



**UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES**  
**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**  
**ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**MAESTRÍA EN GESTIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA**  
**DE RIESGO**

**TRABAJO FINAL DE MAESTRÍA**

**¿Cuáles son los principales determinantes de los  
Precios de las Commodities Latinoamericanas?**

**Periodo 2001 – 2010**

**Autor: Facundo Alfredo Rodríguez**

Lic. en Economía UBA

[rzfacundo@gmail.com](mailto:rzfacundo@gmail.com)

**Director: Luis Alberto Trajtenberg**

Posgrado en Economía UDESA

Lic. en Economía UBA

## RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo analizar los principales determinantes de los precios de las commodities Latinoamericanas, estimando para ello diferentes modelos mediante las técnicas de Mínimos Cuadrados Dinámicos (DOLS), Vectores de Corrección del Error (VEC) y un modelo de Sistema de Regresiones Aparentemente no relacionadas (SUR). Como principales determinantes se analizan la producción de los emergentes asiáticos, el tipo de cambio real, la tasa de interés real, el índice dow jones industrial, la liquidez real, la producción de biocombustibles y el factor climático, además se incorpora una tendencia para captar el efecto “Prebish-Singer” de los términos de intercambio. La estimación por SUR permite observar el impacto de dichos determinantes para el precio de cada una de las principales commodities latinoamericanas (café, maíz, trigo, soja, harina de soja, cobre y petróleo). A partir de las diversas estimaciones se analizan los desalineamientos de los precios de las commodities durante el periodo analizado.

Clasificación JEL:

Palabras clave: Commodities, Mínimos Cuadrados Dinámicos (DOLS), Vectores Autorregresivos, Vectores de Corrección al Equilibrio, Modelos SUR, efecto Prebis-Singer.

## Índice:

1) Introducción .....	8
2) Estado del Arte .....	11
2.1) Los precios agrícolas según Thomas Malthus y David Ricardo .....	11
2.2) Regla de Hotelling .....	12
2.3) Prebisch - Singer.....	14
2.4) Determinantes Macroeconómicos del precio de las commodities .....	16
2.1) La producción industrial.....	16
2.2) La Tasa de interés Real.....	19
2.3) Tipo de Cambio Real .....	22
2.4) Liquidez Monetaria Global Real .....	23
2.5) Producción de Biocombustibles.....	24
2.6) Factores Climáticos .....	25
3) Antecedentes Empíricos.....	26
4) Metodología .....	28
4.1) Fuentes de Datos .....	28
4.2) Metodología Econométrica.....	29
4.2.1) El Problema de la Simultaneidad .....	29
4.2.2) Vectores Autorregresivos (VAR).....	31
4.2.3) Mínimos Cuadrados Dinámicos .....	33
4.2.4) Sistema de Regresiones Aparentemente no relacionadas (SUR) .....	34
5) Resultados .....	36
5.1) VAR - VEC .....	36
5.1.1) Estimación.....	36
5.1.2) Funciones de Impulso Respuesta.....	39

5.1.3) Descomposición de la Varianza.....	42
5.1.4) Desalineamiento .....	43
5.2) DOLS.....	46
5.2.1) Estimación.....	46
5.2.2) Desalineamiento .....	48
5.3) SUR.....	50
5.3.1) Estimación.....	50
5.3.2) Desalineamientos.....	54
6) Conclusiones finales.....	59
Bibliografía .....	63
1) ANEXO A: VECTORES AUTORREGRESIVOS (VAR) .....	66
MODELO 1: VEC.....	67
MODELO 2: VEC con efecto (Efecto Prebisch – Singer):.....	70
MODELO 3: VEC con Variable Climática exógena (SOI).....	73
2) ANEXO B: MÍNIMOS CUADRADOS DINÁMICOS (DOLS) .....	77
3) ANEXO C: SUR.....	80
4) ANEXO D: RAICES UNITARIAS.....	87

## Lista de Gráficos:

<i>Gráfico N°1: Crecimiento de la Producción Mundial, Economías Avanzadas y Emergentes Asiáticos, serie desestacionalizada.....</i>	18
<i>Gráfico N°2: Tasa de interés real de los Fondos Federales de la FED (1975-2010).....</i>	21
<i>Gráfico N°3: Producción de Biocombustibles. ....</i>	24
<i>Gráfico N°4: Respuesta Acumulada del índice de precios de las commodities a: .....</i>	41
<i>Gráfico N°5: Descomposición de la Varianza .....</i>	43
<i>Gráfico N°6: Precio de Equilibrio y Observado, escala logarítmica.....</i>	45
<i>Gráfico N°7: Desalineamiento estimado.....</i>	45
<i>Gráfico N°8: Precio de Equilibrio y Observado, escala logarítmica.....</i>	49
<i>Gráfico N°9: Desalineamiento Estimado.....</i>	49
<i>Gráfico N°10: Precio de Observado y de Equilibrio de la soja (escala logarítmica) .....</i>	57
<i>Gráfico N°11: Precio de la soja, desalineamiento estimado .....</i>	57
<i>Gráfico N°12: Desalineamientos estimados de los precios del maíz, trigo, harina de soja, cobre petróleo y café. ....</i>	58
<i>Gráfico N°13: Análisis de los residuos modelo N°1: .....</i>	69
<i>Gráfico N°14: Análisis de los residuos modelo N°2: .....</i>	72
<i>Gráfico N°15: Análisis de los residuos de DOLS: .....</i>	78
<i>Gráfico N°16: Histograma de los residuos .....</i>	79
<i>Gráfico N°17: Precio de Observado y de Equilibrio del café (escala logarítmica).....</i>	81
<i>Gráfico N°18: Precio del café, desalineamiento estimado.....</i>	81
<i>Gráfico N°19: Precio de Observado y de Equilibrio del Maíz (escala logarítmica).....</i>	82
<i>Gráfico N°20: Precio del Maíz, desalineamiento estimado.....</i>	82
<i>Gráfico N°21: Precio de Observado y de Equilibrio del Trigo (escala logarítmica) .....</i>	83
<i>Gráfico N°22: Precio del Trigo, desalineamiento estimado .....</i>	83

Gráfico N°23: Precio de Observado y de Equilibrio de la Harina de Soja (escala logarítmica) .....	84
Gráfico N°24: Precio de la Harina de Soja, desalineamiento estimado .....	84
Gráfico N°25: Precio de Observado y de Equilibrio del Cobre (escala logarítmica).....	85
Gráfico N°26: Precio del Cobre, desalineamiento estimado.....	85
Gráfico N°27: Precio de Observado y de Equilibrio del Petróleo (escala logarítmica).....	86
Gráfico N°28: Precio del petróleo, desalineamiento estimado .....	86

## Lista de Cuadros:

Cuadro N°1: Relación de Largo Plazo entre el Índice de precio de las commodities y sus determinantes.....	38
Cuadro N°2: VEC (Modelo N°3) Funciones de Impulso – Respuesta. ....	39
Cuadro N°3: Descomposición de la varianza, doce meses.....	42
Cuadro N°4: Relaciones de Largo Plazo, estimadas por OLS y DOLS.....	47
Cuadro N°5: Coeficientes Estimado .....	53
Cuadro N°6: Estadísticas de las ecuaciones del sistema. ....	53
Cuadro N°7: Matriz de correlaciones residuales de las ecuaciones del sistema .....	54
Cuadro N°8: Rezagos Óptimos Modelo N° 1.....	67
Cuadro N°9: Test de Cointegración (Johansen).....	67
Cuadro N°10: Estimación del VEC, con cinco rezagos y una ecuación de cointegración. ....	68
Cuadro N°11: Análisis de estabilidad del modelo .....	68
Cuadro N°12: Análisis de los residuos.....	69
Cuadro N°13: Rezagos Óptimos Modelo N° 2.....	70
Cuadro N°14: Test de Cointegración (Johansen).....	70
Cuadro N°15: Estimación del VEC, con cinco rezagos y una ecuación de cointegración. ....	71

Cuadro N°16: Análisis de estabilidad del modelo .....	72
Cuadro N°17: Rezagos Óptimos Modelo N° 3.....	73
Cuadro N°18: Test de Cointegración (Johansen).....	74
Cuadro N°19: Estimación Modelo N°3.....	75
Cuadro N°20: Análisis de los residuos .....	76
Cuadro N°21: Estimación de los OLS y los distintos DOLS.....	78
Cuadro N°22: Test de Kurtosis .....	79

## 1) Introducción

El precio de las commodities, es un tema que ha preocupado y ocupado a los economistas desde el comienzo de las ciencias económicas. Especialmente a los clásicos entre ellos Malthus y Ricardo, el primero observaba que la población crecía exponencialmente mientras que los alimentos lo hacían geométricamente, por lo cual un aumento de la población genera una suba de los precios. Ricardo argumentaba que un aumento de la población con una oferta agraria inelástica sube los precios de las commodities. Los “derechos de importación” (defendidos por los monopolios) impedían una mayor competencia que permitiera reducir los precios en los mercados vía importaciones. Por lo cual este mecanismo permitía una mayor distribución de la renta a favor de los terratenientes, producto de la existencia de una “renta diferencial” generada por la mejor fertilidad de los suelos, por la distancia de las parcelas a los mercados o bien por la aplicación del trabajo sobre la misma parcela (renta intensiva). En base a la teoría de los “rendimientos decrecientes” Ricardo afirmaba que los precios de los productos industriales y los agrícolas se movían en direcciones opuestas, el precio de los bienes de origen industrial siempre estaría cayendo mientras que los precios agrícolas siempre estarían subiendo producto de la escasez de los recursos naturales. En este sentido el progreso técnico atenuaba solo temporalmente dicha tendencia.

Con el pasar de los años encontramos en Latinoamérica trabajos que evidencia dicha preocupación sobre la determinación de los precios. Entre los primeros trabajos se encuentran aquellos que ponen la atención en el comercio internacional (Prebich, 1950) y (Singer, 1950). Estos autores postulaban que los productos primarios declinarían en valor en relación con los productos industriales, en virtud de que la productividad crecía más rápidamente en el sector industrial que en la agricultura. Y por lo cual, según Prebich, existía una división internacional asimétrica del trabajo, ***entonces esta asimetría implicaba una relación directa entre los términos de intercambio<sup>1</sup> y los precios de las***

---

<sup>1</sup> Son la razón entre los precios de las exportaciones ( $P_x$ ) y el precio de las importaciones ( $P_m$ ). Siendo  $P_x$  y  $P_m$  índices agregados, por lo cual los términos de intercambio (TI) son igual a:  $TI = \frac{P_x}{P_m}$

**commodities.** Prebisch sostenía que mientras los países del centro habían retenido las ganancias de sus incrementos de productividad, la “periferia” había transferido los beneficios de su propio progreso técnico en la forma de menores precios de exportación.

El nivel de actividad global es uno de los principales determinantes de las commodities, un crecimiento de la actividad aumenta la demanda de commodities aumentando los precios de estas. En los últimos años el crecimiento de las economías emergentes asiáticas, junto al desarrollo de la clase media China provocaron un aumento de la demanda de commodities, la cual explicaría para algunos economistas el incremento de los precios de las commodities de algunas de las commodities durante los últimos años.

Otros trabajos como el de Gardner (1987) y Williams (1991) destacan una importante diferencia en el comportamiento de los precios de las commodities, según sean bienes perecibles o almacenables. En el caso de estos últimos existe un factor adicional que interviene en la formación del precio y el cual se relaciona con el tamaño de los inventarios que los agentes conservan ya sea para suavizar los cambios en los precios o para especular. Por lo cual los intermediarios tendrán un papel importante al igual que los consumidores y productores, en especial los **“intermediarios financieros”**. Según estos autores los bienes perecibles tienen un comportamiento de ruido blanco ante perturbaciones por el lado de la oferta y demanda, mientras que los almacenables tienen una autocorrelación positiva y abrupta, esta hipótesis es contrastada por un estudio del Banco Mundial (1989).

Mientras que algunos autores sostienen que los precios de las commodities tienden a moverse juntos (co-movimientos) (Pindyck & Rotemberg, 1990) por los siguientes tres motivos: i) Las contracciones de oferta y demanda pueden afectar otros mercados; ii) Por los impactos negativos de variables macroeconómicas; iii) Los especuladores ante una nueva información pueden tener una conducta histórica que

puede contagiar a otros mercados. Por lo tanto, la abundancia de co-movimientos genera una volatilidad mayor que la prevista para situaciones normales.

La gran diversidad de opiniones respecto de la introducción de los futuros y opciones sobre los precios spot impiden tener una conclusión general. Algunos autores sostienen que la introducción de estos provocó una reducción de la volatilidad de los precios ((Choid H, 1994); (Edwards, 2008)). La idea originaria de estos trabajos se encuentra en (Friedamn, 1953) al sostener que la especulación reducirá la volatilidad debido a que esta solo se llevaría a cabo si generarán beneficios para los especuladores. Sin embargo, otros estudios informan un aumento de la volatilidad (Antoniou & Phil , 1995), la principal idea subyacente de estos trabajos se debe a que la especulación puede producir burbujas en los precios.

En los últimos años la producción de los biocombustibles ha sido considerada como una nueva importante componente de la demanda de ciertas commodities (Curcio, De Jesus, Quirolo, & Vilker). Por lo cual aumentos de la producción de biocombustibles provocarían un aumento del precios de las commodities.

El factor climático es una variable fundamental en la determinación de los precios. Principalmente las inundaciones y sequías determinan una menor oferta de las diversas commodities, provocando una suba en el precio de las mismas.

## **2) Estado del Arte**

### ***2.1) Los precios agrícolas según Thomas Malthus y David Ricardo***

El precio de las commodities, y en particular el precio de los productos agrícolas fue objeto de análisis desde los principios de la economía como ciencia. Entre los economistas clásicos podemos encontrar a Malthus, para quien los precios agrícolas en el largo plazo crecerían producto del crecimiento exponencial de la población. Su visión conservadora y fideísta sobre la sociedad (justificada por la filosofía natural) lo llevaba a oponerse a toda ayuda a los pobres, debido a que dicha ayuda económica incrementaría los precios de los bienes necesarios para la subsistencia. Para Malthus este incremento de los precios se debía a la existencia de rendimientos decrecientes en el sector agrícola, es decir cada agricultor que se agregara al sector añadiría menos producto a la producción total que el agricultor anterior.

David Ricardo también llegaba a la conclusión de una tendencia alcista en los precios de los productos agrícolas en el largo plazo. Sin embargo, el alza se debería al rendimiento decreciente de las tierras menos fértiles. Este hecho se agravaba por la posibilidad de la apropiación de una “renta diferencial” por parte de los terratenientes, ante la imposibilidad (producto de regulaciones proteccionistas que generaban monopolios) de realizar importaciones de productos agrícolas desde otros países que permitieran descender el precio de los productos agrícolas. Para David Ricardo el aumento de la población también generaba un incremento de los precios de los productos agrícolas, sin embargo, el factor determinante es la escasez de tierras fértiles (oferta inelástica).

Para Ricardo los avances técnicos, aumentan la productividad generando un descenso de los precios agrícolas, por lo cual la renta diferencial se descendería hasta que la población aumente (producto de los mejores salarios reales) o la tasa de ganancias caiga por elevación de los salarios.

## **2.2) Regla de Hotelling**

Entre la teoría moderna relevante nos encontramos con el aporte de Harold Hotelling quien en su obra “The Economics of Exhaustible Resources” (Hotelling, 1931), en plena depresión económica y en medio de una escasez de recursos naturales producto de la mala utilización de estos, se preocupó por encontrar una tasa óptima de explotación para los “recursos no renovables”<sup>2</sup>. Los recursos naturales no renovables, como el petróleo y el cobre, son solamente algunas de las commodities, sin embargo, la “regla de hotelling” sirve para entender la relación entre el precio al contado, el precio futuro y la tasa de interés. La cual puede ser aplicada a todas las commodities, como así también incluir a los costos de almacenamiento.

Hotelling observó que en mercados de libre competencia la búsqueda de rentas intensivas por parte de las empresas hace que estas no apliquen técnicas eficientes en la extracción de los recursos. Mientras que las empresas monopólicas producen por debajo de la tasa “óptima de explotación” generando un alza en los precios de los recursos “no renovables”.

Para los mercados de competencia perfecta supuso que los costos de extracción eran nulos, la cantidad extraída de recursos no influye en su precio y este es una función conocida  $p(t)$ . En el caso de los recursos naturales no renovables, las existencias de este

---

<sup>2</sup> Su utilización o consumo implica una disminución permanente del stock, ya que o no existe regeneración o abarca períodos excesivos.

son conocidas y tienen una fecha de agotamiento (T), por lo cual a medida que nos acerquemos a la fecha de agotamiento el precio del recurso se irá incrementando. Entonces en un mercado de competencia perfecta el propietario del recurso tiene dos opciones, extraer los recursos y dejar los beneficios en el banco o bien dejar los recursos en la tierra donde su valor aumenta. Por lo cual en tiempo discreto podemos definir el precio futuro como:

$$P_1 = P_0(1 + r) ,$$

Donde “P<sub>0</sub>” es el precio actual, “P<sub>1</sub>” es el precio futuro, y “r” la tasa de interés. Despejando tendríamos:

$$P_0 = \frac{P_1}{(1 + r)}$$

También podemos observar que:

$$P_0 + P_0 r = P_1$$

Por lo cual la “**Regla de Hotelling**”<sup>3</sup> queda definida de la siguiente manera:

$$r = \frac{P_1 - P_0}{P_0} = \frac{P}{P_0} = \hat{P}$$

Es decir, en competencia perfecta la “**regla de hotelling**” establece que los precios de los recursos “no renovables” en equilibrio deben crecer a una tasa igual a la tasa de interés, de forma tal que el propietario del recurso se encuentra indiferente entre extraer hoy o mañana.

Entonces el propietario del recurso no renovable se enfrenta a la decisión de explotar hoy (t= 0) o explotar mañana (t=1) teniendo en cuenta los precios futuros y el precio actual.

Entonces:

$$Si P_0 (1 + r) > P_1 , entonces conviene explotar en t = 0$$

---

<sup>3</sup> En tiempo continuo:  $P_1 = P_0 e^{rt}$  y por lo tanto la regla de hotelling es:  $r = \frac{r e^{rt} P_0}{e^{rt} P_0} = \frac{P}{P_0} = \hat{P}$

*Si  $P_0 (1 + r) < P_1$ , entonces conviene guardar el recurso*

Por lo tanto, el propietario del recurso comparará el precio que obtendría por extraer “hoy” ( $P_0$ ) con el valor presente del precio futuro ( $\frac{P_1}{(1+r)}$ ) por extraer “mañana”.

A pesar de su gran aporte el trabajo de Hotelling no logro gran atención, su mayor difusión se dio recién a partir de la crisis petrolera en los años 70’.

### **2.3) Prebisch - Singer**

La denominada tesis Prebisch – Singer postula el deterioro de los términos de intercambio de los países en vías de desarrollo (periféricos), en beneficios de los países desarrollados (centro) que tienen una industria más desarrollada. Es decir, el poder de compra de las exportaciones respecto de las importaciones iría cayendo con el tiempo, perjudicando así a los países más pobres productores de materias primas. Por lo cual la tesis plantea que la tendencia a largo plazo de los términos de intercambio de los países periféricos es decreciente.

Para Prebisch el deterioro de los términos de intercambio se podía deber a cuatro factores<sup>4</sup>:

- a) Elasticidad ingresos de la demanda<sup>5</sup>.
- b) Estructura del mercado de trabajo.
- c) Cambio tecnológico.
- d) Amplitud de los ciclos económicos.

---

<sup>4</sup> Para un mayor detalle ver: [\(CEPAL, 2012\)](#)

<sup>5</sup> Elasticidad ingreso de la demanda =  $\frac{\text{Cambio porcentual de la cantidad demandada}}{\text{Cambio porcentual del ingreso}}$

Según Prebisch existían divergencias en el desarrollo mundial que impedían la convergencia que suponen los modelos de crecimiento neoclásicos. La especialización de los países industrializados (centro) en productos de alta elasticidad ingreso de la demanda y los de la periferia en aquellos de baja elasticidad ingreso (materias primas) acentuaban aún más esas divergencias. Esto implicaba que en los países industrializados (centro), el incremento del ingreso era muy superior al incremento en la demanda de materias primas. Al mismo tiempo el incremento del ingreso en los países industrializados generaba una mayor competencia en los países periféricos la cual incrementaba la oferta de materias primas generando una caída de los precios. Este último efecto empeoraba los términos de intercambio para los países en vías de desarrollo.

La innovación tecnológica también afecta a los términos de intercambio, “...muchos productos primarios son reemplazados por productos sintéticos o artificiales perdiendo posición en el mercado...” (CEPAL, 2012).

Para Prebisch la falta de sindicatos organizados, en la periferia, que impidieran la caída de los salarios ante la caída de los beneficios en la fase descendente del ciclo económico también contribuía a empeorar los términos de intercambio. A diferencia de los países industrializados, donde los salarios se mantenían ante una caída de los beneficios, producto de sindicatos muchos más organizados que en la periferia.

Y por último la amplitud de los ciclos económicos también afecta los términos de intercambio, en los países del centro es menor la amplitud de los ciclos económicos. Es decir, los países periféricos tienen una mayor volatilidad y por la tanto una mayor exposición al riesgo, y al no existir instituciones que frenen la caída del ciclo, esta mayor volatilidad en periodos de depresión económica se transfiere en un deterioro de los

términos de intercambio. **Todos estos motivos conllevaban según Prebisch, a la necesidad de un cambio en la especialización productiva de los países periféricos.**

## ***2.4) Determinantes Macroeconómicos del precio de las commodities***

La teoría económica y los diferentes trabajos econométricos brindan una gran variedad de variables que influyen en el precio de las commodities. A continuación, realizamos un detalle de las principales variables, para las cuales existe un consenso generalizado, respecto de que las mismas tienen un impacto importante sobre los precios de las commodities:

### **2.1) La producción industrial**

La actividad industrial utiliza varias commodities como insumos, tal es el caso del petróleo y el cobre (Curcio, Jesús, Quirolo, & Vilker, 2008), por lo cual un incremento de la actividad industrial generaría una mayor demanda de commodities y por lo tanto elevaría el precio de estas. En menor medida muchas materias primas de origen agropecuario son también insumos para la actividad industrial. Por lo cual aumentos de la producción mundial habrían aumentado la demanda de commodities, provocando un alza en los precios de estas, como se observa durante el periodo analizado.

