

**Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico para una economía pequeña y cerrada**

**Por**

**Igor Ernesto Díaz Kovalenko**

**Una tesis realizada en conformidad con los requerimientos para el Máster en Economía,  
Finanzas y Computación**

**Universidad de Huelva y Universidad Internacional de Andalucía**

**uhu.es**

**i un**  
Universidad  
Internacional  
de Andalucía  
**A**

**Noviembre 2017**

# Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico para una economía pequeña y cerrada

Igor Ernesto Díaz Kovalenko

Máster en Economía, Finanzas y Computación

Jesús Rodríguez López

Universidad de Huelva y Universidad Internacional de Andalucía

2017

## **Abstract.**

This work uses a stochastic dynamic general equilibrium model to present and explain the effects on the Ecuadorian economy of a disturbance in the form of a stochastic shock that affects the total productivity of the factors, which allows approaching of the observed volatilities of the real economic cycle of the product and investment.

A decomposition of the economic growth for different periods of the economy is made. Filters of decomposition of the macroeconomic aggregates for the period 1965-2016 are made with the corresponding descriptive statistics are obtained that are used to characterize the real business cycles.

The model for small closed economy is developed, calibrated and simulated for Ecuador according to the stylized facts found following the analysis of business cycles in order to obtain the regularities of the economy.

**Keywords:** Real Business Cycles, Dynamic Stochastic General Equilibrium, Total Factor Productivity.

## **Resumen.**

El presente trabajo emplea un modelo de equilibrio general dinámico estocástico para presentar y explicar los efectos sobre la economía ecuatoriana de una perturbación en la forma de un shock estocástico que afecte a la productividad total de los factores, el cual permite acercarse a las volatilidades observadas del ciclo económico real del producto y la inversión.

Para este estudio se realiza una descomposición del crecimiento económico para distintos periodos de la economía y posteriormente filtros de descomposición de los agregados macroeconómicos para el periodo 1965-2016 con los que se obtienen las estadísticas descriptivas correspondientes que se emplean para caracterizar los ciclos económicos reales.

El modelo para una economía pequeña y cerrada se desarrolla, calibra y simula para Ecuador de acuerdo a los hechos estilizados hallados a raíz del análisis de los ciclos económicos con el fin de obtener algunas de las regularidades propias de la economía ecuatoriana.

**Palabras clave:** Ciclos Económicos Reales, Modelo de equilibrio General Dinámico Estocástico, Productividad total de los Factores.

## Tabla de Contenidos

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Hechos estilizados de la economía ecuatoriana.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Marco teórico y revisión bibliográfica.....</b>	<b>7</b>
	3.1 Modelo de crecimiento neoclásico.....	7
	3.2 Modelo series temporales y ciclos económicos reales.....	8
	3.3 Modelo de equilibrio general dinámico y estocástico.....	9
<b>4</b>	<b>Metodología .....</b>	<b>11</b>
	4.1 Descripción de los datos .....	11
	4.2 Estrategia econométrica y metodológica .....	11
<b>5</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>13</b>
	5.1 Descomposición del crecimiento económico en Ecuador .....	13
	5.2 Análisis de momentos estadísticos y correlación.....	16
	5.3 Elaboración del Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico .....	19
	5.3.1 Hogares .....	20
	5.3.2 Empresas.....	22
	5.3.3 Equilibrio del modelo (equilibrio competitivo).....	23
	5.3.4 Estado estacionario .....	24
	5.3.5 Ecuaciones del modelo y calibración.....	25
	5.3.6 Efecto de la perturbación de la productividad total de los factores .....	27
<b>6</b>	<b>Conclusiones y camino para investigación futura.....</b>	<b>31</b>
	<b>Referencias.....</b>	<b>33</b>
	<b>Apéndice.....</b>	<b>35</b>

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Descomposición del crecimiento económico del Ecuador 1966-2014.....	<b>13</b>
<b>Tabla 2.</b> Descomposición del crecimiento económico del Ecuador periodo 1966-1972.....	<b>14</b>
<b>Tabla 3.</b> Descomposición del crecimiento económico del Ecuador 1973-1998.....	<b>14</b>
<b>Tabla 4.</b> Descomposición del crecimiento económico del Ecuador 1999-2014.....	<b>15</b>
<b>Tabla 5.</b> Descomposición del crecimiento económico del Ecuador por sectores 1966-2014.....	<b>16</b>
<b>Tabla 6.</b> Momentos estadísticos del comportamiento cíclico 1965-2016 (Filtro HP) .....	<b>19</b>
<b>Tabla 7.</b> Correlograma del PIB y sus componentes 1965-2016 (Filtro-HP).....	<b>19</b>
<b>Tabla 8.</b> Parámetros calibrados del modelo .....	<b>27</b>
<b>Tabla 9.</b> Valores iniciales del modelo.....	<b>27</b>
<b>Tabla 10.</b> Valores de estado estacionario.....	<b>28</b>

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Evolución del PIB y de sus componentes .....	<b>3</b>
<b>Figura 2.</b> Evolución del valor agregado petrolero y no petrolero en términos porcentuales .....	<b>4</b>
<b>Figura 3.</b> Composición del PIB en términos porcentuales.....	<b>4</b>
<b>Figura 4.</b> Componente cíclico que relaciona el PIB, valor agregado petrolero y los precios del petróleo .....	<b>6</b>
<b>Figura 5.</b> Componente tendencial y cíclico del PIB (Filtro Hodrick-Prescott) .....	<b>16</b>
<b>Figura 6.</b> Componente cíclico del PIB y de sus utilizaciones (Filtro Hodrick-Prescott).....	<b>18</b>
<b>Figura 7.</b> Efectos de una perturbación positiva, shock de 1% en la productividad total de los factores .....	<b>31</b>

## **1. Introducción.**

En la actualidad se ha producido un extraordinario avance en la aplicación de técnicas matemáticas, estadísticas y econométricas para la aplicación de nuevos modelos macroeconómicos; esto debido al avance y desarrollo de las herramientas computacionales al servicio de la economía. Sobre este antecedente se recalca que los modelos de equilibrio general dinámico -MEGD- han adquirido una gran importancia en la modelización macroeconómica. Así entonces, el objetivo de este trabajo es desarrollar una extensión dentro del marco de la teoría de ciclos económicos reales para una economía pequeña y cerrada; para esto se acudirá a los modelos de equilibrio general dinámico estocástico, y específicamente, para la economía en mención, se usará un tipo parametrizado, calibrado y simulado que refleje la estructura de los ciclos económicos reales nacionales de la economía ecuatoriana.

Se recalca que los MEGD han tenido un amplio uso y permiten analizar cómo responden los diferentes agentes económicos ante cambios exógenos. Con estos modelos se obtienen respuestas en un entorno de equilibrio general, donde todas las variables económicas endógenas se determinan de forma simultánea. Para Sánchez (2003), para que un MEGD sea aplicado correctamente por aquellos que toman decisiones se requiere que las teorías económicas sean desarrolladas de manera realista, y a la vez indiquen el proceso de transmisión y la influencia de los supuestos en los resultados. Por tanto, estas herramientas son fundamentales para la elaboración de políticas públicas que deberán responder a la realidad del país, y a su vez estar destinadas a alcanzar objetivos de mediano y largo plazo.

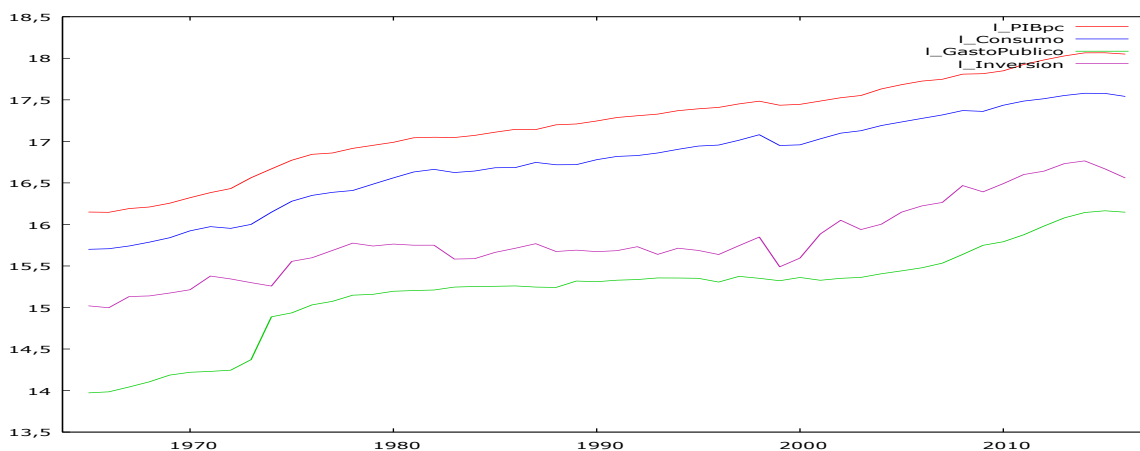
Por consiguiente, para alcanzar el objetivo planteado en un inicio este trabajo ha sido estructurado de la siguiente manera. Primero, se realiza la descomposición del crecimiento de la economía ecuatoriana por sectores productivos y periodos más significativos. Segundo, se lleva a cabo una descripción de los hechos estilizados para los agregados macroeconómicos, para lo cual se utilizará el filtro de Hodrick-Prescott con el fin de identificar los ciclos económicos y tendencias de las variables dentro de la economía ecuatoriana. Tercero, se desarrolla un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico dentro del cual se usará un shock como método de perturbación y que afecte a la productividad total de los factores; sobre esto último se analizarán los efectos sobre las diferentes variables macroeconómicas.

Finalmente, dentro de este trabajo se analizan los resultados obtenidos, se exponen las conclusiones más relevantes y se deja planteado el camino para proyectos de trabajo similares futuros.



