



Estudios BCRA | 6  
**Precios de los commodities:  
Factores estructurales, mercados financieros  
y dinámica no lineal**

Diego Bastourre / Jorge Carrera / Javier Ibarlucia  
Septiembre de 2010

*ie* | BCRA  
INVESTIGACIONES ECONÓMICAS



BANCO CENTRAL  
DE LA REPÚBLICA ARGENTINA



Estudios BCRA | 6

**Precios de los commodities: Factores estructurales,  
mercados financieros y dinámica no lineal**



*ie* | BCRA  
INVESTIGACIONES ECONÓMICAS



Buenos Aires, septiembre de 2010

## NOTA DEL EDITOR

Luego de un relativo ostracismo los precios de los principales productos de exportación han recuperado un notable protagonismo en la agenda macroeconómica y de política económica de los países latinoamericanos. Tal es así que diversas explicaciones de la performance macroeconómica de las economías de la región en esta década coinciden en remarcar el nuevo rol jugado por los precios internacionales de las llamadas *commodities*.

Se trata sin dudas de una de las variables relevantes más genuinamente “exógenas”, en el sentido clásico de que en su determinación juega un papel muy menor los aspectos específicos del país. Dado justamente entonces ese carácter fundamental y exógeno de estos precios, todo esfuerzo que apunte en la dirección de comprender la dinámica, muchas veces errática y altamente volátil, de los mismos resulta naturalmente bienvenido.

Para el Banco Central asimismo, la importancia que se asigna a este tema ha quedado plasmada, por ejemplo, en la construcción y regular publicación del Índice de Materias Primas exportadas por la Argentina, como así también en otras investigaciones desarrolladas en el ámbito de la Subgerencia General de Investigaciones Económicas. Cabe aclarar, no obstante, que este trabajo se concentra en estudiar determinantes globales de los precios de commodities, más que en la especificidad que la temática posee para la economía argentina. Esto no implica que sus principales conclusiones o recomendaciones de política sí puedan aplicarse específicamente a este caso.

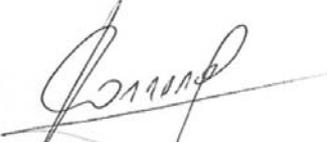
En este nuevo documento de la Serie Estudios del BCRA, los autores se proponen retomar la evaluación de los factores globales que determinan tendencias para los precios de los productos básicos, una agenda de investigación que de manera pionera delinea Raúl Prebisch y que se ha ramificado para ganar en especificidad con el correr de los años.

A efectos de incorporar aspectos recientes relacionados con el desarrollo de nuevos mercados financieros y productos derivados asociados a los commodities, los autores plantean el desarrollo de un modelo con agentes heterogéneos. De este modelo se deriva, como implicancia empírica a ser evaluada, la existencia de un patrón de ajuste no lineal de los valores observados a los que pueden denominarse valores “tendenciales” o “de equilibrio”, definidos como los que surgen como resultado de un modelo econométrico donde se incorporan determinantes macroeconómicos de los precios. Se desarrolla, a este efecto, un modelo autoregresivo con transición suave que permite capturar todos estos aspectos técnicos.

Los resultados econométricos hablan de la importancia de factores propios del contexto internacional en la determinación de los valores de largo plazo de los commodities como son la tasa de interés internacional, el estado de la demanda mundial, el tipo de cambio real del dólar o la evolución de los mercados accionarios. También entra en escena aquí el propio factor de tendencia secular hacia el deterioro de los precios de los bienes primarios, sugerida por Prebisch y Singer a comienzos de los cincuenta. Respecto al patrón de ajuste no lineal, se verifica que las grandes discrepancias entre los precios spot y los de equilibrio tienden a corregirse con relativa rapidez, mientras que los desalineamientos pequeños suelen persistir en el tiempo sin que surja endógenamente una fuerza correctora.

En el estudio también se detallan las principales implicancias para los commodities de dos procesos de cambio estructural con orígenes en décadas pasadas, pero que se han intensificado notoriamente en los años más recientes: la producción de biocombustibles y el rápido avance de dos economías de gran tamaño como son China e India.

Finalmente, hay que remarcar que con este tipo de estudios el Banco Central continúa expandiendo el conjunto de instrumentos técnicos que apuntan a la mejor comprensión del contexto nacional e internacional en el que se inserta la Argentina, lo que en definitiva redundará en más y mejores elementos de juicio para la toma de decisiones en materia de política monetaria y financiera.



Jorge Carrera  
Subgerente General de  
Investigaciones Económicas

Estudios BCRA | 6

**Precios de los commodities: Factores estructurales,  
mercados financieros y dinámica no lineal**

Diego Bastourre (BCRA) / Jorge Carrera (BCRA) / Javier Ibarlucia (BCRA)

Septiembre de 2010



*ie* | BCRA  
INVESTIGACIONES ECONÓMICAS

Bastourre, Diego

Precios de los commodities: factores estructurales, mercados financieros y dinámica no lineal : Estudios BCRA N° 6 / Diego Bastourre ; Jorge Carrera ; Javier Ibarlucia. - 1a ed. - Buenos Aires : Banco Central de la República Argentina, 2010.  
Internet.

ISBN 978-987-1564-20-0

1. Economía Internacional. I. Carrera, Jorge II. Ibarlucia, Javier III. Título  
CDD 337

**Precios de los commodities: Factores estructurales, mercados financieros y dinámica no lineal**

1era. edición

ISBN 978-987-1564-20-0

© Diego Bastourre, Jorge Carrera, Javier Ibarlucia, 2010

**Serie Estudios BCRA**

Director Jorge Carrera

ISSN 1850-0137

**Banco Central de la República Argentina**

Subgerencia General de Investigaciones Económicas

Reconquista 266 / Edificio Central Piso 8

(C1003ABF) Ciudad Autónoma de Buenos Aires

República Argentina

Tel. | (54 11) 4348-3582 / 4348-3814

Fax | (54 11) 4348-3557

Email | [investig@bcra.gov.ar](mailto:investig@bcra.gov.ar)

Sitio Web | [www.bcra.gov.ar](http://www.bcra.gov.ar)

Fecha de publicación: octubre de 2010

Diseño Editorial | Diseño e Imagen Institucional, Gerencia de Relaciones con la Comunidad e Imagen Institucional

Diagramación | Karin Bremer

Imagen de tapa | Pau Servera Fernández, Diseño e Imagen Institucional, Gerencia de Relaciones con la Comunidad e Imagen Institucional

Las opiniones vertidas en este trabajo son exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente se corresponden con las del BCRA.

*No se permite la reproducción parcial o total, el almacenamiento, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.*

# **Precios de los commodities: Factores estructurales, mercados financieros y dinámica no lineal**

## **Contenido**

**Resumen Ejecutivo | 11**

**Executive Summary | 13**

**1. Introducción | 15**

**2. Los precios de los commodities en el largo plazo | 17**

2.1. Algunos hechos estilizados | 17

2.2. Determinantes profundos de los precios de los commodities | 20

2.3. Modelo empírico de largo plazo | 21

2.3.1. *Las variables* | 21

2.3.2. *Estimación econométrica* | 23

**3. Financiarización de los mercados de commodities | 27**

**4. El rol de la financiarización en la dinámica de corto plazo | 34**

4.1. Modelo de agentes heterogéneos en los mercados de commodities | 35

4.2. Metodología econométrica | 37

**5. Evidencia empírica: No linealidad en el ajuste de los precios de los commodities | 41**

5.1. Estructura del modelo empírico | 42

5.2. Estimación del modelo de corto plazo y el ajuste no lineal al equilibrio | 43

5.3. Análisis de impulso-respuesta no lineal | 47

**6. Debates abiertos: Cambios estructurales recientes | 50**

6.1. Los biocombustibles | 50

6.2. China e India | 58

6.2.1. *China e India: Crecimiento y transición nutricional* | 63

6.2.2. *China e India: Intensidad de uso de metales y energía* | 65

**7. Conclusiones e implicancias de política | 67**

**Apéndice 1. Análisis de impulso-respuesta | 69**

**Referencias | 71**



## Precios de los commodities: Factores estructurales, mercados financieros y dinámica no lineal\*

Diego Bastourre (BCRA) / Jorge Carrera (BCRA) / Javier Ibarlucia (BCRA)

### Resumen Ejecutivo

Las fuertes oscilaciones en los precios de los commodities registrados en los últimos años volvieron a instalar este tema en el centro de las discusiones, tanto en los ámbitos académicos como en aquellos donde se discute la política económica. Los records de los precios nominales se sucedieron prácticamente en todos los meses entre fines del año 2007 y la primera mitad del 2008 en productos como el petróleo, el cobre, el níquel, la soja o el arroz, para mencionar sólo algunos. La crisis financiera internacional revirtió súbitamente esta tendencia. No obstante, pasados los meses más traumáticos y la abrupta corrección en las cotizaciones, los commodities retomaron el sendero alcista, a un ritmo más pausado que en el ciclo anterior pero igualmente sostenido.

El presente documento se inserta entonces en este reavivado debate sobre los precios de los commodities a partir de un modelo teórico y empírico integral destinado a mejorar el conocimiento sobre los factores que afectan el comportamiento de los commodities tanto en el corto como en el largo plazo.

En particular, se analiza el llamado proceso de financialización de los commodities argumentando que el impacto del mismo debería reflejarse en la dinámica de precios de corto plazo, pero no en el equilibrio de largo plazo.

Específicamente, en términos técnicos se plantea que la financialización genera un patrón de ajuste no lineal de los precios de los commodities a su valor de equilibrio. Para fundamentar teóricamente la hipótesis se desarrolla un modelo de agentes heterogéneos en los mercados de commodities. La evaluación empírica es realizada por medio de la metodología no lineal de vectores autorregresivos con transición suave.

Respecto a los factores que explican los valores de largo plazo de los commodities, este estudio se concentra en los determinantes macroeconómicos. Entre ellos, hay un claro rol para el ingreso mundial, variable que aproxima a la demanda y que estaría, según algunas visiones, creciendo en la actualidad a un ritmo inconsistente con la oferta de commodities. El valor del dólar también ocupa un espacio central. La influencia de esta variable en los precios de los commodities ha sido discutida en otros ciclos históricos de auge y caída de los mismos. Además, las condiciones monetarias laxas y el exceso de liquidez internacional han sido elementos de importancia, ya que, según distintos autores, han tendido a sumar presiones inflacionarias que suelen reflejarse con mayor rapidez e intensidad en los mercados de bienes con precios flexibles, como es el caso de los commodities.

---

\* Deseamos expresar nuestra especial gratitud a Eric Santor por sus observaciones como comentarista del presente trabajo en el *Workshop "Commodity prices: drivers and economic impacts"*, organizado por el Banco de Inglaterra y el Banco Central Europeo (Londres, febrero de 2009). Con igual énfasis queremos agradecer a Jason Henderson de la Reserva Federal de Kansas y a los restantes miembros del staff de su Departamento de Investigación por los comentarios realizados durante el seminario "*Farming, Finance and the Global Marketplace*" que organizaron el 8 y 9 de junio de 2010 en Kansas City. También agradecemos a José Fanelli, Gustavo Cañonero, Federico Traverso, Horacio Aguirre, Augusto Mercadier, Fernando Toledo y Diego Elías sus útiles comentarios y aportes. Destacamos finalmente la valiosa colaboración en la investigación de Mariano Sardi. Los errores son de nuestra responsabilidad. Las opiniones expresadas en el presente trabajo son de los autores y no se corresponden necesariamente con las del BCRA o sus autoridades.

El modelo empírico propuesto aporta evidencia tanto de la importancia de los fundamentales incluidos en la relación de largo plazo, como también de la relevancia de la hipótesis de ajuste no lineal de los precios de los commodities hacia sus niveles de equilibrio. Los resultados obtenidos sugieren que las grandes discrepancias entre los precios *spot* y los de equilibrio tienden a corregirse con relativa rapidez, mientras que los desalineamientos pequeños suelen persistir en el tiempo sin que surja endógenamente una fuerza correctora.

Finalmente, en el documento se tratan dos procesos cuyos orígenes se remontan 30 años atrás pero que se han intensificado durante la última década y, por ello, deben ser tenidos en cuenta al momento de utilizar los resultados empíricos obtenidos para configurar escenarios futuros de los mercados de commodities. Por un lado, aparece la producción de biocombustibles y, por el otro, el cambio en el patrón de la demanda internacional de bienes primarios como consecuencia de las transformaciones estructurales que están sufriendo países emergentes de gran peso en la economía mundial como lo son China e India.

Respecto a las implicancias de política, este estudio sugiere que los países en desarrollo que dependen fuertemente de los commodities deberían prestar suma atención a los desalineamientos de sus precios: las reversiones tienden a ser abruptas cuando la brecha entre el precio observado y el precio fundamental es superior al 20-25%.

También es importante destacar que la evidencia aportada muestra que los factores que afectan los precios de los commodities (como ser la tasa de interés internacional real y el tipo de cambio real de Estados Unidos) son similares a los que afectan los flujos de capitales. Esto explicaría por qué es difícil para los países en desarrollo morigerar los shocks en los términos de intercambio con financiamiento externo. Los mismos fundamentales que empeoran los términos de intercambio impactan de manera adversa en el acceso al mercado internacional de crédito.

## Executive Summary

The volatile movements in commodity prices during the last years have raised new questions to be discussed in both policy and academic spheres. Up to the financial slump of the second quarter of 2008 commodity prices grew fast for several consecutive years in a highly volatile context. The international financial crisis suddenly broke this trend. However, after the abrupt correction during the most traumatic months of the crisis, commodity prices started a recovery, although the rate of growth was slower than in the previous cycle.

Thus, this paper enters into this re-energized debate by developing a theoretical and empirical model that tries to help in understanding both those factors that affect long-run movements in prices and those that influence their short-run dynamics.

In particular, the so-called financialization of commodities phenomenon is analyzed claiming that the impact of this process might be reflected in short-run movements in prices, but not in long-run or equilibrium values.

In technical terms specifically, the main hypothesis is that the process of financialization of commodities could generate a non-linear adjustment pattern of prices towards their long-run equilibrium values. In order to theoretically support this hypothesis, a model of heterogeneous agents that interact in commodity markets is developed. The empirical evaluation is done with a smooth transition vector autoregressive model.

Concerning long-run fundamentals of prices, this study focuses on the macroeconomic determinants of them. Among fundamentals, there is a clear role for world income (proxy variable for global demand). According to the view of several analysts this demand, would be growing at a pace that is not consistent with the expansion of international supply. The value of the US Dollar also plays an important part in the story. The influence of this variable has been stressed in other historical cycles of commodity prices. Additionally, easy monetary conditions in developed countries and the context of excessive liquidity have been pointed out as important elements by several authors. They would tend to add inflationary pressures that are more rapidly transmitted into goods with flexible prices as it is the case of commodities.

In relation to the empirical front, the estimated model highlights the importance of both the macroeconomic fundamentals included in the long-run relationship and the significance of the hypothesis of non-linear price adjustment to the equilibrium value. The results suggest that large misalignments between spot and fundamental prices tend to be corrected relatively fast, while small gaps persist in time since in this case there are not endogenous correcting forces.

Finally, this document covers two processes that were originated thirty years ago, but have intensified during the last decade. These processes cannot be omitted when the objective is to use the empirical results of the paper to project future trends in commodity markets. On the one hand, the issue of biofuels as a substitute of more traditional sources of energy is analyzed. On the other hand, the changing pattern of world demand due to structural transformations that are taking place in increasingly important emerging economies such as China and India is considered.

Regarding policy implications for commodity-dependent developing countries, it must be stressed that commodity price misalignments should be carefully monitored: price reversions tend to be abrupt when the gap between actual and fundamental price is higher than 20-25%.

It is also important to note that factors affecting commodity prices (like real international interest rates and the US real exchange rate) are similar to those that influence capital flows. This explains why it is hard for developing countries to cushion terms of trade shocks with external finance. The same fundamentals that worsen terms of trade affect negatively the access to international credit market.

## 1. Introducción

Pasado el impacto inicial de los shocks del petróleo de los años '70, la cuestión de los precios de los commodities fue perdiendo relevancia tanto en los debates académicos como en los de política económica en las dos décadas subsiguientes. Sin embargo, los precios máximos registrados en los últimos cinco años volvieron a instalar a los commodities en el centro de las discusiones. Los récords en las cotizaciones se sucedieron prácticamente en todos los meses entre fines del año 2007 y la primera mitad del 2008 en productos como el petróleo, el cobre, el níquel, la soja o el arroz, para mencionar sólo algunos. A su vez, esta tendencia creciente de los precios se observó en la mayoría de las clases de commodities.

Hoy resulta claro que tanto los hacedores de políticas como los académicos no pronosticaron ni la intensidad ni la velocidad de los recientes movimientos en las cotizaciones de los commodities. Por lo tanto, dos problemas claves de la agenda de investigación son entender cuáles son las variables que explican la dinámica de estos precios y revisar las respuestas de política a la luz de este escenario. El presente trabajo se ocupa principalmente de la primera cuestión, si bien los mayores desafíos de política son señalados al final del documento.

Al explicar las razones que subyacen en los movimientos de precios hay en términos generales, como sostiene Krugman (2008), dos historias.

La primera tiene que ver en esencia con los fundamentales y sostiene que el ingreso mundial está creciendo a un ritmo inconsistente con la oferta de commodities. China y Asia emergente son aquí los principales actores, porque sus niveles de vida están aumentando velozmente y poseen una alta elasticidad ingreso de la demanda de commodities debido a las razones resumidas en la ley de Engel (FMI, 2006; Kaplinsky, 2006, OCDE-FAO, 2008). En esta visión, el valor del dólar también ocupa un espacio central. La influencia de esta variable en los precios de los commodities ha sido discutida en otros ciclos históricos de auge y caída de los mismos (Ridler y Yandle, 1972; Dornbusch, 1985; Borensztein y Reinhart, 1994). Además, las recientes condiciones monetarias laxas y el exceso de liquidez internacional han sido elementos claves ya que suman presiones inflacionarias que suelen reflejarse con mayor rapidez e intensidad en los mercados de bienes con precios flexibles como es el caso de los commodities (Frankel, 2006; Lipsky, 2008). Por último, si el énfasis se coloca sobre los commodities agrícolas es necesario tener en cuenta el rol de los biocombustibles (UNCTAD, 2006; FMI, 2007).

La segunda historia apunta a la especulación como fuerza impulsora de las recientes fluctuaciones de las cotizaciones de los productos básicos. Se destaca aquí la relevancia del fenómeno conocido como “financionalización de los commodities” por el cual una serie de actores no convencionales como bancos de inversión, fondos de riesgo (*hedge funds*) y fondos mutuos han invertido fuertemente en instrumentos vinculados a commodities.

Naturalmente podría afirmarse, tal como se hace en este estudio, que las dos historias se superponen y se conectan entre sí y que una explicación completa del comportamiento de los precios debería reunir ambas piezas de una manera coherente. En el trabajo se sostiene que el impacto de la financionalización y la actividad especulativa se refleja en la dinámica de los precios de corto plazo pero no en el equilibrio de largo plazo. Específicamente, se propone que la financionalización genera un patrón de ajuste no lineal de los precios de los commodities a su valor fundamental.

Con esta hipótesis como guía, se construye un modelo simple de agentes heterogéneos en los mercados de commodities que incluye a chartistas, fundamentalistas y administradores de cartera.<sup>1</sup> Un resultado de este modelo es que el ajuste de precios hacia el equilibrio ocurre de una manera no lineal, exhibiendo mayor intensidad cuando aumenta la brecha pasada entre el precio *spot* y el precio de equilibrio.

Respecto al precio de equilibrio de los commodities, se muestra que el mismo depende de variables fundamentales propuestas por la literatura como la demanda mundial, el tipo de cambio real de Estados Unidos, las tasas de interés reales y la tendencia secular del deterioro del precio relativo de los commodities enunciada por la hipótesis de Prebisch-Singer.

Una característica novedosa de este trabajo es que utiliza una metodología empírica que permite diferenciar los movimientos de precios permanentes de los transitorios una vez que son estimados los valores de equilibrio. Así, al modelar la dinámica de corto plazo se utilizará un modelo de vectores autorregresivos con transición suave (STAR) cuya especificación resulta apropiada para evaluar la hipótesis derivada del esquema teórico propuesto.

La idea intuitiva del modelo STAR es que la discrepancia entre los precios corrientes y los precios fundamentales juega un doble rol. Por un lado, es la fuerza que impulsa los cambios de precios en la dirección necesaria para cerrar la brecha existente, tal como ocurre en cualquier modelo tradicional de corrección de errores. Por el otro, el desalineamiento actúa también como variable de transición gobernando el “estado” o “régimen” en el modelo. Cuanto mayor es el desalineamiento mayor será la velocidad de dicha corrección.

La organización del trabajo es la siguiente. En el próximo capítulo se analiza la evolución de los commodities adoptando una perspectiva de largo plazo. Allí se describen, en primer lugar, algunos hechos estilizados referentes a su tendencia y volatilidad. Luego, se revisa la literatura teórica y empírica de los determinantes profundos de los precios de los commodities. El capítulo finaliza con la estimación de la relación de largo plazo de estos factores para un índice de precios que incorpora tanto commodities agrícolas como metales.

El fenómeno de la financialización de los mercados de commodities es abordado en el Capítulo 3. Se concluye que la evidencia existente no contradice la idea de que este fenómeno juega un rol importante en la dinámica de corto plazo que exhiben los precios de los bienes primarios y que, por el contrario, no afecta sus niveles de equilibrio.

En el siguiente capítulo se desarrolla un modelo de agentes heterogéneos para los mercados de commodities que formaliza esta hipótesis. Además, se presentan los aspectos más relevantes de la metodología econométrica apropiada para evaluar la compatibilidad de los datos con el resultado que se deriva del modelo teórico: los vectores autorregresivos con transición suave.

En el Capítulo 5 se implementa esta metodología, hallándose evidencia empírica a favor de la hipótesis de ajuste no lineal de los precios de los commodities hacia sus niveles de largo plazo. Este resultado es, efectivamente, compatible con las dinámicas generadas por la participación en el mercado de agentes con expectativas heterogéneas.

---

<sup>1</sup> Como se verá más adelante, los chartistas son agentes que basan sus decisiones en el análisis técnico mientras que los fundamentalistas lo hacen a partir de la evaluación de las variables “fundamentales” para el activo en cuestión.

Antes de finalizar el estudio con las conclusiones y lecciones de política, el sexto capítulo aborda dos procesos que deben ser tenidos en cuenta al momento de utilizar los resultados empíricos obtenidos para configurar escenarios futuros: la producción de biocombustibles y el cambio en el patrón de la demanda internacional de bienes primarios como consecuencia de las transformaciones estructurales que están experimentando países emergentes de gran peso en la economía mundial como China e India. Dado que se trata de procesos relativamente recientes, resulta sumamente difícil capturar cuantitativamente la real dimensión del impacto que tienen sobre las tendencias de largo plazo de los precios de los commodities. No obstante esta dificultad, su análisis cualitativo constituye un elemento de juicio que no sería correcto omitir.