La producción mundial tuvo tasas positivas de crecimiento, con excepción del año 2008 y 2009 producto de la crisis financiera internacional. Es importante destacar el fuerte

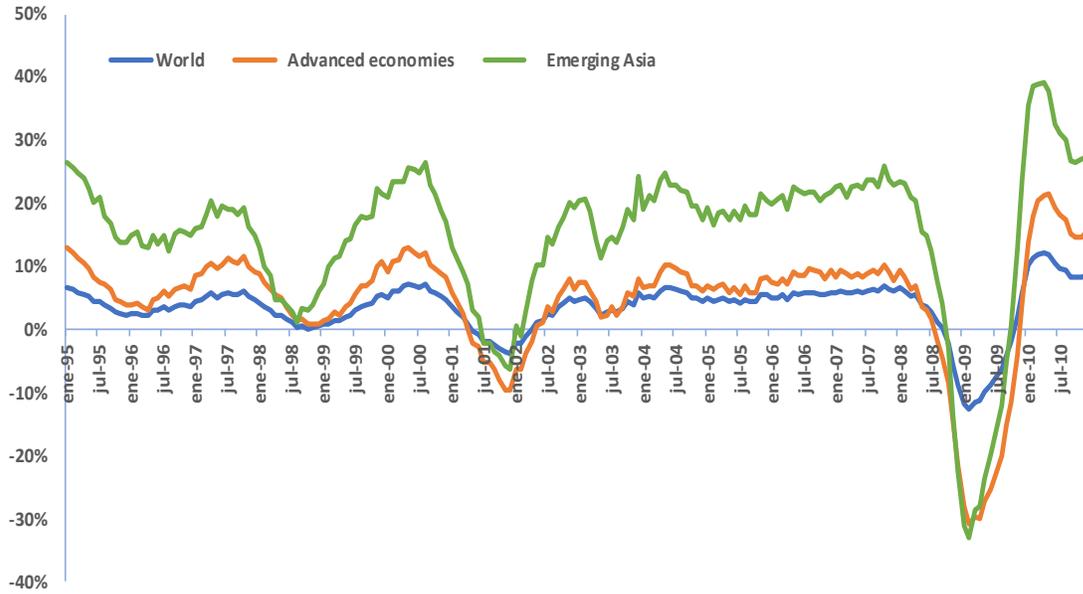
crecimiento de China y del resto de los emergentes asiáticos<sup>6</sup>, en el Gráfico N°1 se puede observar que la producción industrial de las economías emergentes asiáticas creció a un ritmo superior que el resto del mundo e incluso a las economías avanzadas. Se puede observar que desde el año 2001 las economías vuelven a crecer siendo los emergentes asiáticos quienes registran mayores tasas de crecimiento hasta alcanzar el auge en octubre de 2007. Para ingresar luego en una fase de recesión (producto de la crisis subprime), en enero de 2009 alcanzan el mínimo y recién sobre finales de este año vuelven a registrarse tasas de crecimiento positivas.

Entre los principales factores que permitieron un incremento de la producción encontramos dos que se dan a partir del año 2001, la baja tasa de interés internacional que permitió una mayor liquidez a los mercados financiero y "... la incorporación de China a la Organización Mundial del Comercio (OMC)..." (Walter Ramirez, 2008) en dicho año, convirtiéndose en el principalmente demandante de materias primas y el segundo principal exportador de manufacturas. El incremento de la demanda China generó un incremento de la cantidad demandada aumentando así los precios y mejorando los términos de intercambio de los países productores de materias primas. El mayor nivel de crecimiento de la economía China producto de su desarrollo industrial y su ingreso a la OMC generó un incremento del ingreso per cápita de su población, generando un nuevo incremento por el lado de la demanda de commodities.

---

<sup>6</sup> Hong Kong, India, Indonesia, Korea, Republic of, Malaysia, Pakistan, Philippines, Singapore, Taiwan.

**Gráfico N°1: Crecimiento de la Producción Mundial, Economías Avanzadas y Emergentes Asiáticas, serie desestacionalizada.**



**Fuente: Elaboración propia en base a datos de CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.**

## 2.2) La Tasa de interés Real

Existe abundante literatura respecto de la relación entre la tasa de interés y los precios (Ulloa, 2001) una de la hipótesis más importante es la conocida regla de Hotelling, según la cual el precio de los commodities debería subir de acuerdo con su escasez. Una variación de la tasa de interés modificara los incentivos para la extracción presente o futura de un recurso natural, por ejemplo, una caída de la tasa de interés provocará que el valor presente del recurso sea mayor al futuro, por lo cual el empresario deseará extraer en el presente. Sin embargo, si la tasa sube el valor futuro será mayor al presente, y por lo tanto de extraerlo en el presente se verá forzado a afrontar mayores costos de inventarios, debido a que deberá venderlo en el futuro para obtener una mayor rentabilidad.

Entonces siguiendo a Akram (2009), podemos expresar el precio de las commodities en función de la tasa de interés, de la siguiente forma:

$$E_t pc_{t+1} - pc_t = i_t + s(i_t)$$

“...La relación implica, en mercados eficientes, que el diferencial de precios entre un período y el otro debe ser igual a lo que se hubiese ganado por la venta y colocación a una tasa de interés más el costo de acarreo de un período. Alzas en las tasas de interés reducen la apreciación esperada de commodities...” (Rondinone & Thomasz, 2016). Otra forma de relacionar el precio spot con la tasa de interés, es mediante la definición de Hull (2009):

$$S_0 = F_0 e^{-(r+u)T}$$

Donde  $S_0$  es el precio Spot del commodity,  $F_0$  es el precio del Contrato Futuro,  $r$  es la tasa libre de riesgo continua,  $T$  es el tiempo al vencimiento del contrato y  $U$  es el costo de almacenaje. Por lo cual podemos observar que menores tasas de interés elevan el valor presente del commodity, el cual se reflejara en un mayor precio.

Sin embargo, existen diversos canales por lo cual una suba de tasa de interés se puede transmitir a precios, siguiendo a Frankel (2006):

i) Incremento en los incentivos a la extracción o producción presente por futura; ii) desincentivando el deseo de las firmas por mantener inventarios; iii) incentivando a los especuladores a abandonar contratos de commodities para comprar letreas del tesoro. Algunos autores han encontrado que la volatilidad de los precios de las commodities es de la misma intensidad que la volatilidad del precio de las acciones o del tipo de cambio (Bui, 1990).

Cuando las tasas de interés son muy bajas, los inversores dejan sus posiciones y buscan inversiones alternativas como commodities. Durante los últimos años la política monetaria de la FED llevo la tasa de interés a un nivel muy bajo.

Debemos tener en cuenta que, en materia financiera, siguiendo a Bastoure (2010), existen dos tipos de agentes con un comportamiento distinto en la toma de decisión en la composición de sus carteras. Así por ejemplo encontramos a los productores de commodities que toman posiciones de cobertura (tomando posiciones en derivados) para disminuir su exposición al riesgo producto de la volatilidad de los precios. Es decir, los productores construyen sus expectativas y toman decisiones en función de la evolución futura del precio spot del activo subyacente. El segundo grupo lo constituyen los “inversores netamente financieros” aquí podemos diferenciar dos tipos de agentes en función de su aversión al riesgo. Los primeros se encuentran constituidos por los “fondos de jubilación” y “fondos mutuos” los cuales tiene una “baja aversión al riesgo”, estos construyen carteras de derivados de commodities cubiertas con bonos del Tesoro

Norteamericano, es decir “... “comprar y esperar” es que sus retornos tienen una correlación negativa con los rendimientos de los bonos y resulta ser una buena cobertura contra la inflación no esperada...” (Druetto, 2015), es decir siguen estrategias de largo plazo totalmente cubiertas.

**Gráfico N°2:** Tasa de interés real de los Fondos Federales de la FED (1975-2010).



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos de la Federal Reserve Bank of St Louis.

En tanto los fondos de riesgo presentan una mayor aversión al riesgo, al tomar posiciones en descubierto con un alto apalancamiento. Estos fondos han creado carteras que se encuentran combinadas por distintos índices de commodities. Se negocian como un stock en forma de acciones en las bolsas de valores, y su valor fluctúa en función del valor de las commodities. Este segundo grupo le dio un mayor impulso desde el año 2001 al precio de los commodities en los últimos años. La crisis de las hipotecas en Estados Unidos denominada “crisis subprime” jugó un rol contrario al que se había imaginado. La crisis y el alto apalancamiento deberían haber disminuido la cantidad demanda, por lo cual los precios ajustarían a la baja, de acuerdo con la concepción deuda – deflación de

(Fisher, 1933) denominada por Paul Krugman como “paradoja del desapalancamiento”. Sin embargo, ante la quiebra de varias instituciones, la caída de los activos y de la tasa de la Reserva Federal a casi la mitad, “... los inversores comenzaron a refugiarse en los commodities mediante la compra de derivados...” (Walter Ramirez, 2008). Es decir, se constituyeron como reserva de valor, lo cual provocó un aumento de la demanda de estos, generando un nuevo impulso en los precios de las commodities.

En el gráfico se puede observar que desde los años ochenta, la tasa de interés interbancaria en los Estados Unidos tiene una tendencia negativa. Desde fines del año 2000 la tasa apenas sobrepasó el 5% en algunos meses hasta ubicarse en valores cercanos a cero desde noviembre del 2008 (producto de la crisis subprime). Lo cual evidencia que durante los últimos años la política monetaria de los Estados Unidos fue extremadamente laxa, provocando un aumento del precio de las commodities, dicho aumento se vio reforzado cuando a mediados del 2007 la Fed Fund comenzó una fase bajista del ciclo.

### **2.3) Tipo de Cambio Real**

Otro determinante importante en la literatura es el tipo de cambio real, junto a la tasa de interés son los determinantes macroeconómicos más estudiados en la literatura.

Uno de los primeros trabajos es el de (Ridler & Yandle, 1972), quienes demuestran que una apreciación del dólar genera una caída del precio de las commodities. Estos autores desarrollaron el concepto de “*efecto de denominación*”, donde una caída apreciación del dólar afecta de manera distinta a las commodities dependiendo del peso relativo del país productor del commodity en la producción total. Por lo cual una apreciación del dólar hace que las commodities que se transan en dólares sean más caras para compradores de otros países.

También Dornbusch (1985) hace depender el precio de las commodities del tipo de cambio real  $\left(\frac{P}{eP^*}\right)$ , donde además la demanda depende de los precios relativos medidos en sus respectivas monedas. Estos autores analizan la evolución de los precios desde el punto de vista de los productores, pero desde el proceso de “*financiarización de las commodities*”, que ha cobrado fuerza en la última década. También debemos tener en cuenta que el tipo de cambio incide en el valor de los activos, las commodities se encuentran valuados en dólares por lo cual un cambio en el tipo de cambio puede conllevar a pérdidas y ganancias en el corto plazo. Por lo cual los inversores pueden cambiar sus posiciones de corto plazo.

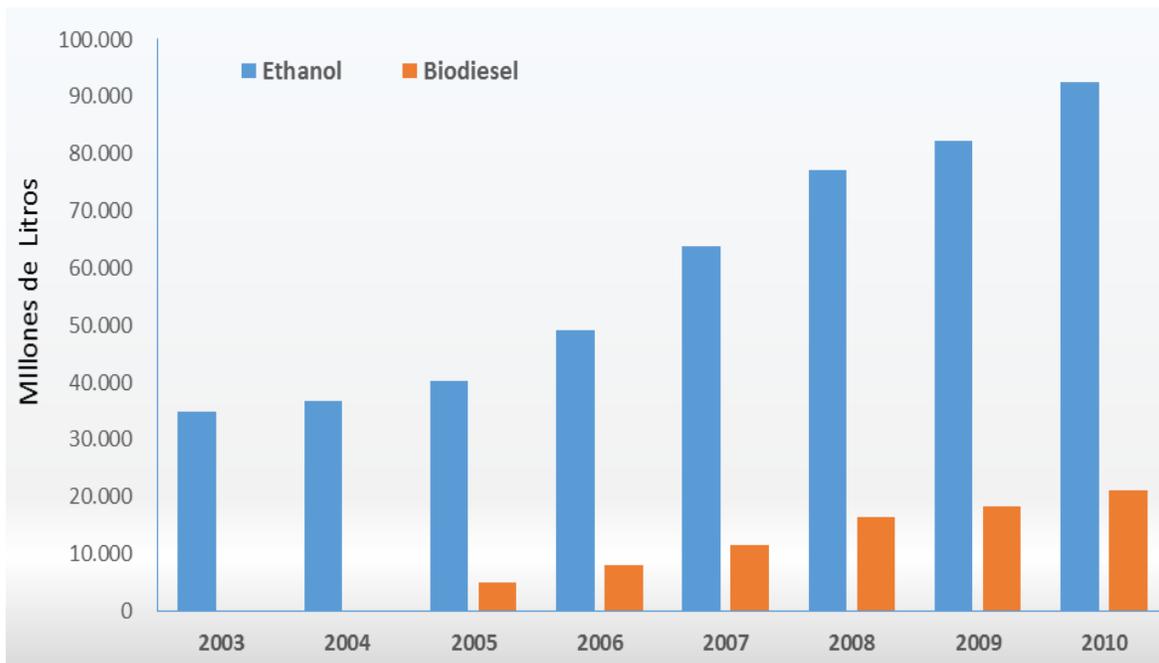
#### **2.4) Liquidez Monetaria Global Real**

Unos de los últimos estudios han incorporado como un determinante importante a la Liquidez Monetaria Internacional (Bastourre, Carrera, & Ibarlucia, 2010). En base a los trabajos de Dooley y Garaber (2005) y HSBC (2007), donde se considera que la liquidez monetaria internacional es una variable fundamental para explicar el crecimiento de la economía mundial y la mejor performance de los activos financieros de las economías emergentes, por lo cual Bastourre considera “...que es probable que el precio de las commodities se encuentre afectado por las condiciones monetarias globales, más allá del efecto captado por la tasa de interés...”. Dicha variable se mide por la sumatoria de las reservas internacionales de los diversos bancos centrales, debemos recordar que dicha acumulación solo es posible mediante un proceso de esterilización que permite a la mayoría de los bancos regular el tipo de cambio, la oferta monetaria y la inflación. Entonces el incremento de la liquidez monetaria global marca un patrón de conducta de los diversos países, sobre todo de los emergentes, que por medio de ella generan las condiciones macroeconómicas necesarias para su crecimiento y desarrollo.

## 2.5) Producción de Biocombustibles

En los últimos años el desarrollo de la producción de combustibles generó un aumento de la demanda de commodities agrícolas, especialmente de los derivados de soja y maíz. El trabajo de Silvana Curcio (2008) fue el primero en considerar a la producción de los biocombustibles como uno de los principales determinantes del precio de las commodities. La producción de biocombustibles incrementa la demanda de commodities agrícolas generando presión sobre los precios. El aumento de la oferta para acompañar a la demanda necesita de una mayor extensión de tierra, la cual se logra vía precios desplazando a los cultivos menos rentables. Al ser la tierra un recurso escaso, el precio de la tierra se incrementa afectando el precio de alimentos (como la carne, huevos, etc.), la vivienda y el propio precio de las commodities (Walter Ramirez, 2008). En el Gráfico N°3 se puede observar que la producción de biocombustibles se incrementó significativamente durante los últimos años.

**Gráfico N°3:** Producción de Biocombustibles.



**Fuente:** Energy Information Administration (EIA)

## 2.6) Factores Climáticos

Las condiciones climáticas es uno de los principales factores de riesgo al cual se deben enfrentar los productores agropecuarios, las mismas tienen un impacto sobre el precio spot y futuro de los precios de las commodities agropecuarias. Los fenómenos climatológicos “El Niño” (científicamente denominado ENSO (Oscilación del sur)) y “La Niña”, al producirse un evento de ellos genera una influencia sobre una amplia zona del planeta generando grandes cambios en las condiciones climatológicas afectando a las distintas zonas geográficas de distinta manera. Desatando excesos de lluvias, inundaciones y sequías, en las distintas áreas geográficas. Por lo cual, existe un amplio consenso en considerar que “El niño” y “La niña”<sup>7</sup> influyen significativamente sobre los precios de las commodities agropecuarias (Roache, 2010) (Brunner, 1998). Uno de los indicadores más importante del “Niño” es el índice de oscilación del sur (SOI), ver gráfico N°4, la aparición de valores negativos del SOI coinciden con valores de aguas oceánicas anormalmente cálidas, típico de los eventos del niño. Mientras que valores positivos del índice SOI coinciden con aguas oceánicas anormalmente frías en el Pacífico Oriental Tropical, típico de los episodios de la niña (Roache, 2010).

---

<sup>7</sup> “...La niña es la fase opuesta de la fluctuación climática de escala global conocido como EL NIÑO-OSCILACIÓN DEL SUR (ENOS). El concepto ENOS enfatiza de que el fenómeno engloba una compleja interacción entre el océano (corrientes oceánicas) y la atmósfera (Índice de Oscilación del Sur). La niña se caracteriza por temperaturas oceánicas inhabitualmente frías en las partes central y oriental del Pacífico ecuatorial... en la región sureste de sudamericana, durante las condiciones de La Niña, suele observarse una disminución del régimen de lluvias. Sin embargo, en la región occidental de Pacífico, Oceanía, Sudáfrica y sur de Asia presentan condiciones muy húmedas...” (Pronóstico Climatológico septiembre, octubre y noviembre del 2010; Dirección de Meteorología e Hidrología del Paraguay).

### **3) Antecedentes Empíricos**

Existe una serie de trabajos (la mayoría de la década de los años ochenta) que tratan de brindar una explicación teórica respecto de los determinantes de los precios de las commodities por medio de la construcción de modelos económicos, para los cuales los principales determinantes son el ingreso mundial, el tipo de cambio real del dólar y la tasa de interés. Luego encontramos bibliografía más reciente, que realizan sus estudios en base a estimaciones econométricas principalmente utilizando vectores autorregresivos (VAR), vectores de corrección del error (VEC), mínimos cuadrados dinámicos (DOLS) y sistemas de regresión aparentemente no relacionadas (SUR). Estos últimos trabajos además del cambio metodológico han incorporado como determinantes, la producción China, la producción de biocombustibles y el factor climático.

En cuanto a la relación centro – periferia, Bastourre (2010) por medio de una tendencia temporal para el largo plazo controla el efecto Prebisch – Singer, siendo el mismo significativo. En términos reales los precios de las commodities tuvieron una tendencia descendente hasta el año 2001, por lo cual la teoría Prebisch – Singer se cumpliría. Sin embargo, en los últimos años la tendencia bajista se revirtió comenzando un periodo alcista el cual supera al máximo periodo de crecimiento de los precios durante los años 1973 -1979. Por lo cual la teoría de Prebisch – Singer encuentra sus límites, siendo esto positivo para los países latinoamericanos.

Los modelos estimados recientemente confirman la teoría respecto de que el tipo de cambio real de los EE. UU afecta negativamente al precio de los commodities, por lo cual un empeoramiento de los términos de intercambio produce una depreciación del tipo de cambio real. La economía China al aumentar la demanda de materias (aumentando su precio) y el incremento de sus exportaciones industriales (bajando su precio), provocaron

un incremento de la participación de China en el comercio mundial, generando un deterioro de los términos de intercambio de los EE. UU. (Walter Ramirez, 2008).

En cuanto a la tasa de interés real también se corrobora en varios trabajos que afecta negativamente a los precios de los commodities (Frankel, 2006). Así en (Bastourre, Carrera, & Ibarlucia, 2008) encontramos que la elasticidad de la tasa de interés real a los precios de los commodities es negativa utilizando metodología VAR, en (Bastourre, Carrera, & Ibarlucia, 2010) al utilizar como metodología DOLS<sup>8</sup> también se obtienen una elasticidad negativa superior a la unidad.

Sin embargo existen una serie de trabajos que no apoyan la hipótesis de que una baja tasa de interés real sea un determinante fundamental de los precios, (De Gregorio, 2005) encuentra algunas ambigüedades al igual que (Vial, 2003), la tasa de interés real sin considerar la razón de producción es significativa al 10% pero al incorporar ambas variables deja de ser significativa. Mientras que (Miguez & Michelena, 2011) encuentran que la tasa nominal no es estadísticamente significativa para determinar la volatilidad del precio de las commodities. Incluso Frankel en su último trabajo encuentra que los principales determinantes de los precios son el nivel de actividad mundial, el riesgo político y la incertidumbre de los precios, sin embargo, no encuentra evidencia para la tasa de interés real y la política monetaria laxa.

En materia de patrones climáticos globales (Roache, 2010) al analizar la volatilidad del precio de los alimentos mediante regresiones bivariadas encuentra que el índice de oscilación del sur (SOI) es una variable importante en la determinación de los precios.

---

<sup>8</sup> Además de incorporar como determinante al índice Dow Jones y una tendencia que permite captar el efecto Prebisch – Singer.