## 2 Hechos estilizados de la economía ecuatoriana.

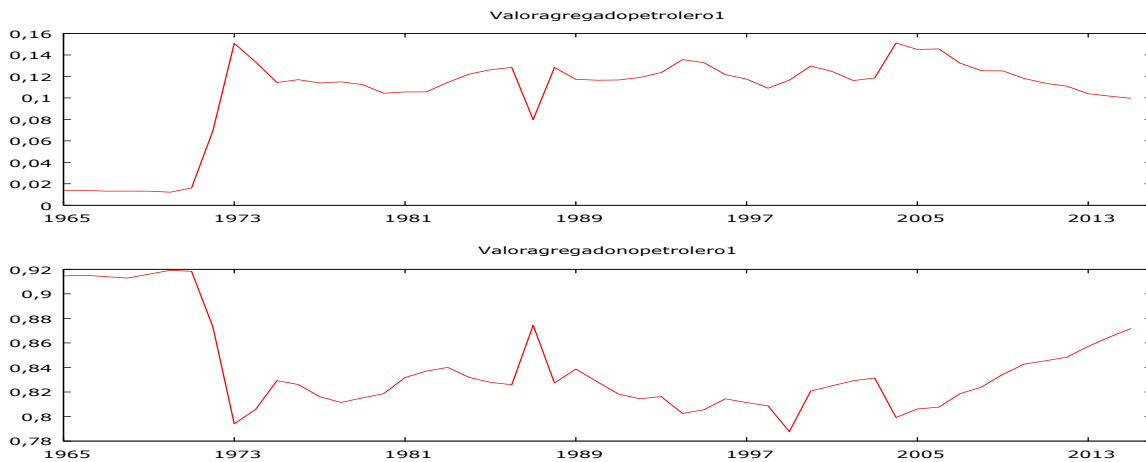
La economía ecuatoriana logró avances significativos después de 1950, cuando las exportaciones no agrícolas tuvieron una expansión lenta y constante, aunque cabe indicar que el noventa por ciento de las exportaciones totales eran agrícolas entre 1950 y 1970. Dentro de las exportaciones no agrícolas se destacaron especialmente los sectores de la construcción, los servicios públicos y los servicios en general. Por otro lado, después de 1967, se descubrieron nuevos campos petrolíferos en el Oriente, lo cual transformó al país en un productor mundial de petróleo; esto trajo consecuentemente grandes aumentos en los ingresos del gobierno, específicamente a partir de 1972. En ese mismo año se completó el oleoducto transecuatoriano y la refinería en la provincia de Esmeraldas. En la figura 1 se puede apreciar que el consumo y la inversión han sido las variables más representativas dentro del crecimiento.



**Figura 1:** Evolución del PIB y de sus componentes.  
**Fuente:** Banco Central del Ecuador. **Elaboración:** Propia.

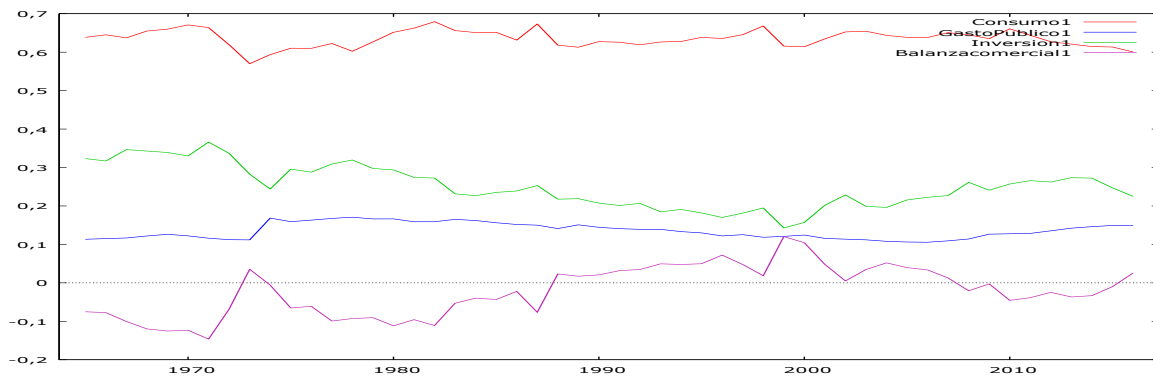
La producción y exportación de petróleo, que comenzó a principios de la década de 1970, junto con los dramáticos aumentos de los precios internacionales del petróleo, contribuyeron significativamente a un crecimiento económico sin precedentes. En la figura 2 se puede apreciar la evolución del peso porcentual dentro del PIB que han tenido, por un lado, el valor agregado del sector petrolero y, por otro, el valor agregado del sector no petrolero. A pesar del boom petrolero de los setenta, la economía se tambaleó a principios de la década de 1980 cuando el precio internacional del petróleo comenzó a declinar gradualmente. A su vez, el país perdió algunos mercados extranjeros de sus productos agrícolas tradicionales, debido al fenómeno climático del Niño; que, durante 1982-83, produjo inundaciones costeras, lluvias torrenciales y

sequía severa, que fueron altamente dañinas para los cultivos y las infraestructuras de transporte y comercialización.



**Figura 2:** Evolución del valor agregado petrolero y no petrolero en términos porcentuales. .  
**Fuente:** Banco Central del Ecuador. **Elaboración:** Propia.

En la figura 3 se observa como el consumo ha mantenido una participación estable dentro de la ponderación del PIB, a la vez, el gasto público se ha incrementado mientras que la inversión ha reducido su importancia relativa. Cabe indicar que la economía ecuatoriana se recuperó durante 1984, en parte como resultado de la estabilidad temporal en el precio internacional del petróleo, y en parte debido a un repunte en el sector agrícola. En 1984 el petróleo representó alrededor del setenta por ciento de todas las exportaciones de productos básicos y alrededor del cincuenta por ciento de los ingresos del gobierno central. Más adelante, en 1985, Ecuador se retiró por un año de la Organización de Países Exportadores de Petróleo -OPEP- para liberarse de las cuotas de exportación de esa organización y así aumentar los ingresos de exportación de petróleo.

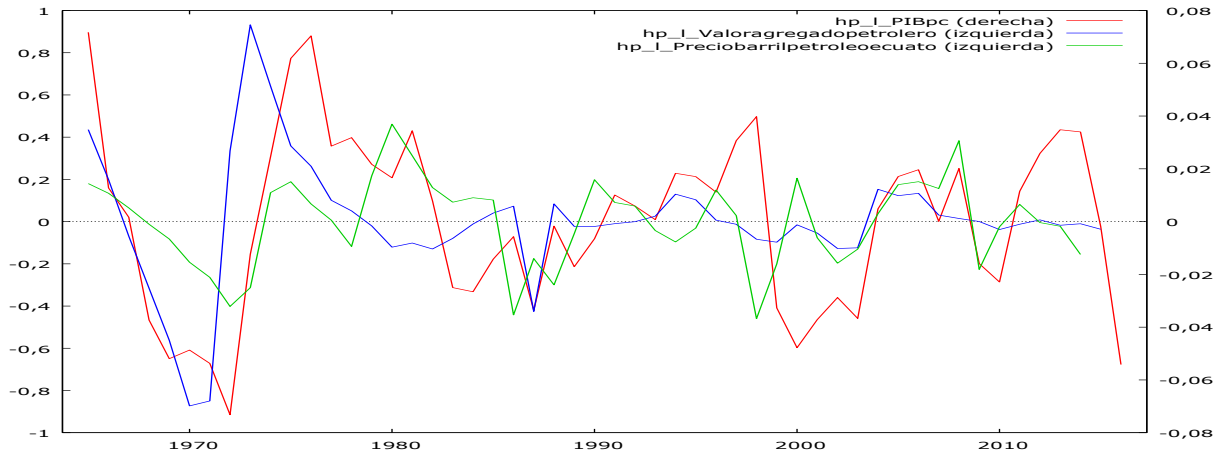


**Figura 3:** Composición del PIB en términos porcentuales.  
**Fuente:** Banco Central del Ecuador. **Elaboración:** Propia.

En marzo de 1987, un terremoto destruyó cerca de cuarenta kilómetros del Oleoducto Trans-Ecuatoriano y sus estaciones de bombeo, causando una suspensión de casi seis meses en la producción de petróleo crudo y la pérdida de US \$ 700 millones adicionales en ingresos de exportación. El deterioro del desempeño económico entre 1997-98 culminó en una severa crisis financiera en 1999. La crisis se vio precipitada por una serie de conmociones externas, incluido el fenómeno climático del Niño en 1997, una fuerte caída en los precios mundiales del petróleo en 1997-98 y la inestabilidad del mercado internacional emergente en 1997-98. Estos factores sumados a las políticas económicas insostenibles del gobierno de grandes déficit fiscales y una política monetaria expansiva resultaron en una contracción del PIB del 7,3%.

El 9 de enero de 2000, la administración anunció su intención de adoptar el dólar estadounidense como la moneda oficial de Ecuador para enfrentar la actual crisis económica completando con éxito la transición de sucres a dólares en 2001. Impulsada por los altos precios del petróleo, la economía ecuatoriana experimentó una modesta recuperación en 2000-01, con un aumento del PIB del 2,3% en 2000 y del 5,4% en 2001. El crecimiento del PIB se estabilizó hasta el 3,3% en 2002. La economía ecuatoriana experimentó un crecimiento promedio de 4.6% por año entre 2000 y 2006. El PIB se duplicó entre 1999 y 2007, alcanzando los 65,490 millones de dólares según el BCE. El petróleo representa el cuarenta por ciento de las exportaciones y contribuye a mantener una balanza comercial positiva.

La balanza comercial general de agosto de 2012 fue un superávit de casi 390 millones de dólares para los primeros seis meses de 2012, una cifra enorme comparada con la de 2007, que alcanzó solo \$5,7 millones; el excedente había aumentado en aproximadamente 425 millones en comparación con 2006. La balanza comercial del petróleo positiva tuvo ingresos de \$ 3.295 millones en 2008, mientras que la no petrolera fue negativa, ascendiendo a 2.842 millones de dólares. El grafico 4 muestra el componente cíclico del PIB, el cual permite realizar un análisis de los principales factores que han afectado a la economía ecuatoriana y a su vez concluir que el ciclo del PIB es pro-cíclico en relación la evolución en los precios del petróleo ecuatoriano y el valor agregado del sector petrolero. Esto se explica claramente debido a que la exportación de crudo es una piedra angular dentro de la economía ecuatoriana y es un factor dinamizador importante de la misma.



**Figura 4:** Componente cíclico que relaciona el PIB, valor agregado petrolero y los precios del petróleo.  
**Fuente:** Banco Central del Ecuador. **Elaboración:** Propia.