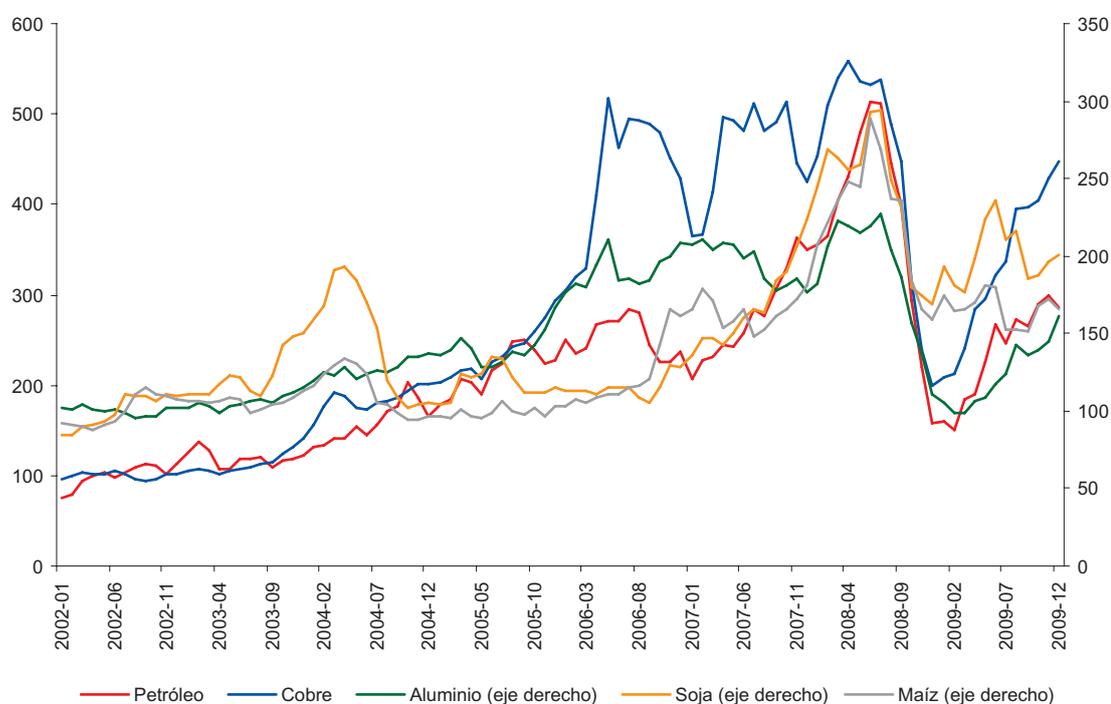
## 2. Los precios de los commodities en el largo plazo

### 2.1. Algunos hechos estilizados

Hasta la intensificación de la crisis financiera durante la segunda mitad del 2008, las cotizaciones de los commodities subieron a ritmo firme durante más de un lustro. Sin embargo, la crisis volvió a demostrar que la flexibilidad de los precios de los commodities es notable: los valores récord de junio-julio de 2008 se habían recortado como mínimo un 45% hacia fines de 2008 y comienzos de 2009. La Figura 1 muestra a modo de ejemplo la evolución de los precios de algunos commodities seleccionados entre el 2002 y el 2009.

**Figura 1**

Índice de precios de commodities seleccionados, 2002-1/2009-12 (2002=100)



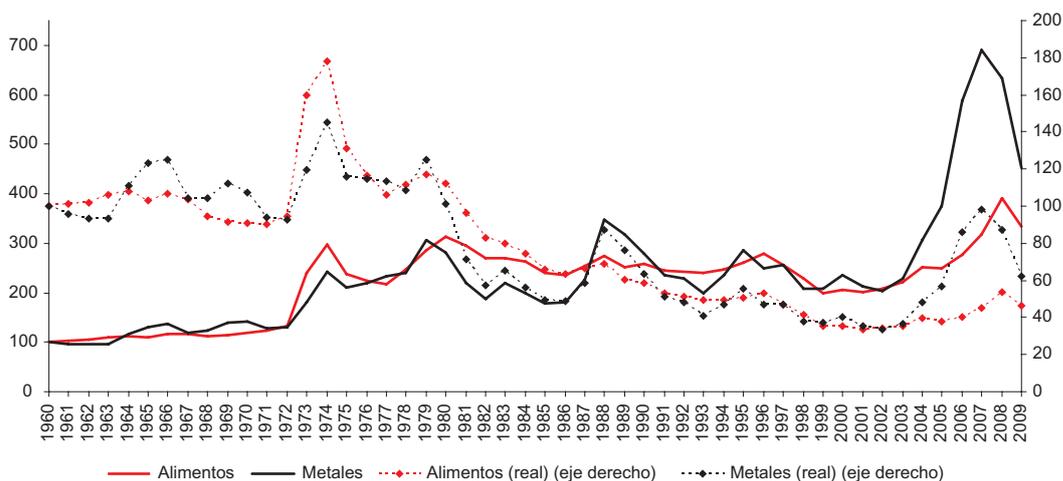
Fuente: International Financial Statistics (FMI).

Contraria a la creencia común de que los precios de los commodities alcanzaron recientemente niveles históricamente altos, la perspectiva de largo plazo revela valores estancados o incluso declinantes si se

incorpora al análisis la inflación internacional. En las Figuras 2 y 3, se presentan las tendencias de largo plazo de los alimentos, los metales y el petróleo tanto en términos nominales como reales. Las series se deflataron utilizando el Índice de Precios al Consumidor (IPC) de Estados Unidos.

**Figura 2**

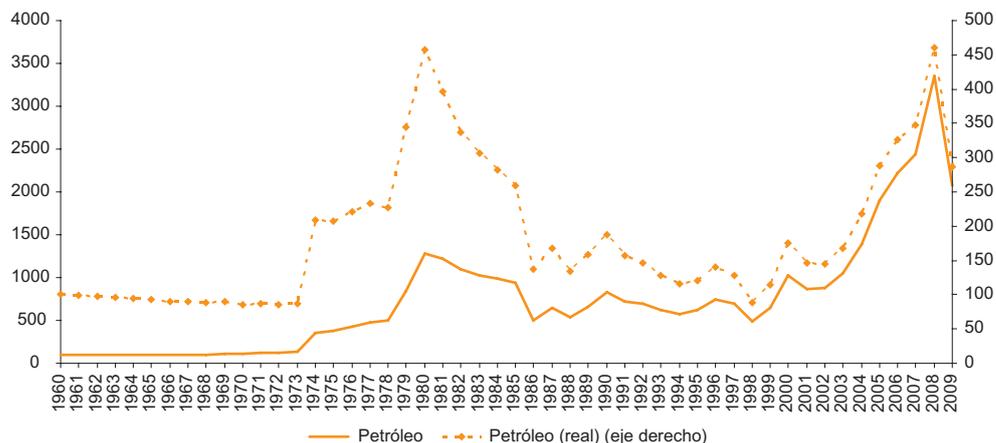
Índices de precios de los alimentos y los metales del FMI (nominales y reales, 1960=100).



Fuente: Elaboración propia en base a datos de International Financial Statistics (FMI).

**Figura 3**

Índice de precios del petróleo del FMI (nominal y real, 1960=100).



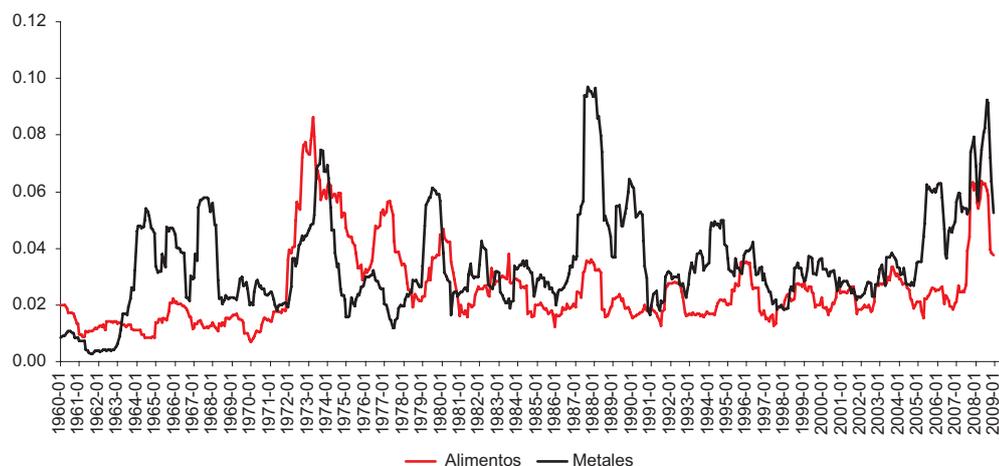
Fuente: Elaboración propia en base a datos de International Financial Statistics (FMI).

Al evaluar la performance de los precios nominales de los alimentos y de los metales se verifican, entre los años 2002 y 2008, aumentos del 170% y 290%, respectivamente. No obstante, cuando se considera el período 1960-2008, se observa que incluso después del último auge, los precios reales de los alimentos se ubicaron muy por debajo de los que registraron en 1960 (-41.84%) y los de los metales apenas recuperaron los niveles de aquel año. La del petróleo es una historia totalmente diferente. Su precio real subió con firmeza durante la última década, llegando a ser en 2008 casi cinco veces superior al de 1960.

Algunos autores afirman que, en lugar de sus tendencias de largo plazo, la característica más notoria de los precios de los commodities es su volatilidad a corto y mediano plazo. Según Deaton (1999), “lo que a los precios de los commodities les falta en tendencia, lo compensan en variabilidad”. Cashin y McDermott (2002) encuentran que la volatilidad de estos productos aumentó marcadamente desde el colapso de Bretton Woods a comienzos de los años '70. Las Figuras 4 y 5 describen la variabilidad del precio real de alimentos, metales y petróleo, la cual se mide por el desvío estándar de sus cambios mensuales utilizando una ventana móvil de 12 meses.

**Figura 4**

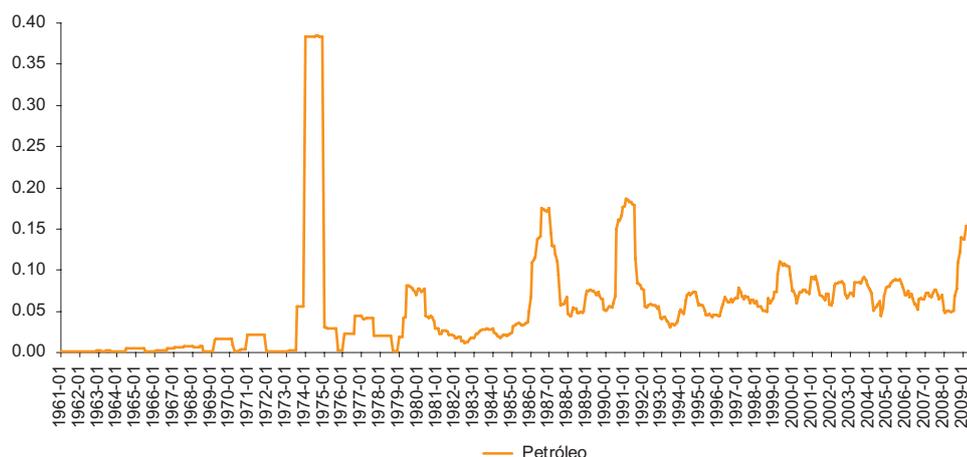
Volatilidad del precio de los alimentos y de los metales (en términos reales)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de International Financial Statistics (FMI).

**Figura 5**

Volatilidad del precio del petróleo (en términos reales)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de International Financial Statistics (FMI).

Se corrobora en los gráficos anteriores que, efectivamente, la volatilidad promedio de la era post-Bretton Woods se ha duplicado con respecto al período 1960-1972 en el caso de los alimentos y que subió un 40% cuando se analiza el índice de precios de los metales. El petróleo exhibió un salto aún más abrupto en la

variabilidad de su cotización. Así, mientras que en la primera fase de la muestra la medida de volatilidad que se ha considerado promedió 0.0058, con posterioridad a 1972 aumentó a 0.069.

Después de resumir los hechos estilizados más significativos, el resto del documento trata dos cuestiones principales: i) identificar los factores subyacentes que inciden en los precios de los commodities a largo plazo, obteniendo de este modo un precio de “equilibrio” o “fundamental”, y ii) estudiar los mecanismos que generan, fortalecen y, con el tiempo, corrigen las desviaciones de corto plazo respecto a dicho equilibrio.

## 2.2. Determinantes profundos de los precios de los commodities

En una de las tesis más controvertidas de la economía internacional, Prebisch (1950) y Singer (1950) sostuvieron, en contraposición de la visión clásica, que los precios de los productos primarios declinarían secularmente en relación a los industriales. Prebisch (1950) afirmó que esta tendencia sería el resultado de una asimetría fundamental en la división internacional del trabajo. Así, mientras que los países del “centro” habían conservado todos los beneficios de sus aumentos de productividad, “la periferia” cedió parte de los beneficios de su propio progreso tecnológico a través de menores precios para sus productos.

Esta hipótesis ha tenido una fuerte influencia en la investigación empírica sobre los precios de los commodities y explica por qué su estudio ha estado dominado por métodos econométricos univariados como las pruebas de raíces unitarias o de quiebres estructurales.<sup>2</sup>

Un enfoque diferente para estudiar los precios de los commodities comienza por preguntarse qué factores macroeconómicos podrían desempeñar un papel significativo en la determinación de sus valores.

En este sentido, el modelo pionero de Ridler y Yandle (1972) utiliza el análisis de estática comparativa para demostrar que un aumento del valor real del dólar (es decir, una revaluación del tipo de cambio real) debería generar una caída de los precios de los commodities en dólares. Dornbusch (1985) desarrolla un modelo simple de oferta y demanda con dos países donde también se obtiene este resultado. En dicho trabajo, la elasticidad de los precios de los commodities con respecto al tipo de cambio real (TCR) de Estados Unidos se ajusta a la siguiente expresión:

$$\frac{\partial \ln\left(\frac{P}{CPI}\right)}{\partial \ln\left(\frac{CPI}{eCPI^*}\right)} = -\frac{\beta^*}{\left(\frac{\beta\eta}{\eta^*} + \beta^*\right)} \quad (1)$$

Donde  $P$  es el precio de una canasta de commodities representativa;  $CPI$  y  $CPI^*$  son los índices de precios al consumidor de Estados Unidos y el resto del mundo respectivamente;  $e$  es el tipo de cambio

---

<sup>2</sup> Véase, por ejemplo, Grilli y Yang (1988), Cuddington y Urzúa (1989), Bleaney y Greenaway (1993), Cashing y McDermott (2002) u Ocampo y Parra (2003). La evidencia que surge de estos documentos es que las tasas de crecimiento negativas suelen prevalecer cuando se comparan los commodities con los productos industriales en períodos de tiempo muy prolongados. Sin embargo, no hay un consenso claro con respecto a la dinámica de esta caída. Mientras que algunos autores sostienen que hay una tendencia declinante constante, otros han enfatizado la importancia de cambios estructurales negativos que no se recuperan plenamente durante la siguiente fase ascendente de precios.

nominal multilateral (por lo tanto  $\frac{CPI}{eCPI^*}$  es el TCR);  $\eta$  y  $\eta^*$  son las elasticidades precio de la demanda; y

$\beta$  y  $\beta^*$  son las participaciones de cada país en la demanda mundial. De acuerdo con este modelo teórico, la elasticidad debería ubicarse entre 0 y -1. Sin embargo, en las investigaciones empíricas se observan frecuentemente valores que superan en valor absoluto al nivel teórico (es decir, suelen ser inferiores a -1).<sup>3</sup>

La demanda mundial es obviamente otro impulsor importante de los precios de los commodities. Existe consenso general en que la ley de Engel es válida para predecir el impacto del ingreso en el precio de los alimentos (Houthakker, 1987; Hamilton, 2001). De acuerdo con dicha ley, la elasticidad ingreso agregada de la demanda de alimentos de cada país caería progresivamente hasta que se complete su tránsito hacia el desarrollo. En el caso de los metales, se ha hallado una relación con forma de U invertida entre su consumo y el nivel de ingreso. Por lo tanto, la intensidad con la que se utilizan los metales aumenta hasta cierto punto a medida que el PIB per capita crece (en torno a los 15,000-20,000 dólares PPA (FMI, 2006)) y luego empieza a declinar. En los modelos empíricos, se emplean generalmente índices de producción industrial mundial para aproximar la demanda internacional.

Además del tipo de cambio real y la producción industrial, se ha sugerido una tercera variable como determinante de los precios de los commodities: la tasa de interés real.

Al explicar el comovimiento excesivo de los precios de los commodities, Pindyck y Rotemberg (1987) atribuyen este hecho al “comportamiento de manada” que se observa en los mercados financieros dado que sus participantes suponen que los commodities tienden a moverse juntos. Los autores afirman que, como activos almacenables, los commodities se ven afectados por las expectativas. La tasa de interés puede afectar la producción de commodities al modificar su oferta futura y, por lo tanto, sus precios actuales. Esta variable también podría incidir en las expectativas sobre la actividad económica y, como resultado, en la demanda futura de estos productos, lo que terminaría impactando una vez más sobre los precios *spot*.

Frankel (2006) señala que el aumento de la tasa de interés se transmite a los precios de los commodities por tres canales: i) aumentando el incentivo a extraer (o producir) en el presente respecto al futuro; ii) reduciendo el deseo de las empresas por mantener inventarios, y iii) alentando a los especuladores a salir de los contratos de commodities y comprar bonos del Tesoro. Estos tres canales tienden a reducir los precios *spot*. De hecho, el autor sostiene que los récords nominales del año 2006 de algunos commodities podrían ser una señal de que la política monetaria fue demasiado laxa.

En el modelo empírico estas variables son consideradas como factores claves en la determinación del precio de “equilibrio” o “fundamental” de una canasta de commodities.

## **2.3. Modelo empírico de largo plazo**

### **2.3.1. Las variables**

El análisis empírico se basa en datos mensuales que pertenecen al período posterior al fin del régimen de Bretton Woods, desde enero de 1973 a mayo de 2008.

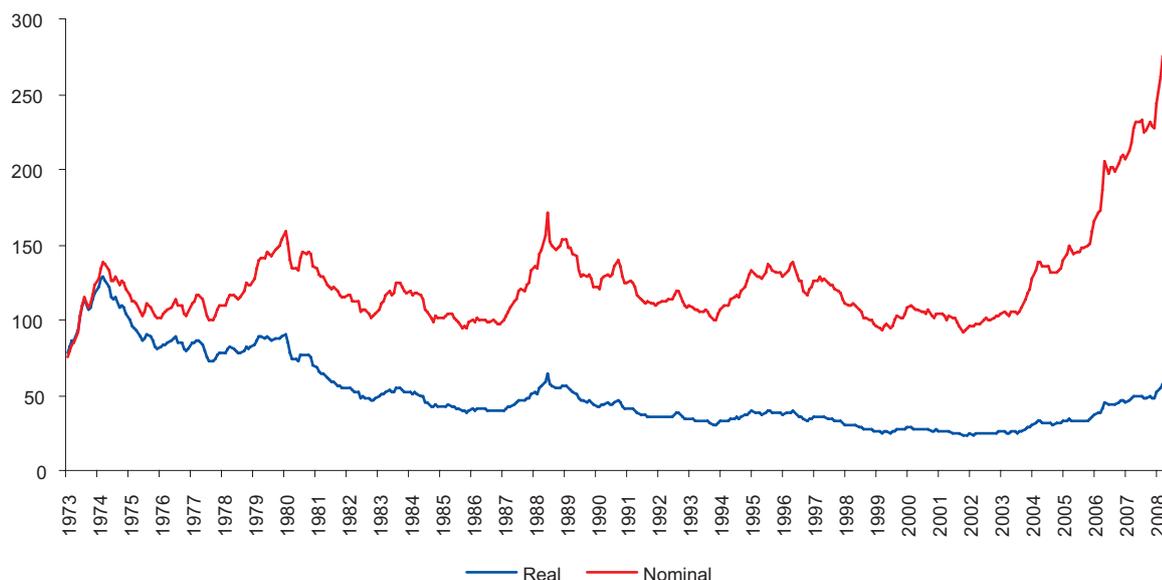
---

<sup>3</sup> Por ejemplo, véase Dornbusch (1985), Gilbert (1989) o De Gregorio et al. (2005).

Respecto a los commodities cuyos precios se intentan explicar, dado que el marco teórico es suficientemente general y aplicable a un amplio conjunto de activos, se opta por estudiar el comportamiento de un índice agregado que se denominará All-Comm. El mismo resulta de promediar el índice de Alimentos y el índice de Metales elaborados por el *International Financial Statistics* (IFS) del FMI. Para deflactar las series se utilizó el IPC de Estados Unidos.<sup>4</sup> La Figura 6 muestra la evolución del índice tanto en términos nominales como reales.<sup>5</sup>

**Figura 6**

Índice de precio de los commodities All-Comm (nominal y real, 1973=100)



Como fue señalado en la primera sección, la evaluación de la performance de los commodities cambia de manera drástica según se consideren índices nominales o reales. Ambas series mostraron un crecimiento importante desde el 2002; mientras que la primera aumentó un 166.3% desde esa fecha hasta el 2008, la segunda subió un 124.3% en el mismo intervalo de tiempo. Sin embargo, el desempeño global ha sido muy diferente: mientras que en el primer semestre del 2008, el índice nominal promedió un valor 2,6 veces superior a la cifra de 1973, los precios reales registraron un valor aproximadamente igual a la mitad del observado al comienzo de la muestra.

En cuanto a los factores fundamentales de los precios de los commodities, se tiene en primer lugar al tipo de cambio real (TCR) de Estados Unidos. Se utiliza la versión multilateral que incluye a todos los socios comerciales y que es publicada por la Reserva Federal de Nueva York. La variable se define de manera tal que aumenta cuando el dólar se aprecia.

Como tasa de interés internacional real (*IR*) se usa el rendimiento real de los bonos del Tesoro de Estados Unidos (*maturity* constante).

<sup>4</sup> Vale la pena mencionar que no se incluyó al petróleo porque varios autores como Beenstock (1988) o, más recientemente, Cheung y Morin (2007) han señalado que tiene una dinámica propia con escasa conexión con la de los otros commodities.

<sup>5</sup> Aquí se necesita mencionar algunos puntos respecto al uso de los commodities como activos financieros. Los índices de precios que se emplean en este estudio reflejan la evolución de los precios *spot* y no la de los precios de futuros u otros instrumentos derivados que son, en términos financieros estrictos, los auténticos vehículos de inversión. Sin embargo, el argumento es que los precios *spot* son buenos indicadores de los retornos financieros de los commodities. En este sentido, Gorton y Rouwenhorst (2004) demuestran que el rendimiento sobre una posición financiera futura y el precio actual tiene una correlación cercana a uno.