## 4) Metodología

El objetivo es analizar la posible influencia de la producción industrial de los emergentes asiáticos, tasa de interés real, índice dow jones Industrial, tipo de cambio real, producción de biocombustibles e índice de oscilación del sur, en la determinación del precio de las commodities, empleando para ello las distintas técnicas econométricas. Para obtener un examen amplio, se emplearon distintas técnicas de estimación econométrica de los precios de equilibrio de las commodities. Los métodos de estimación empleados son Mínimos Cuadrados (OLS), el Modelo de Corrección del Error (VEC), Mínimos Cuadrados Dinámicos (DOLS) y el Sistema de Regresiones Aparentemente no Relacionadas (SUR). Los cuales permitieron analizar la significatividad estadística y empírica de los posibles determinantes.

### 4.1) Fuentes de Datos

Las series utilizadas son de frecuencia mensual y abarcan el periodo 1995:1 – 2010:12. Se utilizó el índice de precios básicos de la CEPAL<sup>9</sup>, como posibles determinantes del precio de las commodities se evaluó el rol de las siguientes variables, producción de los emergentes asiáticos<sup>10</sup>, tipo de cambio real de los USDA<sup>11</sup>, como proxy de la tasa real libre de riesgo se utilizó la tasa de los treasury maturity a un año<sup>12</sup>, el índice Dow Jones Industrial<sup>13</sup>, como liquidez monetaria global se tomó el total de reservas mundial en los distinto bancos centrales<sup>14</sup>, y la producción mundial de biocombustible<sup>15</sup>. Como variable

---

<sup>9</sup> Bases de Datos y Publicaciones Estadísticas de la CEPAL: [CEPALSTAT](#)

<sup>10</sup> [CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis](#).

<sup>11</sup> [Federal Reserve Bank St. Louis](#)

<sup>12</sup> [Federal Reserve Bank St. Louis](#)

<sup>13</sup> [Federal Reserve Bank St. Louis](#)

<sup>14</sup> [International Monetary Fund IMF](#)

<sup>15</sup> [Energy Information Administration \(EIA\)](#) en millones de galones, se tomó como proxy la producción en estados unidos.

climática se tomó el índice de oscilación del sur tratada como variables exógenas en los distintos modelos<sup>16</sup>.

Para la estimación bajo la metodología SUR se utilizaron los precios del Café, Maíz, Trigo, Soja, Harina de Soja, Petróleo, Cobre y Petróleo<sup>17</sup>. Todas las series se expresaron en logaritmos con excepción del índice SOI (que presenta valores positivos y negativos).

En el [Anexo D](#) se establecen los análisis de raíz unitarias de cada una de las variables, el análisis previo de cada una de las variables permite afirmar que todas son integradas de primer orden I (1).

## **4.2) Metodología Econométrica**

### **4.2.1) El Problema de la Simultaneidad**

El análisis de los determinantes de los precios conlleva un problema particular denominado técnicamente como “simultaneidad”, es decir “... al menos una variable explicativa de un modelo regresión lineal múltiple se determina conjuntamente con la variable dependiente” (Wooldrige, 2007) . Existe la posibilidad de usar ecuaciones simultáneas, sin embargo la utilización de esta técnica tiene una desventaja importante ya que algunas variables “...son tratadas como endógenas y otras como exógenas o predeterminadas (exógenas y endógenas rezagadas)” (Gujarati, 2003, pág. 822), el trato a las variables se realiza sin ninguna evidencia por lo cual su especificación es subjetiva en función de la teoría que se utilice para su justificación, como plantea (Pindyck, Econometría Modelos y Pronósticos , 2000, pág. 420):

---

<sup>16</sup> [Natioanal Oceanic and Atmospheric Administration \(NOAA\)](#)

<sup>17</sup> [International Monetary Fund \(IMF\): Primary Commodity Prices](#)

*Desafortunadamente, la teoría económica puede no ser suficiente para determinar la especificación correcta. Por ejemplo, la teoría puede ser demasiado complicada como para permitirle a uno derivar con precisión una especificación de los principios primordiales, de modo que debe hacerse alguna especificación aproximada o ad hoc. O la teoría puede ser consistente con varias estructuras de rezago alternativas, pero estas estructuras de rezago pueden dar como resultado modelos con comportamientos dinámicos muy diferentes. Por último, puede haber desacuerdo respecto a cuál es la teoría correcta. Como resultado, hay ocasiones en que se debería permitir que los datos, en lugar del econometrista, especifiquen la estructura dinámica de un modelo.*

Uno de los primeros economistas en plantear una solución a este problema fue Christopher A. Sims (1980) quien desarrollo un método de especificación en el cual no es necesario realizar supuestos sobre las variables del sistema y por lo tanto sobre la estructura dinámica del modelo. A dicha metodología de estimación en el cual todas las variables serian consideradas sobre la misma base de igualdad, se denomina vectores autorregresivos (VAR)<sup>18</sup>.

En términos teóricos existen solo dos únicos requisitos. El primero sería determinar las variables (endógenas y exógenas) que se cree que interactúan y que, por lo tanto, deberían incluirse como parte del modelo. Y luego respecto de los efectos que tienen las variables entre sí se trata de determinar el mayor número de rezagos que permitan captarlos. Al ser las mismas variables del lado derecho en cada ecuación, la estimación de los modelos VAR por Mínimos Cuadrados Ordinarios obtiene estimadores eficientes y consistentes. Los modelos VAR además presentan otra ventaja importante la cual radica en la posibilidad de explorar la función de respuesta a impulsos, “o lo que es lo mismo, cuantificar los MULTIPLICADORES de un sistema económico” (Urbisaia & Brufman, 2000). Por lo cual dicha función muestra la reacción de las variables del modelo ante cambios en

---

<sup>18</sup> Sus siglas se deben a su denominación en inglés, Vector Autoregressive Models (VAR).

otra de las variables. Al generarse un cambio en una de las variables, el mismo puede afectar a otras variables y a sus rezagos. La estructura dinámica del modelo VAR permite captar las reacciones ante un shock en alguna de las variables por medio de las funciones de impulso respuesta, permitiendo determinar si dicho cambio es permanente o transitorio.

Otra metodología estimación importante son los denominados Mínimos Cuadrados Dinámicos (DOLS) (Stock & Watson, 1993). Su principal aporte es encontrar una relación de equilibrio de largo plazo a partir de un modelo lineal que incorporan rezagos y adelantos de las variables, lo cual permite corregir “posibles problemas simultaneidad entre las variables explicativas, al tiempo que considera diferente orden de integración de dichas variables” (Castillo Bonilla & Girón, 2012).

Una alternativa adicional sería estimar las ecuaciones por la metodología de regresiones aparentemente no relacionadas (SURE)<sup>19</sup>. La metodología SURE es un caso particular de las ecuaciones simultaneas, en la cual se consideran que “la correlación entre las ecuaciones se origina entre los errores de éstas y no en la incorporación de variables endógenas como variables predeterminadas en otras ecuaciones del sistema” (Araya Monge & Muños Giró, 1996).

#### **4.2.2) Vectores Autorregresivos (VAR)**

Los vectores autorregresivos a diferencia de las mayorías de los modelos no son estructurales, es decir que las relaciones funcionales entre las variables no surgen de una teoría económica y por lo tanto su estimación sirve para corroborar dicha teoría (Pindyck, 2000, pág. 420). Esto brinda una gran ventaja, debido a que la teoría puede no ser

---

<sup>19</sup> Seemingly unrelated regression.

suficiente para determinar la especificación o bien no hay consenso generalizado respecto de cuál es la teoría correcta.

La estimación del VAR solo necesita la determinación de las variables que se incluirán en el modelo, además de considerar el número máximo de rezagos que permitan captar la interacción entre las variables. El modelo original supone que todas las variables son endógenas, sin embargo, pueden agregarse variables exógenas en las ecuaciones del modelo. Por lo cual tendremos que  $x_1, x_2, \dots, x_n$  son las variables endógenas y  $z_1, z_2, \dots, z_r$  son las variables exógenas, siguiendo a (Pindyck, 2000) el VAR quedará determinado por el siguiente conjunto de ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 x_{1,t} &= a_{10} + \sum_{j=1}^p a_{11j} x_{1,t-j} + \sum_{j=1}^p a_{12j} x_{2,t-j} + \dots + \sum_{j=1}^p a_{1nj} x_{n,t-j} \\
 &+ \sum_{j=0}^r b_{11j} z_{1,t-j} + \dots + \sum_{j=0}^r b_{1mj} z_{m,t-j} + \varepsilon_{1t} \\
 &\vdots \\
 x_{n,t} &= a_{n0} + \sum_{j=1}^p a_{n1j} x_{1,t-j} + \sum_{j=1}^p a_{n2j} x_{2,t-j} + \dots + \sum_{j=1}^p a_{nnj} x_{n,t-j} \\
 &+ \sum_{j=0}^r b_{n1j} z_{1,t-j} + \dots + \sum_{j=0}^r b_{nmj} z_{m,t-j} + \varepsilon_{nt}
 \end{aligned}$$

La ecuación puede resumirse en forma matricial como:

$$X_t = A_0 + A_1 X_{t-1} + \dots + A_p X_{t-p} + B_0 Z_t + B_1 Z_{t-1} + \dots + B_r Z_{t-r} + \varepsilon_t$$

Donde  $A_0$  es el vector de las constantes,  $A_1... A_p$  son matrices de dimensión  $n \times n$  de los coeficientes de las variables endógenas con sus valores actuales,  $B_1... B_r$  son matrices de dimensión  $n \times n$  de los coeficientes que relacionan los valores rezagados y las variables exógenas con los valores actuales de las variables endógenas y  $\varepsilon_t$  es un el vector de términos del error de dimensión  $n \times 1$ .

### 4.2.3) Mínimos Cuadrados Dinámicos

Otra alternativa de estimación consiste en utilizar la metodología de Mínimos Cuadrados Dinámicos (DOLS) propuesto por Stock y Watson (1993). Dicho estimador incorpora rezagos y adelantos de las diferencias de las variables endógenas, permitiendo que el estimador de los coeficientes de largo plazo tengan una distribución normal (Carrera, 2010). Su forma funcional se define como:

$$Y_t = M'X_t + \sum_{i=-m}^{i=m} Q_i \Delta z_{t-i} + \dots + \sum_{i=-l}^{i=l} \psi \Delta w_{t-i} + \varepsilon_t$$

Donde:

$Y_t$ : es la variable dependiente

$M$ : es la matriz de Coeficientes

$X$ : es matriz de las variables en niveles ( $z_t \dots \dots \dots w_t$ )

$m, l$ : son las longitudes de las iteracciones y rezagos de los regresor

$\varepsilon_t$ : corresponde al término error asumido.

$Q, \dots \psi$  son los coeficientes de las variables en primera diferencia.

#### 4.2.4) Sistema de Regresiones Aparentemente no relacionadas (SUR)

A diferencia de la estimación por Mínimos Cuadrados Dinámicos (DOLS), que incorpora adelantos y rezagos de las variables, la estimación por el sistema de regresiones aparentemente no relacionadas (SUR)<sup>20</sup> es un sistema de ecuaciones simultaneas en el cual se supone que las variables y las perturbaciones no están relacionadas, sin embargo, existe una correlación entre los errores de las ecuaciones (Perez, 2008). Esto permite tener estimaciones más eficientes, usando la metodología SUR. Existen dos situaciones para las cuales las estimaciones por SUR y MCO son iguales. La primera de ellas es cuando la covarianza de las ecuaciones cruzadas es igual a cero. El otro caso particular es cuando las variables explicativas son idénticas (Pindyck, 2000). Al realizar la estimación de nuestro modelo anterior por regresiones aparentemente no relacionadas (SUR) tomando como variables endógenas el precio de cada una de las commodities, podemos analizar cómo influye cada uno de los posibles determinantes en los precios de cada una de las commodities. Además, la posibilidad de que exista una correlación entre los errores de las ecuaciones y su estimación por medio de Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG) permite obtener el mejor estimador lineal insesgado del vector  $\beta$ .

Por lo cual el modelo a estimar estará dado por el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{aligned}
 Y_{1i} &= \beta_{11} + \beta_{12}X_{2i} + \beta_{13}X_{3i} + \Lambda + \beta_{1k}X_{ki} + u_{1i} \\
 Y_{2i} &= \beta_{21} + \beta_{22}X_{2i} + \beta_{23}X_{3i} + \Lambda + \beta_{2k}X_{ki} + u_{2i} \\
 Y_{3i} &= \beta_{31} + \beta_{32}X_{2i} + \beta_{33}X_{3i} + \Lambda + \beta_{3k}X_{ki} + u_{3i} \\
 M &= M + M + M + \Lambda + M + M \\
 Y_{Mi} &= \beta_{M1} + \beta_{M2}X_{2i} + \beta_{M3}X_{3i} + \Lambda + \beta_{Mk}X_{ki} + u_{Mi}
 \end{aligned}$$

<sup>20</sup> Su nombre en el idioma ingles es seemingly unrelated regression model, de allí sus siglas SUR o SURE.

Reexpresando el sistema matricialmente, tenemos que:

$$\begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & \Lambda & 0 \\ 0 & X_2 & \Lambda & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ X_m & 0 & \Lambda & X_m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} U_1 \\ U_2 \\ \vdots \\ U_m \end{bmatrix}$$

Por lo cual el sistema puede expresarse como:

$$Y = X\beta + U$$

Mientras que para los M vectores de términos de error hay una matriz de varianzas y covarianzas que tiene la siguiente forma:

$$\Phi = E [UU^T] = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1M} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & \cdots & \sigma_{2M} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{M1} & \sigma_{M2} & \cdots & \sigma_{MM} \end{bmatrix} * \otimes * I_N$$

Siendo  $\otimes$  el producto Kronecker, mientras que  $I_N$  es la matriz de identidad de orden N.

## 5) Resultados

### 5.1) VAR - VEC

#### 5.1.1) Estimación

Para analizar el número de rezagos óptimos, se estimaron los correspondientes Vectores Autorregresivos, los cuales presentan la siguiente estructura empírica:

$$y_t = v + B_0 x_t + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \dots + A_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (1)$$

Donde  $y_t$  es un vector de variables endógenas,  $\varepsilon_t$  es el vector de perturbaciones,  $v$  es un vector de parámetros, y  $A_1 - A_p$  constituyen una matriz de coeficientes de las variables,  $B_0$  es el vector de variables exógenas y  $x_t$  es la matriz de variables exógenas.

Se estimaron tres modelos de vectores autorregresivos (VAR), el primero con las variables enunciadas y el segundo toma en cuenta el efecto Prebisch – Singer de los términos intercambio, para captar dicho efecto se agregó una tendencia al segundo modelo (Bastoure, Carrera , & Ibarlucia, 2008). Mientras que el tercer modelo nos permite analizar la influencia del factor climático en la determinación de los precios al incorporar como variable exógena al índice de oscilación del sur (SOI). Para los dos primeros modelos el número de rezagos óptimos es de 4, mientras que para el tercero modelo se encontraron 8 rezagos óptimos, ver [Anexo A](#).

Para el análisis de la cointegración se utilizó la metodología de Johansen, en el “Anexo A” se muestran los resultados de los test de cointegración para los distintos modelos. Para

todos los modelos se encontraron una sola ecuación de cointegración. El modelo VAR de la ecuación (1) se puede reescribir como un vector de corrección del error (VEC). Por lo cual los modelos empíricos a estimar tienen la siguiente expresión:

$$\Delta Y_t = \nu + \Pi Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \Gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t$$

El número de rezagos para el modelo VEC es un rezago adicional al número de rezagos óptimos de los respectivos modelos VAR. Por lo tanto, los dos primeros modelos se estimaron con una sola ecuación de cointegración y con cinco rezagos, mientras que el tercer modelo tiene una ecuación de cointegración y seis rezagos.

En el Cuadro N°1 se presentan las relaciones de largo plazo obtenidas en cada uno de los modelos estimados. Para el modelo N°1 las únicas variables estadísticamente no significativas son la tasa de interés real y el índice dow jones.

Para el segundo modelo se puede observar que al controlar por una tendencia el efecto Prebisch se mejora levemente el modelo, y la única variable no relevante es el índice dow jones.

Mientras que la incorporación del factor climático, como variable exógena, en el modelo N°3 también mejora la estimación de los parámetros, como lo demuestra la reducción en el valor de los criterios de Akaike y Schwartz. Y todas las variables son estadísticamente significativas.

**Cuadro N°1:** Relación de Largo Plazo entre el Índice de precio de las commodities y sus determinantes.

Ecuaciones de Largo Plazo	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Determinantes	Ceq1	Ceq1	Ceq1
Precios de las commodities	1	1	1
Producción Emergentes Asiáticos	-33,88596	-2,533029	-2,458642
p value	0,000	0,000	0,010
Tipo de Cambio Real	26,48976	-1,087013	-1,309634
p value	0,0000	0	0,009
Tasa de Interes Real	0,6983487	-0,0830428	-0,116559
p value	0,204	0,001	0,003
Indice Dow Jones	-0,6095713	0,1666758	0,277943
p value	0,779	0,082	0,027
Liquidez Global Real	21,41346	-0,8510258	-0,936937
p value	0,002	0,007	0,033
Produccion de Biocombustibles	7,748773	-0,5734571	-0,612838
p value	0,000	0,000	0,001
Efecto Prebisch - Singer (trend)		0,0307084	0,030722
Constante	-6,257997	12,00929	11,90777
Número de Observaciones	187	187	186
AIC	-31,1665	-31,20955	-30,61466
SBIC	-30,34655	-29,06554	-25,7587
Rezagos	5	5	6

### 5.1.2) Funciones de Impulso Respuesta

Los vectores autorregresivos brindan la posibilidad de estimar las funciones de impulso respuesta, las cuales explican el comportamiento de las variables endógenas frente a un shock inicial en algunas de ellas, es decir las funciones de impulso – respuesta nos dicen cuál sería la respuesta en una determinada variable ante un shock en otra. Por lo cual nos brinda información sobre la reacción de la variable de interés para el corto plazo. Por ejemplo, en el cuadro N°2 se puede observar que un cambio en la producción de los emergentes asiáticos en el periodo 0, tendría un efecto positivo sobre el precio de las commodities en el mes siguiente de 0.228% unidades del índice, el efecto se iría ampliando con el tiempo hasta un efecto total del 20,61% unidades del índice al termino de doce meses. El incremento de la producción de las economías emergentes asiáticas son las que brindan un mayor impulso sobre el precio de las commodities.

**Cuadro N°2: VEC (Modelo N°3) Funciones de Impulso – Respuesta.**

PERIODO	INDICE	PROD	TCREAL	TASA	DJONES	LIQREAL	PRODBIO
1	2,4519%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
2	5,7692%	0,2280%	0,1115%	0,1911%	0,0638%	0,3767%	0,2699%
3	9,4310%	0,8618%	-0,0910%	0,2048%	0,1564%	1,0742%	0,5284%
4	13,4288%	2,1007%	-0,5997%	0,3629%	0,2697%	1,8667%	0,7168%
5	17,5750%	3,7211%	-1,5966%	0,4060%	0,6219%	2,6667%	1,1963%
6	21,6190%	5,8034%	-2,5688%	0,2006%	1,1411%	3,8460%	1,7253%
7	25,4679%	8,1406%	-3,5208%	-0,0859%	1,6737%	5,1699%	2,1701%
8	29,0476%	10,6908%	-4,6288%	-0,2638%	2,1562%	6,4955%	2,5720%
9	32,2802%	13,2957%	-5,9051%	-0,3990%	2,7147%	7,8542%	2,9776%
10	35,2518%	15,7962%	-7,1222%	-0,4454%	3,3679%	9,2957%	3,3310%
11	38,0140%	18,2288%	-8,3002%	-0,4367%	4,0112%	10,8150%	3,6515%
12	40,6096%	20,6114%	-9,4525%	-0,3485%	4,6078%	12,3042%	3,9640%

A continuación, en el gráfico N°5 se presentan las gráficas de las funciones impulso- respuesta acumuladas de los precios de las commodities a cada uno de sus determinantes, para un periodo de dos años.

Los shocks atribuidos a la producción de las economías emergentes impactan positivamente y permanentemente en el precio de las commodities. Un incremento en la producción de las economías emergentes incrementa la demanda y por lo tanto los precios de las commodities.