### 3 Marco teórico y revisión bibliográfica.

#### 3.1 Modelo de crecimiento neoclásico (Solow-Swan).

Este trabajo y sus variantes se basan en la economía neoclásica del crecimiento de Solow (1956) y Swan (1956). En el lenguaje de Lucas (1980, p. 696), un buen modelo no será exactamente más real que uno pobre, pero proporcionará mejores imitaciones. Por supuesto, lo que uno quiere decir con una mejor imitación dependerá de las preguntas particulares a las que uno responda. El modelo de crecimiento neoclásico (Solow-Swan) intenta explicar el crecimiento económico de largo plazo al observar la acumulación de capital, el crecimiento del trabajo y los incrementos en la productividad, comúnmente conocidos como progreso tecnológico y asume una función de producción agregada con rendimientos constantes a escala, adicionalmente se puede utilizar para generar series de tiempo de un conjunto de importantes agregados económicos. En términos generales la contabilidad del crecimiento consiste en definir una determinada función de producción para una economía y calcular los diferentes componentes de la misma.

Para ello partimos de la definición estándar de la función de producción de una economía, la cual es la función de producción Cobb-Douglas:

$$Y_t = F(K_t, L_t) = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (3.1)$$

Donde  $Y$  es el nivel de producción,  $A$  refleja el estado de la tecnología,  $K$  es el stock de capital y  $L$  es una medida de la cantidad de trabajo (horas trabajadas o trabajadores). La función de producción anterior, puede ser descompuesta, en términos de su tasa de crecimiento, como la suma de un conjunto de factores asociados tanto a la variación de la cantidad de factores productivos como al progreso tecnológico. Es por esto que al derivar la función anterior con respecto al tiempo y al expresarla en términos de la tasa de crecimiento, obtenemos:

$$g_{Y,t} = g_{A,t} + \alpha g_{K,t} + (1-\alpha)g_{L,t} \quad (3.2)$$

En este punto, al no tener información certera acerca del progreso tecnológico, procedemos a calcularlo como un residuo, en lo que se denomina el residuo de Solow. Dentro de este modelo supondremos que el precio de los factores productivos es igual a sus productividades marginales.

$$g_{A,t} = g_{Y,t} - \alpha g_{K,t} - (1-\alpha)g_{L,t} \quad (3.3)$$

Donde  $g_{Y,t}$  es la tasa de crecimiento del nivel de producción,  $g_{A,t}$  es la tasa de crecimiento de la tecnología,  $g_{K,t}$  es la tasa de crecimiento del stock de capital y  $g_{L,t}$  es la tasa de crecimiento del número total de horas trabajadas.

Además, el modelo incluye una restricción de la producción que viene dada por el consumo y la inversión dada la producción de la economía **(3.1)** asumiendo que parte de la producción es invertida de acuerdo a la ley de movimiento de capital. Una vez que se especificado el proceso estocástico correspondiente a la tecnología el resto de las variables del modelo se pueden obtener mediante simulaciones generadas por computadora.

### 3.2 Modelos RBC (Real Business Cycles)

La evidencia de este trabajo se apoya en los trabajos acerca del ciclo real realizados por Kydland y Prescott (1982) y Long, J. y Plosser, C. (1983) quienes observaron que existen fluctuaciones en la demanda agregada y se enfocaron en estudiar lo que se ha conocido como la teoría del ciclo económico real: consistente en las correlaciones directas o inversas que existen entre las variables y las fluctuaciones cíclicas en el consumo, la inversión y el empleo. Esto se debe principalmente a que los cambios dados en la productividad impulsan a los agentes racionales a ajustar su ahorro e inversión para suavizar el consumo, así como el empleo en respuesta a los cambios en el precio relativo del ocio y la productividad del trabajo. En toda serie temporal es necesario identificar que existe una variable observable  $x_t$  (expresada en logaritmos) que puede tener varios componentes inobservables.

$$x_t = c_t + z_t + s_t + i_t \quad (3.4)$$

Donde  $c_t$  es la componente transitoria (ciclo),  $z_t$  es la componente permanente (tendencia),  $s_t$  es la estacionalidad, y  $i_t$  es un componente irregular. La tendencia  $z_t$  debe recoger el movimiento a largo plazo de una serie, independientemente de otros componentes irregulares. La tendencia, también llamada componente secular de la serie, cambia muy suavemente en el tiempo, mientras que las fluctuaciones cíclicas cambian muy rápidamente. Los ciclos económicos son posiciones del PIB por encima y debajo del PIB potencial, es decir, son secuencias recurrentes no periódicas

de expansiones y recesiones. De acuerdo con el movimiento que exhiben en relación con la producción agregada, algunas variables pueden clasificarse como pro-cíclicas (si aumentan durante la fase expansiva o, por el contrario, disminuyen durante las contracciones), contra-cíclicas (si caen durante la fase expansiva o aumentan durante la fase contractiva).

### **3.3 Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico (EGDE).**

Los modelos de equilibrio general dinámico fueron desarrollados sobre la teoría del equilibrio general postulada por León Walras (1874) y permiten explicar fenómenos económicos que se observan de forma empírica, analizando los comportamientos de los distintos agentes económicos. Estos modelos descienden del modelo neoclásico desarrollado en la Inglaterra de entreguerras a través de dos artículos publicados por Ramsey principalmente en 1928 con la aceptación de Keynes han alcanzado una amplia difusión y aceptación en el modelado de modelos destinados a analizar el comportamiento de la economía en su conjunto. Posteriormente este fue mejorado mediante las contribuciones efectuadas por Cass (1965), Koopmans (1965), Brock and Mirman (1972). La característica principal de este modelo es que estudia las decisiones de los distintos agentes económicos, mismas que están fundamentadas en la teoría microeconómica.

El modelo al ser dinámico indica que el mismo recoge las decisiones de los agentes en el tiempo, esto es fundamental al momento de analizar variables como la inversión y considerando que los shocks dentro de la economía se suelen experimentar en períodos futuros. Que este sea de equilibrio general indica que el modelo es una réplica de la realidad, en el mismo se encuentran las interrelaciones entre los agentes y las distintas variables macroeconómicas al mismo tiempo. Por último, que el modelo sea estocástico indica que las perturbaciones que se incluirán en el modelo serán de tipo aleatorio y son estos shocks determinarán el cambio en el modelo. En este documento se presenta una especificación y estimación de un modelo de equilibrio general dinámico estocástico (EGDE), diseñado para superar las críticas realizadas por Lucas (1976).

Nuestro modelo está estrechamente relacionado con el trabajo de Jiménez (2010) y Cabezas (2016) y Oviedo (2017). La diferencia entre nuestro modelo y estos documentos es que tienen una configuración de economía abierta, mientras que nuestro modelo se asume una economía

cerrada. En el modelo de Jiménez (2010) se aprecia la diferencia en los modelos RBC de economías pequeñas abiertas y los modelos de economías pequeñas cerradas fundamentalmente en la forma que reacciona la inversión ante perturbaciones en la productividad, pues el acceso a los mercados financieros internacionales permite a los agentes consumidores separar el ahorro y la inversión permitiéndoles financiar la brecha entre los dos con recursos externos mientras que en el modelo de economía cerrada la inversión está sujeta a la producción nacional. Si bien en ambos casos los sectores analizados tienen la ventaja de permitirnos comprender la transmisión de los choques sectoriales en la economía dentro de una configuración multisectorial.



## **4 Metodología.**

### **4.1 Descripción de los datos.**

Se utilizan los datos de las series de tiempo macroeconómicas de Ecuador con frecuencia anual para el período 1965-2016 en valores reales considerando el 2007 como año base, datos correspondientes a las últimas publicaciones de la contabilidad nacional en Ecuador y que son elaboradas por el Banco Central del Ecuador (BCE). Dentro de esta base de datos cabe señalar que aquellas series para los años 2015 y 2016 son semi-definitivo y provisionales respectivamente.

Para este estudio se utilizaron aquellas variables macroeconómicas agrupadas que conforman el PIB, las cuales son: Consumo (Hogares residentes e instituciones sin fines de lucro que sirven a los hogares), Gasto Público (gasto corriente y la inversión del estado), Inversión (formación bruta de capital fijo y la variación de existencias) y la Balanza Comercial (exportaciones menos importaciones). Además fueron usadas bases de datos elaboradas por el Banco Mundial actualizada al año 2016 y de las World Penn Tables versión 9 para la obtención de los valores necesarios para los ejercicios de descomposición del crecimiento y el cálculo de parámetros y de las variables respectivas para la calibración del modelo EGDE.

### **4.2 Estrategia econométrica y metodológica.**

Para realizar un análisis de la economía ecuatoriana realizamos una descomposición del crecimiento de la economía ecuatoriana dividida en periodos que se caracterizan por ser de cambio estructural dentro de la misma, para esto se usó de referencia el trabajo realizado por Torres (2010) y se han usado datos para los factores y parámetros calculados por Borja (2014), los cuales se presentan en el apéndice B, así también de las World Penn Tables. En este trabajo se analizan las regularidades empíricas de los ciclos para el caso ecuatoriano y se obtienen las estadísticas descriptivas correspondientes que se emplean para caracterizar los ciclos, las cuales son: la desviación estándar del ciclo para cada una de las variables macroeconómicas seleccionadas, la desviación relativa de los ciclos respecto al ciclo de la variable en comparación

(en el este caso particular se toma al PIB), el coeficiente de correlación del ciclo de cada variable con el ciclo del PIB y el grado de persistencia de los mismos.

Se utiliza el modelo básico RBC para estudiar las fluctuaciones económicas originarias de Kydland y Prescott (1982) y Long y Plosser (1983), en el cual los agentes racionales ajustan el ahorro y la inversión para suavizar el consumo, así como el empleo en respuesta a los cambios en el precio relativo del ocio y la productividad del trabajo. Este comportamiento es consistente con hechos estilizados pues genera fluctuaciones pro-cíclicas en el consumo, la inversión y el empleo; hace que la inversión sea más volátil que el producto y el consumo; y produce persistencia positiva en los principales agregados macroeconómicos.

En la elaboración del modelo se usa un sistema de ecuaciones simultáneas, lineales y dinámicas. Se calibran los parámetros para las variables endógenas y exógenas de acuerdo a los datos recogidos de la economía ecuatoriana y se lleva a cabo la resolución a través del software Octave 4.2.1 en conjunto con el pre-procesador Dynare (Dynamic Rational Expectations), mismo que fue diseñado específicamente para estimar y solucionar modelos dinámicos con perturbaciones aleatorias y expectativas racionales. Siendo esto posible gracias y mediante el uso del manual creado por Stéphane Adjemian et al (2011) y se procede a observar el comportamiento de las variables reales ante el shock estocástico a la productividad, lo que se conoce como funciones impulso–respuesta.