La variable fundamental cuya medición presenta serias dificultades es la demanda mundial de commodities, especialmente porque para la implementación empírica se requiere una serie de frecuencia mensual. La producción industrial de los países desarrollados es la alternativa generalmente utilizada en los estudios sobre este tema. Sin embargo, desde hace varios años los países emergentes de Asia se han convertido en actores cruciales de los mercados de commodities por lo que deberían ser incorporados al análisis. Por consiguiente, se considera un Índice de Producción Industrial (*PRO*) que incluye la actividad industrial de Corea, India, Malasia y China. Todos los índices provienen del IFS, excepto el de China cuya serie se construyó utilizando el Valor Agregado Industrial provisto por el World Economic Outlook (FMI) y extrapolándolo linealmente para mensualizarlo. La participación de cada país en el valor agregado industrial (VAI) global es usada como factor de ponderación.<sup>6</sup> Las series no ajustadas estacionalmente se corrigen aplicando el método X-12 ARIMA.

También se incluyó como determinante el Índice *Dow Jones* deflactado por el IPC de Estados Unidos (*DOW*). El objetivo es controlar por el retorno de activos alternativos e investigar si la covarianza condicional indica efectos de sustitución o complementariedad entre estas clases de activos. Tal como fuera mencionado, autores como Gorton y Rouwenhorst (2004) o Deutsche Bank (2005) han estudiado esta relación, notando que la correlación no condicional entre el rendimiento de los commodities y el de activos como bonos y acciones es negativa y muy significativa en el largo plazo. Por su parte, en Domanski y Healt (2007), el ratio de los contratos “largos” netos de los inversores no comerciales tiene una correlación negativa con los índices bursátiles.

### 2.3.2. Estimación econométrica

Para estimar la relación de largo plazo entre el precio de los commodities y sus determinantes es necesario resolver la cuestión de la no estacionariedad de las series.<sup>7</sup> Como es sabido, si las variables  $I(1)$  están cointegradas, el estimador OLS de los coeficientes de la relación de largo plazo será consistente. Sin embargo, tendrá una distribución no normal y las inferencias basadas en el estadístico  $t$  no serán válidas.

Hay varias técnicas econométricas que se han propuesto para resolver este problema. En este estudio se recurre al Estimador OLS Dinámico (DOLS) desarrollado por Stock y Watson (1993) que incorpora adelantos y rezagos de las diferencias de los regresores de la ecuación de largo plazo estándar, es decir:

$$P_t = \beta_1 + \beta_2 X_t + \sum_{j=-p}^p \beta_3 \Delta X_{t-p} + \beta_4 t + \varepsilon_t \quad (2)$$

Donde  $X_t$  denota los determinantes de los precios y  $p$  representa el número de adelantos y rezagos considerados. El estimador DOLS de  $\beta_2$  resulta de la estimación por OLS de la ecuación (2).

<sup>6</sup> Las ponderaciones de los países emergentes obtenidas con este criterio fueron aumentadas en un 50% por dos razones. La primera es que estos países están subrepresentados en la muestra. La segunda, es que tienen una intensidad de consumo de *commodities* por unidad de producto mucho mayor. Computar una ponderación más precisa excede los alcances de este estudio, pero pareció una mejor alternativa aumentarla que ignorar dichas cuestiones.

<sup>7</sup> Se implementaron los test usuales de raíces unitarias y se encontró que todas las series son no estacionarias.

Si las variables están cointegradas, el estimador DOLS es consistente y eficiente en muestras grandes. La metodología resuelve los problemas de la potencial simultaneidad entre los regresores y del sesgo por muestras pequeñas mediante la inclusión de los adelantos y rezagos. Además, los experimentos de Monte Carlo demuestran que el estimador DOLS funciona mejor, particularmente en muestras pequeñas, que otros estimadores alternativos de los parámetros de largo plazo como los propuestos por Engle y Granger (1987), Johansen (1988) y Phillips y Hansen (1990).<sup>8</sup> Por último, la inferencia estadística sigue siendo válida cuando se emplean errores estándar corregidos por heteroscedasticidad y autocorrelación (HAC).

Los resultados de la estimación de los coeficientes de la ecuación de largo plazo de los precios de los commodities se muestran en la Tabla 1. Se utilizaron seis adelantos y rezagos ( $p = 6$ ) pero los resultados fueron robustos a cambios en los valores de  $p$ .

**Tabla 1**

Estimaciones DOLS de la ecuación de largo plazo

Variable	OLS	DOLS	
	Coefficiente	Coefficiente	Valor-p
Índice de producción industrial	3.6124	4.1368	0.0000
Tipo de cambio real de EE.UU.	-0.7270	-0.5994	0.0000
Tasa de interés internacional real	-1.0907	-1.5452	0.0138
Índice Dow Jones real	-0.1299	-0.1086	0.0163
Tendencia temporal	-0.0097	-0.0111	0.0000
Constante	-4.1659	-6.9366	0.0000

Antes de analizar estos resultados, es necesario realizar el test de cointegración. Si no hay cointegración entre las variables, no sería posible evaluar las estimaciones debido al problema de regresión espuria.

Tal como observan Choi et al. (2008), el estimador DOLS se utiliza en numerosas aplicaciones aun cuando se hayan desarrollado pocas pruebas de cointegración específicas para el mismo. Estos autores proponen una que se basa en un test tipo Hausman que no permite evaluar regresiones que incluyan tendencias temporales, tal como es el caso del modelo aquí estimado. Por lo tanto, se opta por la prueba presentada por Shin (1994) que admite todo tipo de componentes determinísticos.

Una característica interesante y común de ambos test es que la hipótesis nula es la presencia de cointegración y no la ausencia de la misma como ocurre con las pruebas estándar tipo ADF. Shin (1994) y Ogaki y Park (1998) sostienen que en muchas circunstancias la existencia de cointegración es la hipótesis nula deseable.

Cuando una constante y una tendencia temporal están presentes en la ecuación de largo plazo, el estadístico del test de Shin adopta la siguiente expresión:

$$C_{\tau} = T^{-2} \sum_{t=1}^T S_t^2 / s_{\tau}^2(l) \quad (3)$$

<sup>8</sup> Véase Stock y Watson (1993) o Montalvo (1995). Vale destacar que el estimador DOLS es asintóticamente equivalente al estimador de Johansen (Stock y Watson, 1993).

Donde  $S_t = \sum_{j=1}^t \varepsilon_j$ ,  $\varepsilon_j$  son los residuos de la estimación por DOLS de la ecuación (2), y  $T$  representa el tamaño de la muestra. Finalmente,  $s_\tau^2(I)$  es el estimador semi-paramétrico consistente de la varianza de largo plazo de  $\varepsilon_j$ .

Se encuentra para  $C_\tau$  un valor de 0.07796 que es inferior al valor crítico correspondiente a un 2,5% de significatividad (0.088).<sup>9</sup> De este modo, existe evidencia de cointegración entre los precios de los commodities y sus determinantes,<sup>10</sup> pudiéndose analizar los resultados de la Tabla 1.

En primer lugar, hay que destacar que todas las variables son estadísticamente significativas y que sus signos son compatibles con las predicciones teóricas.

En cuanto al valor de los coeficientes, se observa que una devaluación real (caída) del dólar de un 1% implica un aumento del 0.60% en el precio de los commodities. Por consiguiente, esta elasticidad es inferior a 1 en valor absoluto, tal como sugiere el modelo de Ridle y Yandle (1972). También es relevante destacar la alta elasticidad de los precios de los commodities con respecto a la producción industrial (4.13%).

El desempeño del mercado bursátil impacta de forma negativa en las cotizaciones de los commodities. En línea con los hallazgos de Domanski y Healt (2007), predomina el efecto sustitución entre las dos clases de activos. También es negativa la relación entre el precio de los commodities y la tasa de interés internacional, siendo la respectiva elasticidad aproximadamente unitaria (-1.09).

Por último, el signo negativo de la tendencia temporal respalda la hipótesis de Prebisch-Singer y corrobora la intuición que surge de la inspección de la Figura 6, donde se observa una declinación de los precios reales.

En la Figura 7 se grafican las series de precios reales y de “equilibrio”, mientras que la Figura 8 ilustra el desalineamiento (la brecha entre ambas).

De las dos figuras, sobresale el hecho de que la magnitud de los desalineamientos observados durante los años previos a la crisis de las hipotecas *subprime* de Estados Unidos (2006-2007) es similar a la de los años que antecedieron a la crisis de la deuda de la década de 1980 y a las crisis asiática y rusa (oscila entre el 20 y 25% aproximadamente).

En la próxima sección se muestra de qué forma el desalineamiento desempeña un doble rol en este esquema: como variable de ajuste de las desviaciones a corto plazo respecto del equilibrio y como potencial determinante del estado o régimen del modelo.

---

<sup>9</sup> Shin (1994) brinda los valores críticos para este estadístico.

<sup>10</sup> Como prueba de robustez se implementa el test ADF, el cual se basa en los residuos OLS de la regresión de largo plazo. Los resultados obtenidos sugieren rechazar la hipótesis nula de raíz unitaria en los residuos y en consecuencia hay evidencia a favor de la hipótesis de que las series están cointegradas.

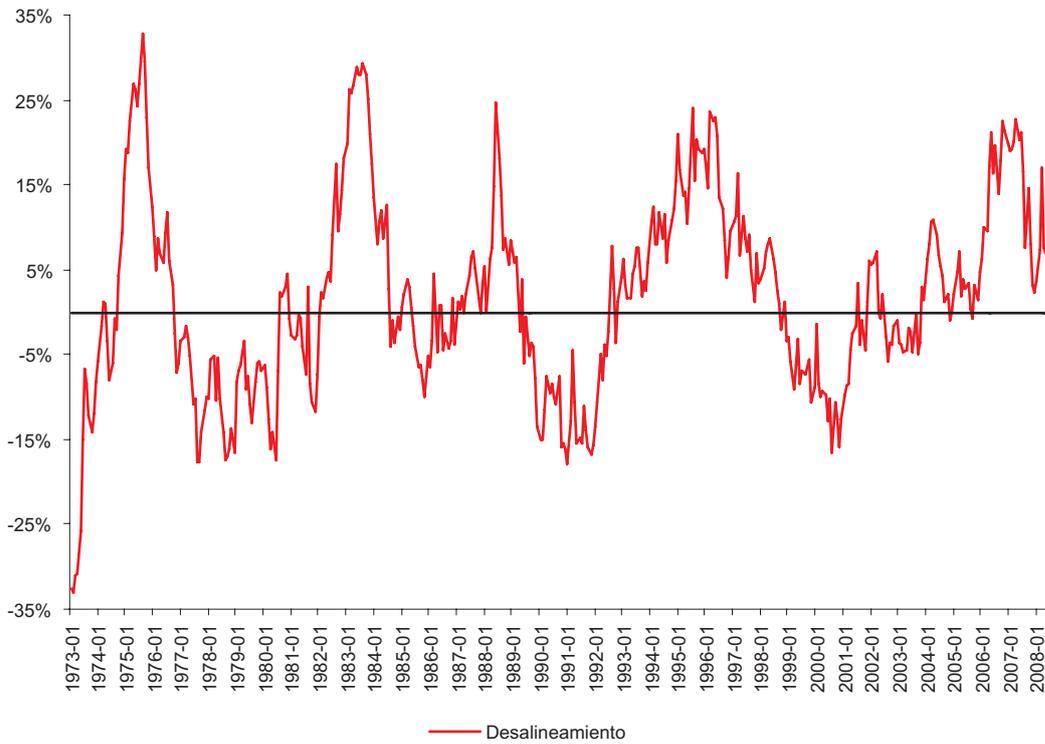
**Figura 7**

Precio de los commodities: valores corrientes y de equilibrio (escala logarítmica)



**Figura 8**

Precio de los commodities: desalineamiento estimado



### 3. Finanzialización de los mercados de commodities

La financialización de los mercados de commodities ha sido un tema muy intensamente debatido. Algunos autores señalan a los mercados financieros como los únicos responsables de las violentas oscilaciones de precios, mientras que otros niegan influencia alguna sobre los mismos. Así, dilucidar hasta qué punto la financialización de los commodities incide en los niveles y en la dinámica de las cotizaciones se ha vuelto una cuestión central entre los participantes de los mercados financieros, los académicos y los hacedores de políticas.

Los mercados de commodities se dividen en dos tipos. Por un lado están los mercados *spot* físicos en el que los consumidores demandan estos bienes a los productores y es donde se determina precisamente lo que se designa como precio *spot*. Por otro lado, está el mercado de los derivados financieros en el que los operadores a corto y largo plazo acuerdan un precio futuro. Los mercados de derivados pueden descomponerse a su vez en dos categorías: “*exchange markets*” en los que se negocian contratos estandarizados mediante una entidad compensadora central, y mercados abiertos (*Over The Counter-OTC*) en los que se negocian contratos específicos en el que usualmente interviene un formador de mercado.

En la literatura, la expresión “financialización de los commodities” suele hacer referencia a dos hechos diferentes pero conectados, al menos parcialmente. El primero es el extraordinario aumento que experimentó la actividad de los mercados de derivados financieros asociados a commodities en los últimos años. El segundo, acontecido de manera simultánea, es la creciente participación de los inversores financieros en los mercados de futuros de commodities.

De esta manera, una de las razones para suponer que hay una estrecha relación entre la dinámica de precios y la actividad especulativa se basa en la idea de que, durante los últimos cinco años, se ha observado un aumento consistente del precio de los commodities que coincide con un notorio incremento del volumen transado de instrumentos vinculados a los commodities. De hecho, el volumen negociado de estos instrumentos es varias veces superior al de la producción física. Para mencionar un ejemplo, Domanski y Healt (2007) señalan que los contratos de los mercados de derivados se triplicaron entre el 2002 y el 2005 mientras que, en el mismo período, el ratio entre la actividad financiera y la producción mundial del petróleo crudo y del cobre aumentó de 3.2 a 3.9, y de 30.5 a 36.1, respectivamente.

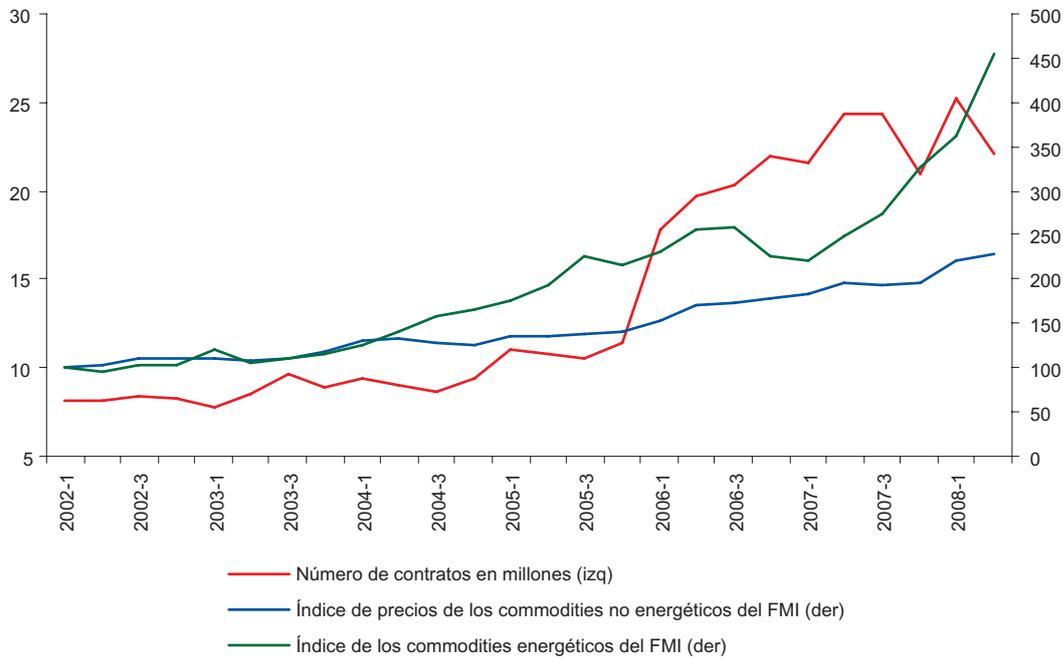
Esta posible conexión entre actividad especulativa y precios puede ilustrarse cotejando tanto la evolución del número de contratos vinculados a commodities como el valor en dólares de los contratos de derivados OTC en Estados Unidos con el comportamiento de los precios de los commodities. En las Figuras 9 y 10 se realiza este ejercicio considerando el índice de commodities energéticos y el índice de commodities que excluye a estos últimos, elaborados ambos por el FMI.

Tal como fuera mencionado, se verifica un aumento considerable de la actividad en el mercado de los derivados financieros que coincide con el ciclo de “auge” de los precios de los commodities, desde comienzos del 2002 hasta el segundo trimestre del 2008. Durante este período, los contratos totales de commodities crecieron un 170%, mientras que las cotizaciones de los commodities energéticos y no energéticos subieron un 350% y 120%, respectivamente. Además, la evolución del valor en dólares de los derivados OTC negociados fue todavía más impresionante, tal como revela la Figura 10.

Por consiguiente, a la luz de esta evidencia, resultaría razonable relacionar el significativo aumento de la actividad financiera vinculada a commodities con el alza de precios observado.

**Figura 9**

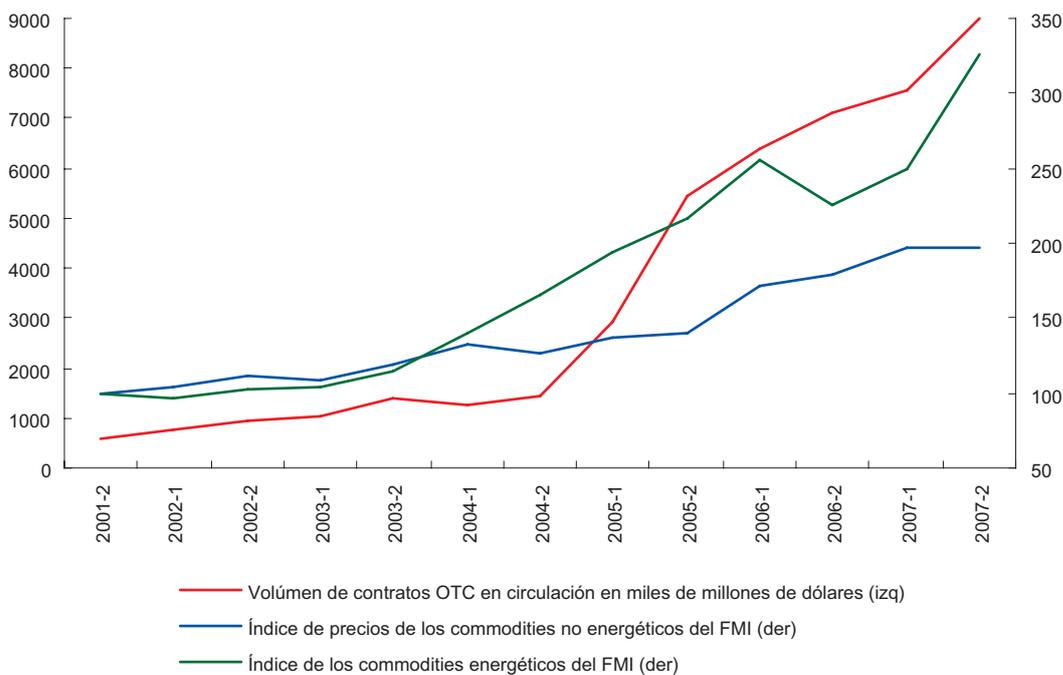
Evolución trimestral de los contratos de derivados y precios de los commodities



Fuente: International Financial Statistics (FMI) y BIS Quarterly Review.

**Figura 10**

Evolución semestral de los volúmenes de derivados y los precios de los commodities

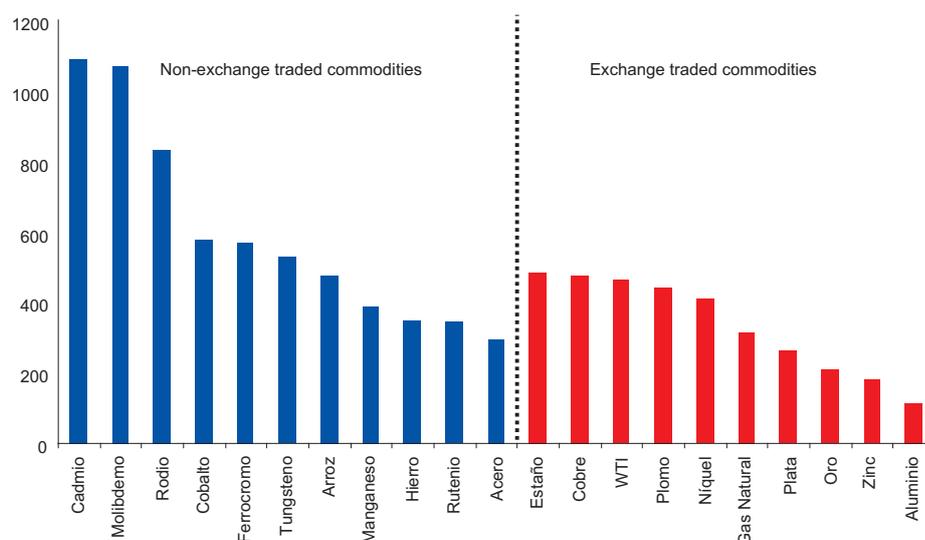


Fuente: International Financial Statistics (FMI) y BIS Quarterly Review.

Sin embargo, es necesario realizar una advertencia importante referida a esta línea de razonamiento. Específicamente, si la financiarización ha desempeñado un papel fundamental en el fuerte incremento del precio de los commodities, entonces correspondería esperar menores tasas de aumento para los commodities que carecen de mercados de derivados. Las siguientes dos figuras reproducen los ejercicios realizados por Deutsche Bank (2008) y Viñals (2008), donde se calculan las subas de precios de commodities que se negocian en mercados de futuros y las de aquellos que no.