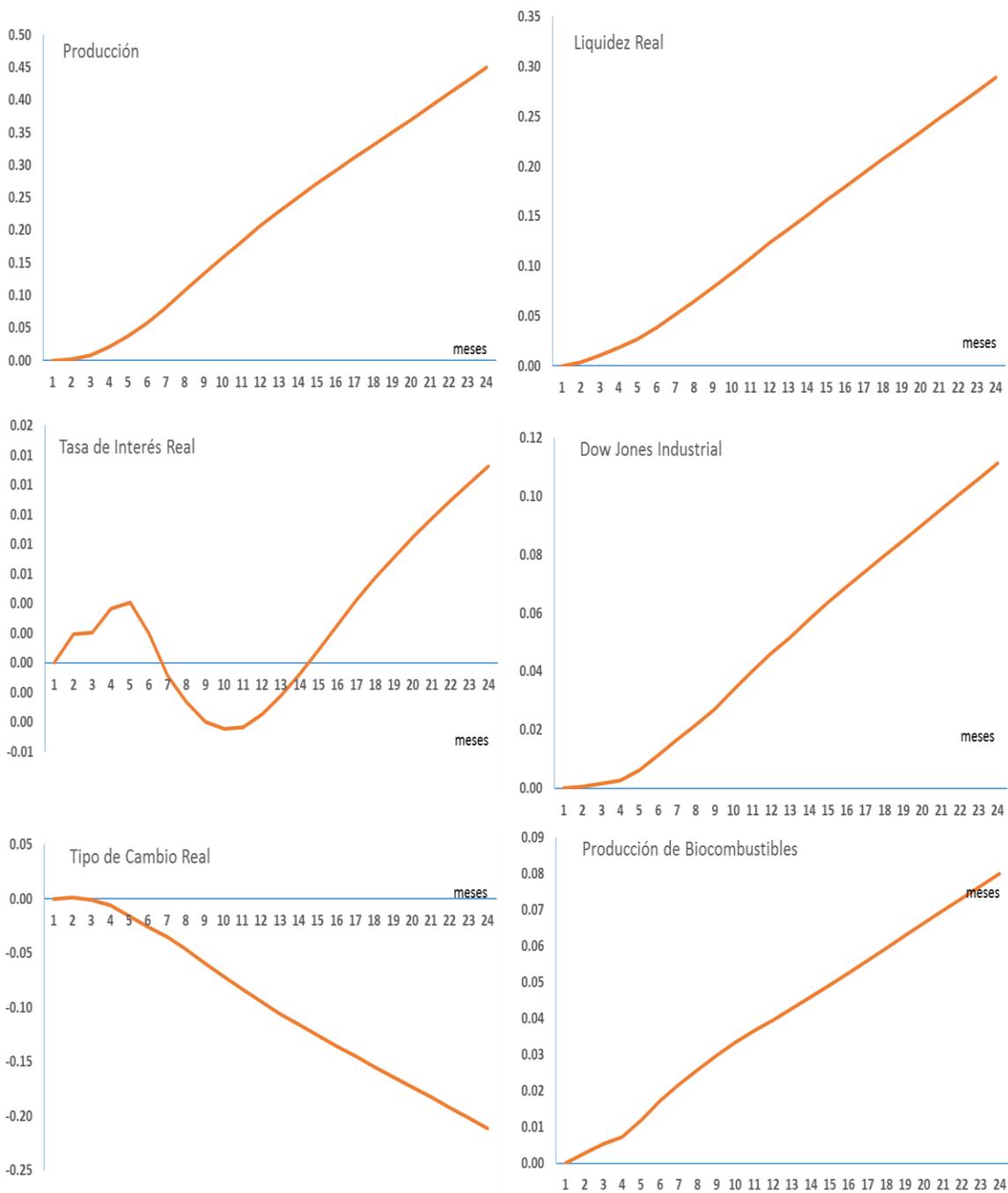
Los shocks en la liquidez real tienen el signo esperado, un incremento de la liquidez real incrementa el precio de las commodities. Estos shocks generan una respuesta acumulada positiva y permanente en los precios.

Los shocks en el índice dow jones industrial producen un incremento de los precios de las commodities.

Mientras que los shocks producidos por el tipo de cambio real generan una caída permanente en los precios de las commodities. Una apreciación del dólar genera una caída en valor de las commodities.

Los shocks en la producción de biocombustibles generan incrementos muy reducidos de los precios de las commodities.

**Gráfico N°4:** Respuesta Acumulada del índice de precios de las commodities a:



### 5.1.3) Descomposición de la Varianza

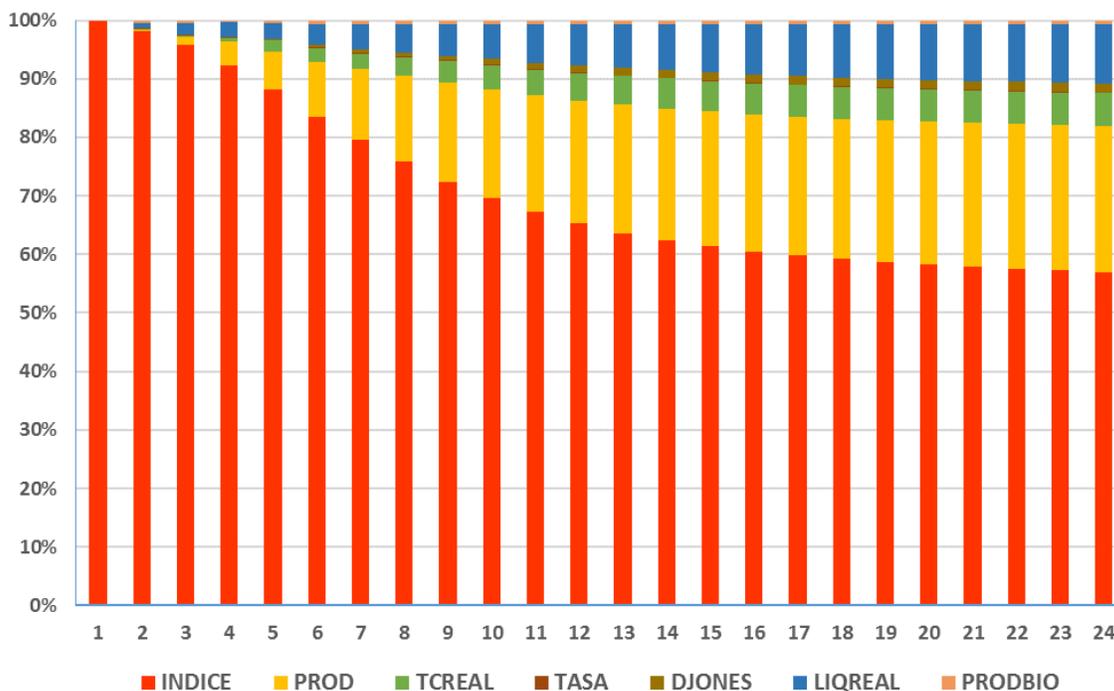
Otra forma de analizar el comportamiento dinámico del modelo es por medio del estudio denominado “Descomposición de la Varianza”. Este estudio “...separa la varianza del error de pronóstico para cada variable en componentes que pueden atribuirse a cada una de las variables endógenas...” (Pindyck, 2000). Es decir, informa en distintos horizontes del tiempo el porcentaje de volatilidad que registra una variable por los shocks de otra variable, manteniendo el resto de las variables constantes. En Cuadro N°3 se puede observar que para el primer periodo la desviación típica del error es de 0.041636, de la cual el 98,15 % viene explicado por su propia dinámica. Mientras que la liquidez real, la producción de las economías emergentes, la tasa de interés y la liquidez real explican el 0,29%; 0,21%; 0,818% respectivamente.

Podemos observar que para un periodo de doce meses la producción de los emergentes asiáticos explica la mayor parte de la varianza de los precios de las commodities en el largo plazo. Estos explicarían el 21% de la varianza, siguiéndole luego la liquidez real (7%) y el tipo de cambio real (4%). Luego el resto de las variables lo hace en una menor medida.

**Cuadro N°3:** Descomposición de la varianza, doce meses.

PERIODO	S.E.	INDICE	PROD	TCREAL	TASA	DJONES	LIQREAL	PRODBIO
1	2,4519%	100,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%	0,0000%
2	4,1636%	98,1556%	0,2998%	0,0717%	0,2106%	0,0235%	0,8186%	0,4202%
3	5,6347%	95,8284%	1,4290%	0,1683%	0,1156%	0,0398%	1,9791%	0,4399%
4	7,0871%	92,3954%	3,9593%	0,6216%	0,1228%	0,0507%	2,5015%	0,3487%
5	8,4873%	88,2902%	6,4057%	1,8130%	0,0882%	0,2076%	2,6328%	0,5624%
6	9,7801%	83,5880%	9,3570%	2,3536%	0,1105%	0,4382%	3,4367%	0,7161%
7	10,9156%	79,5355%	12,0963%	2,6500%	0,1576%	0,5899%	4,2298%	0,7409%
8	11,9113%	75,8260%	14,7423%	3,0908%	0,1546%	0,6594%	4,7908%	0,7360%
9	12,7704%	72,3742%	16,9863%	3,6877%	0,1458%	0,7650%	5,2999%	0,7412%
10	13,5011%	69,5970%	18,6276%	4,1120%	0,1316%	0,9185%	5,8817%	0,7317%
11	14,1435%	67,2321%	19,9321%	4,4407%	0,1199%	1,0438%	6,5134%	0,7181%
12	14,7126%	65,2443%	21,0425%	4,7172%	0,1144%	1,1291%	7,0438%	0,7087%

**Gráfico N°5: Descomposición de la Varianza**



### 5.1.4) Desalineamiento

El desalineamiento muestra las principales crisis de los últimos años, un claro ejemplo es la “Crisis Asiática” la cual comenzó con la devaluación de la moneda Tailandesa el 2 de Julio de 1997 (para dicho mes el desalineamiento es del 2,91%), a dicha devaluación se sumaron la devaluación de Malasia, Indonesia y Filipinas. Sin embargo, el máximo desalineamiento (para dicho periodo) se observa dos meses antes de la crisis en mayo del 2007 (6,1%), en el gráfico N°7 podemos observar que la crisis comenzó una tendencia negativa de los precios de la commodities, un periodo de caída de los precios tan importante que el desalineamiento será negativo hasta el año 2004.

Sin embargo, se observa que el desalineamiento comienza una tendencia creciente junto con los precios a partir de octubre del año 2001, el cambio en la tendencia coincide con el

ingreso de China a la Organización Mundial del Comercio (OMC)<sup>21</sup>, hasta la llegada de la crisis subprime en el año 2008.

La crisis comenzó con el préstamo de salvataje de la FED, para evitar la caída del banco de inversión norteamericano “Bear Stearns” altamente apalancado y con una gran exposición al riesgo (Bleger, 2009) , al banco JP Morgan Chase para que comprara este último. Luego de la compra, las acciones del “Bear Stearns” caen un 90% generando una gran repercusión en el sistema financiero<sup>22</sup>. Por último, el Tesoro de Estados Unidos extiende en julio del 2008 una garantía a las agencias “Fannie Mae” y “Freddie Mac” para evitar sus respectivas quiebras, sin embargo, el precio de sus acciones se derrumbó afectando a toda la bolsa. Como podemos observar en el gráfico los precios de las commodities no logran recuperarse, encontrándose por debajo de su nivel de equilibrio hasta fines del año 201

---

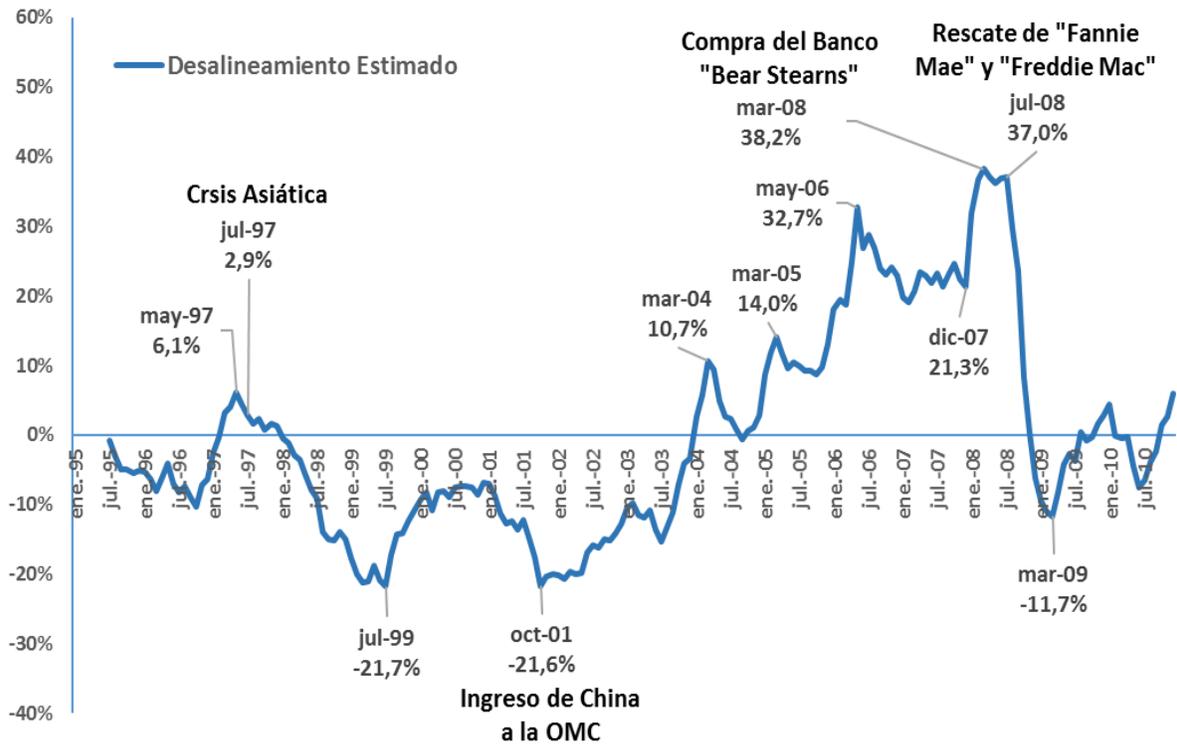
<sup>21</sup> El 17 de septiembre del 2001, concluye con éxito las negociaciones para que China ingrese a la OMC, el 10 de Noviembre la Conferencia Ministerial de la OMC aprueba la adhesión de China y desde el 11 de diciembre del 2001 China es miembro oficial de la OMC, para un mayor detalle ver [OMC información por miembro \(China\)](#).

<sup>22</sup> [Bear Stearns cae un 90% en Bolsa tras la compra a la baja de JP Morgan](#)

**Gráfico N°6:** Precio de Equilibrio y Observado, escala logarítmica.



**Gráfico N°7:** Desalineamiento estimado.



## 5.2) DOLS

### 5.2.1) Estimación

Como se mencionó anteriormente este modelo incorpora el Índice de Oscilación del Sur (SOI) como una variable exógena en el sistema de determinación de precios para el mismo periodo, motivo por el cual no se incorporan sus respectivos rezagos y adelantos. Al igual que en los modelos VEC, se incorpora una tendencia temporal que permite controlar el efecto Prebisch - Singer. Por lo cual el modelo empírico a estimar estará dado por:

$$P_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + \beta_3 A + \sum_{j=-p}^p \beta_4 \Delta X_{t-p} + \beta_5 t + \varepsilon_t$$

Donde  $\beta_2$  representa los coeficientes de las variables endógenas,  $X_t$  son los determinantes endógenos,  $\beta_3$  es el coeficiente de la variable exógena,  $\beta_4$  es el coeficiente de la tendencia y  $p$  representa el número de rezagos y adelantos en cada uno de los modelos considerados.

Se estimaron siete modelos, para los cuales se observó que el DOLS con seis rezagos presenta el menor valor de Aikaike, ver "[Anexo B](#)".

El DOLS presenta una mejor bondad de ajuste que el VEC ya que además de corregir los problemas de potencial simultaneidad entre los regresores "considera diferente orden de integración de dichas variables" (Castillo Bonilla & Girón , 2014, pág. 21) . En el cuadro N°4 se presentan los coeficientes estimados por OLS y DOLS, en virtud de lo mencionado anteriormente, se observa que el DOLS presenta un menor valor en los criterios de Aikaike y Schawrz que los estimados por OLS.

Las variables estadísticamente no significativas son el tipo de cambio real, la producción de biocombustibles y el índice de oscilación del sur. El resto de las variables presentan un alto nivel de significatividad.

Para la estimación por DOLS se observa que ante un aumento de la producción de las economías emergentes asiáticas el precio de las commodities sube, al igual que un aumento de la liquidez global. Mientras que una devaluación real del dólar del 1% generaría una caída de los precios de las commodities del 0,13%, una suba de la tasa de interés del 1% elevaría el precio de las commodities en 0.11%. Los activos financieros alternativos tienen el signo esperado, un incremento del Índice Dow Jones Industrial disminuye el precio de las commodities en 0,22% producto del efecto sustitución. Respecto del efecto Prebisch – Singer, captado por medio de la tendencia, es estadísticamente significativo con una pendiente levemente negativa. Los modelos OLS y DOLS tienen una mayor bondad al ajuste respecto de los modelos VEC, presentan mayores criterios AIC y SBIC, al igual que un mayor coeficiente de determinación.

**Cuadro N°4:** Relaciones de Largo Plazo, estimadas por OLS y DOLS.

<b>Variable</b>	<b>OLS</b>	<b>DOLS</b>
Producción Economías Avanzadas	1.84 ***	1.53 **
Tipo de cambio Real	0.03	-0.13
Tasa de Interés Real	0.06 ***	0.11 ***
Dow Jones	-0.01	-0.22 ***
Liquidez Real	1.00 ***	0.78 **
Producción de Biocombustibles	0.11	0.11
Índice de Oscilación del Sur (SOI)	0.00	0.00
Tendencia	-0.02 ***	-0.02 ***
Constante	-4.68 ***	-0.80 ***
N	192	185
R <sup>2</sup>	0.97	0.99
AIC	-610.34	-570.18
SBIC	-581.02	-312.00

\* p<0.05      \*\* p<0.01      \*\*\* p<0.001

### 5.2.2) Desalineamiento

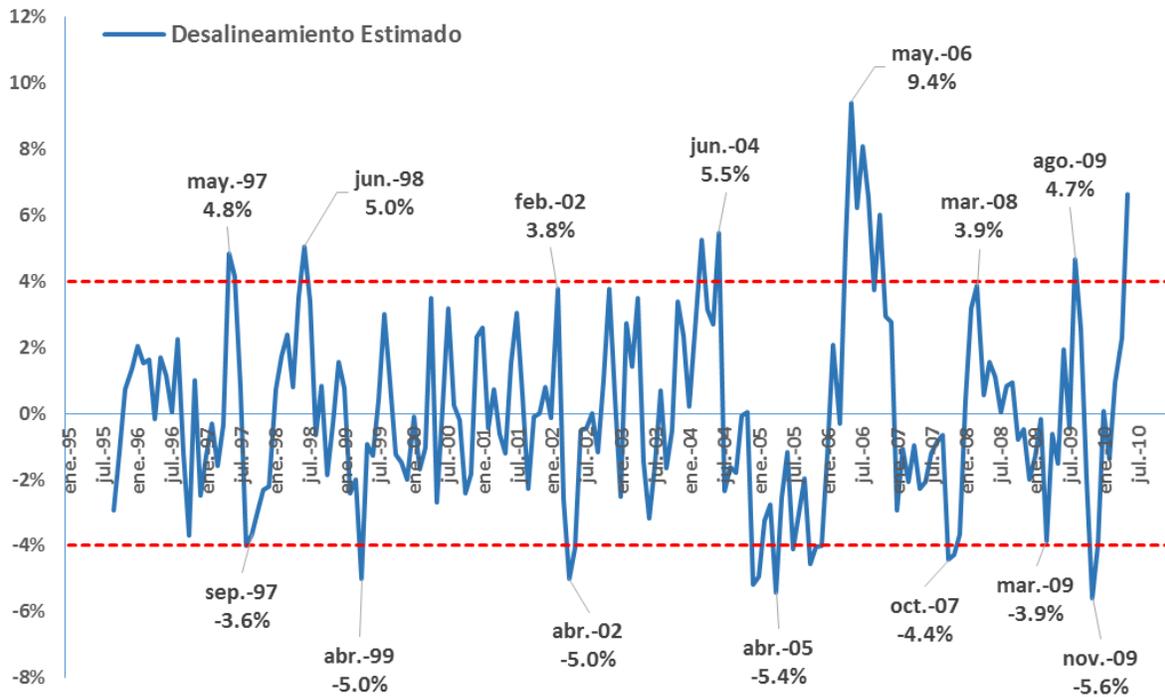
El máximo desalineamiento se encuentra en mayo del 2006 (9,4%), el mismo estaría explicado por el importante incremento en el precio de los metales. A diferencia de la estimación por VEC, los desalineamientos obtenidos tienen una menor amplitud. Por ejemplo, la estimación por DOLS muestra un menor desalineamiento para mayo de 1997 (pre- Crisis Asiática) 4,8%, lo mismo sucede para la crisis financiera del año 2008. Sin embargo, se observa que durante la crisis subprime al igual que la estimación por VEC los precios observados se encuentran muy por encima del equilibrio.

En el gráfico N°9 observamos que la mayoría de los máximos (mínimos) locales generan cambios de tendencia de “corto plazo” que luego rompen el equilibrio hasta encontrar su opuesto mínimo (máximo). También se observa que los desalineamientos máximos (mínimos) que superan el 4% generan tendencias de “mediano plazo” que rompen luego el equilibrio hasta encontrar su opuesto mínimo (máximo).

**Gráfico N°8: Precio de Equilibrio y Observado, escala logarítmica.**



**Gráfico N°9: Desalineamiento Estimado.**



## 5.3) SUR

### 5.3.1) Estimación

La metodología SUR nos permite estimar los parámetros de los determinantes para cada uno de los precios de las diferentes commodities, es decir se reemplaza el “índice de precios de las commodities” por el precio de cada una de ellas, generando así un sistema de ecuaciones con la siguiente forma:

$$\begin{aligned} Y_{1i} &= \beta_{11} + \beta_{12}X_{2i} + \beta_{13}X_{3i} + \Lambda + \beta_{1k}X_{ki} + u_{1i} \\ Y_{2i} &= \beta_{21} + \beta_{22}X_{2i} + \beta_{23}X_{3i} + \Lambda + \beta_{2k}X_{ki} + u_{2i} \\ Y_{3i} &= \beta_{31} + \beta_{32}X_{2i} + \beta_{33}X_{3i} + \Lambda + \beta_{3k}X_{ki} + u_{3i} \\ M &= M + M + M + \Lambda + M + M \\ Y_{Mi} &= \beta_{M1} + \beta_{M2}X_{2i} + \beta_{M3}X_{3i} + \Lambda + \beta_{Mk}X_{ki} + u_{Mi} \end{aligned}$$

Donde  $Y_{1i} - Y_{Mi}$  representan los precios de las diferentes commodities analizadas, mientras que  $\beta$  representan los parámetros de cada uno de los determinantes para cada una de las ecuaciones de los precios de las commodities. Por lo cual se crea un sistema de ecuaciones simultáneas que tiene como variables endógenas a los precios del<sup>23</sup>:

- 1) Petróleo
- 2) Cobre
- 3) Café
- 4) Maíz

---

<sup>23</sup> Se utilizaron los precios de las commodities publicados en la base de datos mensual del [IMF](#).