## 5 Resultados.

### 5.1 Descomposición del crecimiento económico en Ecuador.

En este trabajo se procedió a descomponer el crecimiento económico de Ecuador primeramente para la totalidad del periodo analizado, para esto necesitamos determinar el valor del parámetro tecnológico de dicha función de producción. En el caso ecuatoriano la participación de las rentas de capital en la renta total de la economía es del 46,34% indicando que la participación de las rentas del trabajo en las rentas totales que se generan es del 53,66%.

La tabla 1 muestra los resultados de realizar el ejercicio de descomposición del crecimiento de la economía para el periodo completo considerado. Tal y como podemos observar, durante este periodo el crecimiento medio de la economía ecuatoriana ha sido del 4,01% anual, porcentaje que podemos considerar como elevado.

La aportación del capital a dicho crecimiento es de 1,87%, la aportación del factor trabajo es de 1,76%, mientras que el crecimiento en la productividad total de los factores, esto es, el progreso tecnológico neutral es el 38% restante. Estos resultados muestran que el crecimiento de la economía durante este periodo ha estado principalmente fundamentado en la acumulación de factores productivos, tanto trabajo como capital, siendo relativamente más importante la acumulación del primero.

**Tabla 1:** Descomposición del crecimiento económico del Ecuador 1966-2014

	<b>Crecimiento</b>	<b>Porcentaje</b>
PIB real (2007)	4,01	100
Capital	1,87	46,74
Trabajo	1,76	43,89
PTF	0,38	9,37
<b>Fuente:</b> World Penn Tables. <b>Elaboración:</b> Propia		

A continuación se realiza un ejercicio similar para los periodos correspondientes a 1966-1972, 1973-1998 y 1999-2014 por ser de especial relevancia dentro de la historia de la economía ecuatoriana.

La tabla 2 muestra el cálculo de la descomposición del crecimiento respectivamente para el periodo comprendido entre 1966-1972, correspondiente a la etapa previa a la explotación petrolera. La participación de las rentas de capital en la renta total de la economía es 26% mientras que la participación de las rentas del trabajo en las rentas totales que se generan es del 74%. En el caso de los factores de la producción calculamos que el stock de capital alcanza un valor de 5,93% y la cantidad de trabajo es de 2,94%.

**Tabla 2:** Descomposición del crecimiento económico del Ecuador 1966-1972

	<b>Crecimiento</b>	<b>Porcentaje</b>
PIB real (2007)	4,15	100
Capital	1,57	37,77
Trabajo	2,16	52,13
PTF	0,42	10,10
<b>Fuente:</b> World Penn Tables. <b>Elaboración:</b> Propia		

La tabla 3 muestra el cálculo de la descomposición del crecimiento respectivamente para el periodo comprendido entre 1973-1998, correspondiente a la etapa durante la cual se da el primer boom petrolero (1972-1982), la inauguración del Oleoducto Transecuatoriano y la terminación de la Refinería petrolera (1972). La participación de las rentas de capital en la renta total de la economía es 46% mientras que la participación de las rentas del trabajo en las rentas totales que se generan es del 54%. En el caso de los factores de la producción calculamos que el stock de capital alcanza un valor de 4,27% y la cantidad de trabajo es de 3,52%.

**Tabla 3:** Descomposición del crecimiento económico del Ecuador 1973-1998

	<b>Crecimiento</b>	<b>Porcentaje</b>
PIB real (2007)	4,18	100
Capital	1,96	46,88
Trabajo	1,90	45,50
PTF	0,32	7,61
<b>Fuente:</b> World Penn Tables. <b>Elaboración:</b> Propia		

La tabla 4 muestra el cálculo de la descomposición del crecimiento respectivamente para el periodo comprendido entre 1999-2014, correspondiente a la etapa durante la cual se dan los efectos del fenómeno de El Niño (1997-1998), caída de los precios del petróleo (1998) y

Dolarización de la economía (1999). La participación de las rentas de capital en la renta total de la economía es 56% mientras que la participación de las rentas del trabajo en las rentas totales que se generan es del 44%. En el caso de los factores de la producción calculamos que el stock de capital alcanza un valor de 2,98% y la cantidad de trabajo es de 2,76%.

**Tabla 4:** Descomposición del crecimiento económico del Ecuador 1999-2014

	<b>Crecimiento</b>	<b>Porcentaje</b>
PIB real (2007)	3,70	100
Capital	1,66	44,83
Trabajo	1,22	32,97
PTF	0,82	22,20
<b>Fuente:</b> World Penn Tables y Banco Central del Ecuador. <b>Elaboración:</b> Propia.		

La tabla 5 muestra los resultados de realizar el ejercicio de descomposición del crecimiento de la economía ecuatoriana dividida en el sector petrolero y el no petrolero para el periodo 1966-2014. En el sector petrolero la participación de las rentas de capital en la renta total de la economía es 33% mientras que la participación de las rentas del trabajo en las rentas totales que se generan es del 66% y en el del sector no petrolero la participación de las rentas de capital en la renta total de la economía es 60% mientras que la participación de las rentas del trabajo en las rentas totales que se generan es del 40%. Calculamos que el stock de capital alcanza un valor de 4,74% y 2,96% respectivamente, con un valor de 3,07% para la cantidad de trabajo en la economía.

Al analizar la descomposición por sectores apreciamos lo importante que ha sido el desarrollo del sector petrolero en el Ecuador, ya que este creció a un promedio de 4,92% durante el período en comparación con los 3,62% mostrados por el sector no-petrolero. Consecuentemente vemos como la aportación de capital posee un rendimiento mayor en el aporte al sector petrolero al igual que el tecnológico, esto debido principalmente a que la industria petrolera en su conjunto requiere de inversiones considerables tanto en capital físico como en tecnología.

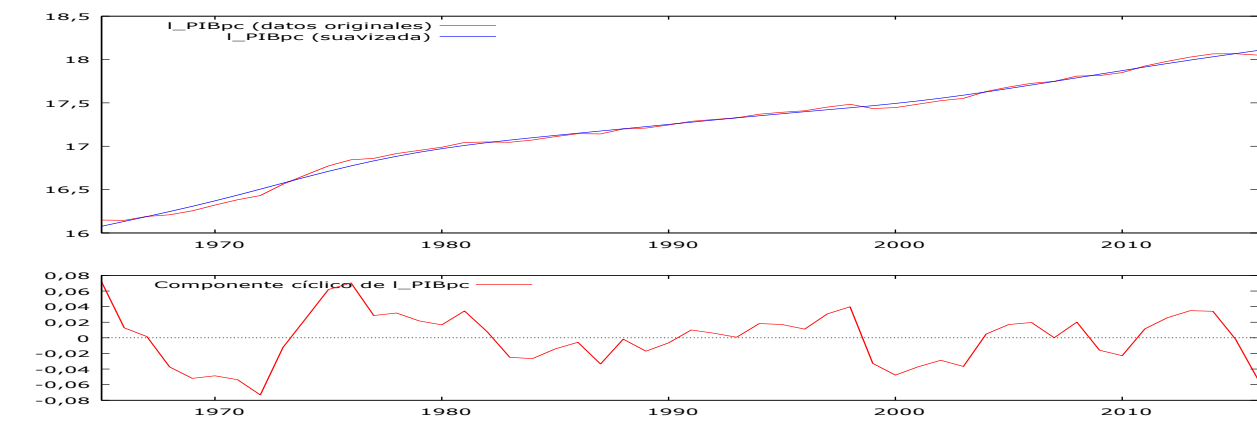
**Tabla 5:** Descomposición del crecimiento económico del Ecuador por sectores 1966-2014

		Crecimiento	Porcentaje
<b>Sector no-petrolero</b>	PIB real (2007)	3,63	100
	Capital	1,78	49,05
	Trabajo	1,23	33,90
	PTF	0,62	17,05
<b>Sector petrolero</b>	PIB real (2007)	4,92	100
	Capital	1,56	31,80
	Trabajo	2,03	41,19
	PTF	1,33	27,01

**Fuente:** World Penn Tables y Banco central del Ecuador. **Elaboración:** Propia.

## 5.2 Análisis de momentos estadísticos y correlación.

En la figura 5 se procede a aplicar el filtro HP a la serie temporal del PIB; se presenta por tanto, el componente tendencial, al igual que el componente del ciclo a través de desviaciones porcentuales respecto a su tendencia. En el mismo el mayor desvío con respecto a su tendencia se da en los períodos de bonanza petrolera.



**Figura 5:** Componente tendencial y cíclico del PIB (Filtro Hodrick-Prescott).

**Fuente:** Banco Central del Ecuador. **Elaboración:** Propia.

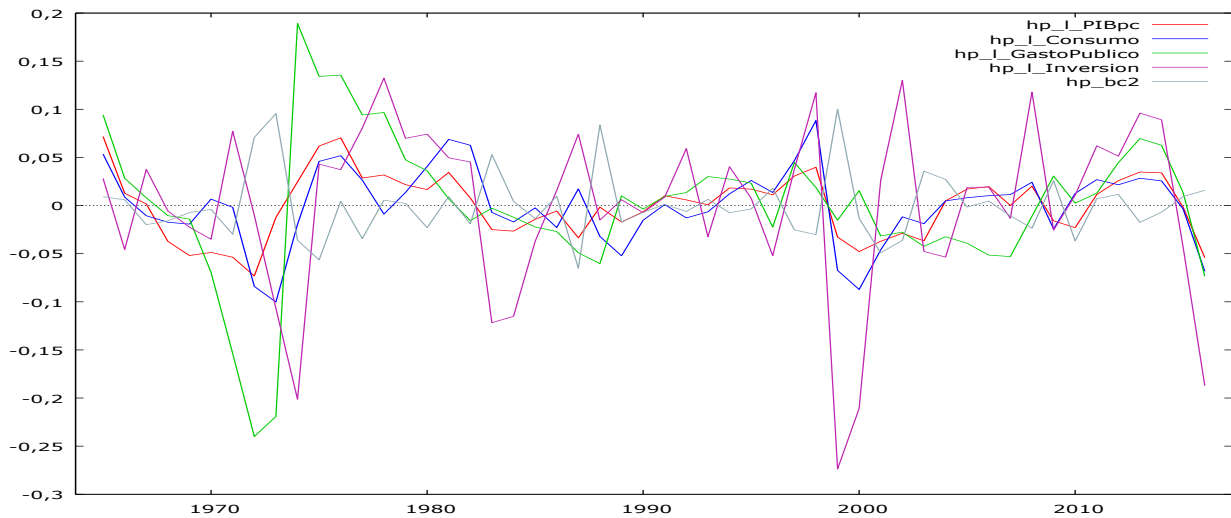
La figura 6 presenta el componente cíclico para cada uno de los componentes de la utilización del PIB, es fundamental para realizar un análisis con el objetivo de explicar las variaciones cíclicas en el PIB. En el mismo podemos observar desviaciones con respecto a la tendencia, la más importante que notamos es aquella que se refiere al consumo tanto privado como público,

las cuales se incrementan en cada uno de los periodos de bonanza petrolera. Nos permite además, realizar el análisis correspondiente conjuntamente con los principales sucesos que han afectado a la economía ecuatoriana.