**Figura 11**

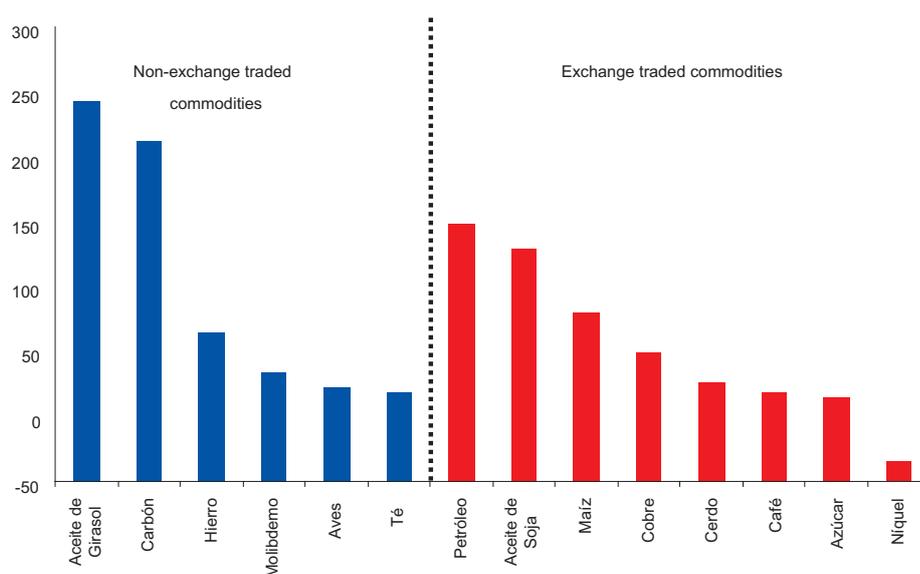
Cambios de precios en mercados de commodities seleccionados, 2001-2008



Fuente: Deutsche Bank (2008).

**Figura 12**

Cambios de precios en mercados de commodities seleccionados, 2007-2008



Fuente: Viñals (2008).

En la Figura 11, se observa que los precios de los commodities negociados en mercados de futuros subieron en porcentajes parecidos, o incluso inferiores, a aquellos que no poseen tales mercados.

Viñals (2008) ha realizado un ejercicio similar, considerando sólo la parte final del auge de los commodities (Figura 12). Una vez más, no es posible establecer una línea divisoria clara en términos de las variaciones de precios entre los commodities negociados y los no negociados en mercados de futuros. De algún modo, esto relativiza el argumento de que los aumentos de precios que se produjeron hasta el primer semestre del 2008 fueron impulsados principalmente por la actividad especulativa.

Un estudio más minucioso del fenómeno de financialización requiere profundizar el análisis de la microestructura de los mercados de derivados. Entre los participantes de estos mercados hay una primera gran división entre quienes buscan cobertura por razones comerciales y aquellos que persiguen un rendimiento puramente financiero.

Los agentes que participan por motivos comerciales son compradores o vendedores del commodity físico que utilizan derivados para cubrirse del riesgo de las fluctuaciones de precios. En definitiva, este tipo de agente está interesado en la evolución futura del precio *spot* del commodity subyacente (FMI, 2006).

Los inversores financieros tienen incentivos diferentes, pudiéndose distinguir dos estrategias. Por un lado, están los que “compran y esperan” siguiendo estrategias de largo plazo totalmente cubiertas, es decir, adquieren una posición larga en futuros e invierten la misma cantidad en bonos del Tesoro como garantía. Esta estrategia es habitual entre los fondos de jubilación y los fondos mutuos y, en términos históricos, ha generado un diferencial de retorno similar al de las acciones. Una característica atractiva de los futuros de commodities para las estrategias de “comprar y esperar” es que sus retornos tienen una correlación negativa con los rendimientos de las acciones y de los bonos y resultan ser una buena cobertura contra la inflación no esperada (Gorton y Rouwenhorst, 2004; Erb y Harvey, 2005).

Por otro lado, existe un grupo más grande de inversores que adoptan estrategias más complejas. Entre estos se encuentran los fondos de riesgo que han desempeñado un papel muy activo en los últimos tiempos. Sus operaciones se caracterizan por la libertad para utilizar una amplia variedad de instrumentos, la capacidad para vender en descubierto y el alto apalancamiento (Stefanini, 2006). A su vez, los inversores minoristas están adquiriendo una mayor importancia dado que pueden acceder a nuevos instrumentos como los *Exchange Trade Commodity Funds* o *Structured Commodity Notes* (McNee, 2006; Bienkowski, 2007).

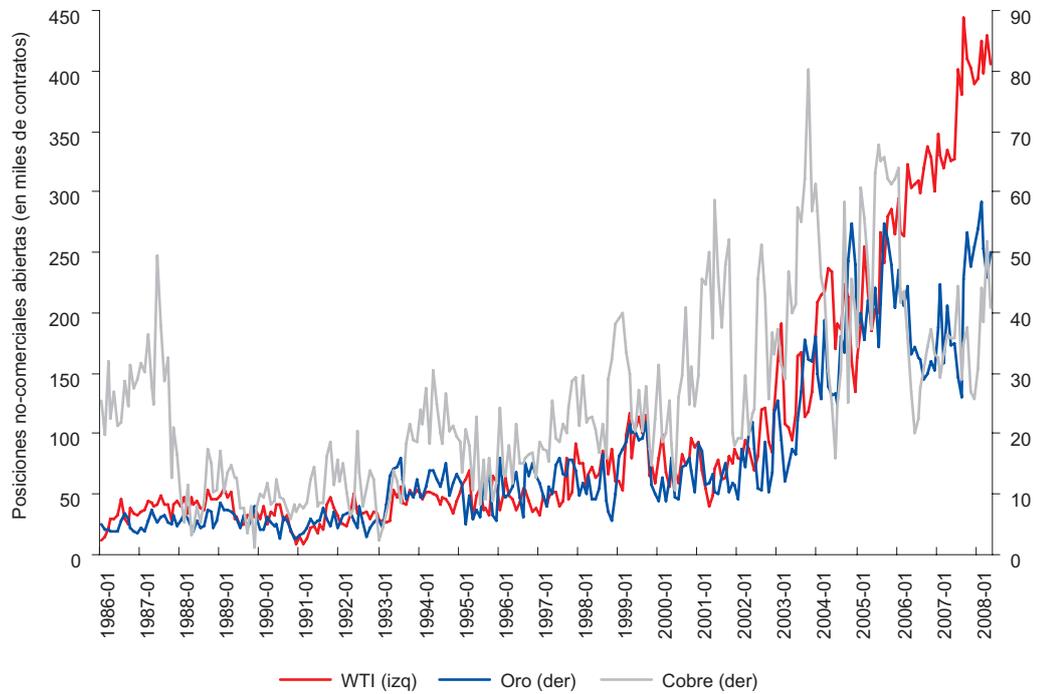
Si bien podría sostenerse que la acción de los inversores financieros ha crecido durante los últimos años, no es en realidad un fenómeno totalmente nuevo. Esto puede verificarse en las Figuras 13 y 14, donde se grafica el número de posiciones abiertas (largas más cortas) de los participantes financieros en los mercados de futuros de commodities desde 1986.

En la Figura 13 se observa que si bien hubo un fuerte aumento del número de contratos abiertos por los inversores financieros en los mercados del petróleo, oro y cobre desde comienzos de 2002, la actividad previa a esa fecha distó mucho de ser insignificante.

La situación es bastante diferente en los mercados de commodities agrícolas, en los que se destaca una abrupta caída de la actividad financiera tras la crisis asiática de 1998 (Figura 14). Después de ese episodio, la cantidad de contratos abiertos sólo recuperó sus niveles anteriores. A partir de esta evidencia, es posible

**Figura 13**

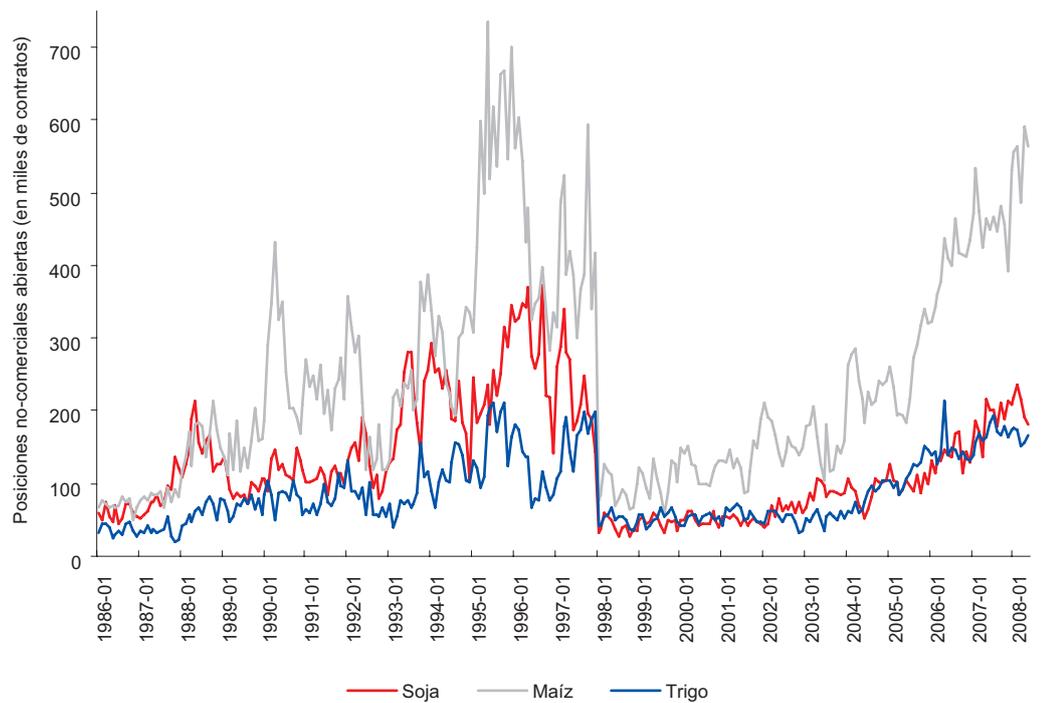
Posiciones abiertas no comerciales en petróleo, oro y cobre, 1986-1/2008-5



Fuente: Cálculos propios basados en datos del Deutsche Bank.

**Figura 14**

Posiciones abiertas no comerciales en soja, maíz y trigo, 1986-1/2008-5



Fuente: Cálculos propios basados en datos del Deutsche Bank.

concluir que si bien la actividad financiera se intensificó en los últimos cinco años de ningún modo puede considerársela como un fenómeno totalmente nuevo.

Por su parte, el impacto de la actividad especulativa en los precios podría depender más de las posiciones netas (largas menos cortas) que de las posiciones abiertas, pues las primeras sí son indicativas de la dirección esperada de los cambios en los precios. En la Figura 15 se muestran las posiciones netas de los participantes financieros en algunos mercados de derivados seleccionados y el precio *spot* correspondiente (expresado como índice).

Hay varios puntos relevantes para señalar en esta figura. En primer lugar, pareciera que la posición media de los inversores financieros a través del tiempo tiende a ser larga, hecho que podría explicarse en parte porque los inversores institucionales adoptan estrategias largas de “comprar y esperar”. Así, habría un sesgo hacia posiciones largas entre los participantes no comerciales.

En segundo lugar, se observa que las posiciones financieras netas tienden a ser volátiles, lo que significa que los inversores no comerciales podrían actuar como factor de influencia expansiva o contractiva sobre los precios, dependiendo de las circunstancias específicas.

En tercer lugar, parece haber una correlación positiva entre la posición neta y el precio *spot* del commodity respectivo, lo que sugeriría que altos niveles de precios inducen expectativas de precios crecientes entre los participantes financieros.

Finalmente, con la notable excepción del cobre, se encuentra que la última fase de precios altos que comenzó aproximadamente en 2005 tuvo lugar con posiciones netas largas de los actores no comerciales. Sin embargo, es importante señalar que, además del caso más reciente del cobre, hubo otras fases en el pasado en las cuales las posiciones netas largas coexistieron con precios estancados de los commodities. En el caso del trigo, por ejemplo, hubo un aumento de los precios del 200% entre el 2005 y el 2008, que coincide con una pequeña posición neta larga durante todo el período. Además, en la Figura 15 se nota que las bajas de precios no fueron necesariamente acompañadas por posiciones netas cortas significativas.

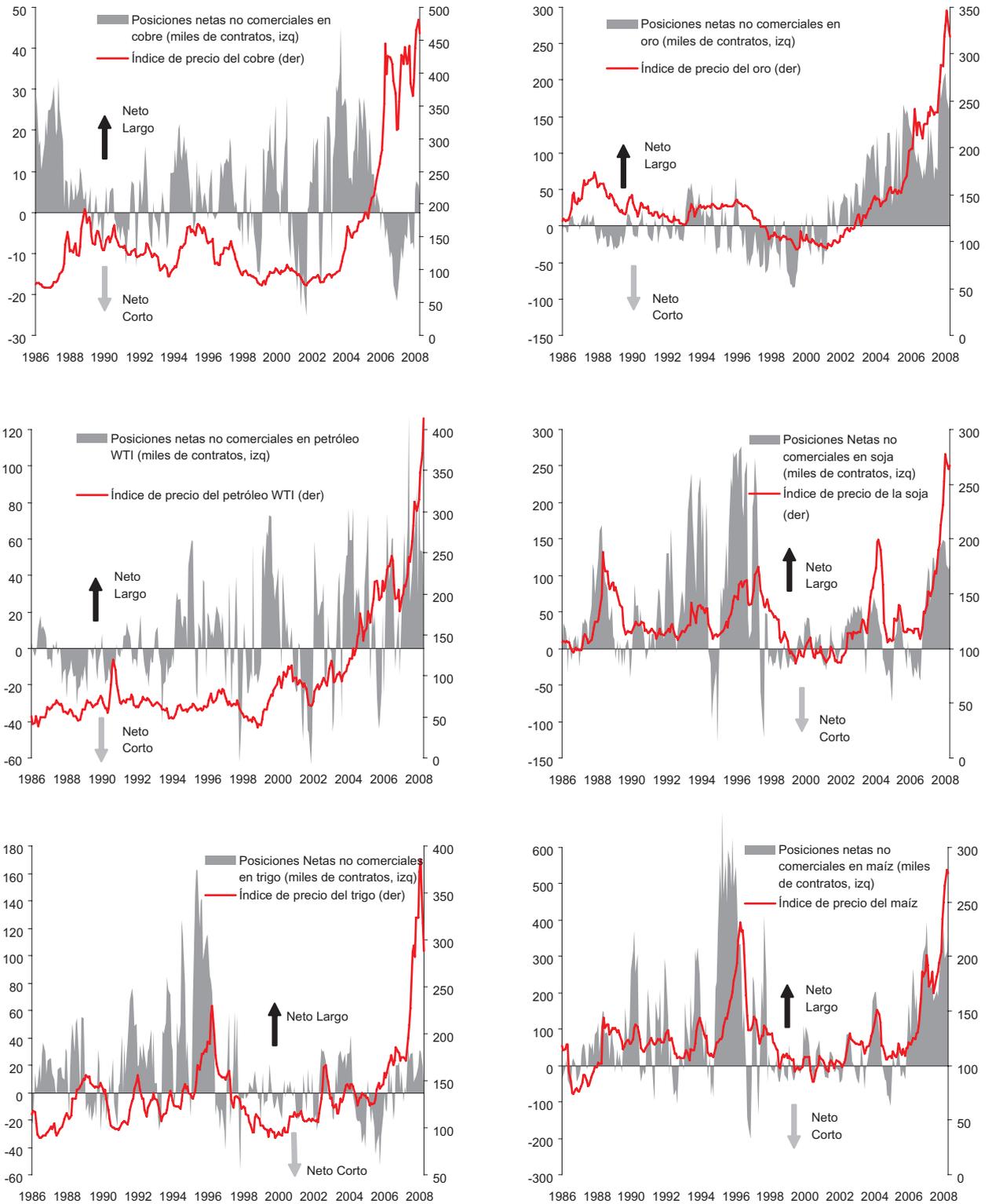
La interpretación más plausible del conjunto de evidencia presentado en esta sección es que no es necesario tener mercados de derivados ni tampoco una participación agresiva de los inversores financieros para observar abruptas fluctuaciones de precios.

En este debate sobre la financialización corresponde hacer una última observación relacionada con la cuestión de la causalidad. A saber, merece mayor atención la hipótesis de que los precios más elevados de los últimos cinco años podrían haber provocado un mayor interés en invertir en commodities y no a la inversa como suele afirmarse.

Avanzando sobre esta hipótesis, en la Tabla 2 se calcula el coeficiente de correlación entre las posiciones financieras netas y los cambios de precios para un conjunto de commodities seleccionado utilizando distintas ventanas de tiempo. Se toman las posiciones financieras netas a fin de cada mes y se computa primero la correlación contemporánea con la variación de precios que se produce entre esa fecha y el mes anterior. Luego se consideran ventanas más amplias para las variaciones de precios de hasta tres meses, tanto hacia atrás como hacia adelante. De este modo, la correlación entre las posiciones abiertas y los cambios de precios en  $t + 3$ , por ejemplo, toma en cuenta la variación de precios acumulada tres meses hacia adelante. Como ejercicio complementario, se realiza la prueba de causalidad de Granger correspondiente para establecer si los cambios en las posiciones financieras anticipan cambios en el precio *spot* o si ocurre al revés.

**Figura 15**

Posiciones netas de inversores financieros en mercados de commodities, 1986-1/2008-5



Fuente: Cálculos de los autores en base a datos del Deutsche Bank y el FMI.

**Tabla 2**

Posiciones financieras netas y precios de los commodities: correlaciones y causalidad, 1986-2008

	COBRE	ORO	PLATA	WTI	AZUCAR	SOJA	MAIZ	TRIGO
<i>T</i> vs <i>T</i> -3	0.35	0.64	0.53	0.39	0.09	0.52	0.58	0.34
<i>T</i> vs <i>T</i> -2	0.37	0.59	0.50	0.39	0.07	0.51	0.56	0.37
<i>T</i> vs <i>T</i> -1	0.38	0.50	0.46	0.40	0.05	0.47	0.50	0.39
<i>T</i> vs <i>T</i>	0.39	0.42	0.44	0.41	0.02	0.40	0.42	0.37
<i>T</i> vs <i>T</i> +1	0.22	0.27	0.17	0.16	0.07	0.20	0.26	0.21
<i>T</i> vs <i>T</i> +2	0.19	0.29	0.13	0.11	0.15	0.15	0.24	0.20
<i>T</i> vs <i>T</i> +3	0.20	0.34	0.14	0.12	0.18	0.12	0.21	0.17
<b>Test de Causalidad de Granger</b>								
Las Variaciones de Precios no Causan en Sentido de Granger al Cambio en las Posiciones Financieras Netas	1.77820**	0.67559	0.86989	0.80581	0.30402	0.98956	1.57599*	0.82225
Las Posiciones Financieras Netas no Causan en Sentido de Granger a las Variaciones de Precios	0.76235	2.785***	1.05728	1.29875	0.80934	2.09115**	1.21476	1.56979*

Fuente: Cálculo de los autores en base a datos del Deutsche Bank y el FMI. Los niveles de significatividad al 10% al 5% y al 1% se denotan con uno, dos y tres asteriscos respectivamente.

Es claro que, en todos los casos, hay una fuerte correlación positiva entre las posiciones financieras netas y las variaciones de precios pasadas (respecto a  $t - 1$ ,  $t - 2$  y  $t - 3$ ) que tiende a reducirse en los períodos subsiguientes. Este hecho podría estar indicando que los especuladores financieros toman posiciones largas cuando observan aumentos de precios en el pasado reciente con la expectativa de que haya incrementos adicionales en el futuro. En la próxima sección, se sostendrá que estas dinámicas son compatibles con la presencia de agentes cuyas conductas son guiadas por reglas prácticas simples o bien por el análisis técnico también conocido como “chartista”. Sin embargo, la evidencia aportada por las pruebas de causalidad de Granger no revela ningún patrón claro de anticipación temporal. Esto significa que el problema de la causalidad sigue abierto, requiriéndose una investigación más profunda.

La evidencia preliminar expuesta en este apartado sugiere que los participantes financieros podrían generar fluctuaciones de precios y una excesiva volatilidad, pero no tienen un impacto duradero en los precios de equilibrio que, en última instancia, son determinados por factores fundamentales de la oferta y la demanda. En la próxima sección, se intenta formalizar esta afirmación.

#### 4. El rol de la financiamiento en la dinámica de corto plazo

En la primera parte de este capítulo se desarrolla un modelo teórico en el cual la financiamiento modifica el patrón de ajuste de los precios hacia el equilibrio. En la segunda, se presenta la metodología econométrica que permite evaluar en qué medida los datos observados se ajustan a esta hipótesis.

#### 4.1. Modelo de agentes heterogéneos en los mercados de commodities

El modelo supone que el cambio en el precio de los commodities en el siguiente período es determinado por la interacción de tres tipos de agentes<sup>11</sup> llamados fundamentalistas ( $F$ ), chartistas ( $C$ ) y administradores de cartera ( $PM$ ) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$\Delta P_{t+1} = a_1 E(\Delta P_{t+1}^C) + a_2 E(\Delta P_{t+1}^F) + a_3 E(\Delta P_{t+1}^{PM}) \quad (4)$$

Donde  $E(\Delta P_{t+1}^C)$ ,  $E(\Delta P_{t+1}^F)$  y  $E(\Delta P_{t+1}^{PM})$  son las expectativas sobre el cambio del precio de cada tipo de agente y  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  son ponderadores fijos que miden el peso relativo que se asigna a cada grupo de agentes.

Las expectativas de los fundamentalistas se basan en la noción de reversión del precio de los commodities hacia su equilibrio de largo plazo. La especificación particular es:

$$E(\Delta P_{t+1}^F) = -\alpha (P_t - F_t(X_t)) \quad \alpha > 0 \quad (5)$$

Donde  $F_t$  es el precio fundamental del commodity (o del índice de precios considerado) en el período  $t$ . Su valor es función de un vector o conjunto de variables ( $X_t$ ) propuesto por la literatura, la cual ya fue discutida en la sección 2.3 de este documento.

Según la ecuación (5), los fundamentalistas esperan una caída (suba) de los precios cuando estos son más altos (bajos) que el precio fundamental o de equilibrio. Por lo tanto, son proclives a vender o comprar de una manera contracíclica. No es necesario suponer que los fundamentalistas conocen con exactitud cuál será el valor del commodity en el largo plazo, basta con asumir que pueden obtener una estimación consistente de este equilibrio. Por ejemplo, podría considerarse que estos agentes tienen un conocimiento imperfecto del modelo verdadero porque hay incertidumbre respecto del auténtico valor de los parámetros, pero construyen sus expectativas sobre la base de una regresión econométrica sin cometer errores sistemáticos (Bray y Savin, 1986, y Fourgeaud et al., 1986).

Los chartistas, en cambio, emplean el análisis técnico y siguen las tendencias actuales de los precios. Una de las maneras más simples de formalizar este tipo de estrategia es la siguiente:

$$E(\Delta P_{t+1}^C) = \delta (P_t - P_{t-1}) \quad \delta > 0 \quad (6)$$

Cada vez que los precios aumentan, estos agentes toman una posición larga en commodities porque estiman que esta tendencia va a continuar en el futuro. Del análisis de correlación llevado a cabo en el Capítulo 3, se deduce que esta conducta es compatible con las acciones de los inversores financieros.