- 5) Trigo
- 6) Soja
- 7) Harina de Soja

Para los cuales se plantea como principales determinantes a las variables enunciadas en el modelo VEC N°3, es decir a la producción mundial, tipo de cambio real de la USDA, tasa real libre de riesgo, el índice Dow Jones Industrial, liquidez Global, producción mundial de biocombustible y el factor climático por medio de la incorporación en el modelo del índice de oscilación del sur (SOI). En el Cuadro N°5 se presentan los valores de los parámetros estimados con sus respectivos p – values.

Para la ecuación del **precio del café** se observa que todos los determinantes son estadísticamente significativos.

En cuanto al **precio del maíz**, el tipo de cambio real y el índice dow jones no son estadísticamente significativas.

Para el **precio del trigo**, las únicas variables estadísticamente significativas son la producción de las economías emergentes asiáticas, el índice dow jone, el índice de oscilación del sur y efecto prebisch-singer.

Para el **precio de la soja** las variables significativas son la tasa de interés real, el índice dow jones, la liquidez global y el efecto prebish-singer.

En el caso del **precio de la harina de soja**, la producción de las economías emergentes asiáticas, la tasa de interés real, la liquidez global, la producción de biocombustibles y el efecto prebisch-singer son estadísticamente significativas.

Respecto del **precio del cobre** todas las variables son estadísticamente significativas con excepción de la liquidez global y el índice dow jones industrial.

En tanto que para el **precio del petróleo** todas las variables son estadísticamente significativas con excepción de la producción de biocombustibles y el factor climático, como era de esperar.

En el cuadro N°6 se presentan las estadísticas de las ecuaciones del sistema, y como se puede observar todas las ecuaciones son estadísticamente significativas, con un elevado coeficiente de determinación ajustado. Las ecuaciones de las commodities “no agropecuarias” son las de mayor coeficiente de determinación, petróleo (0.93) y cobre (0.95), ver cuadro N°6. Mientras que las commodities agropecuarias poseen valores más bajos.

**Cuadro N°5: Coeficientes Estimado**

Variable	Cafe	Maíz	Trigo	Soja	Harina de Soja	Cobre	Petróleo
Producción	-2.5197	2.0003	2.6658	0.8012	2.6130	5.5034	6.5738
p - value	0.000	0.001	0.000	0.180	0.000	0.000	0.000
Tipo de Cambio Real	-0.5991	-0.0381	-0.4666	-0.4835	0.3766	-0.6483	-0.5814
p - value	0.044	0.886	0.107	0.061	0.176	0.002	0.017
Tasa de Interés Real	0.1544	-0.0534	0.0425	-0.1329	-0.1477	0.1917	0.1320
p - value	0.000	0.025	0.102	0.000	0.000	0.000	0.000
Dow Jones	0.2825	-0.0639	-0.3636	0.2819	0.0927	-0.1172	-0.2818
p - value	0.005	0.476	0	0.001	0.324	0.103	0.001
Liquidez Global Real	3.3760	1.1464	0.1233	1.3712	1.0361	-0.0514	-1.9091
p - value	0.000	0.000	0.684	0.000	0.000	0.817	0.000
Producción de Biocombustibles	0.5789	-0.2090	-0.1211	-0.0996	-0.2324	0.2098	-0.0933
p - value	0.000	0.010	0.173	0.208	0.007	0.001	0.212
Índice de Oscilación del Sur (SOI)	0.0211	0.0152	0.0147	0.0016	-0.0047	-0.0130	-0.0016
p - value	0.007	0.029	0.053	0.815	0.522	0.020	0.807
Tendencia	-0.0183	-0.0228	-0.0193	-0.0182	-0.0271	-0.0391	-0.0257
p - value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Constante	12.064	-2.670	-0.564	1.775	-7.559	-12.099	-18.655
p - value	0.001	0.396	0.869	0.561	0.022	0.000	0.000

**Cuadro N°6: Estadísticas de las ecuaciones del sistema.**

Ecuación	Cafe	Maíz	Trigo	Soja	Harina de Soja	Cobre	Petróleo
Observaciones	192	192	192	192	192	192	192
Parms	8	8	8	8	8	8	8
RMSE	0.1696	0.1511	0.1647	0.1466	0.1584	0.1209	0.1387
R-sq	0.8771	0.6911	0.6534	0.7089	0.6151	0.9505	0.9358
F-Stat	163.24	51.18	43.11	55.71	36.55	439.6	333.66
p - value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Como era de esperar, se observa una fuerte correlación residual entre las commodities agropecuarias y en menor medida entre estas y el resto las commodities, en el cuadro N°7 se presenta la matriz de correlaciones residuales. Por lo cual se producen ganancias en eficiencia al utilizar la metodología SUR en lugar de estimar por OLS.

**Cuadro N°7:** Matriz de correlaciones residuales de las ecuaciones del sistema

	Café	Maíz	Trigo	Soja	Harina de soja	Cobre	Petróleo
Café	1						
Maíz	0.2069	1					
Trigo	0.0564	0.7655	1				
Soja	0.0326	0.6643	0.6432	1			
Harina de soja	-0.2501	0.4996	0.5207	0.9051	1		
Cobre	0.0757	-0.0206	0.003	-0.2128	-0.2654	1	
Petróleo	-0.3233	0.0669	0.1328	0.2046	0.3453	0.0019	1

### 5.3.2) Desalineamientos

Los mayores desalineamientos se observan en el contexto de la crisis del 2008 (subprime). Para la soja, la harina de soja y el petróleo el mayor desalineamiento se presenta en el mes de julio, estos son del 44%, 45% y 52%, respectivamente. Durante dicho mes habían quebrado dos fondos de inversión del banco “Bear Stearns”, los precios de las viviendas registraron su primera caída interanual y la Asociación de Bancos Hipotecarios reveló que en todo el sector el monto de impagos era por 600.000 millones de dólares. Mientras que el cobre y el café no se vieron tan afectados durante la crisis subprime.

El trigo registró sus mayores desalineamientos durante el mes de mayo de 1996 (30%), octubre de 2002 (38%) y marzo de 2008 (52%). Mientras que los mayores desalineamientos producto de una caída en los precios del trigo se registraron en marzo de 2000 (26%), abril del 2005 (25%) y junio del 2010 (44 %).

Para el precio del maíz el mayor desalineamiento se registró en junio del año 2008 (51%). Mientras que los mayores desalineamientos por debajo del precio de equilibrio se

registraron en agosto del año 2000 (28%), septiembre de 2005 (24%) y abril de 2010 (25%).

Para el precio de la soja y la harina de soja observamos que los máximos desalineamiento en el periodo de la Crisis Asiática se producen dos meses antes de la crisis<sup>24</sup> alcanzando un desalineamiento del 25,5% para la soja y del 33% para la harina de soja. El máximo desalineamiento por caída en los precios se registró en julio de 1999, luego los precios convergieron al equilibrio. La crisis subprime también es captada por el desalineamiento del precio de ambas commodities, los desalineamientos alcanzan un máximo en febrero del 2008<sup>25</sup>, luego caen hasta que en abril del 2008 crecen nuevamente. Las condiciones de la economía parecieran haber jugado a favor del alza del precio de la soja en abril del 2008<sup>26</sup> hasta alcanzar un máximo histórico en Julio del 2008 con un desalineamiento del 44% y 45% para el precio de la soja y la harina de soja.

En el precio del cobre no se encontraron desalineamientos importantes para la crisis asiática y la crisis subprime como en el resto de las commodities, su mayor desalineamiento se observó en mayo de 2006 (40%).

En el caso del petróleo el mayor desalineamiento se registró durante la crisis subprime en julio de 2008 (42%), mientras que los mayores desalineamientos por debajo del precio de equilibrio se observaron en febrero de 1999 (53%) y durante enero el 2007 (43%).

Por último, los desalineamientos por encima del 20% parecieran ser un buen indicador de una futura reversión de tendencia en los precios de la mayoría de las commodities con

---

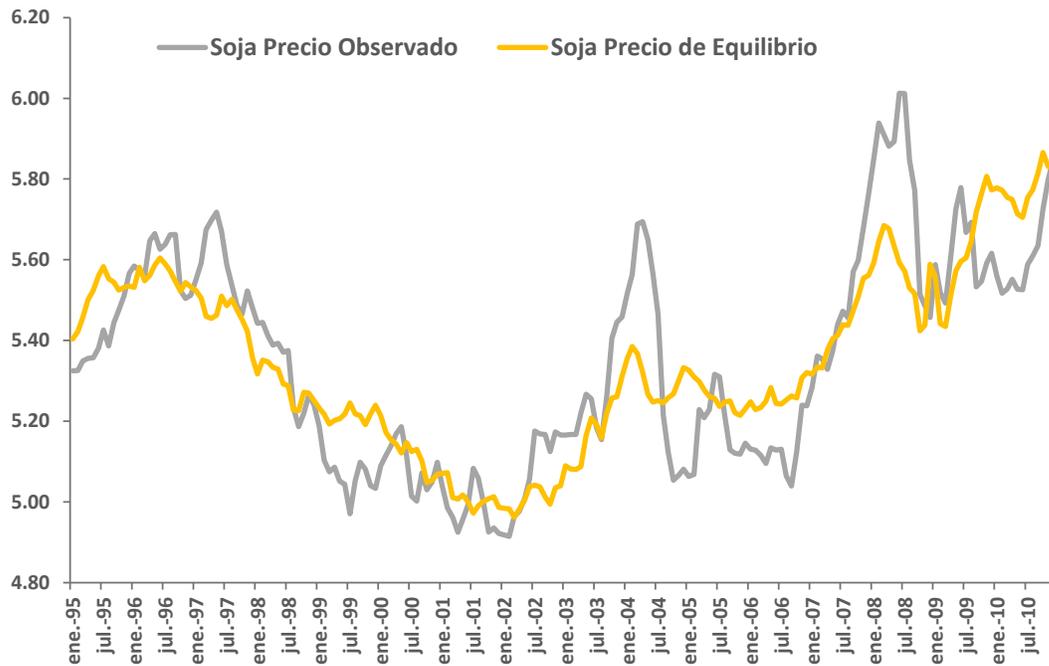
<sup>24</sup> La crisis asiática comenzó con la devaluación de la moneda tailandesa el 2 de julio del 1.997, extendiéndose luego a Malasia, Indonesia, Filipinas, Taiwán, Corea del Sur y Hong Kong.

<sup>25</sup> El 22 de febrero del 2008 el Banco de Inglaterra nacionalizo el “Northern Rock”.

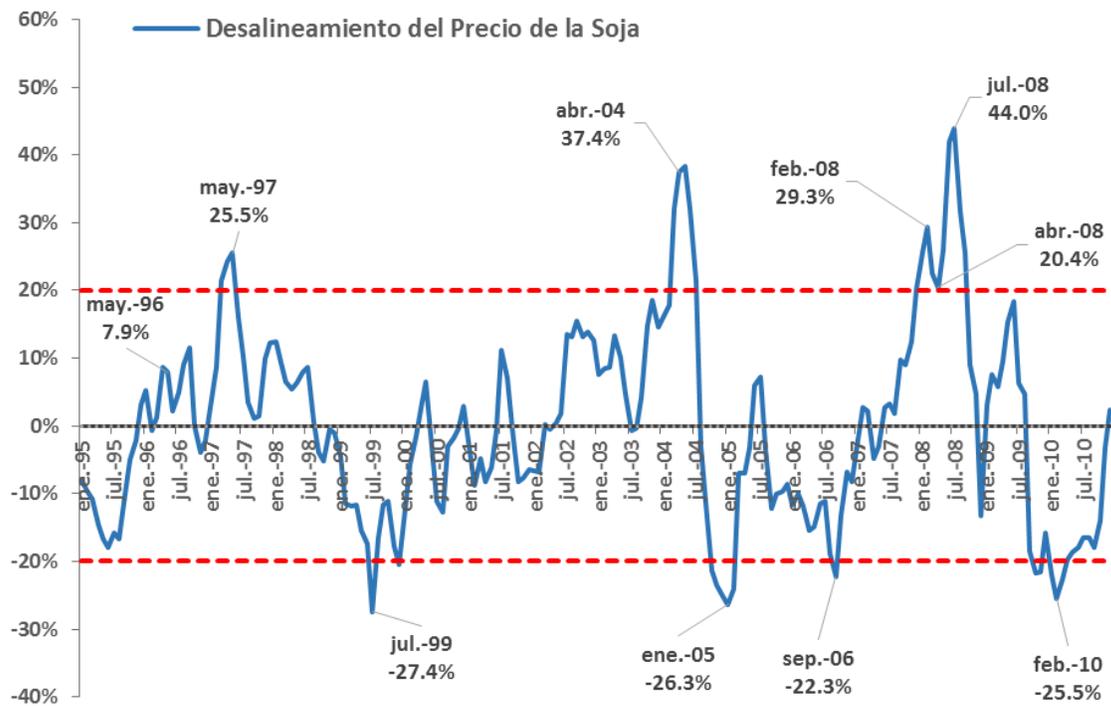
<sup>26</sup> En el mes de abril el Fondo Monetario Internacional estimó las pérdidas por la crisis en 945.000 millones de dólares, y aseguraba que la misma se extendería a Latinoamérica.

una fuerte y pronunciada caída (con una amplitud similar por debajo del nivel de equilibrio) denotando así las mayores crisis del periodo; mientras que desalineamientos positivos por debajo del -20% anticiparían una tendencia alcista con precios de las commodities por encima del nivel de equilibrio.

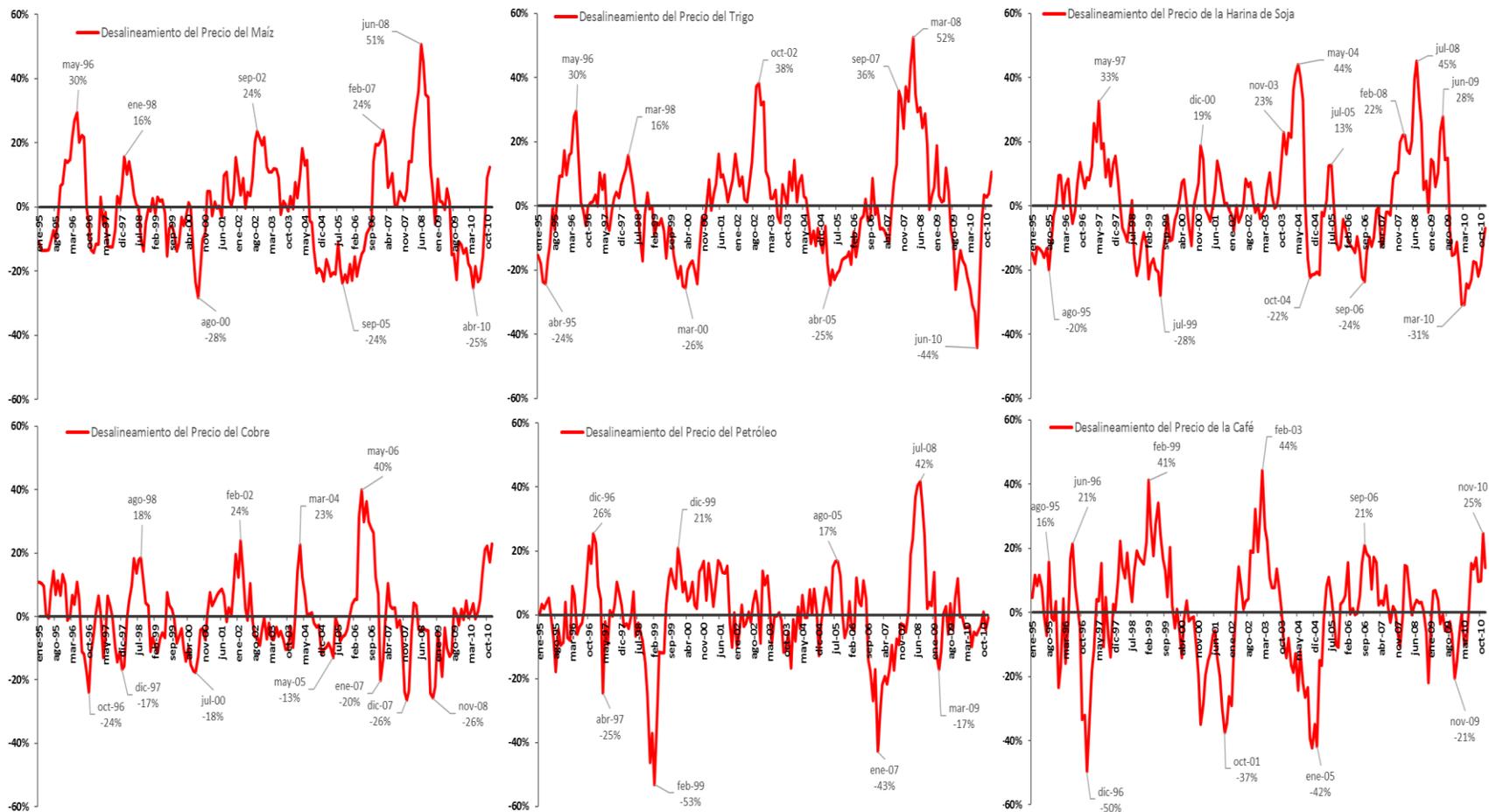
**Gráfico N°10:** Precio de Observado y de Equilibrio de la soja (escala logarítmica)



**Gráfico N°11:** Precio de la soja, desalineamiento estimado



**Gráfico N°12: Desalineamientos estimados de los precios del maíz, trigo, harina de soja, cobre petróleo y café.**



## 6) Conclusiones finales

- Para los modelos que incorporan el índice de precios de commodities (VEC, OSL, DOLS) encontramos que el modelo DOLS tiene una mayor robustez. Y en dicha estimación con excepción de la tasa de interés real los signos de los parámetros estimados tienen el signo esperado, siendo el tipo de cambio real, la producción de biocombustibles y el índice de oscilación del sur las únicas variables estadísticamente no significativas.
- En últimos años el efecto Prebisch – Singer pareciera haber encontrado sus propios límites al haber comenzado una tendencia alcista de los precios de las commodities desde el año 2001, lo cual implicaría una mejora positiva para los países latinoamericanos. Al controlar dicho efecto por medio de una tendencia en los modelos VEC, se mejora la significatividad del resto de las variables. Este resultado es similar al obtenido (Bastourre, Carrera, & Ibarlucia, 2008). En los modelos OLS, DOLS y SUR también encontramos que es una variable estadísticamente significativa.
- La producción de los emergentes asiáticos es altamente significativa en todos los modelos. En los modelos VEC encontramos que su elasticidad no tendría el signo esperado, es negativa. Sin embargo, en los modelos OLS y DOLS encontramos que su elasticidad es positiva y estadísticamente significativa, por lo cual aumentos de la producción incrementan el precio de las commodities. Mediante la estimación SUR observamos que dicha variable es estadísticamente significativa para todos los precios con excepción del precio de la soja.

- La variable tipo de cambio real es altamente significativa para los modelos VEC, mediante la estimación por OLS y DOLS deja de ser significativo. Sin embargo, es una variable significativa en la estimación SUR para la determinación de los precios del café, cobre y petróleo.
- Respecto de la “tasa de interés real” por medio de la metodología VEC hemos encontrado una relación negativa entre la tasa de interés real y el precio de los commodities. Esta elasticidad negativa concuerda con los resultados obtenidos por (Bastourre, Carrera, & Ibarlucia, 2010). En la estimación por DOLS, nos encontramos para dicha elasticidad el mismo valor y signo que en la estimación por VEC, la cual es estadísticamente significativa. Al estudiar los precios de las diversas commodities mediante la metodología SUR encontramos que la tasa de interés real es significativa en la determinación individual de los precios de todas las commodities, con excepción del maíz.
- El DOLS al corregir los problemas de potencial simultaneidad y considerar diferente orden de integración, permite obtener resultados que brindan una mayor bondad de ajuste en relación con la estimación por OLS y VEC. Sus desalineamientos también muestran una mayor convergencia al equilibrio que el VEC.
- Los activos financieros alternativos, con excepción del modelo OLS, son estadísticamente significativos. En la estimación por OLS y DOLS el signo de la elasticidad (negativo) sería el esperado, ante caídas en el precio de los activos alternativos se incrementaría los precios de las commodities; es decir se comportarían como bienes sustitutos. Sin embargo, para la estimación por SUR únicamente resulta estadísticamente significativo para el precio del café, trigo, soja y petróleo, siendo este último el único que presenta una elasticidad negativa.

- La liquidez real, producto de una política monetaria laxa, es estadísticamente significativa en los modelos VEC, OLS y DOLS. Y en la estimación SUR es significativa en la determinación de los precios individuales, con excepción del trigo y el cobre.
- En los últimos años el desarrollo de la producción de combustibles creó una alta demanda de los derivados de la soja (harina de soja) y del maíz. El incremento de la producción de los biocombustibles incentivó la demanda generando una puja en los precios. En los modelos VEC dicha variable es estadísticamente significativa, sin embargo, no resulta así en la estimación por OLS y DOLS. Mientras que la misma es un determinante importante en la determinación del precio del café, maíz, harina de soja y cobre en la estimación por SUR.
- La incorporación de la variable SOI (índice de oscilación del Sur) que da cuenta del factor climático, incorporada de forma exógena en los modelos VEC, mejora la estimación de los parámetros, como lo demuestra la reducción en el valor de los criterios de Akaike y Schwartz. Además de mejorar individualmente la significatividad estadística de los distintos parámetros estimados. Sin embargo, mediante la estimación DOLS no es estadísticamente significativa. Por medio de la estimación SUR observamos que dicha variable es significativa para todas las commodities con excepción de la soja, la harina de soja y el petróleo.
- En la estimación por VEC la producción de las economías emergentes explicarían el 21% de la varianza, mientras que la liquidez real y el tipo de cambio real explicarían el 7% y el 4%, respectivamente.