- a) Primer boom petrolero (1972-1982), inauguración del Oleoducto Transecuatoriano y la Refinería (1972): Como consecuencia de los numerosos descubrimientos de yacimientos petrolíferos se produjo una fuerte inversión en infraestructura destinada a la explotación y exportación que finalmente se produciría en los 70's y por lo tanto la economía se especializó en las exportaciones de crudo, las cuales han representado gran parte de los ingresos no permanentes dentro del presupuesto general del estado. A través de la explotación petrolera el Estado tuvo un crecimiento significativo en sus ingresos, de esta manera incrementando la inversión y el gasto público.
- b) Caída de los precios del petróleo (1982-1988), el fenómeno de El Niño (1983), salida de la OPEP (1985) y el Terremoto (1987): A comienzos de la década de los 80's a consecuencia en la baja del precio de los commodities a nivel mundial se produjo una reversión del flujo de préstamos a los países exportadores de esta clase de productos a la vez de una baja en los ingresos. La crisis en Ecuador se vio ahondada debido a la falta de una correcta política económica, el fenómeno de El Niño (1983) que afectó la producción nacional como consecuencia de la destrucción de una parte significativa del stock de capital en la región de la costa ecuatoriana, el terremoto de 1987 y el conflicto fronterizo con el Perú.
- c) Efectos del fenómeno de El Niño (1997-1998), caída de los precios del petróleo (1998) y Dolarización de la economía (1999): Los años finales del siglo XX trajeron consigo una fuerte crisis económica provocada fundamentalmente por la caída en los precios del petróleo, los *shocks* climáticos y la inestabilidad en el sistema financiero. A partir de enero del año 2000 las autoridades de Gobierno, políticas y económicas, tomaron la decisión de asumir como modelo monetario la "dolarización", ocasionando la pérdida en la capacidad de utilizar su política monetaria y cambiaria como mecanismo para reducir la volatilidad de los ciclos económicos.
- d) Segundo boom petrolero (2007-2014): La dependencia del país con respecto a las exportaciones de petróleo y la sensibilidad del presupuesto a los fluctuantes precios del petróleo se ha incrementado considerablemente al consolidarse en el país una economía de carácter extractivista enfocada al desarrollo de las infraestructuras destinadas a la

exploración, extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte del crudo para su exportación.

- e) Caída de los precios del petróleo (2011): La caída generalizada de los precios del crudo ocasionada especialmente por la desaceleración de la economía a nivel global ha causado un fuerte estancamiento del modelo de desarrollo ecuatoriano, el cual dependía fuertemente de los ingresos petroleros para dinamizar la economía en forma de gasto e inversión pública.



**Figura 6:** Componente cíclico del PIB y de sus utilidades (Filtro Hodrick-Prescott)

**Fuente:** Banco Central del Ecuador. **Elaboración:** Propia.

En la tabla 6 podemos evidenciar las regularidades empíricas más significativas de la economía ecuatoriana, que son las siguientes:

- a) Desviación estándar: el ciclo del PIB fluctúa, aproximadamente, en 3.27% alrededor de su tendencia; en cambio la inversión real de la economía fluctúa en 8.67% respecto a su tendencia, variable que presenta la mayor volatilidad entre los agregados macroeconómicos analizados, mientras que la Balanza Comercial fluctúa en 3.39% respecto a la tendencia.
- b) Desvío estándar con respecto al PIB: La Inversión es 2.64 veces más volátil que el PIB, en tanto que la Balanza Comercial muestra la menor volatilidad respecto al PIB: 1.03 veces.
- c) Un indicador adicional es el coeficiente de correlación al PIB: las variables son pro-cíclicas, es decir se relacionan positivamente con el PIB exceptuando la Balanza Comercial que tiene un comportamiento contra-cíclico al relacionarse negativamente y la variable más correlacionada es el Consumo.



**Tabla 6:** Momentos estadísticos del comportamiento cíclico 1965-2016 (Filtro HP)

	PIB	Consumo	Gasto Público	Inversión	Balanza Comercial
$\sigma(x)$	0,03	0,04	0,07	0,09	0,03
$\sigma(x)/\sigma(y)$	1	1,19	2,27	2,65	1,04
$\sigma_{xy}$	1	0,71	0,70	0,43	-0,20
Persistencia	0,60	0,50	0,60	0,20	0,30
<b>Fuente:</b> Banco Central del Ecuador. <b>Elaboración:</b> Propia.					

Para profundizar el análisis, la tabla 7 presenta el Correlograma Cruzado y recoge los coeficientes de correlación del ciclo de la producción (el ciclo económico, en sentido estricto) con los valores retardados y adelantados de los ciclos del PIB y de los suyos propios detallando así la volatilidad de las variables macroeconómicas.

En la misma podemos visualizar como en el caso de la economía ecuatoriana el gasto público y el consumo tienen una altísima volatilidad.

**Tabla 7:** Correlograma del PIB y sus componentes 1965-2016 (Filtro-HP)

	-3	-2	-1	0	1	2	3
PIB	0,79	0,87	0,94	1	0,94	0,87	0,79
Consumo	0,10	0,23	0,52	0,71	0,30	-0,10	-0,22
Gasto público	0,20	0,36	0,61	0,70	0,43	0,11	-0,18
Inversión	0,04	0,07	0,20	0,43	0,12	-0,04	0,08
Balanza comercial	0,08	-0,04	-0,15	-0,20	-0,11	0,16	0,17
<b>Fuente:</b> Banco Central del Ecuador. <b>Elaboración:</b> Propia.							

### 5.3 Desarrollo del Modelo de Equilibrio General Dinámico Estocástico.

El uso que le vamos a dar al modelo es el cálculo del efecto de una perturbación en una economía pequeña y cerrada, es decir, estamos interesados en ver cómo reacciona la producción, el consumo, la inversión, el stock de capital, el mercado de trabajo, la tasa de interés real y los salarios a lo largo del tiempo ante alteraciones aleatorias. A este experimento se le denomina análisis impulso-respuesta y para lo cual se llevará a cabo un shock estocástico que afectará a la

productividad para este usaremos de referencia el modelo usado por Torres J.L (2010) y el de Jiménez Giraldo (2009) aplicado para la economía colombiana.

Partimos de una situación de reposo de la economía o equilibrio de largo plazo, introducimos una perturbación en la misma y calculamos el comportamiento de las diferentes variables macroeconómicas hasta que vuelven a alcanzar un nuevo estado estacionario. Para el modelo a realizarse, primeramente debemos establecer los distintos tipos de agentes a ser involucrados en función de los objetivos que buscamos, para efectos prácticos estos serán considerados como racionales, representativos y maximizadores de utilidad. En nuestro caso son dos: los hogares y las empresas.

### 5.3.1 Hogares.

Los hogares son los agentes que en relación a la oferta de trabajo toman decisiones de consumo y ocio al demandar bienes y servicios, así como de inversión dado su nivel de ahorro. Son los dueños de tanto el capital como el trabajo y por lo tanto exigen remuneraciones de estos en forma de retornos de capital y el pago de salarios, además se considera viven por periodos infinitos. El comportamiento dinámico del modelo está basado fundamentalmente en las decisiones de consumo que toma este agente dados unos precios de los factores productivos que posee como dotación.

La restricción temporal de los consumidores viene dada por la utilización total de su tiempo entre trabajo y ocio.

$$\begin{aligned} \text{Tiempo} = H &= \text{Trabajo} + \text{Ocio} \\ 1 &= L_t + O_t \end{aligned} \tag{4.1}$$

La función de utilidad instantánea viene dada por  $U(C, O)$  y supone que la felicidad del individuo depende de dos elementos: Consumo y Ocio. Dicha función tiene que cumplir las siguientes condiciones:

$$U_C > 0 \qquad U_{CC} < 0$$

$$U_o > 0$$

$$U_{oo} < 0$$

$$U_{co} > 0$$

Estas condiciones nos indican que la primera derivada respecto al consumo y al ocio es positiva por lo que es una función creciente, sin embargo, la segunda derivada es negativa indicando que la relación es cóncava al origen, es decir, los rendimientos son decrecientes.

El problema de maximización de los hogares viene dado por:

$$\max_{(C_t, I_t, O_t)} \ell = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\gamma \log C_t + (1-\gamma) \log(1-L_t)] \quad (4.2)$$

Donde  $\gamma$  se encuentra en el intervalo  $0 < \gamma < 1$  y representa la proporción del consumo sobre la renta total,  $\beta$  es el factor de descuento para la utilidad de los hogares y se encuentra en el intervalo  $0 < \beta < 1$ .

Sujeto a la restricción presupuestaria.

$$C_t + I_t = W_t L_t + R_t K_t \quad (4.3)$$

Debemos tener adicionalmente la ecuación correspondiente a la ley de acumulación del capital a lo largo del tiempo.

$$K_{t+1} = (1-\delta)K_t + I_t \quad (4.4)$$

Al resolver el problema del consumidor a través del lagrangiano, nos queda:

$$\max_{(C_t, K_t, O_t)} \ell = \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t [\gamma \log C_t + (1-\gamma) \log(1-L_t)] - \lambda_t [C_t + K_{t+1} - W_t L_t - (R_t + 1 - \delta)K_t] \quad (4.5)$$

Resolviendo el problema anterior obtenemos las condiciones de primer orden:

$$\frac{\partial \ell}{\partial C} = \beta^t \left[ \frac{\gamma}{C_t} - \lambda_t \right] = 0 \quad (4.6)$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial L} = \beta^t \left[ \frac{1-\gamma}{1-L_t} - \lambda_t W_t \right] = 0 \quad (4.7)$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial K} = \beta^t \lambda_t [R_t + 1 - \delta] - \beta^{t-1} \lambda_{t-1} = 0 \quad (4.8)$$

$$\frac{\partial \ell}{\partial \lambda} = C_t + K_{t+1} - (R_t + 1 - \delta)K_t - W_t L_t = 0 \quad (4.9)$$

Para obtener las decisiones del individuo tenemos que calcular el valor del parámetro de Lagrange, para esto despejamos de la primera condición de primer orden y sustituimos en la segunda condición. Esto da lugar a la sustitución marginal entre consumo y ocio al costo marginal del ocio.

$$\frac{(1-\gamma)}{\gamma} \frac{C_t}{1-L_t} = W_t \quad (4.10)$$

De la tercera condición de primer orden obtenemos la ecuación de Euler teniendo así la condición determina la decisión de ahorro del individuo.

$$\frac{C_{t+1}}{C_t} = \beta [R_t + 1 - \delta] \quad (4.11)$$

### 5.3.2 Empresas.

Las empresas son las unidades productivas de la economía. Estas deciden qué cantidad de factores productivos quieren alquilar, tomando como dados los precios de los factores productivos: capital y trabajo. Las empresas aplican una función tecnológica a estos factores para producir (considerando una función con rendimientos constantes de escala) los bienes y servicios finales dentro de un mercado de competencia perfecta en equilibrio.