El factor clave de este modelo es la inclusión de los administradores de cartera quienes se supone que tienen una ventaja informativa, en el sentido de que conocen la manera en que los demás actores del mercado forman sus expectativas. Para aprovechar esta información, los agentes  $PM$  ajustan sus expectativas utilizando un promedio ponderado de las expresiones (5) y (6):

---

<sup>11</sup> Los trabajos pioneros en la literatura de agentes con expectativas heterogéneas corresponden a Frankel y Froot (1987a, b y 1990), DeLong et al. (1990a, b) y Shleifer y Summers (1990).

$$E(\Delta P_{t+1}^{PM}) = (1 - w_t)E(\Delta P_{t+1}^C) + w_t E(\Delta P_{t+1}^F) \quad 0 \leq w_t \leq 1 \quad (7)$$

Es crucial aquí el rol de la variable  $w_t$  la cual define la ponderación asignada a cada tipo de expectativa en el momento  $t$ . Se postula que  $w_t$  ajusta de manera endógena en respuesta al tamaño del desalineamiento observado en el pasado. Así, la variable  $w_t$  es la fuente de no linealidad en el modelo. En particular, se propone la siguiente función exponencial:

$$w_t = 1 - \exp\left(-\gamma \left(P_{t-d} - F_{t-d}(X_{t-d})\right)^2\right) \quad \gamma > 0, d \geq 0 \quad (8)$$

La intuición detrás de la especificación de la ecuación (8) es que el *gap* o brecha entre el precio corriente y fundamental (rezagado  $d$  períodos) es el factor que determina los pesos asignados por parte de los administradores de cartera a las expectativas de los agentes  $F$  y  $C$ . Cuando se da un caso tal que  $F_{t-d} \cong P_{t-d}$ , entonces  $w_t$  tendrá un valor pequeño y los administradores de cartera siguen la conducta de los chartistas. En el límite, cuando  $F_{t-d} = P_{t-d}$  ( $w_t = 0$ ), el cambio en el precio está dado por:

$$\Delta P_{t+1} = (a_1 + a_3)E(\Delta P_{t+1}^C) = (a_1 + a_3)\delta(\Delta P_t) \quad (9)$$

Si se está interesado en estudiar empíricamente la dinámica de los precios de los commodities, la expresión (9) sugeriría el empleo de una especificación econométrica exclusivamente autorregresiva.

Cuando aumenta la brecha entre  $F_{t-d}$  y  $P_{t-d}$ , los administradores de cartera empiezan a apostar contra el desalineamiento. Es decir, cuanto mayor es el desalineamiento, mayor es la ponderación que le otorgan a las expectativas de los fundamentalistas. Nuevamente, en el caso extremo  $\exp\left(-\gamma \left(P_{t-d} - F_{t-d}(X_{t-d})\right)^2\right) \rightarrow 0$  y consecuentemente  $w_t = 1$  y  $E(\Delta P_{t+1}^{PM}) = E(\Delta P_{t+1}^F)$ . Es decir, los agentes  $PM$  replican la estrategia de los fundamentalistas.

Después de algunas sustituciones, la ley de movimiento de la dinámica de precios toma la siguiente expresión:

$$\Delta P_{t+1} = a_1\delta(\Delta P_t) - (a_2 + a_3)\alpha(M_t) \quad (10)$$

Donde se ha definido que  $M_t = P_t - F(X_t)$ .

El parámetro  $\gamma$  también es relevante en este esquema ya que determina la velocidad con la cual los administradores de cartera ajustan sus expectativas mediante la variable  $w_t$ . Si es suficientemente alto, por ejemplo, incluso un pequeño desalineamiento inducirá a los agentes  $PM$  a formar expectativas como los fundamentalistas.

La expresión general de los cambios de precios de los commodities puede obtenerse reemplazando (5), (6), (7) y (8) en (4) y reordenando términos:

$$\Delta P_{t+1} = (a_1 + a_3)\delta\Delta P_t - a_2\alpha M_t - a_3\delta\left[1 - \exp(-\gamma M_{t-d}^2)\right]\Delta P_t - a_3\alpha\left[1 - \exp(-\gamma M_{t-d}^2)\right]M_t \quad (11)$$

Por lo tanto, la dinámica de los precios depende de varios factores. Los primeros dos términos de la ecuación (11) son característicos de un modelo estándar de corrección de errores: un término puramente

autorregresivo y un factor de corrección de error lineal. Los restantes son los que generan el patrón de ajuste no lineal. En el análisis empírico, el énfasis estará puesto en el coeficiente de ajuste no lineal de la desviación del precio con respecto al equilibrio de largo plazo.

De este modo, se ha desarrollado un modelo teórico en el cual los fundamentales siguen siendo la única fuerza real que afecta a los precios en el largo plazo. Sin embargo, la heterogeneidad de las expectativas entre los participantes del mercado es importante para determinar las propiedades del ajuste hacia el equilibrio.

En el siguiente apartado se muestra que un modelo de vectores autorregresivos con transición suave (STAR) captura la dinámica de los precios de los commodities que se deriva del modelo teórico descrita por la ecuación (11). Con esta especificación econométrica será factible estudiar tanto el equilibrio fundamental como las propiedades de ajuste potencialmente no lineal.

#### 4.2. Metodología econométrica

En las últimas décadas se ha observado un creciente interés por el uso de las técnicas econométricas no lineales. Entre ellas, los modelos con cambio de régimen resultan ser particularmente atractivos porque incorporan una ley de movimiento que rige la transición de un estado a otro.

La ley puede ser determinística o estocástica. En el primer caso, el régimen es determinado por los valores pasados de las variables observables, y es conocido con certeza por todos los agentes. En cambio, la regla es estocástica si el régimen en cada momento de tiempo es conocido sólo en términos probabilísticos.

El modelo autorregresivo más simple con regímenes determinísticos corresponde al caso de cambios o transiciones abruptas y fue desarrollado por Tong (1978, 1990) y Tsay (1989). Básicamente, en este tipo de especificaciones la variable de transición ( $TV_t$ ) es comparada con un umbral ( $c$ ) para dividir el modelo lineal en dos submodelos. Si se supone una especificación autorregresiva sin variables explicativas, entonces el modelo de cambios abruptos será:

$$y_t = \begin{cases} (\phi_{1,0} + \phi_{1,1}y_{t-1} + \dots + \phi_{1,p}y_{t-p}) + \varepsilon_t & \forall y_t \leq c \\ (\phi_{2,0} + \phi_{2,1}y_{t-1} + \dots + \phi_{2,p}y_{t-p}) + \varepsilon_t & \forall y_t > c \end{cases} \quad (12)$$

En la ecuación (12), el paso entre estados es determinado por la comparación entre la variable de transición ( $y_t$ ) y el umbral ( $c$ ) y ocurre de una forma abrupta.

La idea de que la transición pueda realizarse gradualmente representa un avance importante en esta literatura. Se corresponde con la noción de que los agentes económicos no reaccionan de manera instantánea ni coordinada cuando, por ejemplo, se divulga nueva información o cuando un shock afecta a la economía. Esta estrategia empírica también es apropiada si los efectos de los cambios estructurales se materializan con lentitud.

Por su parte, cuando la teoría económica sugiere que la relación que existe entre variables es válida en ciertas circunstancias pero deja de serlo en otras, un modelo de vectores autorregresivos con transición suave (STAR) es adecuado para su prueba empírica. Chan y Tong (1986), Granger y Teräsvirta (1993); Teräsvirta (1994), o Franses y van Dijk (2000) son referencias pioneras de este enfoque.

La representación de un modelo de vectores autorregresivos con transición suave de orden  $p$  o  $STAR(p)$  es la siguiente:

$$y_t = (\phi_{1,0} + \phi_{1,1}y_{t-1} + \dots + \phi_{1,p}y_{t-p}) (1 - F(TV_{t-d}; \gamma, c)) + (\phi_{2,0} + \phi_{2,1}y_{t-1} + \dots + \phi_{2,p}y_{t-p}) F(TV_{t-d}; \gamma, c) + \varepsilon_t \quad (13)$$

Alternativamente:

$$y_t = (\phi_{1,0} + \phi_{1,1}y_{t-1} + \dots + \phi_{1,p}y_{t-p}) + (\lambda_{2,0} + \lambda_{2,1}y_{t-1} + \dots + \lambda_{2,p}y_{t-p}) F(TV_{t-d}; \gamma, c) + \varepsilon_t \quad (14)$$

Donde se satisfacen las siguientes condiciones:

$$\lambda_{2,0} = \phi_{2,0} - \phi_{1,0}, \lambda_{2,1} = \phi_{2,1} - \phi_{1,1}, \dots, \lambda_{2,p} = \phi_{2,p} - \phi_{1,p} \quad (15)$$

$$E(\varepsilon_t | \Omega_{t-1}) = 0 \quad (16)$$

$$E(\varepsilon_t^2 | \Omega_{t-1}) = \sigma^2 \quad (17)$$

$$\Omega_{t-1} = (y_{t-1}, \dots, y_{t-p}) \quad (18)$$

En las ecuaciones (13) y (14), la expresión  $F(TV_{t-d}; \gamma, c)$  es conocida como función de transición. Ésta es una función continua cuya imagen es el intervalo  $[0, 1]$ .<sup>12</sup> El parámetro  $\gamma$  mide la velocidad del cambio entre los regímenes; mientras que el parámetro  $c$  establece el umbral después del cual empieza a tener lugar el paso de un estado a otro. Por último,  $TV_{t-d}$  se refiere a la variable de transición con  $d$  rezagos.

Existen escasas restricciones técnicas respecto del tipo de variable(s) que puede(n) gobernar la transición ( $TV_{t-d}$ ). Las opciones habituales incluyen rezagos de variables endógenas, variables exógenas, funciones de las variables endógenas y/o exógenas o bien una tendencia temporal (van Dijk et al., 2002).

Sin embargo, en algunas ocasiones, la hipótesis teórica sugiere la variable que puede determinar la transición. Este es precisamente el caso de los precios de los commodities y su posible patrón no lineal de corrección al equilibrio. Del modelo de agentes heterogéneos se obtiene una restricción específica que establece que el desalineamiento entre el precio actual y el valor fundamental no sólo afecta los cambios de precio, sino que también rige la transición entre los estados.

La función de transición suele adoptar dos tipos de especificaciones: logística o exponencial, las cuales se corresponden, respectivamente, con las siguientes expresiones:

$$F(TV_{t-d}; \gamma, c) = \frac{1}{1 + \exp(-\gamma(TV_{t-d} - c))}, \gamma > 0 \quad (19)$$

<sup>12</sup> Ambas propiedades diferencian a un modelo de vectores autorregresivos con transición suave de un modelo de cambios abruptos, porque en este último la función de transición es directa y adopta sólo dos valores: 0 o 1.

$$F(TV_{t-d}; \gamma, c) = 1 - \exp\left(-\gamma(TV_{t-d} - c)^2\right), \gamma > 0 \quad (20)$$

La función logística<sup>13</sup> permite distinguir entre dos regímenes denominados alto y bajo, respectivamente. El estado alto ocurre cuando se verifican valores positivos y grandes de  $(TV_{t-d} - c)$ , dado que en ese caso  $\exp\left(-\gamma(TV_{t-d} - c)^2\right)$  tiende a cero y, por lo tanto, la expresión (19) converge a 1. En cambio, el régimen es bajo cuando  $(TV_{t-d} - c)$  adopta valores pequeños y, por lo tanto,  $\exp\left(-\gamma(TV_{t-d} - c)^2\right) \rightarrow \infty$  y  $F(TV_{t-d}; \gamma, c) \rightarrow 0$ .<sup>14</sup> La especificación logística es la apropiada cuando se cree que la transición se produce de manera monotónica.

Por el contrario, la función exponencial es la recomendada cuando el valor absoluto de la desviación de la variable de transición con respecto al parámetro  $c$  es la característica importante. Esta especificación se conoce como modelo ESTAR (modelo de vectores autorregresivos con transición suave exponencial) y la ecuación genera una misma dinámica cuando  $F(TV_{t-d}; \gamma, c)$  toma valores extremos.

Por lo tanto, en un modelo ESTAR, la asimetría entre los regímenes está dada por la magnitud absoluta de la diferencia entre  $TV_{t-d}$  y  $c$  y no por su signo.

Algunas aplicaciones usuales de las especificaciones STAR pueden encontrarse en los trabajos que estudian el desalineamiento del tipo de cambio real respecto de su valor fundamental dado por la paridad del poder adquisitivo (Michael et al., 1997; Taylor et al., 2001; o Chen y Wu, 2000); en la literatura del ajuste no lineal de las desviaciones de la paridad no cubierta de interés (Sarno et al., 2006), o en los trabajos que prueban la reversión no lineal a la media en los futuros de acciones (Monoyios y Sarno, 2002).

Las extensiones de los modelos STAR a contextos multivariados (sistemas de ecuaciones o modelos VAR) fueron estudiadas, entre otros, por Weise (1999), van Dijk (2001), Camacho (2004) y Mendoza (2004). La estructura general de un modelo de corrección al equilibrio no lineal es la siguiente:

$$\Delta Y_t = \Pi_{1,0} + \Gamma D_t + \alpha_1 M_{t-1} + \sum_{j=1}^p \Pi_{1,j} \Delta Y_{t-j} + \left( \Pi_{2,0} + \alpha_2 M_{t-1} + \sum_{j=1}^p \Pi_{2,j} \Delta Y_{t-j} \right) F(TV_{t-d}; \gamma, c) + \varepsilon_t \quad (21)$$

Donde  $\Delta Y_t$  es un vector  $(n \times 1)$   $(\Delta y_1, \Delta y_2, \dots, \Delta y_n)$ ,  $D_t$  es un vector  $(m \times 1)$  de variables *dummies* que controla por *outliers* y  $\Gamma$   $(m \times n)$  es la respectiva matriz de coeficientes. Además,  $\Pi_{1,0}$  y  $\Pi_{2,0}$  son vectores  $(n \times 1)$  que contienen las constantes de la parte lineal y no lineal en cada caso. A su vez,  $\Pi_{1,j}$  y  $\Pi_{2,j}$  son matrices  $(n \times n)$  para  $j : 1, \dots, p$  que corresponden a los coeficientes autorregresivos. El término de corrección al equilibrio se denota con  $M_t = \beta' X_t$ , donde  $\beta$  es la matriz  $(n \times r)$  de coeficientes de la relación de largo plazo y  $X_t$  es un vector  $(n \times 1)$  que representa las variables en niveles. Finalmente,  $\alpha_1$  y  $\alpha_2$  son matrices  $(n \times r)$  formadas por

<sup>13</sup> El modelo logístico de vectores autorregresivos con transición suave (LSTAR) se obtiene cuando se adopta la función (19).

<sup>14</sup> Dado que la función de transición puede tomar cualquier valor continuo entre cero y uno, la caracterización de un modelo STAR con sólo dos regímenes puede parecer arbitraria, en especial en los casos en los cuales el parámetro de suavización es bajo y, por lo tanto, hay muchos valores intermedios de la función de transición. En este sentido, van Dijk et al. (2002) sostienen que puede pensarse en el modelo STAR como una metodología que permite un conjunto "continuo" de regímenes.

los coeficientes de ajuste de las desviaciones con respecto a la relación de largo plazo, donde  $r$  indica el número de vectores de cointegración. Estos coeficientes desempeñan un papel fundamental en el modelo dado que capturan el patrón de ajuste lineal y no lineal.

En lo concerniente a los pasos operativos necesarios para implementar un modelo STAR, Teräsvirta (1994) propone un procedimiento para el caso univariado, mientras que Granger y Teräsvirta (1993) examinan el caso multivariado y Camacho (2004), entre otros, lo extiende a un enfoque multi-ecuacional. En todos los casos, el procedimiento incluye básicamente cuatro etapas: i) estimar un modelo lineal; ii) evaluar la no linealidad; iii) estimar el modelo no lineal, y iv) realizar el análisis de impulso-respuesta no lineal.

El primer paso consiste en estimar un modelo lineal que servirá como referencia para contrastar la hipótesis de no linealidad. La secuencia de estimación sigue las técnicas estándar del análisis de series de tiempo. En este punto, es importante controlar los valores atípicos y verificar el buen comportamiento de los residuos con respecto a la autocorrelación y a la heterocedasticidad.

La segunda etapa consta de una prueba de linealidad. Cuando la hipótesis alternativa es el modelo exponencial con transición suave (ESTAR),<sup>15</sup> Teräsvirta (1994) sugiere utilizar una expansión de Taylor de primer orden ( $T_1^e$ ) para obtener una regresión auxiliar que pueda servir como base para contrastar la hipótesis nula. Con este fin, se debe tomar la ecuación (20) y calcular ( $T_1^e$ ) en  $\gamma = 0$ . Después de algunas simplificaciones, es posible llegar a la regresión auxiliar (notación vectorial):

$$Y_t = \beta_0' X_t + \beta_1' X_t TV_{t-d} + \beta_2' X_t TV_{t-d}^2 + \omega_t \quad (22)$$

Donde  $X_t = [1, y_{t-1}, y_{t-2}, \dots, y_{t-d}]$ ;  $\beta_0 = [\beta_{0,0}, \beta_{0,1}, \dots, \beta_{0,p}]$ ;  $\beta_1 = [\beta_{1,0}, \beta_{1,1}, \dots, \beta_{1,p}]$ ; y  $\beta_2 = [\beta_{2,0}, \beta_{2,1}, \dots, \beta_{2,p}]$ .

Probar la hipótesis de linealidad a partir de la expresión (22) es equivalente a probar que  $\beta_1 = 0$  y  $\beta_2 = 0$ .

Según Teräsvirta (1994), el procedimiento recomendado para esta tarea consiste en efectuar un test F con la siguiente secuencia: i) estimar el modelo bajo el supuesto de linealidad y computar la suma de los residuos al cuadrado ( $RSS_0$ ); ii) estimar la regresión auxiliar (22) y computar  $RSS_1$ , y (iii) calcular el valor crítico del estadístico  $LM$ :

$$LM = \frac{(RSS_0 - RSS_1) / l_1}{RSS_0 / l_2} \quad (23)$$

Los grados de libertad  $l_1$  se calculan como la diferencia entre el número de parámetros de los modelos restringido y no restringido, mientras que  $l_2$  es el número de observaciones menos los parámetros del modelo no restringido. Si se realiza la prueba de linealidad sobre una lista de posibles variables de transición, la selección de ésta se realiza considerando a aquella que presente el mayor valor del estadístico  $LM$ .

<sup>15</sup> La regresión auxiliar se modifica cuando la especificación se realiza para una función logística. También existe evidencia de que la expresión (22) es apropiada cuando no se sabe (o no hay una intuición previa) si la función relevante es la que responde a (19) o (20). Al respecto, véase Luukkonen et al. (1998).

El tercer paso se basa en la estimación del modelo STAR, que puede realizarse utilizando cualquier método no lineal convencional. Esta tarea requiere la definición de condiciones iniciales. La correcta selección de estas condiciones mejorará la probabilidad de alcanzar un máximo en la función de verosimilitud.

La práctica habitual para encontrar las condiciones iniciales adecuadas consiste en realizar una búsqueda en una grilla bidimensional sobre los parámetros  $\gamma$  y  $c$ . Es importante observar en este sentido que una vez que se determinan los valores de ambos parámetros, la función  $F(TV_{t-d}; \gamma, c)$  tomará para cada observación un valor concreto en el intervalo  $[0, 1]$ , siendo la ecuación (13) lineal en todos sus argumentos. La búsqueda en la grilla itera sobre diferentes valores de  $\gamma$  y  $c$  tomados a intervalos que son relevantes de acuerdo con sus respectivas escalas de variabilidad. La estimación puede realizarse mediante un método lineal como OLS o SUR. Se seleccionará la configuración que genere el modelo restringido con la máxima verosimilitud y se utilizará, luego, sus parámetros como condiciones iniciales para estimar el modelo STAR no restringido.

En ciertas ocasiones, la teoría puede sugerir valores tanto para el parámetro de suavización ( $\gamma$ ) como para el umbral ( $c$ ). En los modelos en los que el desalineamiento es la variable de estado ( $TV_{t-d} = M_{t-d}$ ), la condición  $c = 0$  suele ser impuesta debido a la simetría intrínseca del concepto económico de desalineamiento. Por lo tanto, cuando las diferencias entre los precios efectivos y los de equilibrio son muy pequeñas, de manera tal que  $F(TV_{t-d}; \gamma, c = 0) = 1 - \exp(-\gamma(M_{t-d})^2) \rightarrow 0$ , el sistema operará en uno de los regímenes extremos. En los estudios sobre paridad del poder adquisitivo, por ejemplo, los costos de transacción y de transporte limitan el arbitraje y, en consecuencia, las situaciones donde las desviaciones son pequeñas se interpretan como estados donde la PPA no se cumple. El corolario es que el tipo de cambio real se comporta como un *random walk* si el desalineamiento ( $M_{t-d}$ ) es bajo.

Por último, una herramienta útil del modelo STAR que se aplica sólo a los sistemas de ecuaciones es el cómputo de las funciones generalizadas de impulso-respuesta.

La descripción metodológica de estas funciones excede el alcance del presente trabajo. Sin embargo, la idea intuitiva es que en un modelo STAR los efectos de los shocks dependen de la historia, del tamaño y del signo de tales perturbaciones. Por ejemplo, el efecto de una perturbación no necesariamente será el mismo si se produce cuando hay un desalineamiento pequeño respecto a cuando se verifica una gran brecha entre el precio observado de los commodities y el de equilibrio. Además, el tamaño del shock puede ser relevante dado que involucra diferentes trayectorias de las variables endógenas. Los métodos tradicionales de estimación de las funciones impulso-respuesta no incorporan estas características.

Para calcular las funciones generalizadas no lineales de impulso-respuesta se sigue la metodología de *bootstrapping* de Koop et al. (1996). Se sugiere consultar esta referencia para conocer los detalles técnicos.

## 5. Evidencia empírica: No linealidad en el ajuste de los precios de los commodities

Con el objetivo de organizar la presentación de los resultados empíricos, este capítulo se divide en tres partes. En la primera, se describe la estructura del modelo a estimar. En la segunda, se muestran los resultados de las pruebas de no linealidad, la interpretación de la función de transición y sus regímenes, y la estimación del sistema no lineal. En la última parte, se realiza el análisis de impulso-respuesta para investigar la reacción en el corto plazo de los precios de los commodities ante shocks de los fundamentales, tanto en regímenes de alto como de bajo desalineamiento.

### 5.1. Estructura del modelo empírico

La estructura del modelo a estimar es similar a un VECM estándar pero que incluye términos no lineales en la ecuación del precio de los commodities. En este sentido, difiere del trabajo pionero de Weize (1999) que especifica un VAR simétrico con transición suave, lo que significa que todas las ecuaciones presentan términos no lineales. Se eligió esta estrategia ya que sólo se dispone de una justificación teórica para la posible existencia de un ajuste no lineal en la dinámica de los precios y no así para las restantes variables.