- Los mayores desalineamientos se observan en periodos de crisis financieras (crisis asiática y subpirme) anunciando un cambio de tendencia y una pronunciada caída de los precios, para luego situarse debajo de los precios de equilibrio durante un periodo de tiempo prolongado.
- En la estimación por VEC se observa que los desalineamientos no tienden a converger.
- Mientras que en la estimación por DOLS es donde se observa una mayor convergencia de los precios de las commodities. Además, se observa que los desalineamientos por arriba del 4% serian un buen indicador de una futura reversión de tendencia en el corto plazo de los desalineamientos acompañados de una caída en los precios de las commodities, mientras que estimaciones por debajo del -4% serian un buen indicador de una futura reversión de tendencia de los desalineamientos acompañados de una suba de los precios.
- En la estimación por SUR para los desalineamientos de todas las commodities podemos observar que la convergencia existe cuando los desalineamientos superan el 20% o -20%. Desalineamientos por arriba del 20% indicarían en el corto plazo una reversión de tendencia a la baja para un periodo prolongado con precios que caerían hasta encontrarse por debajo del precio del equilibrio. Para desalineamientos por debajo del -20% indicarían en el corto plazo una reversión de tendencia al alza para un periodo prolongado con precios que subirían por encima del precio del equilibrio.

## Bibliografía

- Akram, Q. F. (2009). *Commodity prices, interest rates and the dollar*. Energy Economics; pp. 838-851.
- Araya Monge, R., & Muños Giró, J. E. (1996). *Regresiones que aparentemente no estan relacionadas (SUR)*. Banco Central de Costa Rica.
- Bastourre, D., Carrera, J., & Ibarlucia, J. (2008). *Precio de los commodities en Argentina:¿Qué mueve al viento?* CABA: Ensayos Económicos Nº 51- Banco Central de la República Argentina.
- Bastourre, D., Carrera, J., & Ibarlucia, J. (2010). *El precio de los commodities: Factores estructurales, mercados financieros y dinámica no lineal*. Buenos Aires: Estudios BCRA - 6.
- Bleger, L. (2009). *Innovación, desregulación y burbujas en la crisis financiera actual*. Buenos Aires: Capital Intelectual.
- Brunner, A. D. (1998). *El Niño and World Primary Commodity Prices: Warm Water or Hot Air?* Board of Governors of the Federal Reserve System.
- Castillo Bonilla, J. A., & Girón, L. E. (2014). *Cuantificación de la importancia del Fondo Nacional de Garantías en la movilización de créditos a las pymes*. Estudios Gerenciales.
- Castillo Bonilla, J. A., & Girón, L. (2012). *Cuantificación de la importancia del Fondo Nacional de Garantías en la movilización de créditos a las pymes*. Estudios Gerenciales Nº 30 - Universidad ICESI.
- Curcio, S., Jesús, M. D., Quirolo, M. E., & Vilker, A. S. (2008). *Análisis de los determinantes de la variabilidad de los precios de las principales commodities exportadas por América Latina*. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.
- De Gregorio, J. H. (2005). *Fluctuaciones del Dólar, Precio del Cobre y Términos del Intercambio*„ Documento de Trabajo del Banco Central de Chile Nº 310.
- Dooley, M. P., & Garber, P. (2005). *Is It 1958 or 1968? Three Notes on the Longevity of the Revived Bretton Woods System*. Brookings Papers on Economic Activity, forthcoming.
- Druetto, T. (2015). *El mercado global de commodities alimenticios. Análisis respecto de las variaciones de los precios en el siglo XXI: entre lo estructural y lo coyuntural (2005-2014)*. Rosario : Universidad de Rosario - Tesis de Grado Facultad de Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales.

- Fabris, J. (2009). *Econometría Financiera*. Buenos Aires: Omicron System S.A.
- Fisher, I. (1933). *The Debt -Deflation Theory of great depressions*.
- Frankel. (2006). *The Effect of Monetary Policy on Real Commodity Prices*. NBER Working Paper Nº 12713.
- Gilbert. (1989). *The Impact of Exchange Rates and Developing Country Debt on Commodity Prices*. The Economic Journal, Vol. 99, pp. 773-784.
- Gilbert, C. L. (2003). *Tendencias y volatilidad en precios de los Commodities agrícolas*. (M. Cabal, Trans.) Versión revisada del documento preparado para el simposio «State of Research and Future Directions in Agricultural Commodity Markets and Trade» que tuvo lugar en la FAO, Roma, Diciembre 16-17 2003.
- Gujarati, D. (2003). *Econometría Basica*. Mexico D.F: Mc Graw - Hill / Interamericana.
- Hotelling, H. (1931). *The Economics of Exhaustible Resources*. The Journal of Political Economy, Volume 39.
- Hull, J. C. (2009). *Mercados de futuros y opciones* . Pearson.
- Miguez, I. D., & Michelena, G. (2011). *La volatilidad de los precios de los commodities: el caso de los productos agrícolas*. Buenos Aires: Ministerio de Relaciones Exteriores.
- Monge, R. A., & Muñoz Giro, J. E. (1996). *Regresiones que aparentemente no estan relacionadas (SUR)*. BANCO CENTRAL DE COSTA RICA - DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS.
- Perez, C. (2008). *Econometría Avanzada. Técnicas y Herramientas*. Madrid: Pearson.
- Pindyck, R. S. (2000). *Econometría Modelos y Pronósticos* . Mexico D.F: Mc Graw Hill/ Interamericana Editores S.A.
- Pindyck, R. S., & Rotemberg, J. (1990). *The Excess Co-Movement of Commodity Prices*. Gran Bretaña: The Economic Journal, Vol. 100, No. 403, pp. 1173-1189.
- Ridler, D., & Yandle, C. (1972). *A Simplified Method of Analyzing the Effects of Exchange Rates on Exports of a Primary Commodity*. IMF Staff Papers, Vol.19, Nº 3, pp. 559-578.
- Roache, S. K. (2010). *What Explains the Rise in Food Price Volatility?* IMF Workin Paper .
- Rondinone, G., & Thomasz, E. O. (2016). *Riesgo de precio en commodities: ¿profundización en la sensibilidad de precios agrícolas ante shocks de tasa de interés?* .
- Sims, C. A. (1980). *Macroeconomics and Reality* . Econometrica, Vol 48, pp. 1- 48.

- Stock, J. H., & Watson, M. (1993). *A simple Estimator Of Cointegrating Vectors In Higher Order Integrated Systems*. *Econometrica*, Vol 61 ,.
- Ulloa, A. O. (2001). *Tendencia y volatilidad en el precio del cobre*. Ministerio de Minería de la República de Chile.
- Urbisaia, H. L., & Brufman, J. Z. (2000). *Análisis de Series de Tiempo Univariadas y Multivariadas*. Buenos Aires: Ediciones Cooperativas.
- Vial, J. (2003). *El Mercado Mundial del Cobre: Determinantes Económicos de su Estructura y Evolución*. Mimeo.
- Walter Ramirez, M. P. (2008). *El Boom de los commodities*. Unidad de Análisis Financiero, Banco Superville S.A.
- Wooldrige, J. M. (2007). *Introducción a la Econometría. Un enfoque moderno*. Madrid : Thomson.

## **1) ANEXO A: VECTORES AUTORREGRESIVOS (VAR)**

## MODELO 1: VEC

Cuadro N°8: Rezagos Óptimos Modelo N° 1.

```
. varsoc indice prod tcreal tasa djones liqreal prodbio
```

```
selection-order criteria
sample: 1995m5 - 2010m12
```

Number of obs = 188

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	678.928				1.9e-12	-7.14817	-7.09935	-7.02766
1	2938.81	4519.8	49	0.000	1.1e-22	-30.6682	-30.2776	-29.7042*
2	3043.34	209.05	49	0.000	6.3e-23*	-31.2589*	-30.5266*	-29.4513
3	3091.52	96.366	49	0.000	6.4e-23	-31.2502	-30.1761	-28.5991
4	3136.92	90.791*	49	0.000	6.7e-23	-31.2119	-29.796	-27.7172

Endogenous: indice prod tcreal tasa djones liqreal prodbio

Exogenous: \_cons

Cuadro N°9: Test de Cointegración (Johansen)

```
. vecrank indice prod tcreal tasa djones liqreal prodbio, lag(3)
```

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Sample: 1995m4 - 2010m12

Number of obs = 189

Lags = 3

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	105	3042.8878	.	131.3403	124.24
1	118	3063.2346	0.19371	90.6466*	94.15
2	129	3080.9746	0.17116	55.1666	68.52
3	138	3093.8238	0.12713	29.4683	47.21
4	145	3100.6837	0.07002	15.7484	29.68
5	150	3105.9224	0.05393	5.2710	15.41
6	153	3108.2468	0.02430	0.6224	3.76
7	154	3108.5579	0.00329		

**Cuadro N°10:** Estimación del VEC, con cinco rezagos y una ecuación de cointegración.

```
. vec indice prod tcreal tasa djones liqreal prodbio, lag(3) rank(1) noetable
Vector error-correction model
Sample: 1995m4 - 2010m12
Log likelihood = 3063.235
Det(Sigma_m1) = 1.97e-23
No. of obs = 189
AIC = -31.1665
HQIC = -30.34655
SBIC = -29.14256
Cointegrating equations
Equation Parns chi2 P>chi2
_cel 6 44.50074 0.0000
```

Identification: beta is exactly identified

Johansen normalization restriction imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_cel						
indice	1					
prod	-33.88596	7.281656	-4.65	0.000	-48.15774	-19.61418
tcreal	26.48976	6.009838	4.41	0.000	14.71069	38.26883
tasa	.6983487	.5502535	1.27	0.204	-.3801284	1.776826
djones	-.6095713	2.175981	-0.28	0.779	-4.874416	3.655273
liqreal	21.41346	6.932102	3.09	0.002	7.826791	35.00013
prodbio	7.748773	2.120214	3.65	0.000	3.593231	11.90432
_cons	-6.257997					

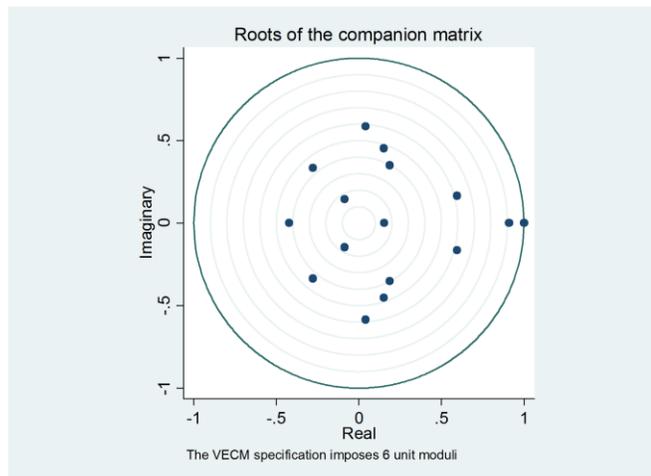
**Cuadro N°11:** Análisis de estabilidad del modelo

```
. vecstable, graph
```

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
.909458	.909458
.5961601 + .1656147 i	.618737
.5961601 - .1656147 i	.618737
.04001934 + .585542 i	.586908
.04001934 - .585542 i	.586908
.1512109 + .4534778 i	.478024
.1512109 - .4534778 i	.478024
-.2774637 + .3350075 i	.43499
-.2774637 - .3350075 i	.43499
-.4225951	.422595
.186983 + .3523122 i	.398856
.186983 - .3523122 i	.398856
-.08484652 + .1443737 i	.16746
-.08484652 - .1443737 i	.16746
.1534961	.153496

The VECM specification imposes 6 unit moduli.



**Cuadro N°12:** Análisis de los residuos

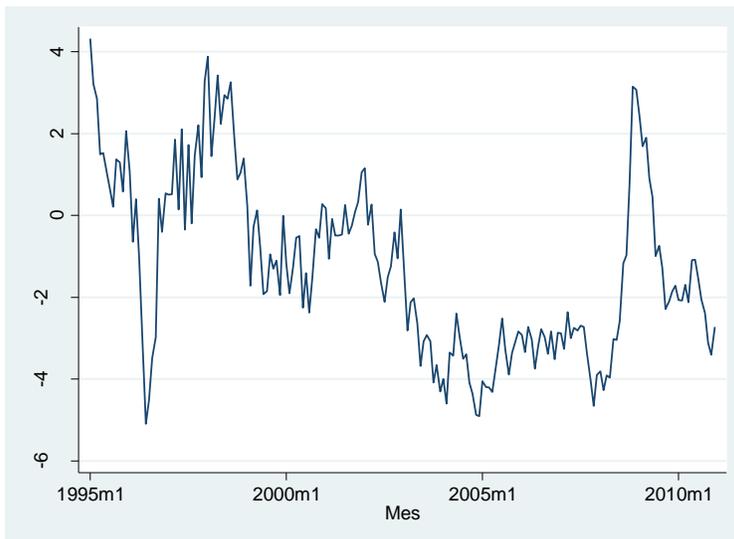
. vec1mar, mlag(8)

Lagrange-multiplier test

lag	chi2	df	Prob > chi2
1	61.8249	49	0.10326
2	55.2234	49	0.25124
3	62.9543	49	0.08686
4	34.9263	49	0.93540
5	62.6475	49	0.09109
6	38.0796	49	0.87054
7	46.2153	49	0.58670
8	62.1519	49	0.09828

H0: no autocorrelation at lag order

**Gráfico N°13:** Análisis de los residuos modelo N°1:



## MODELO 2: VEC con efecto (Efecto Prebisch – Singer):

Cuadro N°13: Rezagos Óptimos Modelo N° 2.

. varsoc indice prod tcreal tasa djones liqreal prodbio

Selection-order criteria

Sample: 1995m5 - 2010m12

Number of obs = 188

lag	LL	LR	df	p	FPE	AIC	HQIC	SBIC
0	678.928				1.9e-12	-7.14817	-7.09935	-7.02766
1	2938.81	4519.8	49	0.000	1.1e-22	-30.6682	-30.2776	-29.7042*
2	3043.34	209.05	49	0.000	6.3e-23*	-31.2589*	-30.5266*	-29.4513
3	3091.52	96.366	49	0.000	6.4e-23	-31.2502	-30.1761	-28.5991
4	3136.92	90.791*	49	0.000	6.7e-23	-31.2119	-29.796	-27.7172

Cuadro N°14: Test de Cointegración (Johansen)

. vecrank indice prod tcreal tasa djones liqreal prodbio, lag(3)

Johansen tests for cointegration

Trend: constant

Sample: 1995m4 - 2010m12

Number of obs = 189

Lags = 3

maximum rank	parms	LL	eigenvalue	trace statistic	5% critical value
0	105	3042.8878	.	131.3403	124.24
1	118	3063.2346	0.19371	90.6466*	94.15
2	129	3080.9746	0.17116	55.1666	68.52
3	138	3093.8238	0.12713	29.4683	47.21
4	145	3100.6837	0.07002	15.7484	29.68
5	150	3105.9224	0.05393	5.2710	15.41
6	153	3108.2468	0.02430	0.6224	3.76
7	154	3108.5579	0.00329		

**Cuadro N°15:** Estimación del VEC, con cinco rezagos y una ecuación de cointegración.

```
. vec indice prod tcreal tasa djones liqreal prodbio, trend (trend) lag(3) rank(1)
> noetable
```

Vector error-correction model

```
Sample: 1995m4 - 2010m12                No. of obs   =      189
                                           AIC          = -31.20955
Log likelihood = 3074.303                 HQIC        = -30.34096
Det(Sigma_ml) = 1.75e-23                 SBIC       = -29.06554
```

Cointegrating equations

Equation	Parms	chi2	P>chi2
_ce1	6	518.9211	0.0000

Identification: beta is exactly identified

Johansen normalization restriction imposed

beta	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
_ce1						
indice	1	.	.	.	.	.
prod	-2.533029	.6695028	-3.78	0.000	-3.84523	-1.220827
tcreal	-1.087013	.3122408	-3.48	0.000	-1.698994	-.4750325
tasa	-.0830428	.0254858	-3.26	0.001	-.1329941	-.0330916
djones	.1666758	.0958354	1.74	0.082	-.0211582	.3545098
liqreal	-.8510258	.3167791	-2.69	0.007	-1.471901	-.2301502
prodbio	-.5734571	.0941809	-6.09	0.000	-.7580483	-.3888659
_trend	.0307084	.	.	.	.	.
_cons	12.00929	.	.	.	.	.

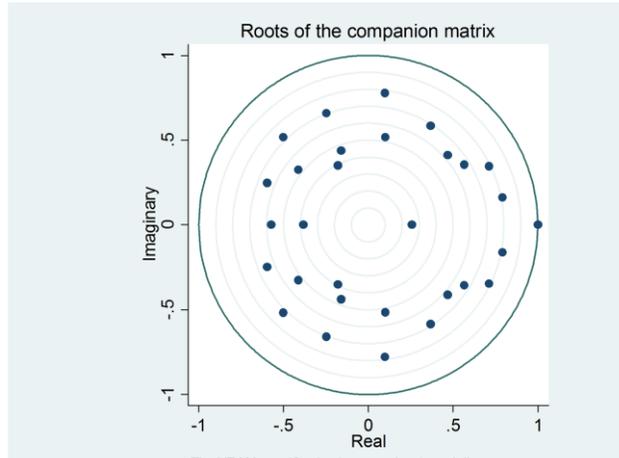
.

**Cuadro N°16: Análisis de estabilidad del modelo**

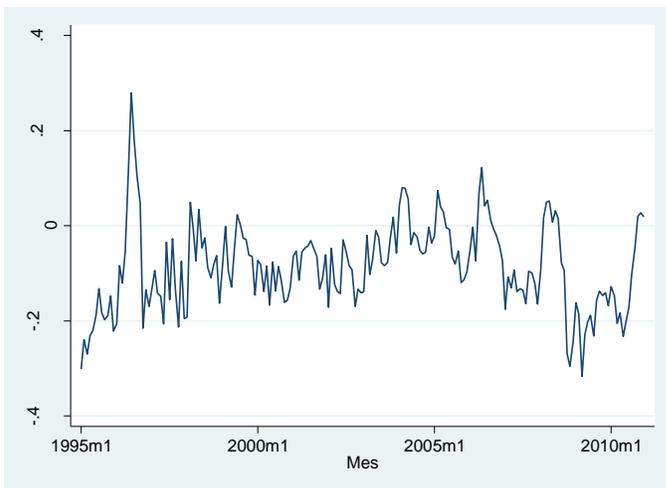
. vecstable, graph

Eigenvalue stability condition

Eigenvalue	Modulus
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
1	1
.741292 + .1005111i	.748075
.741292 - .1005111i	.748075
.1483919 + .5747993i	.593645
.1483919 - .5747993i	.593645
.02606578 + .5361872i	.53682
.02606578 - .5361872i	.53682
-.2826607 + .3468734i	.447458
-.2826607 - .3468734i	.447458
.3065977 + .3127964i	.438
.3065977 - .3127964i	.438
-.3955135	.395513
.2987295 + .07959546i	.309152
.2987295 - .07959546i	.309152
-.1556282 + .03661126i	.159877
-.1556282 - .03661126i	.159877



**Gráfico N°14: Análisis de los residuos modelo N°2:**



### **MODELO 3: VEC con Variable Climática exógena (SOI)**

**Cuadro N°17:** Rezagos Óptimos Modelo N° 3.

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: INDICE PROD TCREAL TASA DJONES LIQREAL PRODBIO

Exogenous variables: C SOI

Date: 11/01/17 Time: 16:35

Sample: 1995M01 2010M12

Included observations: 184

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	693.3753	NA	1.46e-12	-7.384514	-7.139900	-7.285369
1	2876.523	4152.727	1.23e-22	-30.58177	-29.48101*	-30.13562
2	2980.638	190.1229	6.80e-23*	-31.18085*	-29.22393	-30.38769*
3	3028.113	83.08180	6.95e-23	-31.16428	-28.35121	-30.02410
4	3073.464	75.91311*	7.32e-23	-31.12461	-27.45539	-29.63743
5	3094.177	33.09497	1.01e-22	-30.81714	-26.29177	-28.98295
6	3129.766	54.15719	1.20e-22	-30.67137	-25.28984	-28.49017
7	3161.869	46.41033	1.50e-22	-30.48771	-24.25003	-27.95950
8	3194.802	45.10379	1.89e-22	-30.31306	-23.21924	-27.43785

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

### Cuadro N°18: Test de Cointegración (Johansen)

Date: 11/01/17 Time: 16:36  
Sample (adjusted): 1995M07 2010M12  
Included observations: 186 after adjustments  
Trend assumption: Quadratic deterministic trend  
Series: INDICE PROD TCREAL TASA DJONES LIQREAL PRODBIO  
Exogenous series: SOI  
Warning: Critical values assume no exogenous series  
Lags interval (in first differences): 1 to 5

#### Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.206247	149.5506	139.2753	0.0109
At most 1	0.166304	106.5879	107.3466	0.0560
At most 2	0.149403	72.75706	79.34145	0.1413
At most 3	0.099956	42.65909	55.24578	0.3896
At most 4	0.071395	23.07121	35.01090	0.5040
At most 5	0.046315	9.293816	18.39771	0.5502
At most 6	0.002542	0.473422	3.841466	0.4914

Trace test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

\* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

\*\*MacKinnon-Haug-Michelis (1999) p-values

**Cuadro N°19: Estimación Modelo N°3**

## Vector Error Correction Estimates

Date: 11/01/17 Time: 16:36

Sample (adjusted): 1995M07 2010M12

Included observations: 186 after adjustments

Standard errors in ( ) &amp; t-statistics in [ ]

Cointegrating Eq:	CointEq1
INDICE(-1)	1.000000
PROD(-1)	-2.458642 (0.70979) [-3.46389]
TCREAL(-1)	-1.309634 (0.36709) [-3.56761]
TASA(-1)	-0.116559 (0.02542) [-4.58542]
DJONES(-1)	0.277943 (0.09992) [2.78171]
LIQREAL(-1)	-0.936937 (0.35422) [-2.64506]
PRODBIO(-1)	-0.612838 (0.11027) [-5.55774]
@TREND(95M01)	0.030722
C	11.90777

**Cuadro N°20:** Análisis de los residuos

VEC Residual Serial Correlation LM Tests  
Null Hypothesis: no serial correlation at lag  
order h  
Date: 11/01/17 Time: 16:38  
Sample: 1995M01 2010M12  
Included observations: 186

Lags	LM-Stat	Prob
1	43.71013	0.6868
2	31.32948	0.9767
3	40.69233	0.7949
4	59.30809	0.1486
5	38.16472	0.8684
6	45.95510	0.5973

Probs from chi-square with 49 df.