La función de producción que utiliza el modelo es del tipo Cobb-Douglas.

$$PIB = Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} \quad (4.12)$$

La función matemática  $F(\cdot)$  que define la producción de la empresa tiene que cumplir las siguientes condiciones:

$$F_K > 0 \qquad F_L > 0$$

$$F_{KK} < 0 \qquad F_{LL} < 0$$

$$F_{KL} > 0$$

La primera derivada respecto al incremento del capital y el trabajo es positiva por lo que es una función creciente, sin embargo, la segunda derivada es negativa indicando que la relación es cóncava al origen, es decir, los rendimientos son decrecientes.

Las empresas con el fin de maximizar sus beneficios se enfrentan al siguiente problema de optimización.

$$Max \Pi_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha} - (W_t L_t + R_t K_t) \qquad (4.13)$$

Las condiciones de primer orden con respecto al capital y al trabajo tenemos:

$$R_t = \alpha A_t K_t^{\alpha-1} L_t^{1-\alpha} \qquad (4.14)$$

$$W_t = (1-\alpha) A_t K_t^\alpha L_t^{-\alpha} \qquad (4.15)$$

El precio relativo de los factores de la producción es igual a la productividad marginal de los mismos indicando que las empresas contratan factores de producción que compensen su producción marginal.

### 5.3.3 Equilibrio del modelo (Equilibrio competitivo).

El equilibrio del modelo se compone de la interacción de los comportamientos de los agentes descritos, es decir, los consumidores deciden cuanto consumir  $C_t$ , cuanto invertir  $I_t$  y cuanto trabajar  $L_t$  mientras que las empresas producen una cantidad determinada de bienes y servicios  $Y_t$  en función de su decisión de uso de capital  $K_t$  y trabajo  $L_t$ . Así podemos definir que el

equilibrio competitivo de la economía es una secuencia de consumo, ocio e inversión por parte de los consumidores y una secuencia de capital y trabajo por parte de las empresas dada una secuencia de precios de los factores productivos. Por tanto el equilibrio del modelo requiere que se satisfaga el problema de optimización del consumidor, se cumplan las condiciones de primer orden de las empresas y finalmente que se cumpla además la restricción de factibilidad de la economía.

De esta manera el equilibrio competitivo consiste en encontrar secuencias de las siete ecuaciones para las variables endógenas (Y, I, K, R, W, C, L) con el fin de que se satisfagan las condiciones de equilibrio.

### 5.3.4 Estado estacionario.

Una vez obtenido el equilibrio de la economía podemos definir los valores de estado estacionario de nuestra economía:

$$\frac{1-\gamma}{\gamma} \frac{\bar{C}}{1-\bar{L}} = (1-\alpha)\bar{A}\bar{K}^\alpha\bar{L}^{1-\alpha} \quad (4.16)$$

$$1 = \beta[\bar{R} + 1 - \delta] \quad (4.17)$$

$$\bar{Y} = \bar{A}\bar{K}^\alpha\bar{L}^{1-\alpha} \quad (4.18)$$

$$\bar{I} = \delta\bar{K} \quad (4.19)$$

$$\bar{C} + \bar{I} = \bar{Y} \quad (4.20)$$

A continuación tenemos las variables en función del nivel de producción de equilibrio tenemos:

$$\bar{R} = \frac{1}{\beta} + \delta - 1 \quad (4.21)$$

$$1 = \beta \left[ \alpha \frac{\bar{Y}}{\bar{K}} + 1 - \delta \right] \quad (4.22)$$

$$\bar{K} = \frac{\alpha\beta}{1-\beta+\beta\delta}\bar{Y} \quad (4.23)$$

$$\bar{I} = \frac{\alpha\beta\delta}{1-\beta+\beta\delta}\bar{Y} \quad (4.24)$$

$$\bar{C} = \frac{1-\beta+(1-\alpha)\beta\delta}{1-\beta+\beta\delta}\bar{Y} \quad (4.25)$$

$$\bar{L} = \frac{\gamma(1-\alpha)(1-\beta+\beta\delta)}{(1-\gamma)(1-\beta+(1-\alpha)\beta\delta)+\gamma(1-\alpha)(1-\beta+\beta\delta)} \quad (4.26)$$

$$\bar{Y} = \bar{A}^{\frac{1}{1-\alpha}} \left[ \frac{\alpha\beta}{1-\beta+\beta\delta} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (4.27)$$

$$\left[ 1 + \frac{\gamma(1-\alpha)(1-\beta+\beta\delta)}{(1-\gamma)(1-\beta+(1-\alpha)\beta\delta)} \right] \quad (4.28)$$

### 5.3.5 Ecuaciones del modelo y calibración.

A continuación procederemos a detallar la perturbación correspondiente para nuestro modelo en la forma de un proceso estocástico, la cual consiste en un shock a la productividad. Para esto suponemos que la perturbación que afecta a la tecnología  $A_t$  sigue un proceso AR (1) autorregresivo de primer orden. Esto siguiendo el modelo RBC estándar (Kydland y Prescott, 1982).

$$\ln A_t = (1-\rho_A)\ln \bar{A} + \rho_A \ln A_{t-1} + \varepsilon_t^A \quad \varepsilon_t^A \approx N(0, \sigma_A^2) \quad (4.29)$$

Donde  $\varepsilon_t$  es un proceso de ruido blanco con media cero y varianza constante.

Así, el equilibrio del modelo viene dado por un conjunto de seis ecuaciones, que representan el comportamiento de las cinco variables endógenas,  $(Y_t, I_t, K_t, C_t, L_t)$  y de la variable  $A_t$  que en principio es una variable exógena pero que también podemos considerarla como una variable endógena ya que suponemos que sigue un determinado proceso estocástico.

Para nuestro trabajo a continuación enumeraremos los parámetros con el fin de definirlos y detallar la procedencia de los valores que se usarán para los mismos. Posteriormente vamos a calibrarlos y una vez determinado el valor de los parámetros procedemos a calcular y simular numéricamente el modelo. Los parámetros que tenemos que calibrar, cinco en total, son los siguientes:

$$\Omega = \{\alpha, \beta, \delta, \gamma, \rho\}$$

$\alpha$ : Alpha representa la proporción de las rentas del capital con respecto a la renta total de la economía,  $1 > \alpha > 0$ . Consecuentemente  $1 - \alpha$  es la participación del trabajo con respecto a la renta total de la economía. Los valores a utilizarse corresponden a los datos obtenidos de la descomposición del crecimiento de la economía ecuatoriana realizado en el capítulo **5.1**

$\beta$ : Este parámetro (beta) se denomina factor de descuento e indica la preferencia subjetiva intertemporal de los individuos con respecto a la utilidad futura contra la presente. Una forma de calcular este parámetro de preferencias consiste en utilizar las condiciones de primer orden del modelo en estado estacionario. Podemos obtener un valor calibrado para este parámetro de función de la tasa de depreciación del capital y de la productividad marginal del capital, medida por el tipo de interés real. De este modo, dado un tipo de interés real de equilibrio para la economía y dada una tasa de depreciación física del capital, podemos obtener un valor para el parámetro de descuento. Los valores correspondientes fueron obtenidos desde las bases de datos World Penn Tables.

$\delta$ : Delta representa la tasa de depreciación física del stock de capital. El valor correspondiente a este parámetro ha sido obtenido de las bases de datos elaboradas por World Penn Tables.

$\gamma$ : Gama representa las preferencias del individuo en relación a la decisión entre consumo y ocio, por esto su valor es la proporción del gasto en consumo con respecto a la renta total  $0 < \gamma < 1$ . En el caso ecuatoriano tomaremos el valor de 0,5800 calculado por Zambrano, Julio (2008) en su estudio sobre el consumo en Sudamérica.

$\rho_A$ :  $\rho$  es el parámetro autorregresivo de la perturbación de la productividad y reflejará la persistencia en el tiempo de dicha perturbación.



$\sigma_A$ : Es la desviación estándar del término de error asociado al proceso estocástico que sigue la productividad total de los factores.

De la ecuación 2.4, la productividad total de los factores, obtenemos la diferencia no explicada (residuo de Solow) entre la producción y la acumulación de factores, a continuación se calibra con el coeficiente del proceso AR (1) y de la varianza de la regresión. Siendo los valores como se muestra a continuación:

$$\rho_A = 0,9696$$

$$\sigma_A = 0,0455$$

La tabla 8 muestra los valores de los parámetros calibrados utilizados en el modelo.

**Tabla 8:** Parámetros calibrados del modelo

Parámetro	Definición	Valor
$\alpha$	Parámetro tecnológico	0,4269
$\beta$	Factor de descuento (anual)	0,9669
$\delta$	Tasa de depreciación	0,0448
$\gamma$	Parámetro de preferencias	0,5800
$\rho_A$	Parámetro autorregresivo PTF	0,9696
$\sigma_A$	Desviación estándar PTF	0,0455

La tabla 9 muestra los valores iniciales de las variables, es decir, el estado estacionario antes de realizar la perturbación a la productividad.

**Tabla 9:** Valores iniciales del modelo

Parámetro	Definición	Valor
$Y$	Producción	1
$C$	Consumo	0,7874
$L$	Empleo	0,4126
$K$	Stock de Capital	3,0000
$I$	Inversión	0,2126
$W$	Salario	$(1 - \alpha) * Y/L$
$R$	Interés Real	$\alpha * Y/L$
$A$	TFP	1

### 5.3.6 Efecto de la perturbación de la productividad total de los factores.

El ejercicio que vamos a realizar consiste en estudiar cómo responde el modelo ante la perturbación, calculando las desviaciones de las distintas variables respecto a su valor de estado estacionario, determinando si es capaz de replicar ciertas características del ciclo económico ecuatoriano. Asimismo, estamos interesados en estudiar cómo el sistema vuelve a su estado estacionario inicial o bien, se mueve hacia un nuevo estado estacionario.