Una estrategia empírica alternativa podría haber sido utilizar un modelo STAR uniecuacional.<sup>16</sup> Sin embargo, esta opción implicaba desechar la posibilidad de estudiar la respuesta de corto plazo de los precios ante shocks de los fundamentales por medio del análisis de impulso-respuesta.

En particular, se toma la expresión (21) como referencia y se trabaja con el siguiente sistema:

$$\Delta P_t = \beta_{11} + \alpha_{11}(M_{t-1}) + \sum_{j=1}^p \Pi_{11,j} \Delta X_{t-p} + \left( \beta_{12} + \alpha_{12}(M_{t-1}) + \sum_{j=1}^p \Pi_{12,j} \Delta X_{t-p} \right) \left( 1 - \exp(-\gamma TV_{t-d}^2) \right) + \varepsilon_t^P \quad (24)$$

$$\Delta RER_t = \beta_2 + \alpha_2(M_{t-1}) + \sum_{j=1}^p \Pi_{2,j} \Delta X_{t-p} + \varepsilon_t^{RER} \quad (25)$$

$$\Delta IR_t = \beta_3 + \alpha_3(M_{t-1}) + \sum_{j=1}^p \Pi_{3,j} \Delta X_{t-p} + \varepsilon_t^{IR} \quad (26)$$

$$\Delta PRO_t = \beta_4 + \alpha_4(M_{t-1}) + \sum_{j=1}^p \Pi_{4,j} \Delta X_{t-p} + \varepsilon_t^{PRO} \quad (27)$$

$$\Delta DOW_t = \beta_5 + \alpha_5(M_{t-1}) + \sum_{j=1}^p \Pi_{5,j} \Delta X_{t-p} + \varepsilon_t^{DOW} \quad (28)$$

Donde  $X = [P, RER, IR, PRO, DOW]$  y el parámetro que define el umbral ( $c$ ) se iguala a cero por las razones teóricas discutidas en la sección 4.2. Como se hizo anteriormente,  $M_t = P_t - F(X_t)$  y  $TV_{t-d}$  es la variable de transición.

El foco del análisis empírico se centra en la expresión (24), dado que contiene la dinámica de precios la cual es similar a la que se deriva del modelo teórico (ecuación (11)). Particular interés debe darse a las estimaciones de  $\alpha_{11}$  y  $\alpha_{12}$  ya que representan los coeficientes de ajuste de los precios a las desviaciones respecto del equilibrio de largo plazo.

<sup>16</sup> Ésta es precisamente la estrategia adoptada por Westerhoff y Reitz (2005) para explicar la reversión a la media de los precios del maíz.

La estrategia econométrica adoptada es compatible con la propuesta de Engle y Granger. En esencia, en una primera etapa se estima la ecuación de largo plazo de los precios de los commodities y se evalúa si existe cointegración. Luego, si se encuentra una relación de cointegración, se estima el sistema de corrección de errores completo utilizando  $M_t = P_t - F(X_t)$  como regresor.

El primero de estos pasos ya fue realizado en la sección 2.3. En el apartado siguiente se lleva a cabo la segunda etapa de este procedimiento.

## 5.2. Estimación del modelo de corto plazo y el ajuste no lineal al equilibrio

Tal como se señaló en la sección 4.2, para probar la hipótesis de ajuste al equilibrio no lineal es necesario, en primer lugar, estimar un modelo lineal que sirva de *benchmark*.

A este fin, se emplea un modelo lineal de corrección al equilibrio simétrico utilizando el desalineamiento calculado oportunamente. El Criterio de Información de Akaike (AIC) sugiere emplear cinco rezagos para las diferencias de las variables. Además, en esta especificación, los residuos no presentan autocorrelación.<sup>17</sup>

El coeficiente de ajuste ( $\alpha_{11}$  en la ecuación (24)) adopta un valor de -0.01921 y es estadísticamente significativo al 10% cuando se consideran los errores estándar HAC de Newey-West. Por lo tanto, hay evidencia de que, en promedio, cuando los precios de los commodities están en desequilibrio aparecen fuerzas correctoras que los hacen retornar a su valor fundamental.

Sin embargo, tal como predice el modelo teórico de la sección 4.1, es posible que existan algunos estados en los que los desalineamientos sean altos y por lo tanto operan las fuerzas correctivas mientras que en otros estados, caracterizados por desequilibrios pequeños, subsisten estas brechas de manera persistente. Ésta es la intuición en la que se sustenta la hipótesis de ajuste de equilibrio no lineal.

Una vez estimado el modelo lineal de referencia, se efectúa la prueba F de linealidad de la ecuación del precio de los commodities, tal como se describiera en la sección metodológica 4.2. La regresión auxiliar adopta la siguiente forma:

$$\begin{aligned} \Delta P_t = & \beta'_{0,p} \Delta X_{t-p} + v_1 M_{t-1} + \beta'_{1,p} \Delta X_{t-p} TV_{t-d} + v_2 M_{t-1} TV_{t-d} + \\ & \beta'_{2,p} \Delta X_{t-p} TV_{t-d}^2 + v_3 M_{t-1} TV_{t-d}^2 + \omega_t \end{aligned} \quad (29)$$

Donde  $\Delta X = [1, \Delta P_{t-p}, \Delta RER_{t-p}, \Delta IR_{t-p}, \Delta PRO_{t-p}, \Delta DOW_{t-p}]$ ,  $TV_{t-d}$  es la variable de transición, y  $p : 1, \dots, 5$ . Nótese que los primeros dos términos en la ecuación (29) se corresponden con la especificación lineal de la ecuación de precios (24) del modelo VECM descrito anteriormente.

El modelo teórico sugiere, tal como fuera indicado, que los regímenes están gobernados por el tamaño del desalineamiento. Por lo tanto, se proponen cinco opciones como potenciales variables de transición. Una de ellas es simplemente el desequilibrio corriente ( $M_{t-d}$ ) y las otras resultan de promediar el desalineamiento

<sup>17</sup> Se computó el test de correlación serial *LM* con 12 rezagos y no se rechazó la hipótesis nula de no autocorrelación al 5% de significatividad estadística.

actual y los de los  $j$  periodos anteriores ( $AV_{j-t-d}$ ) donde  $j$  tiene un rango de 1 a 4. Para cada una de estas cinco variables, también se consideran sus doce primeros rezagos (es decir,  $d = 1, \dots, 12$ ).<sup>18</sup>

La Tabla 3 muestra los resultados de la prueba para las diez variables que tienen los valores-p más bajos.<sup>19</sup> Se debe recordar que la hipótesis nula es que la ecuación del precio de los commodities (24) sigue un ajuste lineal.

**Tabla 3**

Resultados del test F de linealidad

Variable de Transición	Rezago	Estadístico LM	valor p
AV1	1	1.38647	0.04912
AV4	12	1.38309	0.05040
AV3	12	1.21178	0.16396
AV4	11	1.19485	0.18166
AV1	6	1.15964	0.22287
AV2	1	1.15512	0.22859
AV2	12	1.12511	0.26910
AV2	6	1.12423	0.27036
AV4	4	1.12396	0.27074
AV3	5	1.12106	0.27490

Se halla evidencia de no linealidad en la ecuación (24) al 5% de significatividad estadística cuando es considerada la variable  $AV1_{t-1}$ . Esto es, el régimen en cada momento  $t$  estaría definido por el valor promedio del desalineamiento registrado en  $t - 1$  y  $t - 2$ .

Por lo tanto, el sistema no lineal (24)-(28) se estima usando a  $AV1_{t-1}$  como variable de transición. En la sección 4.2 se adelantó que para realizar esto es necesario obtener condiciones iniciales adecuadas para todos los coeficientes del sistema.

Es posible encontrar esas condiciones estimando el sistema lineal que se obtiene después de fijar el valor del parámetro  $\gamma$  en la ecuación (24). En lugar de realizar una búsqueda de grilla, se opta por seleccionar un valor de  $\gamma$  tal que la función de transición alcance un valor promedio de 0.5 para toda la muestra. Intuitivamente, esto significa que los administradores de cartera asignan en promedio la misma ponderación tanto a las expectativas de los fundamentalistas como a la de los chartistas. Por consiguiente, el valor inicial de  $\gamma$  debería satisfacer la siguiente expresión:

$$\bar{w}_t = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \left\{ 1 - \exp(-\gamma AV1_{t-1}^2) \right\} \cong \frac{1}{2} \quad (30)$$

Se encuentra que  $\gamma = 133.77$  resuelve numéricamente (30) para el período 1973-1 a 2008-5. Así, luego de establecer  $\gamma$  en dicho valor, el sistema (24)-(28) se estima por el método SUR obteniéndose las condiciones iniciales para todos los coeficientes.

<sup>18</sup> No se considera el caso en que  $TV_{t-1} = M_{t-1}$  pues genera un problema de multicolinealidad perfecta al intentar estimar el sistema (24)-(28).

<sup>19</sup> Este test fue programado en EViews. Su código está disponible para quienes lo soliciten.

Posteriormente, se procede a estimar el sistema no lineal sin restricciones también usando el método SUR.<sup>20</sup> Para evaluar la hipótesis de este trabajo, el análisis se centra en los coeficientes de ajuste de la ecuación de precios de los commodities, a saber  $\alpha_{11}$  y  $\alpha_{12}$ .

El coeficiente de corrección de errores lineal  $\alpha_{11}$  no es estadísticamente significativo (valor  $p=0.2914$ ) y toma un valor positivo de 0.035. Contrariamente, el coeficiente de ajuste no lineal  $\alpha_{12}$  resulta significativo al 5% (valor  $p=0.0418$ ) y es igual a -0.109. Por su parte, el parámetro  $\gamma$  alcanza una magnitud de 55.22 con un valor- $p$  igual a 0.0292.

Estas estimaciones respaldan la hipótesis de ajuste no lineal de los precios explicado por la presencia de agentes heterogéneos en los mercados de commodities.<sup>21</sup> Para visualizar más fácilmente este punto, se define el Factor de Corrección al Equilibrio Global (*FCGE*) como la suma de los dos términos de la ecuación de precios (24) que contienen la discrepancia de los precios observados respecto de su equilibrio de largo plazo ( $M_{t-1}$ ).

$$FCGE = (0.035)M_{t-1} + (-0.109)M_{t-1} * w_t = \{(0.035) + (-0.109)w_t\} M_{t-1} \quad (31)$$

Cuando el desalineamiento es lo suficientemente pequeño (régimen bajo),  $w_t$  tiende a cero y el segundo término de (31) desaparece. En este caso, los administradores de cartera imitan a los inversores chartistas y el desalineamiento inicial se amplía a una tasa mensual del 3.5%. En estas circunstancias, no hay corrección al equilibrio.<sup>22</sup>

Sin embargo, cuando la brecha entre los precios observados y de equilibrio toma un valor significativo (régimen alto),  $w_t$  tiende a uno y el coeficiente de ajuste *FCGE* alcanza un máximo de -0.074 ( $= \alpha_{11} + \alpha_{12}$ ). Intuitivamente, los administradores de cartera asignan una ponderación mayor a las expectativas de los inversores fundamentalistas cuando el desalineamiento es alto y, en consecuencia, se observará una reversión del precio hacia el equilibrio.

Un punto clave entonces es comprender qué significa, para el caso concreto que se está analizando, que el desalineamiento sea “alto” o sea “bajo”. La Figura 16 ayuda a responder este interrogante.

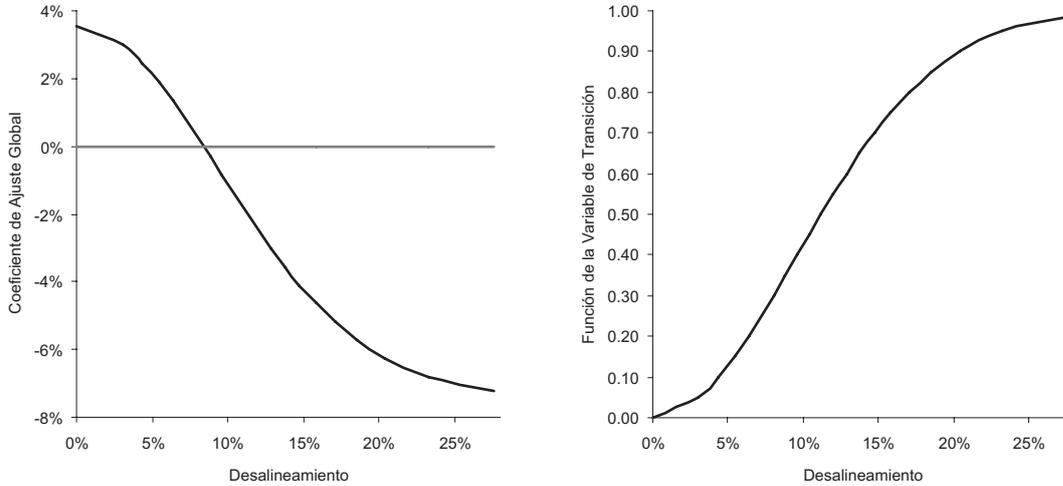
<sup>20</sup> El código de EViews empleado en esta sección también puede solicitarse a los autores.

<sup>21</sup> La mayoría de los argumentos se expresarán considerando desalineamientos positivos, pero los mismos resultan aplicables a las brechas negativas debido a la simetría de la función exponencial.

<sup>22</sup> Dado que el coeficiente de ajuste no lineal  $\alpha_{12}$  es negativo y mayor en términos absolutos que  $\alpha_{11}$ , queda garantizada la estabilidad general de la ecuación de precios.

**Figura 16**

Desalineamiento, función de transición y factor de corrección global al equilibrio



El panel izquierdo revela que las fuerzas correctoras prevalecen en el mercado sólo cuando el desalineamiento es superior a 8.5%. Considerando la función de la variable de transición (*FTV*) (panel derecho), el ajuste hacia el equilibrio predomina cuando *FTV* (es decir,  $w_t$ ) supera 0.32. Además, ambos paneles muestran que la no linealidad implica coeficientes de ajuste mayores cuanto más altos sean los desalineamientos. La velocidad máxima de reversión (-7.4% mensual) se alcanza cuando el *spread* entre los precios observados y los de equilibrio sobrepasa el 25%.

El corolario es que desequilibrios más altos en el pasado (medidos por  $AV1_{t-1}$ ) implican valores mayores de la función de transición y esto anticipa reversiones futuras más bruscas de la tendencia.

Por último, la Figura 17 describe la función de transición en el período considerado.

Para analizar la distribución de los estados, se asignan las observaciones al régimen bajo si la función de transición adopta valores inferiores a 0.30 y al régimen alto cada vez que la función de transición supera 0.70.<sup>23</sup> Las observaciones restantes conforman el “régimen de transición”. De acuerdo a este criterio, se halla que el 56% del tiempo el mercado está dominado por los chartistas, mientras que los fundamentalistas sólo predominan alrededor del 19%. El resto del tiempo (25%) corresponde a períodos de transición.

La función de transición promedia un valor igual a 0.34 para toda la muestra, lo que significa que el cambio promedio del precio esperado por los administradores de cartera es el siguiente:

$$E(\Delta P_{t+1}^{PM}) = (1 - \bar{w}_t)E(\Delta P_{t+1}^C) + \bar{w}_t E(\Delta P_{t+1}^F) = 0.66E(\Delta P_{t+1}^C) + 0.34E(\Delta P_{t+1}^F) \quad (32)$$

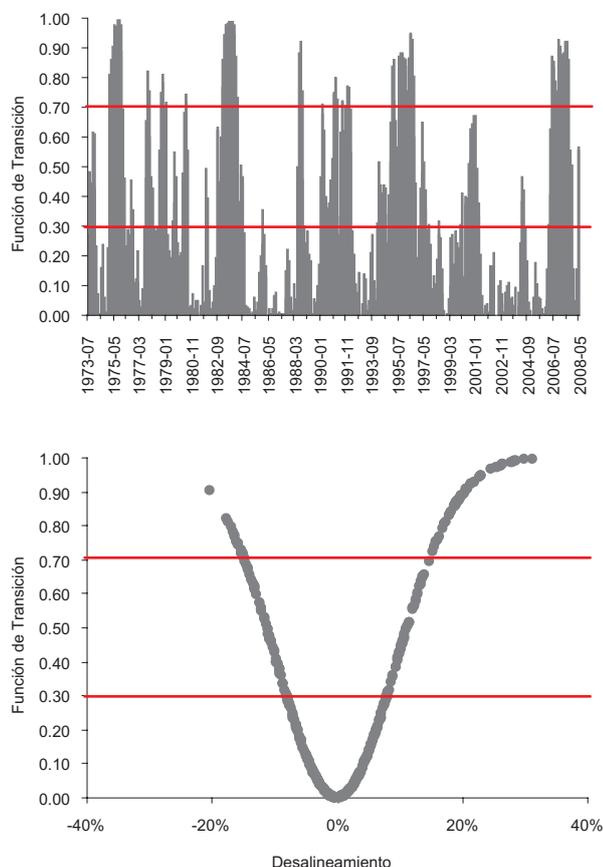
El *FCGE* asociado a este valor de  $w_t$  resulta ser -0.18%.

En conclusión, los resultados respaldan la hipótesis de que altas discrepancias entre los precios observados y los de equilibrio tienden a corregirse con relativa rapidez, mientras que los pequeños desalineamientos suelen persistir en el tiempo sin que aparezca una fuerza correctora endógena.

<sup>23</sup> Estas cifras implican que el coeficiente de ajuste global es positivo en el estado bajo y superior en términos absolutos a -4% en el estado alto.

**Figura 17**

Función de transición en el período 1973-1/2008-5



En el próximo apartado se realiza un análisis de impulso-respuesta siguiendo los lineamientos teóricos expuestos en la cuarta sección.

### **5.3. Análisis de impulso-respuesta no lineal**

Tal como se enfatizó en la sección metodológica, en un modelo STAR exponencial los efectos de los shocks dependen de la historia y del tamaño de las perturbaciones.<sup>24</sup> Estas características no están presentes en el análisis de impulso-respuesta tradicional.

Antes de presentar los resultados, se hace referencia a dos cuestiones técnicas. En primer lugar, para implementar la metodología de impulso-respuesta generalizada de Koop et al. (1996) hace falta asignar cada observación a los diferentes regímenes. Se adopta aquí el mismo criterio de asignación indicado en la sección anterior, realizándose posteriormente el muestreo de los shocks sobre esta base.

En segundo lugar es importante destacar que si bien el estado inicial es definido por el analista, una vez producida la perturbación, los regímenes pueden cambiar endógenamente como resultado de la dinámica del sistema.

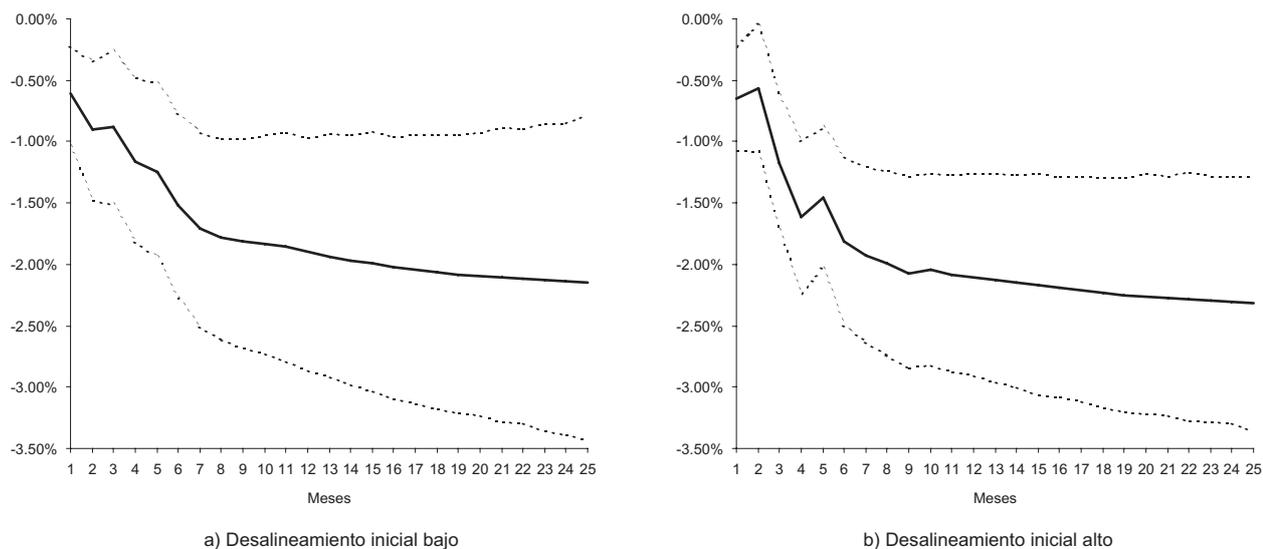
---

<sup>24</sup> Este es el caso cuando la función de transición es una función exponencial. Si se hubiese seleccionado una especificación logística, el signo del shock también importaría.

Las Figuras 18 a 21 muestran el cambio acumulado del precio de los commodities frente a un shock de un desvío estándar en los fundamentales para los estados de desalineamiento inicial bajo y alto, respectivamente. En el apéndice se describen los efectos de las perturbaciones cuando tienen una magnitud de tres desvíos estándar. Las líneas punteadas representan las bandas de confianza al 10%.