## **2) ANEXO B: MÍNIMOS CUADRADOS DINÁMICOS (DOLS)**

**Cuadro N°21: Estimación de los OLS y los distintos DOLS.**

Variable	OLS	DOLS2	DOLS3	DOLS4	DOLS5	DOLS6	DOLS7	DOLS8
Producción Economías Avanzadas	2.02 ***	2.02 ***	2.00 ***	1.83 ***	1.52 ***	1.53 ***	1.43 **	1.47 *
Tipo de cambio Real	-0.11	-0.11	-0.06	-0.03	-0.18	-0.13	-0.04	-0.27
Tasa de Interés Real	0.06 ***	0.06 ***	0.07 ***	0.08 ***	0.09 ***	0.11 ***	0.13 ***	0.16 ***
Dow Jones	-0.07 *	-0.07 *	-0.1 **	-0.13 ***	-0.18 ***	-0.22 ***	-0.29 ***	-0.37 ***
Liquidez Real	0.76 ***	0.76 ***	0.76 ***	0.82 ***	0.79 ***	0.78 **	0.82 **	0.46
Producción de Biocombustibles	0.11	0.11 **	0.12 **	0.11 **	0.1 *	0.11	0.08	0.15
Indice de Oscilación del Sur (SOI)	0.00 ***	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0
Tendencia	-0.02 ***	-0.02 ***	-0.02 ***	-0.02 ***	-0.02 ***	-0.02 ***	-0.02 ***	-0.01 ***
Constante	-4.82 ***	-4.12 ***	-4.02 ***	-3.28 *	-0.86	-0.80	-0.16	1.33
N	192	187	185	183	181	179	177	175
R <sup>2</sup>	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
aic	-644.75	-598.33	-597.16	-581.7	-574.16	-570.18	-579.39	-593.48
bic	-615.43	-452.24	-452.24	-398.76	-353.46	-312.00	-284.01	-261.18

**Gráfico N°15: Análisis de los residuos de DOLS:**

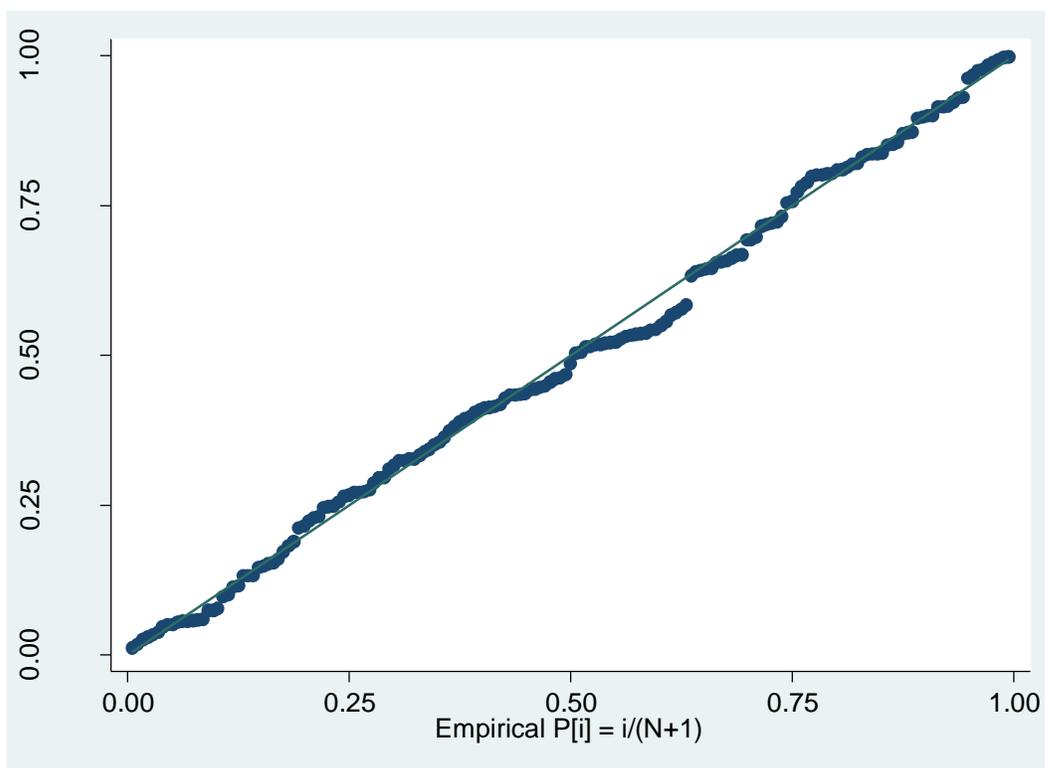
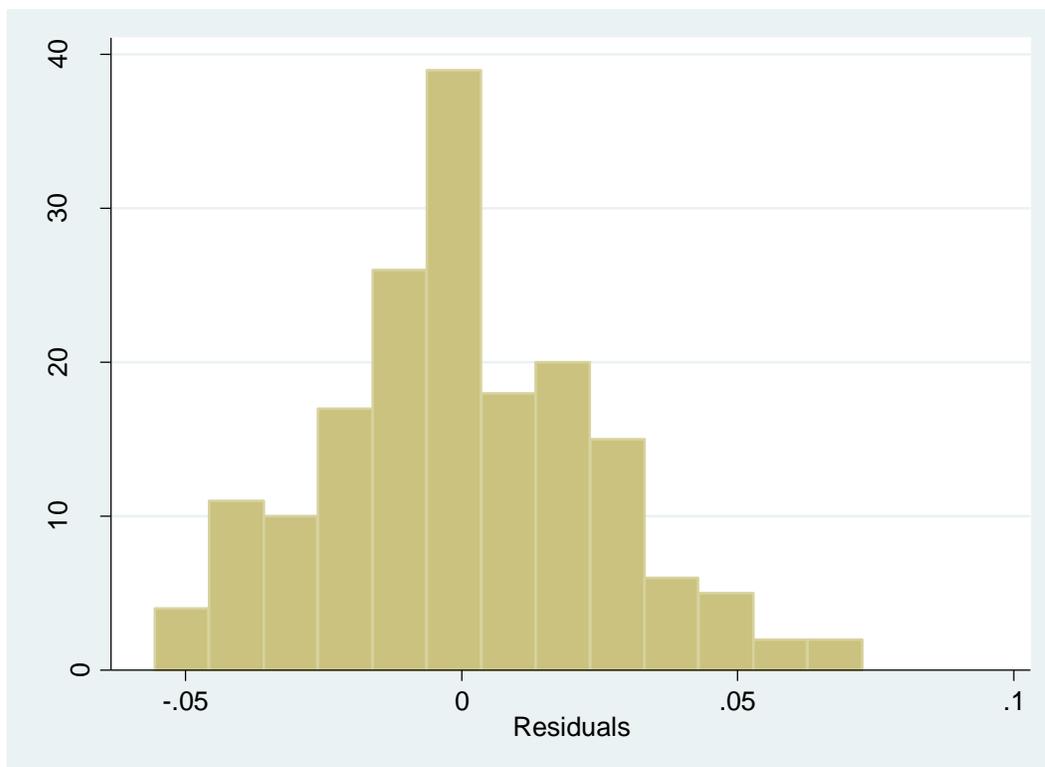


Gráfico N°16: Histograma de los residuos



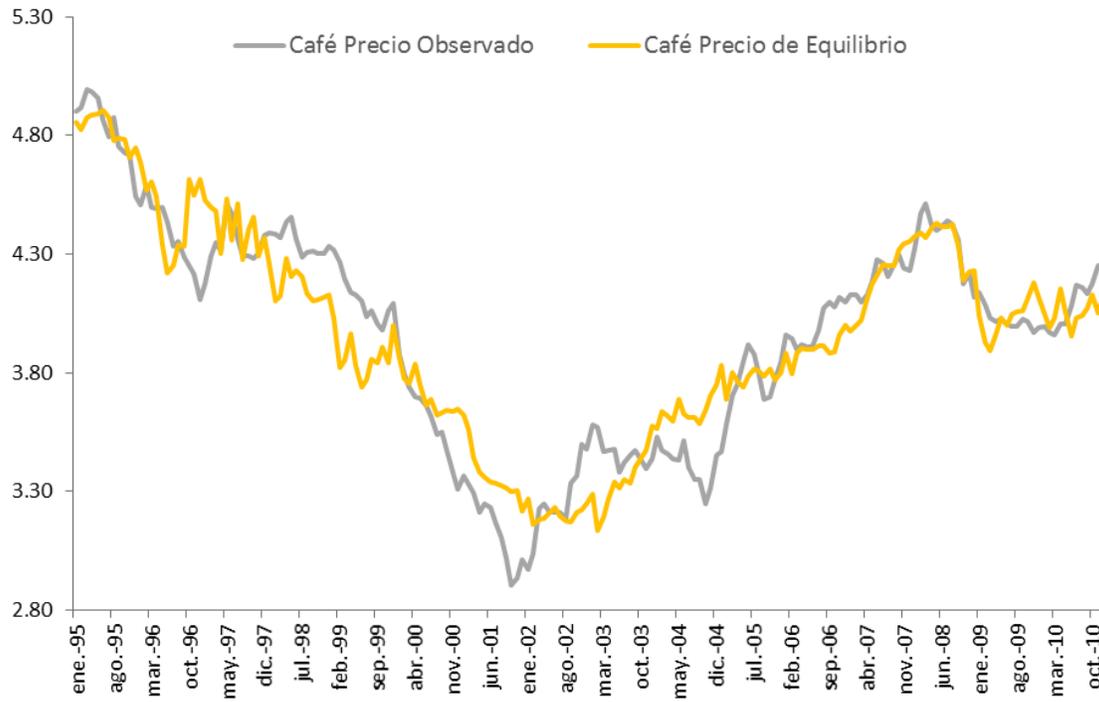
Cuadro N°22: Test de Kurtosis

. sktest u

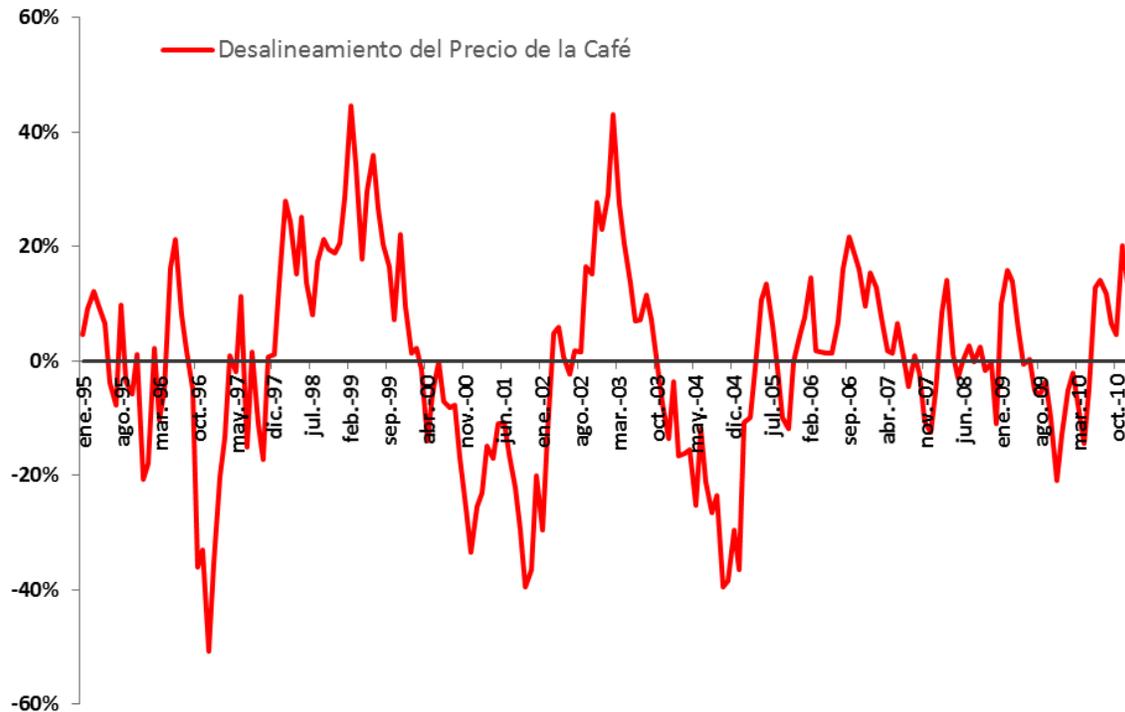
Skewness/Kurtosis tests for Normality						
Variable	Obs	Pr(Skewness)	Pr(Kurtosis)	adj	chi2(2)	joint Prob>chi2
u	175	0.1947	0.7000	1.85		0.3957

### **3) ANEXO C: SUR**

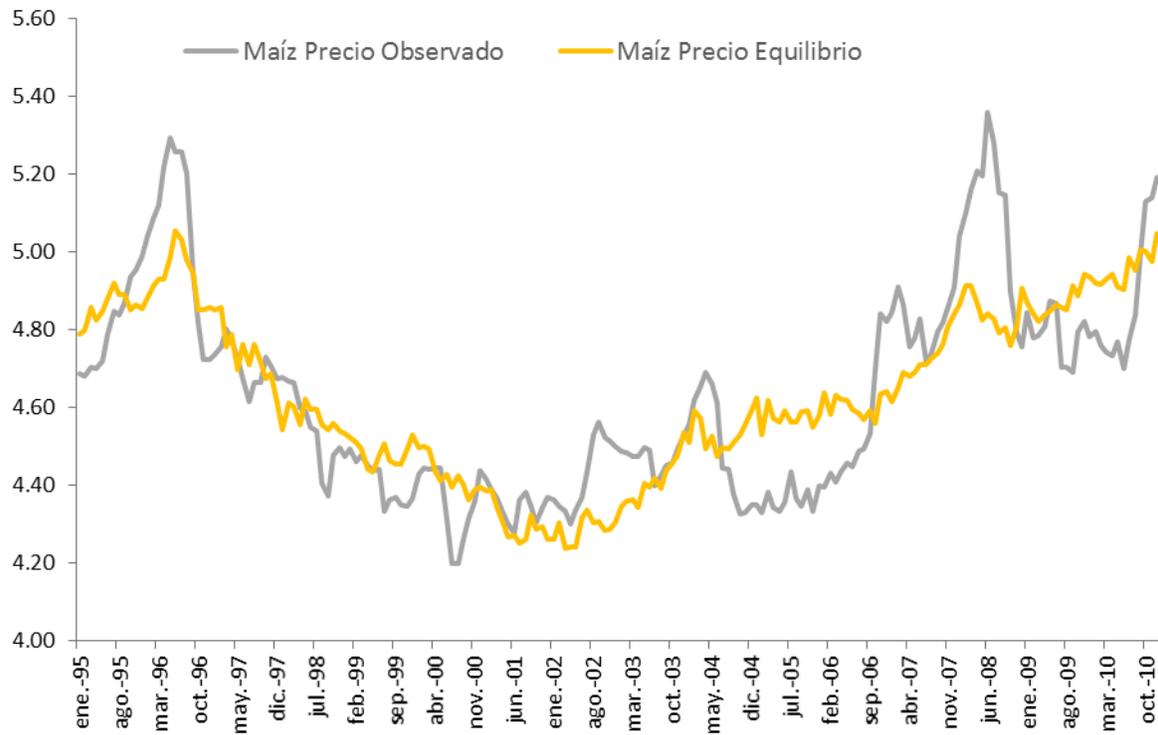
**Gráfico N°17:** Precio de Observado y de Equilibrio del café (escala logarítmica)



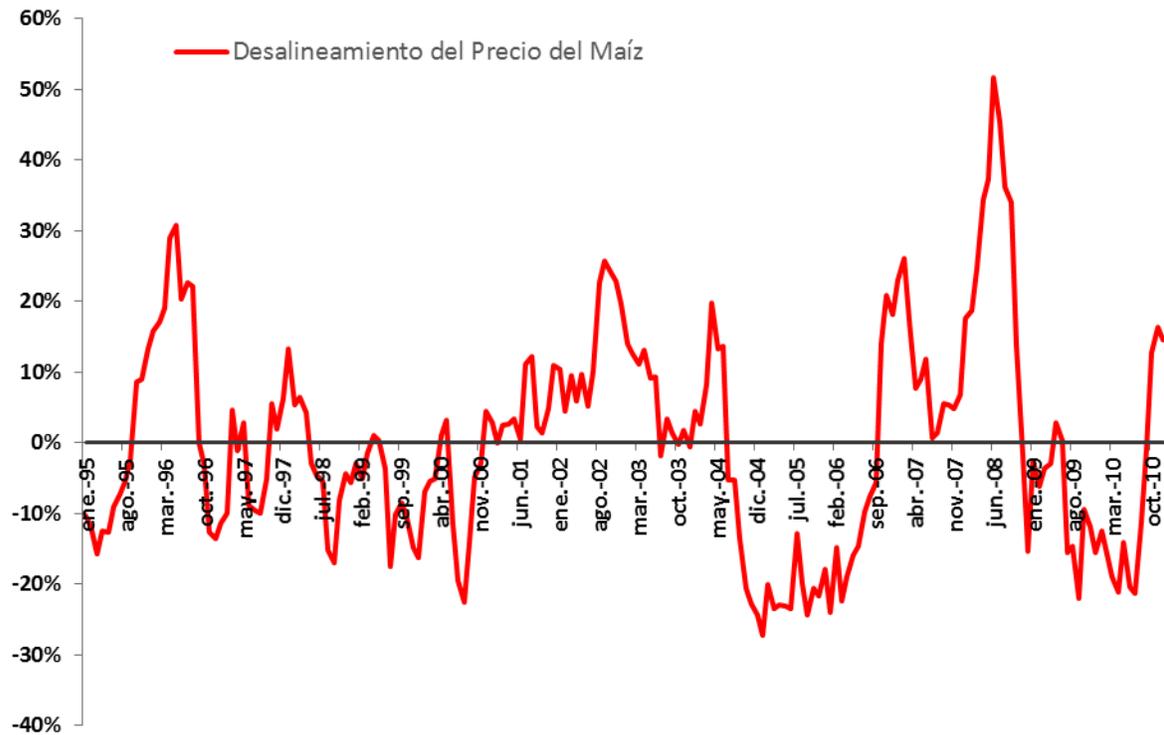
**Gráfico N°18:** Precio del café, desalineamiento estimado



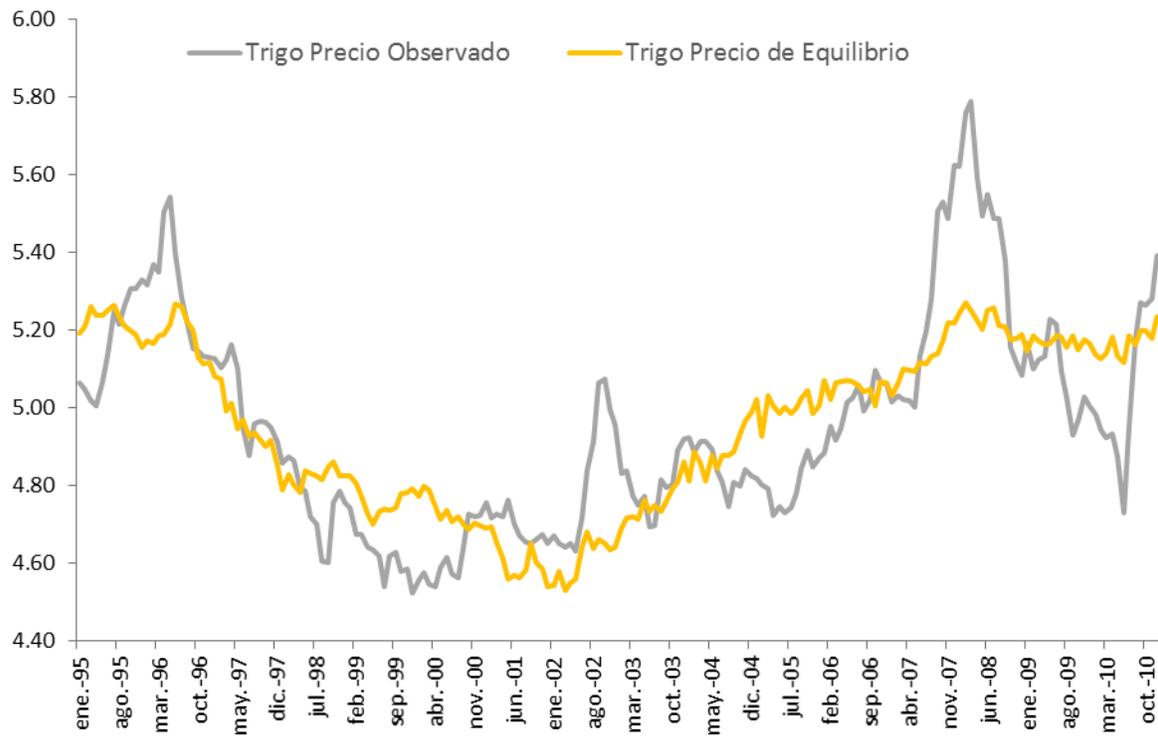
**Gráfico N°19:** Precio de Observado y de Equilibrio del Maíz (escala logarítmica)



