; así, para el crecimiento natural de la oferta monetaria, es decir, el intercepto en el modelo de regresión lineal fue de un 9% mientras que el valor del intercepto en el modelo ARIMAX fue de 12%. Por otra parte, el parámetro α del error de corto plazo en la regresión fue de 83% mientras que en el otro modelo fue de un 85%, lo cual indica una mayor influencia del error de largo plazo en el modelo ARIMAX que en el modelo de regresión.



6. CONCLUSIONES

- Apoyado en el análisis de la series de tiempo realizado, se pueden destacar varias conclusiones sobre los impactos del consumo de los hogares y la tasa de interés, sobre la oferta monetaria *M1* en Colombia en el periodo 2005-1 a 2015-12, lo cual arroja luces sobre los diferentes escenarios de control de política monetaria y su relación con el consumo.
- Por medio del método de cointegración propuesto por Engle y Granger se comprobó la existencia de una relación estable a largo plazo entre la oferta monetaria *M1*, la tasa de colocación y el consumo de los hogares en Colombia.
- A partir de la existencia de cointegración entre las variables objeto de estudio, se propuso un mecanismo de corrección de errores ECM para relacionar el comportamiento de las variables en el largo plazo con su comportamiento en el corto plazo.
- Existe una influencia importante de los cambios en la tasa de interés de colocación y el consumo de los hogares, sobre la oferta monetaria *M1*, especialmente en el largo plazo, donde cambios anuales de las variables regresoras generan un mayor impacto en la oferta de dinero que en la relación al corto plazo; es decir, ante un incremento del 1% anual en la tasa de colocación, la oferta de dinero cae un 24% anualmente, esta relación cruzada obedece a que los bancos incrementan el costo del crédito previendo una reducción en el dinero circulante, o al incremento de la tasa de interés de referencia del Banco de la República. Por otra parte, una variación del 1% anual en el consumo de los hogares, aumentará un 1.5% la oferta monetaria, esta relación directa se debe a que una mayor confianza y consumo de bienes y servicios requerirá también un mayor flujo de dinero en la economía.
- Así mismo los resultados de la relación estimada en el corto plazo permiten establecer un efecto anual menor de la tasa de colocación y el consumo de los hogares sobre la oferta monetaria *M1* en Colombia, en el corto plazo, se continúa destacando un impacto importante de la tasa de colocación sobre la *M1*. Así, cuando se da un incremento de un 1% anual en la tasa de interés, la liquidez tendrá un efecto inverso sobre la economía, ya que se esperaría una disminución de un 16% anual. Por otra parte, el consumo de

los hogares tienen un menor impacto sobre la oferta monetaria, pues si el *ICC* aumenta en un punto porcentual la *M1* aumenta anualmente un 0,7% aproximadamente.

- Como recomendación se propone a futuro integrar un mayor número de variables regresoras de tipo macroeconómico, como la tasa de cambio, para comprobar la existencia de cointegración y generar modelos más robustos, y que permitan pronosticar adecuadamente la oferta de dinero, a corto y largo plazo.



7. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, David R., Sweeney, Dennis J. & Williams, Thomas A. (2008). Administración y economía Estadística para administración y economía. 10a. edición. CENGAGE.
- Banco de la República (2013). Informe de la Junta Directiva al Congreso de la República. Julio 2013. Bogotá.
- Banco de la República (2017) Oferta Monetaria. [Versión]. Recuperado <http://www.banrep.gov.co/es/contenidos/page/qu-oferta-monetaria>
- Banco de la República. Equipo Técnico. (2016). Informe sobre inflación. Banco de la República. Bogotá, D. C., Colombia.
- Centro de Investigación Económica y Social, FEDESARROLLO. (2017). Comunicado de Prensa Encuesta de Opinión del Consumidor. Resultados a marzo de 2017. Boletín No. 185.
- Centro de Investigación Económica y Social, FEDESARROLLO. Índice de Confianza del Consumidor (ICC). [Versión]. Recuperado: <http://www.icesi.edu.co/cienfi/images/stories/pdf/glosario/indice-de-confianza.pdf>
- Cepeda, I. & Padilla, J. (2007) Diseño de un Modelo Econométrico para Determinar la Relación Entre la Oferta Monetaria y la Inflación a Corto Plazo en la Zona Euro. Madrid: La Universidad Rey Juan Carlos.
- Córdova, Pamela. (2014). Sistema de pensiones y profundidad financiera: evidencia empírica de cointegración para el caso Boliviano. En Investigación & Desarrollo. No. 14 Vol I 22 – 43, 2014.
- Fondo Monetario Internacional. (2001). Manual de estadísticas monetarias y financieras. Departamento de Tecnología y Servicios Generales FMI:

- Washington, Estados Unidos. [Versión]. Recuperado <http://www.bcr.gob.sv/bcrsite/uploaded/content/cuadro/700731007.pdf>
- Genshiro Kitagawa. (2010) Introduction to Time Series Modeling. Institute of Statistical Mathematics. Tokyo, Japan. Chapman & Hall/CRC is an imprint of Taylor & Francis Group.
- Gómez, José E. & Ojeda, Jair N. (2015) Política monetaria y estabilidad financiera en economías pequeñas y abiertas. Banco de la República. Noviembre de 2015. Bogotá, D. C., Colombia.
- Gujarati, D. N. (2009). Basic Econometrics. Tata McGraw-Hill Education.
- La cointegración en series de tiempo, una aplicación a la relación entre el PIB y el nivel de exportaciones en Colombia. [Versión] Recuperado. <http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/8365/1/08-A08-p67-76.pdf>
- Marcel Dettling. (2014). Applied Time Series Analysis. Institute for Data Analysis and Process Design. Zurich University of Applied Sciences. CH-8401 Winterthur. [Versión] Recuperado https://stat.ethz.ch/education/semesters/ss2014/atsa/Scriptum_v140523.pdf
- Posada, E. C. & Escobar, J. F. (2004). Dinero, precios, tasa de interés y actividad económica: un modelo del caso colombiano (1984 y 2003). Borradores Series de Economía. Número 303. Colombia: Banco de la República.
- Ramírez, Andrés. (2007). Cointegración y Paridad Descubierta de Intereses en la Economía Colombiana 2000 – 2005. REVISTA Universidad EAFIT. Vol. 43. No. 146. 2007. pp. 9-19.
- Rios, Gonzalo. (2008). Series de Tiempo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. [Versión]. Recuperado [file:///C:/Users/smlagunav/Downloads/Series de Tiempo.pdf](file:///C:/Users/smlagunav/Downloads/Series_de_Tiempo.pdf)

- Rodríguez, C. J., Padrón, D. & Oliver, A. J. (2002). La endogeneidad de la oferta monetaria: teoría y evidencia empírica para la economía española. Documento de trabajo 2002-01. Universidad de La Laguna. Departamento de Economía Aplicada. España, Marzo 2002.
- Salazar, R. E. (2010). Impactos de la oferta monetaria sobre los precios agrarios e industriales en Colombia 1982 – 2008. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Sánchez Ainhoa Herrarte. (2014). La oferta monetaria y la política monetaria. Apuntes de clase introducción a la economía. Universidad Autónoma de Madrid.
- Subgerencia Cultural del Banco de la República. (2015). Tasa de colocación y tasa de captación en el sistema financiero. [Versión]. Recuperado: http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/economia/tasa_de_colocacion_y_tasa_de_captacion
- Zuluaga, Blanca. (2004). La Política Monetaria: Teoría y Caso Colombiano. Departamento de Economía - Universidad ICESI. Marzo de 2004: Colombia.