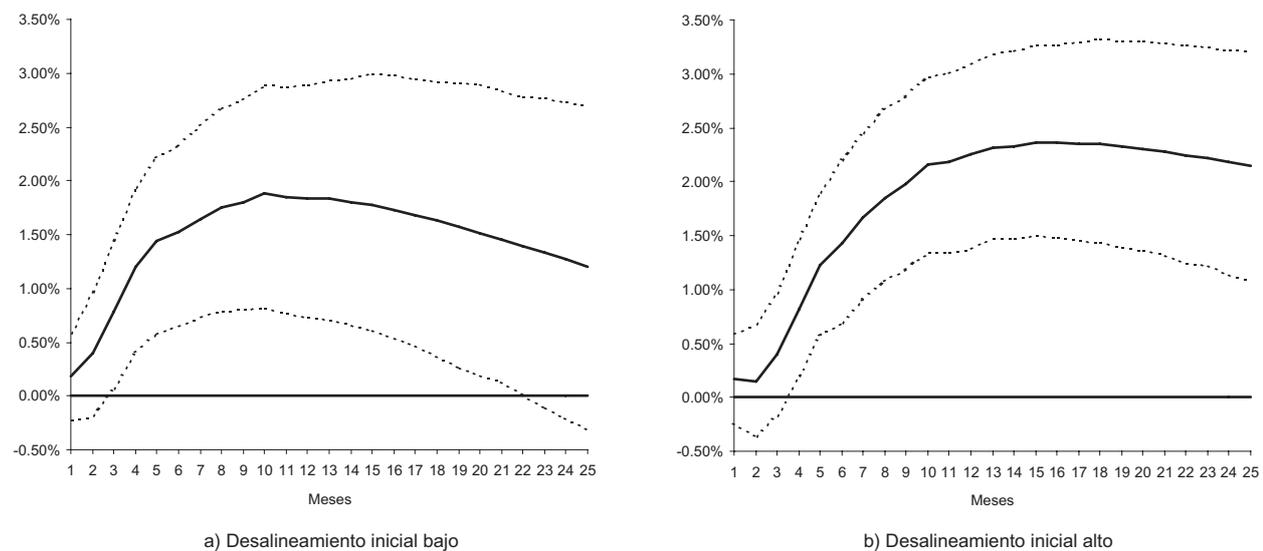
**Figura 18**

Shock del tipo de cambio real multilateral de Estados Unidos



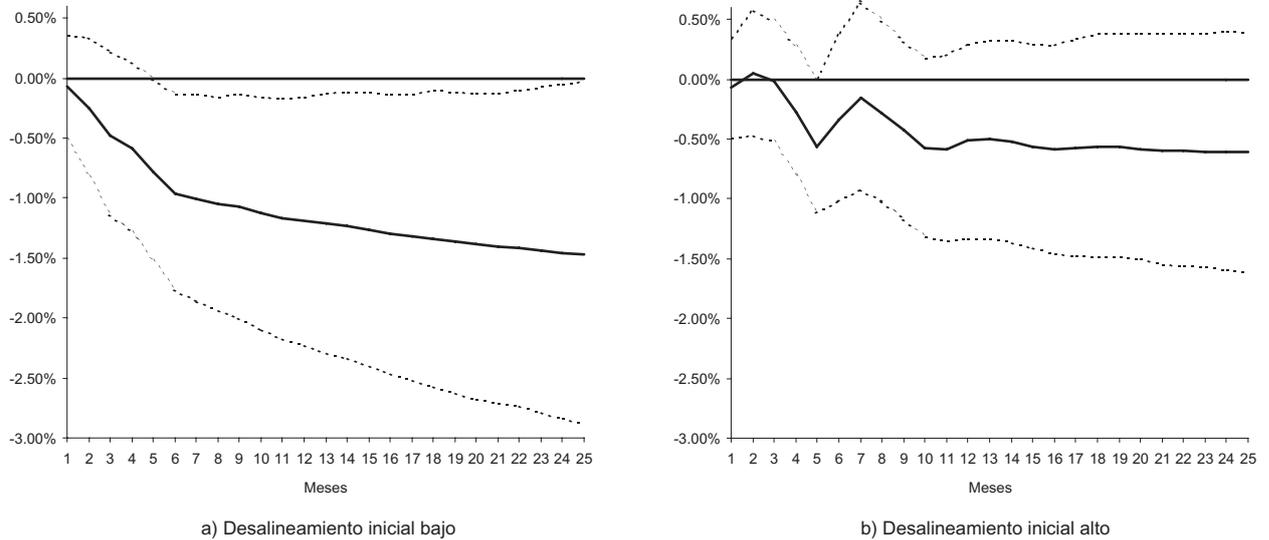
**Figura 19**

Shock del índice de producción industrial



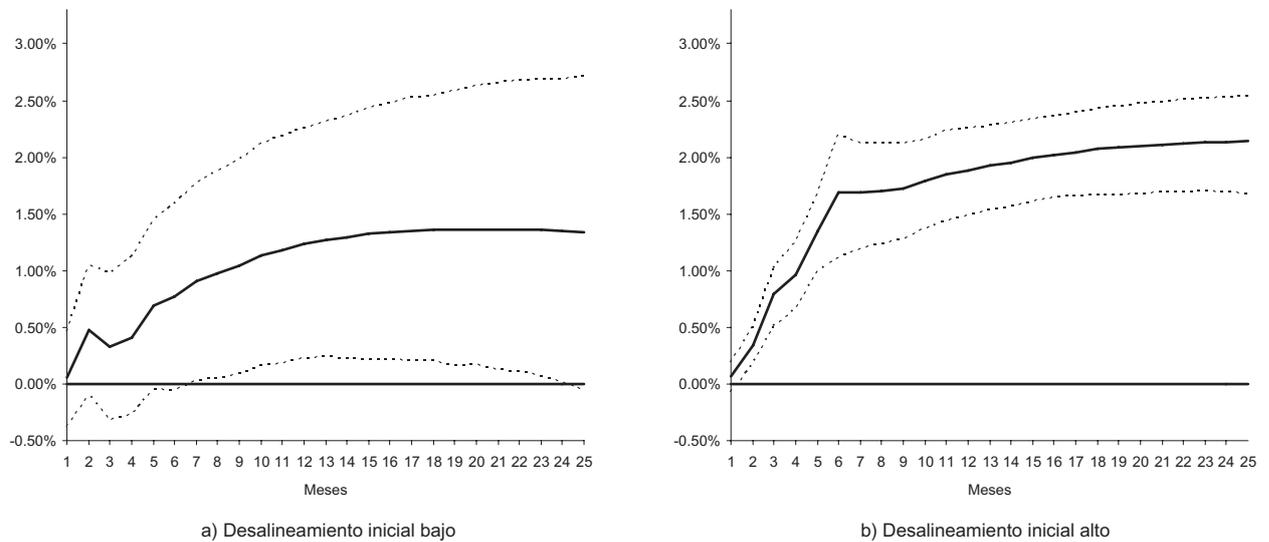
**Figura 20**

Shock de la tasa de interés real de Estados Unidos



**Figura 21**

Shock del índice Dow Jones real



La principal conclusión que se puede extraer de estos gráficos es que, en general, las respuestas de los precios son compatibles tanto con las predicciones teóricas como con la estimación de la relación de largo plazo. La única excepción es el impacto positivo del Índice Dow Jones en el corto plazo.

Además, se destaca que las respuestas de los precios no muestran diferencias significativas cuando el estado inicial es alto o bajo. El efecto del shock de la tasa de interés real difiere de este cuadro general. Si se produce en el régimen alto, la reacción del precio de los commodities es menor y estadísticamente no significativa.

Las mismas observaciones resultan aplicables cuando se estudian las consecuencias de los shocks de mayor tamaño (tres desvíos estándar, ver detalle en el apéndice). No hay discrepancias importantes cuando se comparan los efectos de las perturbaciones grandes y pequeñas, excepto para la respuesta al shock en la tasa de interés, que es estadísticamente significativa cualquiera sea el régimen inicial.

## **6. Debates abiertos: Cambios estructurales recientes**

Como se anticipó en la introducción, en este apartado se tratan dos procesos cuyos orígenes se remontan 30 años atrás pero que se han intensificado durante la última década y, por ello, deben ser tenidos en cuenta al momento de utilizar los resultados empíricos obtenidos para configurar escenarios futuros de los mercados de commodities. Por un lado aparece la producción de biocombustibles y, por el otro, el cambio en el patrón de la demanda internacional de bienes primarios como consecuencia de las transformaciones estructurales que están sufriendo países emergentes de gran peso en la economía mundial como lo son China e India.

Si bien el efecto cuantitativo de estos fenómenos en cierta medida está captado en el modelo empírico a través de la variable que representa la demanda mundial, pueden subsistir dudas acerca de su capacidad para medir la real dimensión del impacto que tienen estos procesos sobre la tendencia de largo plazo de los precios de los commodities. En consecuencia, en esta sección se brindan elementos de juicio adicionales que contribuyen a formar una visión más completa del panorama futuro de los mercados de commodities.

### **6.1. Los biocombustibles**

Como señala el informe elaborado por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP, 2009), el cambio climático, junto con la creciente demanda de energía y la fuerte volatilidad del precio del petróleo, ha incentivado la búsqueda de fuentes alternativas de energía que exhiban tres propiedades: eficiencia económica, equidad social y sustentabilidad ambiental. Dentro de las opciones desarrolladas, los biocombustibles despertaron un fuerte interés tanto en el sector público como en el privado.

El universo de los biocombustibles está conformado por aquellos materiales usados como fuentes de energía derivados directa o indirectamente de la biomasa. Los mismos pueden clasificarse de acuerdo a su clase en sólidos (ej. la leña), líquidos (como el biodiesel y el etanol) y gaseosos (ej. biogás).

Los biocombustibles para transporte forman parte, junto con la biomasa procesada para calefacción y generación de electricidad, de lo que se conoce como bioenergía moderna. De acuerdo a su disponibilidad actual o futura se los agrupa en biocombustibles de primera, segunda o tercera generación.

Los de primera generación son producidos comercialmente con tecnología convencional y se obtienen a partir de cultivos agrícolas tradicionalmente utilizados para consumo humano y para alimentación animal. Dentro de este grupo se encuentran el etanol y el biodiesel que son los biocombustibles más importantes tanto en volumen como en valor producido.

Dado que son elaborados a partir de materias primas como el maíz, la soja o la caña de azúcar, la producción de etanol y biodiesel son factores que revisten particular interés por sus potenciales efectos directos e indirectos sobre los precios de los commodities.

Básicamente, el etanol puede obtenerse de cualquier materia prima que posea un elevado contenido de azúcares (caña de azúcar, remolacha azucarera) o en su defecto, ricas en almidón o celulosa (maíz, trigo). Por su parte, el biodiesel se obtiene como resultado de un proceso químico conocido como transesterificación a partir de aceites de origen vegetal como ser la soja en Argentina, Brasil y Estados Unidos, la colza en Europa o el aceite de palma en varios países del sudeste asiático (Indonesia, Malasia).

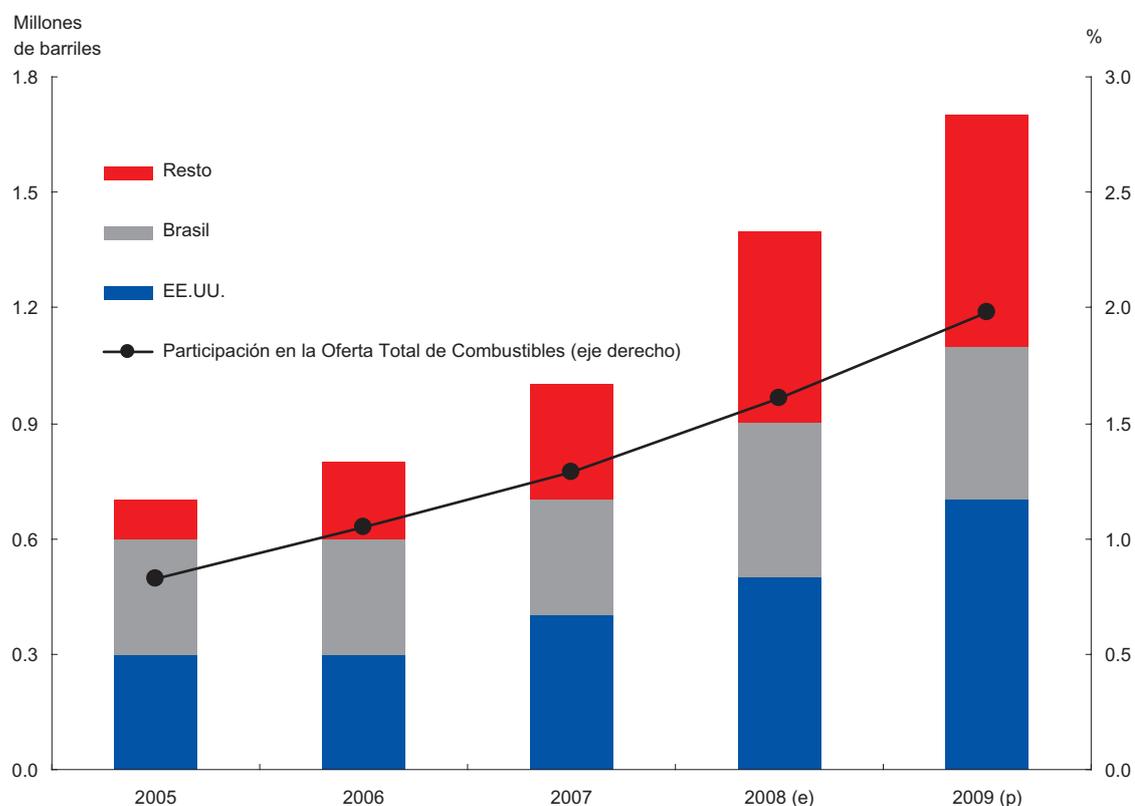
Tanto con la combinación de etanol con nafta como de biodiesel con diesel, se logra una mejor combustión que reduce las emisiones de monóxido de carbono y óxido de azufre (uno de los componentes relacionados con la lluvia ácida).

Si bien la producción de biocombustibles líquidos tiene ya varias décadas (el programa *Proálcool* en Brasil de 1975 es un ejemplo), aún representan un porcentaje muy pequeño de la demanda total de combustibles para transporte (1.8% en 2007) y del consumo global de energía (0.3% en 2006 en contraste con el 79% que representaron los combustibles fósiles).

Sin embargo, desde comienzos de la década del 2000, la generación de biocombustibles ha experimentado un crecimiento muy fuerte. La producción de etanol se cuadruplicó entre el 2000 y el 2009, pasando de 17 mil millones de litros a más de 73 mil millones, en tanto que en el mismo período el aumento de las cantidades de biodiesel elaboradas fue aún más impresionante, pasando de aproximadamente 1 mil millones de litros a más de 14 mil millones (FAPRI, 2010).

**Figura 22**

Producción mundial de biocombustibles (barriles de petróleo equivalentes por día)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de International Energy Agency (IEA).

Por su parte, en la Figura 22 se observa que en términos de barriles de petróleo equivalentes, la participación de los biocombustibles en la oferta total de combustibles creció entre el 2005 y 2009 un 132%, llegando a representar un 1.98%.

En la actualidad, los biocombustibles líquidos se hallan claramente dominados por la producción de etanol, la cual representa cerca del 85 % del total, mientras que el biodiesel da cuenta de casi el 15% restante.

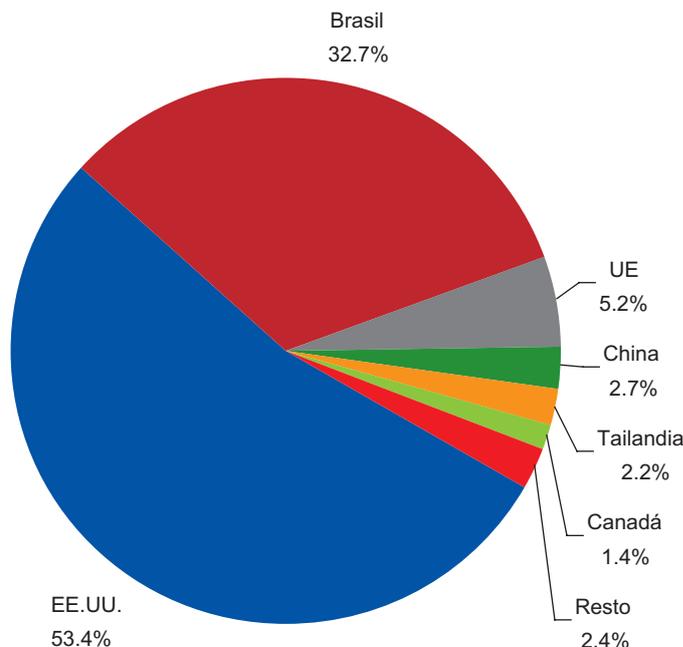
Estados Unidos y Brasil son los mayores productores de etanol a nivel mundial, concentrando el 53.4% y 32.7% del total, respectivamente (Figura 23). Estos países han seguido estrategias distintas para su elaboración: mientras que en el primer caso lo obtienen a partir de maíz, en el segundo lo hacen utilizando la caña de azúcar.

Con respecto a la producción global de biodiesel, la Unión Europea acapara cerca del 50%, generándolo a partir del aceite de colza. Le siguen Estados Unidos (11%), Brasil (10.4%) y Argentina (8.4%), utilizando estos países el aceite de soja como principal materia prima (Figura 24). Por su parte, Tailandia (3.4%) fabrica el biodiesel empleando aceite de palma, al igual que otros países del sudeste asiático como Indonesia y Malasia.

El creciente interés en la producción y consumo de etanol y biodiesel como combustibles renovables para sustituir o complementar la utilización de gasolina y gasoil, es resultado de una combinación de factores entre los que se destacan el incremento del precio del petróleo en los mercados internacionales, la búsqueda de la diversificación de la matriz energética y las presiones existentes para reducir las emisiones de dióxido de carbono en orden de mitigar el problema del cambio climático.

### Figura 23

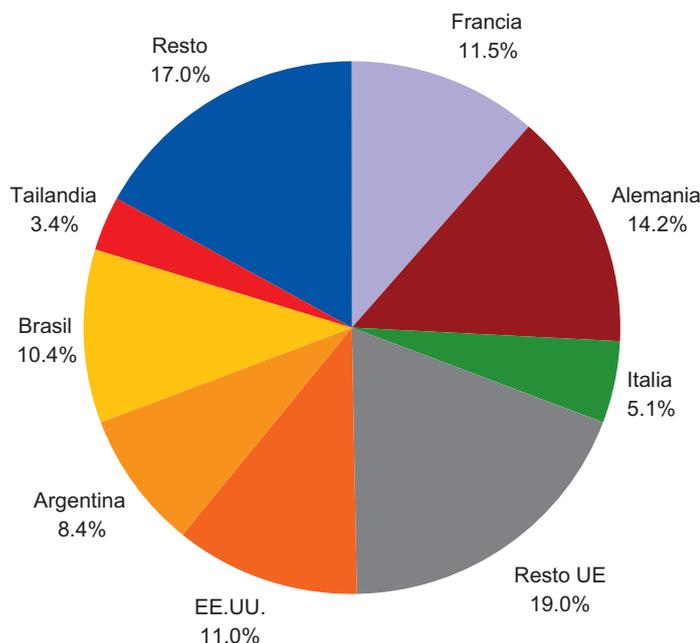
Producción mundial de etanol (año 2009)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Renewable Fuels Association.

**Figura 24**

Producción mundial de biodiesel (estimación año 2010)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de World Oil.

De esta manera, en los últimos años un número cada vez mayor de países, tanto industrializados como en desarrollo, han establecido porcentajes mínimos de biocombustible que debe incorporarse a la nafta y al gasoil destinado a transporte automotor, como por ejemplo Estados Unidos, Canadá, Francia, Alemania, Brasil, China y Argentina (Goldemberg et al., 2008; Mathews, 2007).

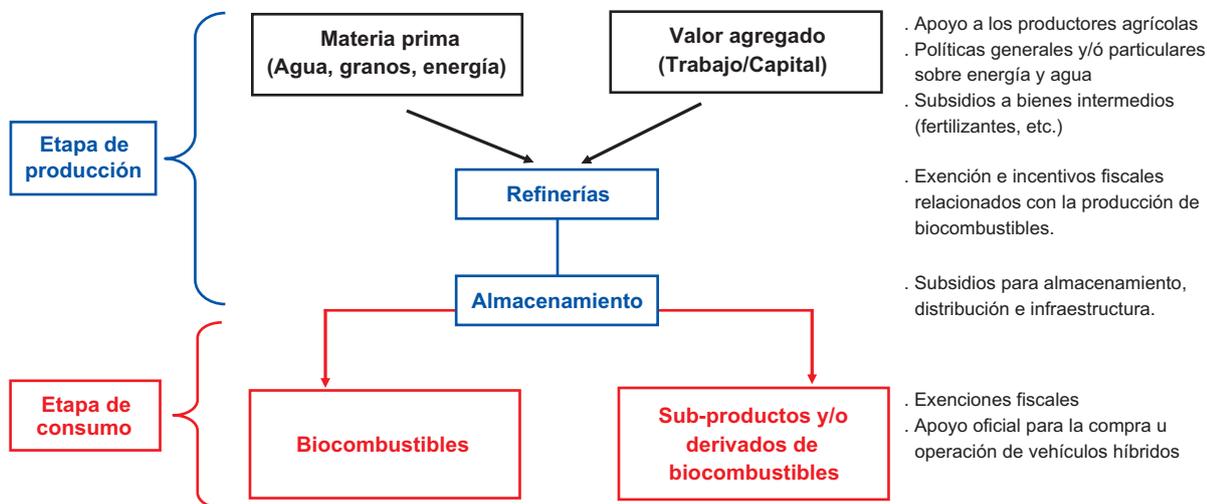
Además, se han implementando políticas de incentivos a la producción y al consumo de biocombustibles, dada la limitada viabilidad económica de algunos esquemas productivos.

El apoyo gubernamental mediante subsidios, exenciones y facilidades impositivas puede ocurrir en cualquiera de los distintos puntos de la cadena de producción y comercialización. Es decir, pueden otorgarse en la primera etapa de producción, a través de la aplicación de políticas específicas sobre las principales materias primas utilizadas en el proceso (agua, cultivos y energía), o bien en la etapa relacionada a la refinación y almacenamiento por medio de incentivos fiscales y brindando apoyo en la construcción de infraestructura. Finalmente, en la fase de comercialización de los biocombustibles y sus subproductos juegan un rol clave las reglamentaciones oficiales sobre la composición de los combustibles y las exenciones impositivas en la compra de vehículos flexibles que puedan funcionar con ambos tipos de carburantes. También el sector público contribuye en ocasiones con las actividades de investigación y desarrollo. La Figura 25 resume los principales esquemas de incentivos en las distintas etapas.

Si bien la evaluación de los costos integrales de los subsidios asociados directa e indirectamente a la producción de biocombustibles resulta una tarea difícil de implementar en la práctica, se han llevado adelante algunos estudios con este objetivo para algunos países miembros de la OECD.

**Figura 25**

Esquema de incentivos gubernamentales en la cadena productiva de los biocombustibles



Fuente: Elaboración propia en base a Steenblik (2007).

De acuerdo a Steenblik (2007), el apoyo gubernamental total estimado para la producción y consumo de etanol y biodiesel se ubicó en 2006 entre los 10.8 y 12.1 miles de millones de dólares para el grupo de países relevados (Tabla 4). Sin embargo, el autor aclara que dicho valor puede estar subestimado debido a la dificultad para medir correctamente los incentivos a la inversión, principalmente en Estados Unidos y la Unión Europea.

Tyner y Taheripour (2007) calculan las combinaciones alternativas de precio del maíz y del petróleo crudo para las cuales resulta rentable producir etanol en Estados Unidos. Este documento es muy interesante ya que excluye los incentivos fiscales para focalizarse estrictamente en los precios de ambos commodities para determinar la conveniencia o no de elaborar este biocombustible.

Basada en Tyner y Taheripour (2007) y FAO (2008), la Figura 26 grafica los precios de equilibrio tanto cuando se tienen en cuenta (línea roja) como cuando se excluyen (línea azul) las medidas de apoyo del sector público.