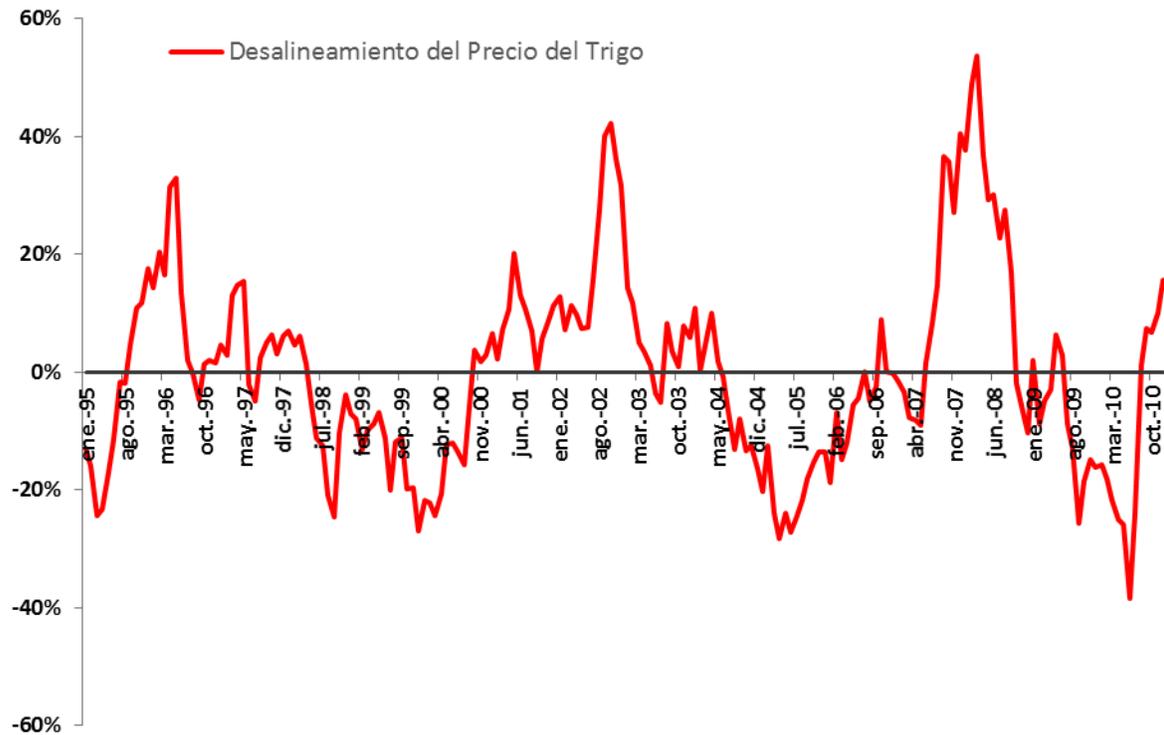
**Gráfico N°20:** Precio del Maíz, desalineamiento estimado



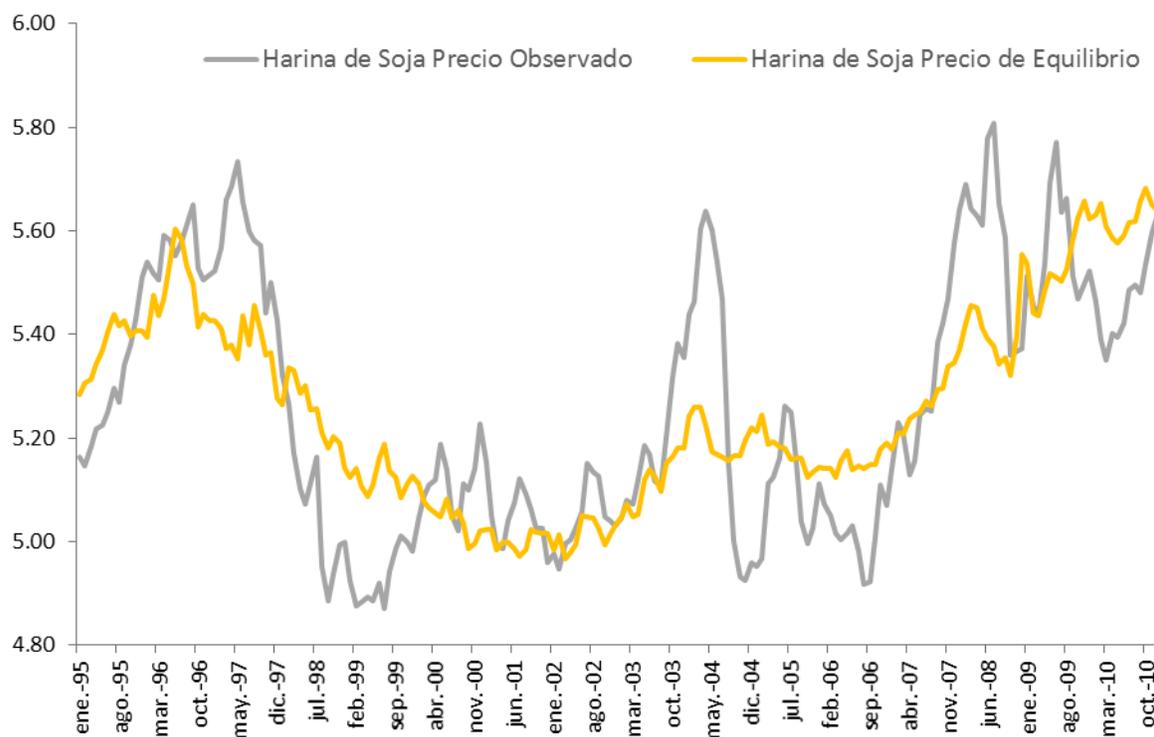
**Gráfico N°21: Precio de Observado y de Equilibrio del Trigo (escala logarítmica)**



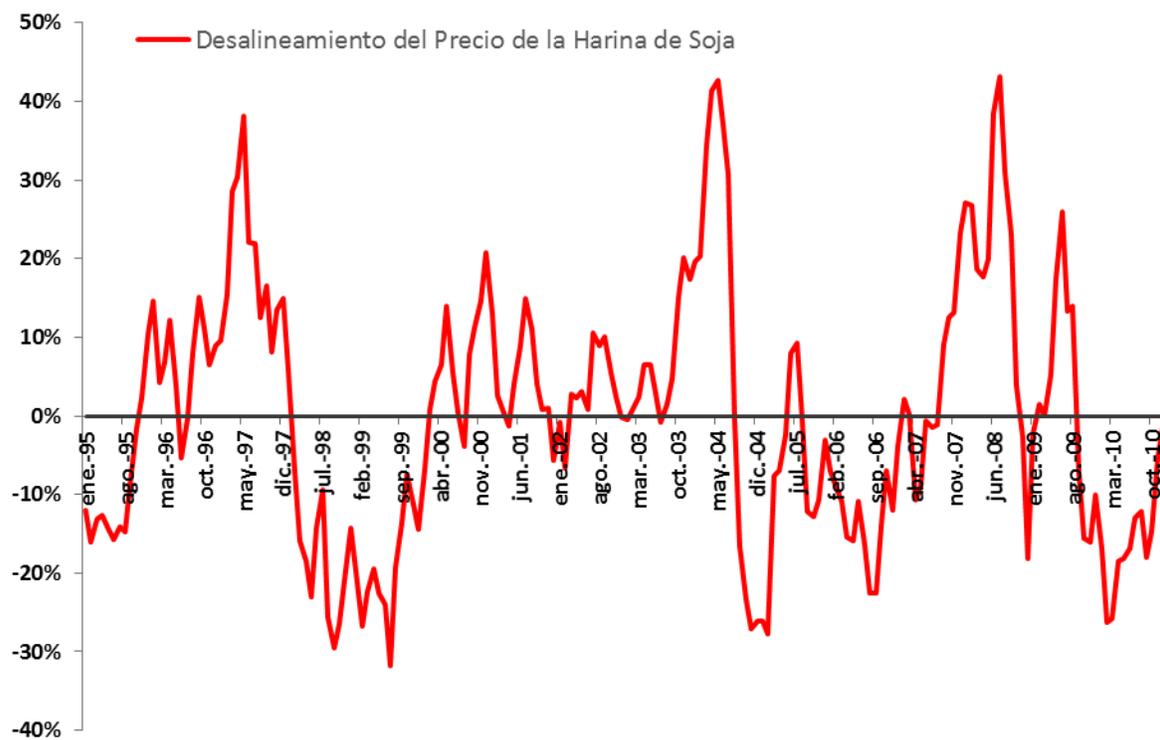
**Gráfico N°22: Precio del Trigo, desalineamiento estimado**



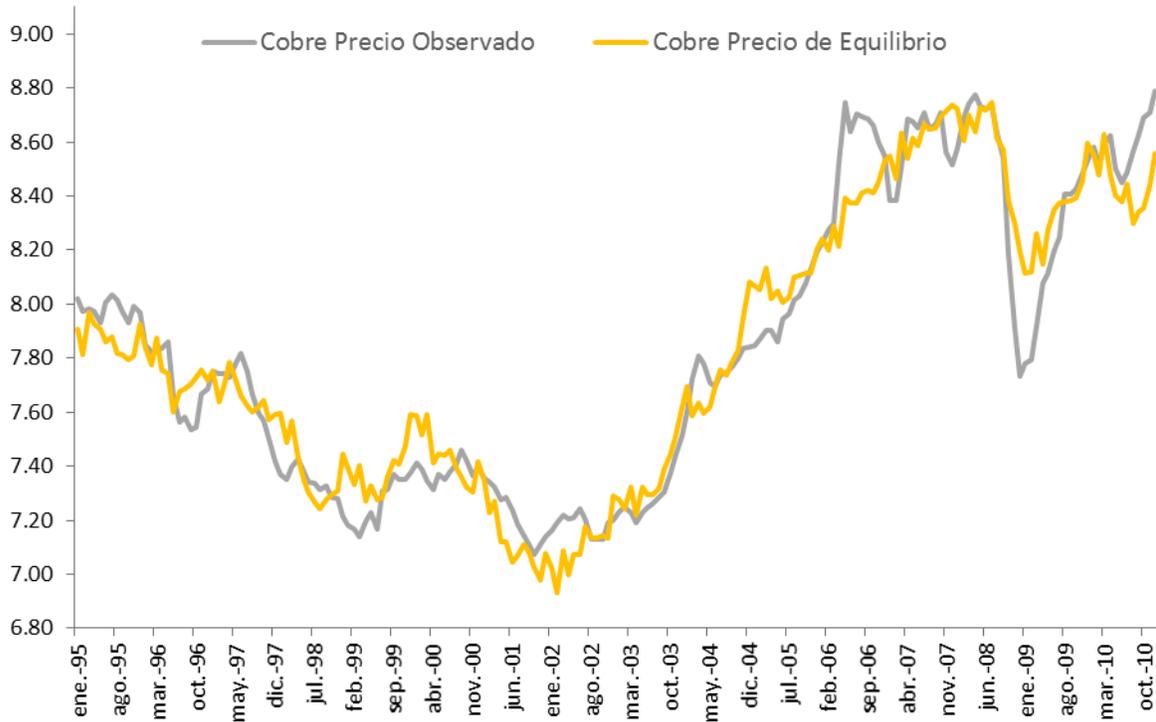
**Gráfico N°23:** Precio de Observado y de Equilibrio de la Harina de Soja (escala logarítmica)



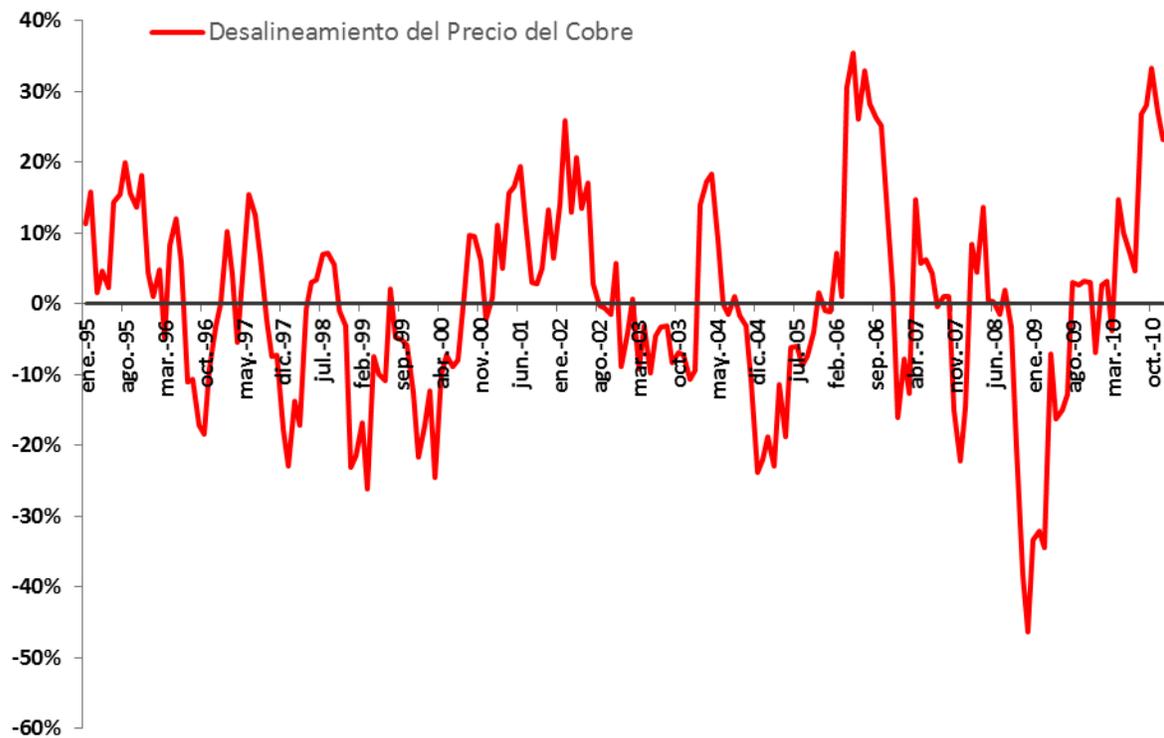
**Gráfico N°24:** Precio de la Harina de Soja, desalineamiento estimado



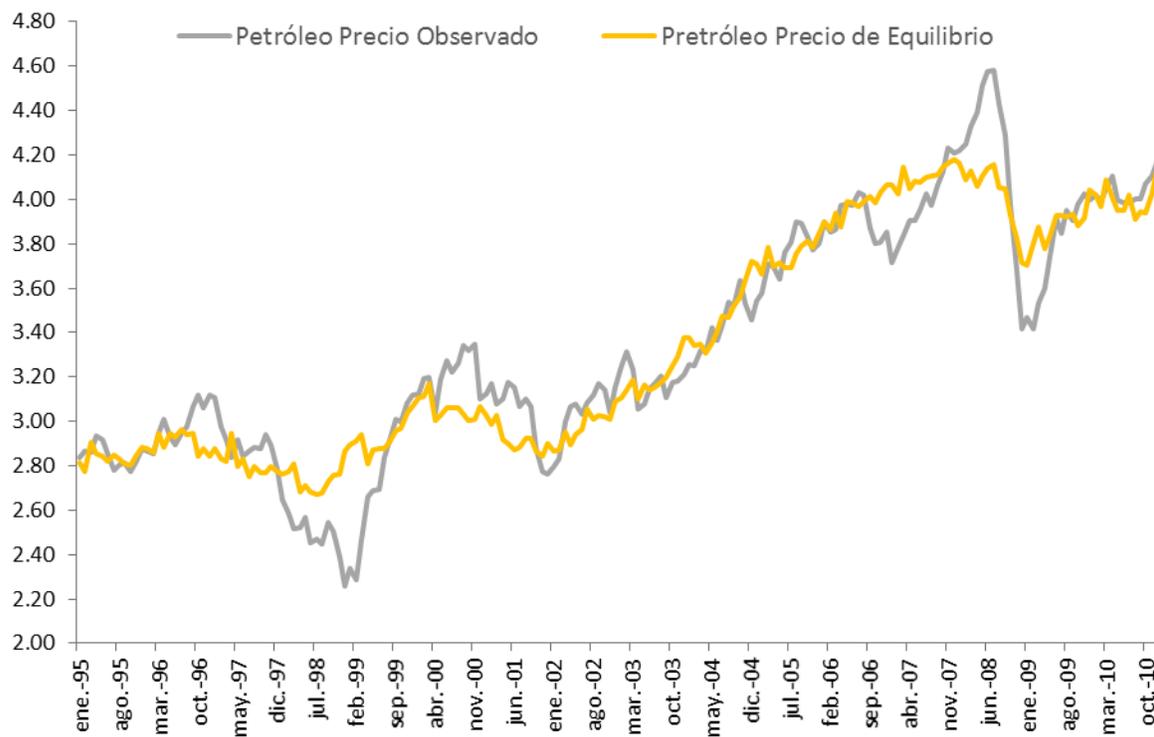
**Gráfico N°25:** Precio de Observado y de Equilibrio del Cobre (escala logarítmica)



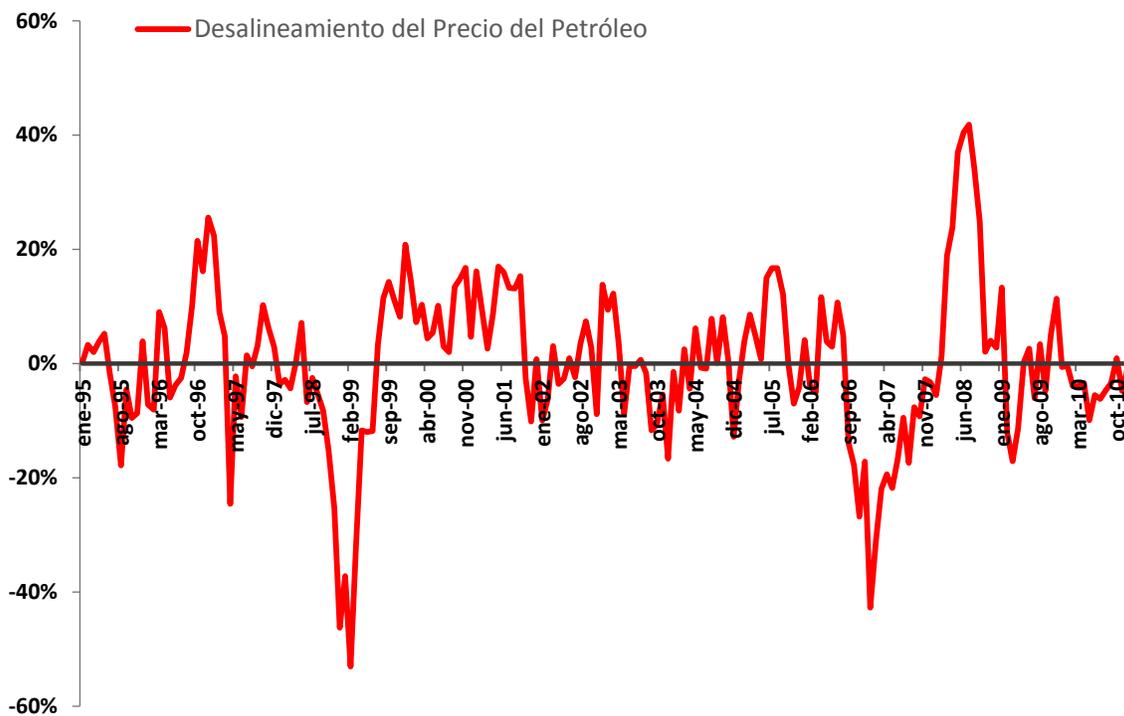
**Gráfico N°26:** Precio del Cobre, desalineamiento estimado



**Gráfico N°27:** Precio de Observado y de Equilibrio del Petróleo (escala logarítmica)



**Gráfico N°28:** Precio del petróleo, desalineamiento estimado



## 4) ANEXO D: RAICES UNITARIAS

Series (Primera diferencia de los logartimos)	<i>Dickey - Fuller Aumentada (ADF)</i>			
	<i>Trend</i>		<i>Drift</i>	
	<i>Test Statistic</i>	<i>MacKinnon approximate p-value for Z(t)</i>	<i>Test Statistic</i>	<i>MacKinnon approximate p-value for Z(t)</i>
Indice de precios CEPAL				
Producción Economías Avanzadas	-8.096	0.000	-7.786	0.000
Tipo de Cambio Real	22.568	0.000	-21.750	0.000
Tasa de Interés Real	-8.333	0.000	-8.355	0.000
Dow Jones Industrial	-11.52	0.000	-11.439	0.000
Liquidez Global Real	-11.99	0.000	-10.082	0.000
Producción de Biocombustibles	-23.315	0.000	-21.479	0.000
Precio real Café	-12.507	0.000	-12.212	0.000
Precio real del Maíz	-9.847	0.000	-9.815	0.000
Precio Real del Trigo	-10.515	0.000	-10.508	0.000
Precio real de la Soja	-9.686	0.000	-9.673	0.000
Precio real de la Harina de soja	-10.536	0.000	-10.555	0.000
Precio real del Cobre	-9.546	0.000	-9.459	0.000
Precio real del Petroleo	-8.624	0.000	-8.632	0.000