La tabla 10 muestra los valores de estado estacionario, dada la calibración de los parámetros del modelo realizado anteriormente. El valor de estado estacionario del nivel de producción es de 1,79, este valor está condicionado por el hecho de que hemos supuesto que la dotación de tiempo discrecional de la economía es igual a la unidad.

Por otra parte, obtenemos que el 51% del valor del empleo en estado estacionario se emplea en tareas productivas. En cuanto al uso que se le da a la producción en equilibrio, vemos que el 76% de la renta se destina al consumo, mientras que el 24% restante se destina al ahorro.

**Tabla 10:** Valores de estado estacionario

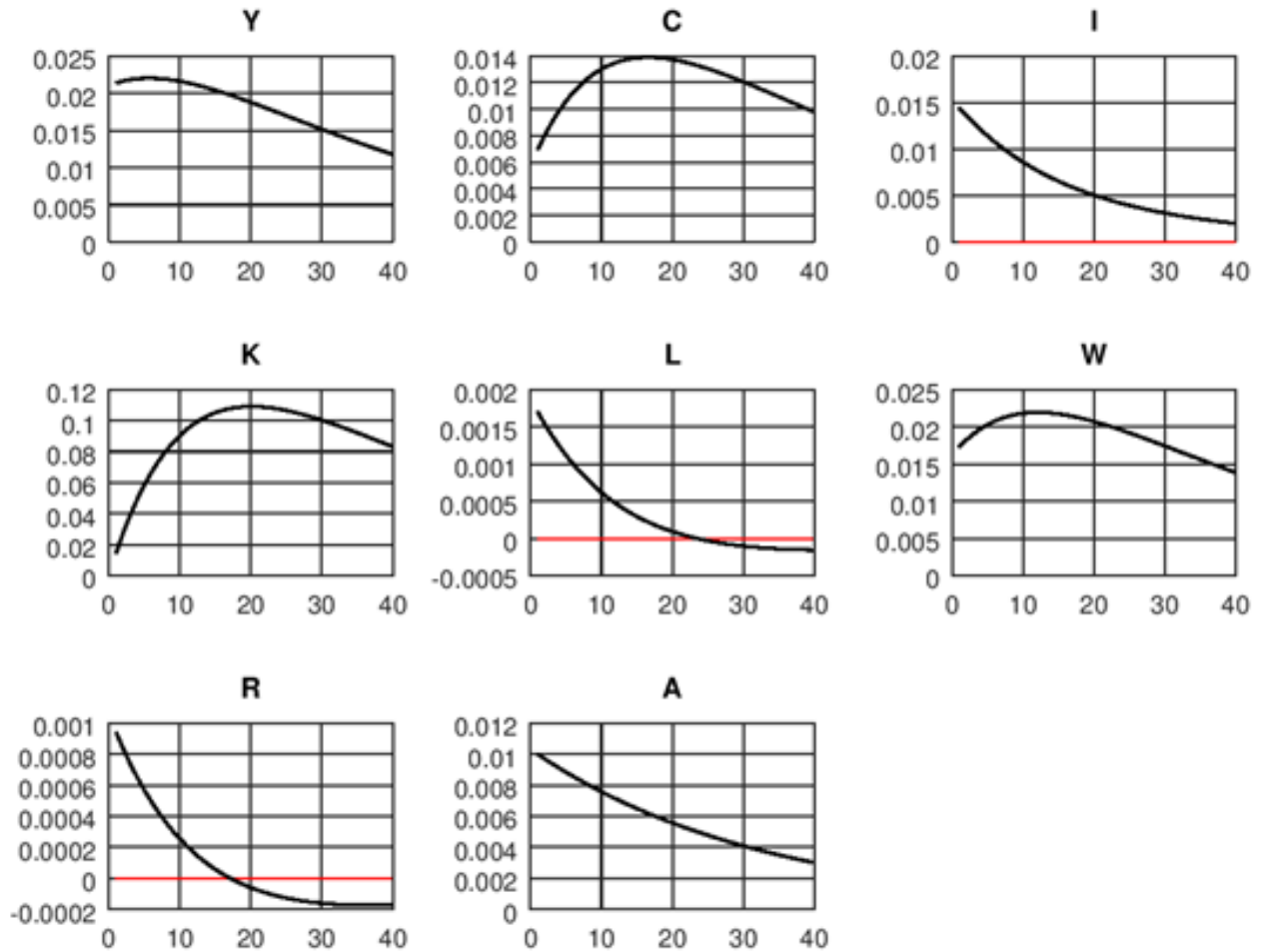
Variable	Valor	Ratio con respecto a $\bar{Y}$
$\bar{Y}$	1,79	1
$\bar{C}$	1,36	0,76
$\bar{I}$	0,43	0,24
$\bar{K}$	9,69	5,41
$\bar{L}$	0,51	-
$\bar{R}$	0,07	-
$\bar{W}$	2,01	-
$\bar{A}$	1	-

La figura 7 presenta las funciones impulso respuesta ante un shock de productividad del 1%, cuando dicho shock es persistente, esto a lo largo de 40 periodos posteriores. Con un choque de productividad persistente el producto, consumo, inversión y el empleo aumentan por encima de sus tasas de crecimiento de largo plazo, a su vez encontramos que la inversión retorna rápidamente a su nivel estacionario. Respuesta acorde con la regularidad empírica de una economía como la ecuatoriana.

Dentro de los principales resultados de la simulación podemos sintetizar que:

- a) Correspondiéndose con la teoría del crecimiento neo-clásica una perturbación de productividad en este caso positiva (un cambio que hace aumentar la productividad total de la economía) provoca un efecto positivo sobre el nivel de producción aunque posteriormente la desviación positiva comienza a disminuir, pero mostrando una importante persistencia en el tiempo. Es importante señalar que el nivel de producción aumenta inicialmente sin que aún varíe la cantidad de stock capital en la economía.
- b) El consumo también aumenta de forma instantánea respecto a su valor de estado estacionario como consecuencia del choque de productividad hasta alcanzar un máximo pasado 15 periodos para posteriormente disminuir. Este comportamiento del consumo viene explicado por la producción pero principalmente por el comportamiento de la inversión ya que esta aumenta de forma instantánea, para posteriormente ir disminuyendo rápidamente hacia su valor de estado estacionario.
- c) El stock de capital se ve influenciado inicialmente por el aumento de la inversión, sin embargo, a medida que esta disminuye, el stock de capital alcanza un máximo en el periodo 20 a partir del cual comienza a descender aunque permanece siempre por encima de su valor de estado estacionario. Además, el efecto sobre el empleo es muy limitado y de hecho, a partir del periodo 22 disminuye incluso a valores ligeramente inferiores a su estado estacionario.
- d) Finalmente, por lo que respecta al precio de los factores productivos, el salario aumenta en impacto hasta alcanzar un máximo en el periodo 11, momento a partir del cual disminuye, pero siempre por encima de su valor de estado estacionario, reflejando el efecto positivo de la perturbación de productividad agregada sobre la productividad marginal del trabajo. Por su

parte, el tipo de interés real experimenta una ligera variación positiva inicialmente, dado el aumento en la productividad marginal del capital, si bien posteriormente disminuye muy ligeramente por debajo de su valor de estado estacionario, como consecuencia del proceso de acumulación del capital generado.



**Figura 7:** Efectos de una perturbación positiva, shock de 1% en la productividad total de los factores. Variación porcentual (Eje vertical). Número de periodos (Eje horizontal).

## **6. Conclusiones y camino para futura investigación.**

La economía ecuatoriana presenta características propias de los países exportadores de materias primas que pudimos observar al elaborar la descomposición del crecimiento económico, entre las cuales concluimos que la productividad es mayor en el sector petrolero que en el no petrolero. A medida que se incrementa el peso del primero dentro del economía ecuatoriana es menor la diversificación productiva, y mayor la vulnerabilidad de Ecuador frente a choques en el petróleo crudo. Estas pueden reproducirse mediante un modelo de equilibrio general dinámico estocástico en el marco de la aplicación de la Teoría de los Ciclos Económicos Reales. Para esto se desarrolló un modelo parametrizado y calibrado cuya simulación realizada en Dynare permitió replicar algunas de las regularidades empíricas de la economía ecuatoriana. El modelo propuesto incorpora como agentes económicos a las familias y las empresas mientras que la estructura estocástica es incorporada en el modelo mediante un shock tecnológico con el fin de analizar sus efectos en la economía ecuatoriana que para este caso hemos modelizado como pequeña y cerrada.

Los resultados obtenidos para las variables reales de la economía ante un shock de productividad son los esperados para la economía ecuatoriana y están en concordancia con la literatura de ciclos económicos reales: un crecimiento en 1% en la productividad total de factores lleva a un crecimiento en la producción del 2,12% cuyo efecto se desvanece lentamente en el tiempo. A su vez el consumo se incrementa desde 0,8% hasta 1,4% disminuyendo posteriormente, siendo menos volátil que la producción, finalmente el efecto multiplicador sobre la inversión y el empleo es menor, siendo sus valores de 1,5% y 0,15% respectivamente. Así, encontramos que el modelo tiene la virtud de explicar en gran medida la volatilidad del producto (PIB), la inversión y el consumo. Estos coinciden con las simulaciones correspondiente al caso colombiano obtenidos por Jiménez Giraldo, D. E. (2009), y a los resultados obtenidos por Cabezas (2010) dentro de un estudio similar realizado para el caso de Ecuador, en ambos caso para una economía pequeña y abierta.

Destacan el análisis de las fluctuaciones y sus propiedades, los cuales está en línea con la naturaleza cíclica de las variables y el movimiento de las fluctuaciones cíclicas desde una perspectiva de largo plazo a la vez que las simulaciones realizadas permiten establecer que el modelo explica las propiedades del ciclo económico ecuatoriano. Este documento ha contribuido

a la literatura que examina la volatilidad variable en el tiempo en macroeconomía al estudiar los efectos de los cambios en la productividad de la economía para las pequeñas economías cerradas y nos permite cuantificar la contribución de los shocks productividad a las fluctuaciones de los macroagregados de la economía.

De este trabajo queda pendiente una agenda de futuras investigaciones. En particular, la introducción de otros agentes económicos a considerarse dentro del modelo como son: el gobierno, el sector externo, sistema financiero, entre otros. Además de ampliar el trabajo con el fin de medir cómo los choques al precio del petróleo crudo afectan a la economía de Ecuador a la vez de analizar en qué medida las variables endógenas se mueven frente a uno u otro shock exógeno (productividad versus términos del comercio o precios del petróleo), usando las funciones de impulso-respuesta y la descomposición de la varianza.

## Referencias.

- Barsky, R. B., & Sims, E. R. (2011). News shocks and business cycles. *Journal of Monetary Economics*, 58(3), 273-289.
- Beaudry, P., & Portier, F. (2006). Stock prices, news, and economic fluctuations. *The American Economic Review*, 96(4), 1293-1307.
- Blanchard, O. J., & Kahn, C. M. (1980). The solution of linear difference models under rational expectations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1305-1311.
- Borja Plaza, Leonel (2014). “Sobre los determinantes del crecimiento de la economía ecuatoriana”. Universidad San Francisco de Quito.
- Brock, William, and Leonard Mirman (1972): “Optimal Economic Growth and Uncertainty: The Discounted Case,” *Journal of Economic Theory*, 4(3), 479– 513.
- Cabezas, Eduardo (2016). “Un modelo de equilibrio genera dinámico y estocástico (DSGE) para la economía ecuatoriana” en la Revista cuestiones económicas, pp. 11
- Cass, David (1965): “Optimum growth in an aggregative model of capital accumulation,” *Review of Economic Studies*, 32, 233–240.
- Hansen, G. D. (1985). Indivisible labor and the business cycle. *Journal of monetary Economics*, 16(3), 309-327.
- Hodrick, R., and Prescott, E. (1997). Postwar U.S. Business Cycles: an Empirical Investigation. *Journal of Money, Credit and Banking* 29: 1-16.
- Jiménez Giraldo, D. E. Modelo de equilibrio general dinámico para una pequeña economía abierta. *Ensayos de Economía; Vol. 19, núm. 35 (2009); 57-73 0121-117x*.
- King, G., Tomz, M., & Wittenberg, J. (2000). Making the most of statistical analyses: Improving interpretation and presentation. *American journal of political science*, 347-361.
- Koopmans, Tjalling C. (1965): “On the concept of optimal economic growth,” in (Study Week on the) *Econometric Approach to Development Planning*, chap. 4, pp. 225–87. North-Holland Publishing Co., Amsterdam.
- Kydland, F. E., & Prescott, E. C. (1982). Time to build and aggregate fluctuations. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1345-1370.
- Long, J. y Plosser, C. (1983): Real Business Cycles. *Journal of Political Economy*, 91(1), 39-69.

- Lucas, R. E., Jr. (1976). Econometric Policy Evaluation: A Critique. en Brunner, K.; Meltzer, A., The Phillips Curve and Labor Markets, Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, 1, New York: American Elsevier, pp. 19-46 [41]
- Lucas, R. E., Jr. (1977). Understanding business cycles. In Stabilization of the domestic and international economy, ed. K. Brunner and A. H. Meltzer. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy No5, pp. 7-29. Amsterdam: North-Holland.
- Lucas, R. E., Jr. (1980). Methods and problems in business cycle theory. Journal of Money, Credit and Banking No12, pp. 696-715. Reprinted in Studies in business cycle theory, pp. 271-96. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1981.
- Oviedo, J. M. (2017). Un modelo de equilibrio general dinámico y estocástico para Argentina. Análisis del ciclo económico: 1993-2014.
- Ramsey, Frank (1928): “A Mathematical Theory of Saving,” Economic Journal, 38(152), 543–559.
- Stéphane Adjemian, Houtan Bastani, Michel Juillard, Frédéric Karamé, Ferhat Mihoubi, George Perendia, Johannes Pfeifer, Marco Ratto and Sébastien Villemot (2011), “*Dynare: Reference Manual, Version 4*”, *Dynare Working Papers*, 1, CEPREMAP
- Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. Quarterly Journal of Economics No70, pp. 65-94.
- Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. Economic Record No32, pp. 334-61.
- Torres, J. L. (2010). Introducción al Equilibrio General Dinámico Macroeconómico. *Universidad de Málaga*.
- Torres, J. L. (2010). “La descomposición del crecimiento económico: Una aplicación a la economía andaluza”
- Walras, L. (1874). 1954. Elements of pure economics.
- Zambrano Gutiérrez, Julio César. (2008). “La propensión al consumo en Sudamérica. Una revisión de las conjeturas de Keynes con datos de panel desde 1991 – 2005”.



## Apéndice A.

### Programación Dynare.

```
// Igor Ernesto Díaz Kovalenko
// Trabajo Final de Máster
// Modelo EGDS

// Definición de variables endógenas.
    var Y, C, I, K, L, W, R, A;

// Definición de variables exógenas.
    varexo e;

// Definición de parámetros.
    parameters alpha, beta, delta, gamma, rho;

// Valores de los parámetros.
    alpha = 0.4269;
    beta = 0.9669;
    delta = 0.0448;
    gamma = 0.5800;
    rho = 0.9696;

// Ecuaciones del modelo.
    model;
        C = (gamma/(1-gamma))*(1-L)*(1-alpha)*Y/L;
        I = beta*((C/C(+1))*(R(+1)+(1-delta)));
        Y = A*(K(-1)^alpha)*(L^(1-alpha));
        K = (Y-C)+(1-delta)*K(-1);
        I = Y-C;
        W = (1-alpha)*A*(K(-1)^alpha)*(L^(-alpha));
        R = alpha*A*(K(-1)^(alpha-1))*(L^(1-alpha));
        log(A) = rho*log(A(-1))+ e;
    end;

// Valores iniciales.
    initval;
        Y = 1;
        C = 0.7874;
        L = 0.2351;
        K = 3;
        I = 0.2126;
        W = (1-alpha)*Y/L;
        R = alpha*Y/K;
        A = 1;
        e = 0;
```

```
    end;

// Cálculo del estado estacionario.
    steady;

// Verificación cumplimiento condición BK.
    check;

// Perturbación (incremento porcentual)
    shocks;
        var e;
        stderr 0.045;
    end;

// Simulación estocástica.
    stoch_simul(periods=1000);
```

## Apéndice B.

Calculo de la Productividad Total de los Factores.

	Compensación al capital	Compensación al trabajo	Producto	Factores		Productividad Total de los Factores
<i>Año</i>	$\alpha$	$\alpha-1$	$y$	$k$	$l$	$ptf$
1966	0,26	0,74	-0,34%	4,77%	2,46%	-3,41%
1967	0,26	0,74	4,62%	5,74%	2,46%	1,30%
1968	0,26	0,74	1,91%	5,60%	2,46%	-1,38%
1969	0,26	0,74	4,67%	5,90%	2,46%	1,30%
1970	0,26	0,74	6,87%	5,96%	2,46%	3,49%
1971	0,26	0,74	6,29%	8,01%	4,14%	1,13%
1972	0,27	0,73	5,02%	5,50%	4,14%	0,51%
1973	0,29	0,71	13,95%	5,91%	4,14%	9,30%
1974	0,33	0,67	11,21%	7,38%	4,14%	5,99%
1975	0,36	0,64	10,97%	8,47%	4,14%	5,28%
1976	0,34	0,66	7,40%	8,01%	3,42%	2,43%
1977	0,35	0,65	1,60%	8,68%	3,42%	-3,65%
1978	0,37	0,63	5,71%	9,11%	3,42%	0,17%
1979	0,41	0,59	3,73%	8,14%	3,42%	-1,61%
1980	0,43	0,57	3,71%	7,89%	3,43%	-1,65%
1981	0,42	0,58	5,61%	6,60%	4,16%	0,42%
1982	0,44	0,56	0,61%	5,92%	4,15%	-4,32%
1983	0,46	0,54	-0,34%	3,62%	4,14%	-4,24%
1984	0,48	0,52	2,63%	3,03%	4,12%	-0,96%
1985	0,48	0,52	3,94%	2,90%	4,11%	0,41%
1986	0,49	0,51	3,46%	2,71%	3,97%	0,10%
1987	0,45	0,55	-0,26%	2,40%	3,93%	-3,49%
1988	0,46	0,54	5,89%	1,84%	3,89%	2,93%
1989	0,50	0,50	1,01%	1,68%	3,84%	-1,74%
1990	0,53	0,47	3,68%	1,23%	3,68%	1,29%
1991	0,54	0,46	4,29%	1,59%	4,65%	1,29%
1992	0,54	0,46	2,11%	1,87%	4,48%	-0,96%
1993	0,54	0,46	1,97%	2,06%	3,67%	-0,83%
1994	0,54	0,46	4,26%	2,35%	4,28%	1,03%
1995	0,54	0,46	2,25%	2,21%	3,13%	-0,38%
1996	0,55	0,45	1,73%	1,92%	-0,95%	1,11%
1997	0,55	0,45	4,33%	1,77%	3,18%	1,92%
1998	0,55	0,45	3,27%	1,72%	-0,49%	2,54%
1999	0,55	0,45	-4,74%	0,35%	-1,79%	-4,13%

2000	0,55	0,45	1,09%	0,52%	3,99%	-0,98%
2001	0,56	0,44	4,02%	1,26%	7,13%	0,16%
2002	0,56	0,44	4,10%	1,43%	4,71%	1,22%
2003	0,56	0,44	2,72%	1,10%	0,96%	1,68%
2004	0,56	0,44	8,21%	1,19%	8,68%	3,74%
2005	0,56	0,44	5,29%	1,28%	0,32%	4,43%
2006	0,57	0,43	4,40%	2,99%	3,31%	1,27%
2007	0,57	0,43	2,19%	3,12%	0,19%	0,34%
2008	0,57	0,43	6,36%	4,16%	0,69%	3,69%
2009	0,59	0,41	0,57%	3,70%	1,36%	-2,16%
2010	0,52	0,48	3,53%	4,28%	0,27%	1,16%
2011	0,55	0,45	7,79%	5,30%	2,02%	3,97%
2012	0,55	0,45	5,34%	6,60%	1,80%	0,91%
2013	0,55	0,45	4,71%	6,87%	1,47%	0,28%
2014	0,55	0,45	3,65%	3,50%	9,00%	-2,33%
<b>Promedio</b>	0,56	0,44	3,70%	2,98%	2,76%	0,83%