La línea azul muestra para un precio del petróleo dado, cuál es el máximo valor de la tonelada de maíz para el cual la producción de etanol es rentable. Por ejemplo, si el barril de petróleo crudo cuesta 70 dólares, la elaboración de etanol es ventajosa si el precio del maíz es inferior a 100 dólares la tonelada. De este modo, para las combinaciones de precios que se ubican arriba de la recta azul, la producción es rentable sin ninguna intervención estatal.

Sin embargo, cuando se incorporan los incentivos fiscales, que estos trabajos estiman en 63 dólares por tonelada de maíz, los nuevos precios de equilibrio están dados por la línea roja. Siguiendo con el ejemplo, la producción ahora es conveniente siempre que el maíz no supere los 163 dólares. Así, se tiene que para los puntos que se ubican por debajo de esta línea, la elaboración no es rentable aun con apoyo del gobierno.

**Tabla 4**

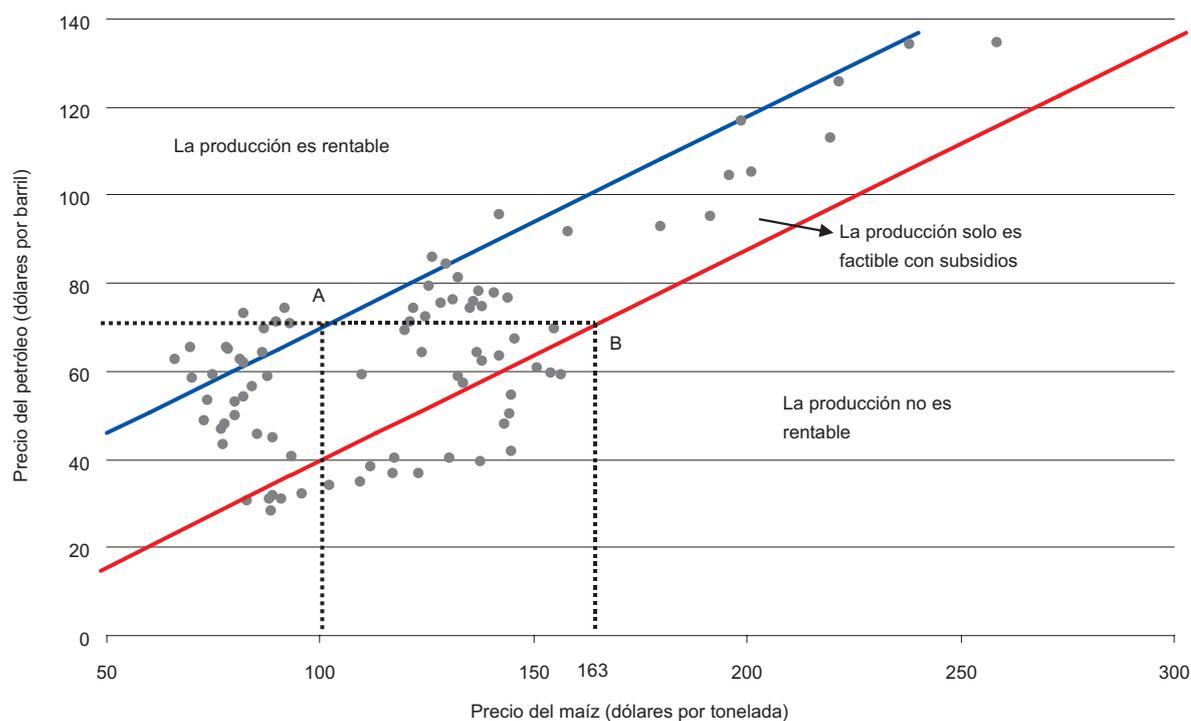
Estimación del apoyo estatal a la producción y consumo de biocombustibles

Países OECD	Apoyo total estimado (miles de millones de dólares)		
	Etanol	Biodiesel	Etanol + Biodiesel
Estados Unidos	5.4-6.6	0.5-0.6	5.9-7.2
Unión Europea	1.6	3.1	4.2
Canadá	0.15	0.013	0.11
Australia	0.035	0.021	0.05
Suiza	0.001	0.009	0.01
Total	7.2-8.4	3.6-3.7	10.8-12.1

Fuente: Steenblik (2007).

**Figura 26**

Precios del petróleo y del maíz y la rentabilidad de la producción de etanol



Fuente: Elaboración propia en base a Tyner y Taheripour (2007), FAO (2008) y Bloomberg.

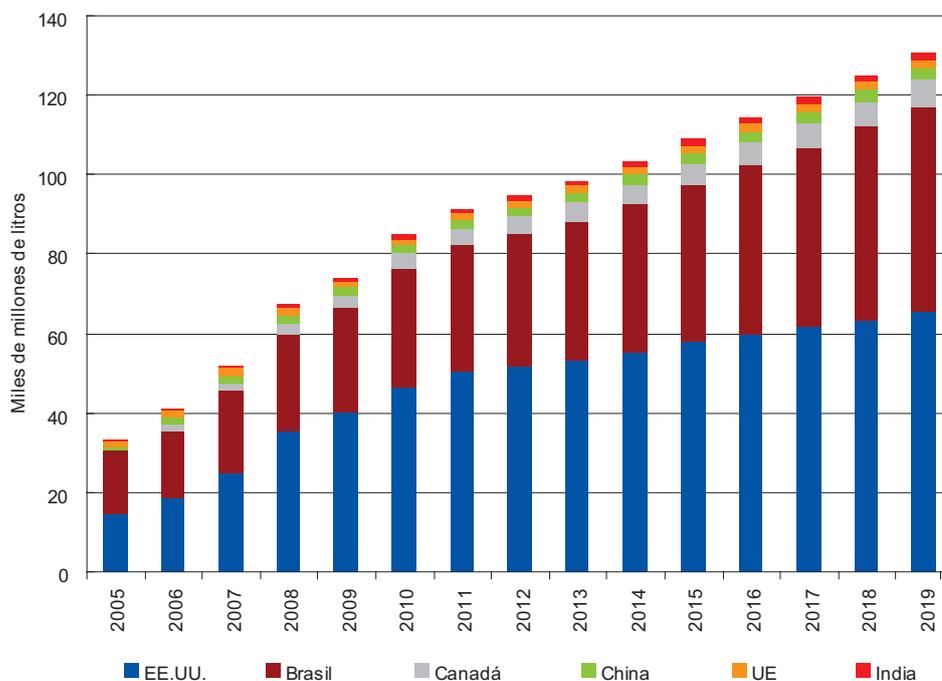
Entre ambas rectas queda delimitada un área donde la producción de etanol es posible sólo en presencia de subsidios. Adicionalmente, en la Figura 26 se superpone una nube de puntos correspondiente a los precios mensuales efectivamente registrados entre 2003 y 2009. Se observa que éstos se ubicaron mayormente o bien donde la elaboración es rentable sólo con incentivos fiscales, o bien donde aún con subsidios no es conveniente.

Estas políticas de incentivos contribuyeron de forma determinante al fuerte crecimiento del consumo de biocombustibles y hacen preveer que esta tendencia continúe como lo muestran las proyecciones de las

Figuras 27 y 28 para los principales países productores. Se espera que el volumen producido de etanol se incremente un 77% en la próxima década y el de biodiesel lo haga en un 60% durante el mismo período.

**Figura 27**

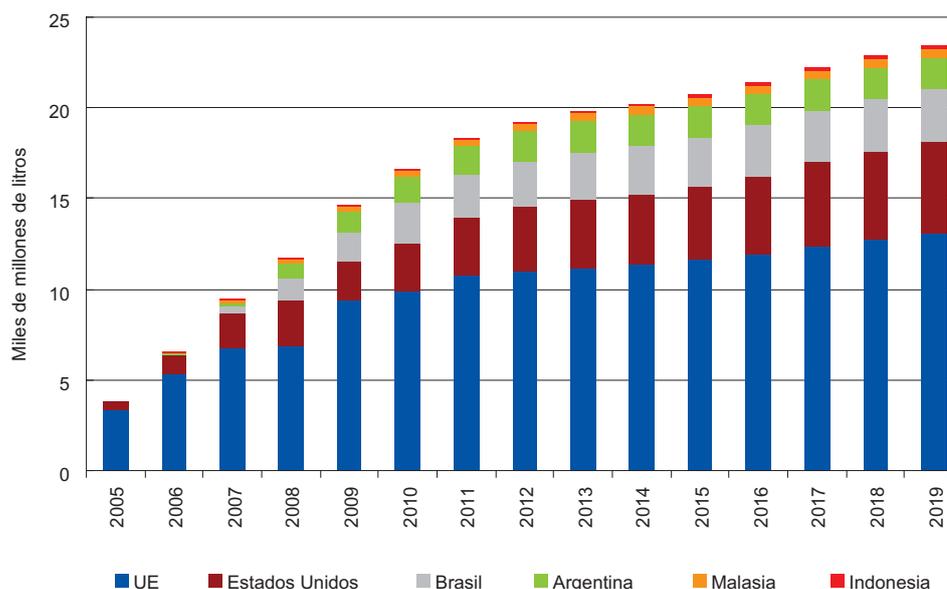
Proyección elaboración de etanol de los principales productores (2010-2019)



Fuente: FAPRI (2010).

**Figura 28**

Proyección elaboración de biodiesel de los principales productores (2010-2019)



Fuente: FAPRI (2010).

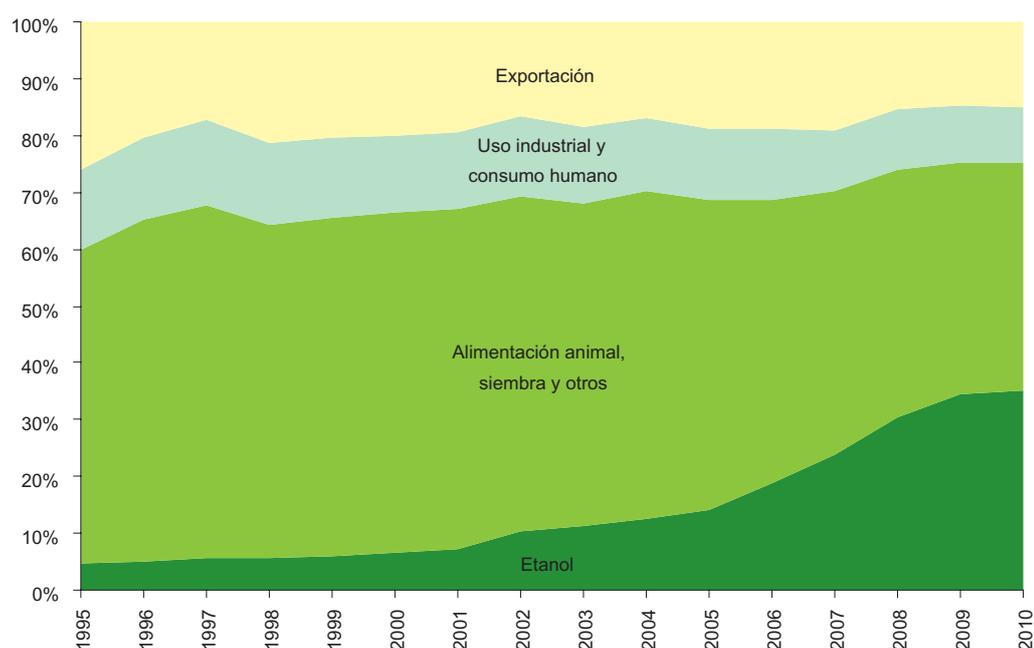
A raíz de estos desarrollos es que algunos analistas han argumentado que las políticas de incentivos implementadas fundamentalmente en Estados Unidos y la Unión Europea han ejercido una fuerte presión en los mercados de commodities agrícolas que derivó en aumentos de los precios internacionales de los alimentos. El efecto de estas políticas ha sido modelado en varios trabajos y han mostrado incrementos consistentes en los principales precios de los commodities para la próxima década.<sup>25</sup>

En este sentido, existe una creciente preocupación por el grado de competencia por los recursos (principalmente tierra y agua) que se genera entre la producción de biocombustibles y alimentos y sus impactos negativos sobre la oferta de estos últimos, sus precios de mercado y como resultado, sobre la seguridad alimenticia de los países.

La Figura 29 muestra claramente esta situación. En los últimos 15 años, el porcentaje de la cosecha de maíz de Estados Unidos destinada a la generación de etanol se elevó del 4.63% al 35%, mientras que la destinada al consumo humano y al uso industrial se redujo del 14% al 10%. En términos absolutos, el volumen procesado para biocombustibles se multiplicó por 11 entre 1995 y 2009.

**Figura 29**

Destino de la producción de maíz en Estados Unidos (1995-2010)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de United States Department of Agriculture.

Este fenómeno de intensificación de la producción agrícola para la producción de biocombustibles también se ha verificado en otros países, como es el caso de Brasil con la caña de azúcar y la soja.

Basándose en este tipo de evidencia, algunos analistas sostienen que los aumentos globales en los precios de los alimentos registrados entre 2006 y 2008 han sido explicados en una medida significativa por

<sup>25</sup> Véase al respecto Schmidhuber (2006), Elobied y Hart (2007), Banse y Grethe (2008), entre otros.

la expansión de los biocombustibles, especialmente en los principales países exportadores de alimentos, lo cual redujo la disponibilidad de oferta alimenticia en los mercados internacionales (Rosengrat, 2008; Braun, 2008; Msangi et al., 2007).

Sin embargo, existen autores que relativizan los efectos de la competencia entre alimentos y biocombustibles por la utilización de recursos (Dale, 2007; Kerckow, 2007; Pimentel y Patzek, 2007; Leemans et al., 1996). Estos trabajos sostienen que prácticamente todas las tierras incorporadas a la producción de cultivos utilizados en la elaboración de biocombustibles han sido tierras marginales y que, además, el incremento en la productividad agrícola ha compensado al menos parcialmente los eventuales efectos negativos de la disputa por los recursos.

## **6.2. China e India**

El proceso de transformación por el que están atravesando tanto las economías de China como India se encuentra, en una perspectiva histórica, en sus primeras etapas. Pero ello no significa que no resulte lo suficientemente importante como para tener fuertes impactos en diversos aspectos de la economía internacional, entre los que se destacan, como se explicará en esta sección, los precios de los commodities. Ambos países han llevado adelante reformas radicales en sus estructuras productivas, pasando de ser economías básicamente agrícolas y poco integradas al resto del mundo, a asumir en la actualidad un rol decisivo en el proceso de acumulación global y en el intercambio internacional.

Para poner esta transformación en cifras concretas es útil recurrir a los datos de la Penn World Table 6.3 (Heston et al., 2009). Según esta fuente, el ingreso personal relativo de China respecto a Estados Unidos se ha multiplicado por cuatro entre 1960 y 2007 (de 0.04 en 1960 a 0.16 en 2007); mientras que en India la suba ha sido del orden del 60% en el mismo lapso (de 0.07 en 1960 a 0.11 en 2007). Más allá de que la cifra de ingreso relativo aparece todavía muy lejana respecto a la principal economía mundial, hay que tener en cuenta dos hechos adicionales para contextualizar el avance alcanzado por estos dos países: i) la población en ambos ha crecido más rápidamente que en Estados Unidos en el mismo lapso, por lo que el ingreso total relativo ha aumentado más que el ingreso personal relativo; ii) el mayor avance se produjo en realidad a partir de las reformas que tuvieron lugar desde fines de los setenta (China) y principios de los ochenta (India), por lo que sus desempeños son aún más notorios si se computan sólo los últimos 30 años.

En cuanto a este último punto, hay que destacar que la performance de China e India en las tres décadas pasadas se ha asemejado a la de otros “milagros” de crecimiento como surge de la evidencia aportada por la Tabla 5. Allí se identifican, para cada década, las economías que más han crecido (analizando el percentil correspondiente en la distribución de crecimiento mundial), al tiempo que se controla por la sistematicidad de ese crecimiento (al incluir la condición de que en la mayor parte de los años de cada década el crecimiento de estos países haya sido superior al promedio mundial). Este destacable desempeño de China e India también puede ser corroborado en la Figura 30, donde se lo compara con el de otros bloques económicos.

**Tabla 5**

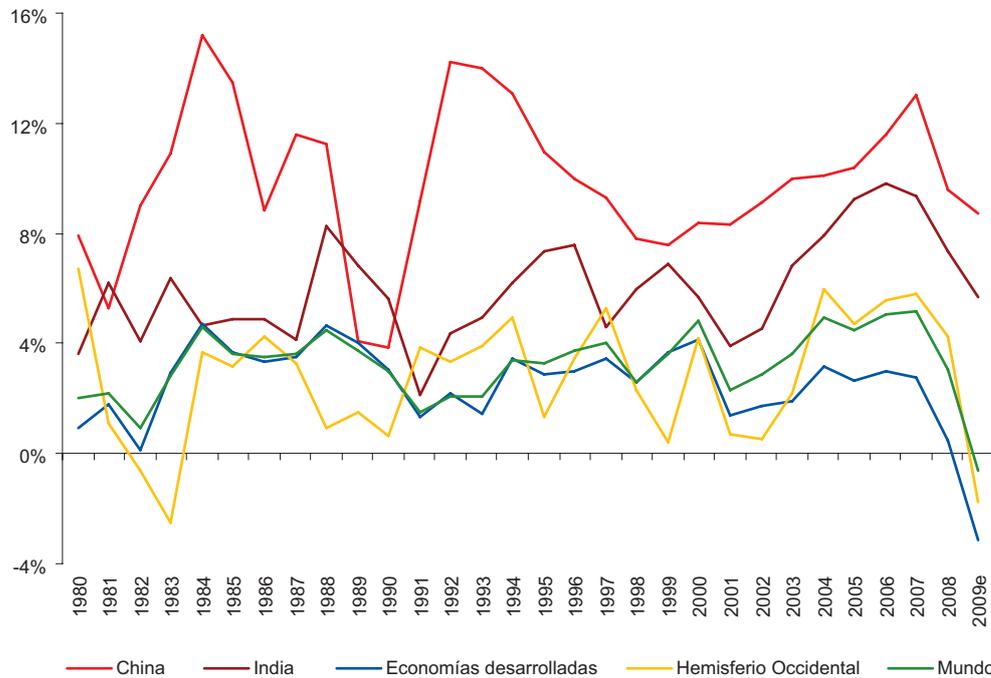
Experiencias de crecimiento alto y sostenido por décadas, 1960-2007

Periodo	Patrón de crecimiento	Crecimiento acumulado en el periodo mayor al percentil 90 de la distribución	Crecimiento acumulado en el periodo mayor al percentil 75 de la distribución
1961-1970	10 - 9 años de crecimiento	Japón, Grecia, Rumania, Irán, España, Gabón, Hong Kong	Mauritania, Marruecos
	8 - 7 años de crecimiento	Italia, Austria, Portugal, Puerto Rico, Tailandia, Turquía, Francia, Papua Nueva Guinea, Chipre, Botswana, Togo	Corea del Sur, Israel
1971-1980	10 - 9 años de crecimiento	Botswana, Rumania, Ecuador, Indonesia, Taiwán, Malasia	Siria, Hong Kong, Camerún
	8 - 7 años de crecimiento	Brasil, Paraguay, Singapur, Guatemala	Panamá, Corea del Sur, Tailandia, Grecia, Gabón, Irlanda, Lesotho
1981-1990	10 - 9 años de crecimiento	Corea del Sur, Taiwán, Hong Kong, <b>China</b> , Botswana, Tailandia, Chipre	Egipto, Singapur
	8 - 7 años de crecimiento	<b>India</b> , Pakistán, Japón	Turquía, Malasia, Nepal, Indonesia, Finlandia, Inglaterra, Sri Lanka, Puerto Rico, Irlanda, Portugal
1991-2000	10 - 9 años de crecimiento	<b>China</b> , Taiwán, Mauricio, Singapur, Chile, Malasia, Uganda, Sri Lanka	Corea del Sur, Irlanda
	8 - 7 años de crecimiento	Dinamarca, <b>India</b> , Guatemala, Australia, Inglaterra, Guinea-Bissau, Portugal	Tailandia, Chipre, Trinidad y Tobago, República Dominicana, Puerto Rico, Malí, Lesotho
2001-2007	7 años de crecimiento	Mozambique, Rumania, <b>China</b> , Trinidad y Tobago, <b>India</b> , Tanzania, Lesotho	Nigeria, Zambia, Chad
	6 - 5 años de crecimiento	Tailandia, Grecia, Honduras, Bangladesh, Finlandia, Sudáfrica	Botswana, Mauricio, Sri Lanka, Turquía, Malasia, Hong Kong, República Democrática de Congo, Malawi

Fuente: Elaboración propia en base a PWT 6.3.

**Figura 30**

Tasas de crecimiento anual de países seleccionados (1980-2009)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del FMI.

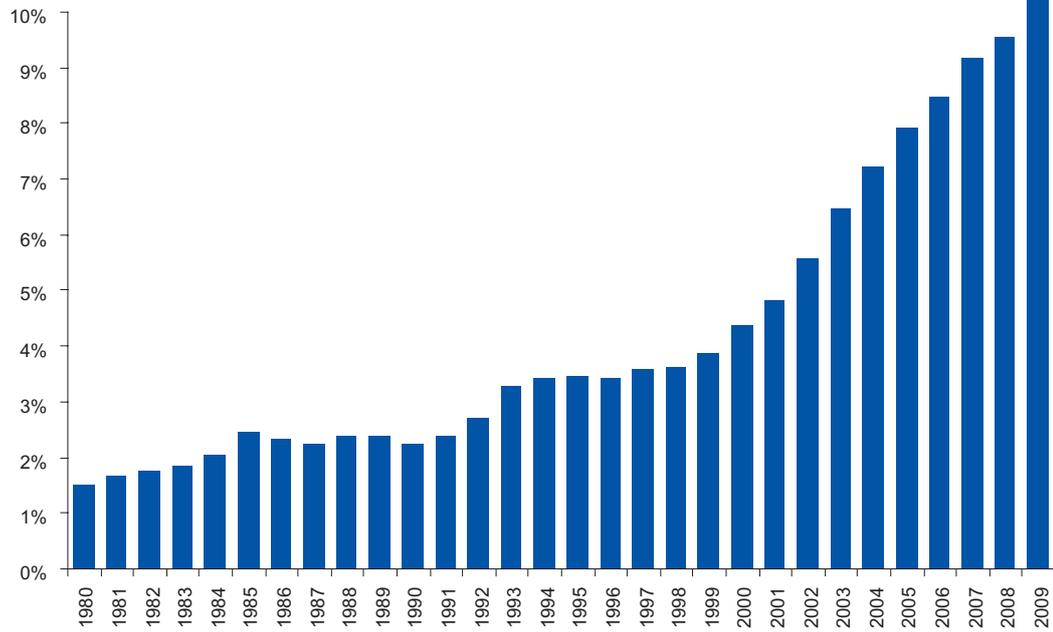
Como corolario de este crecimiento sistemático y sostenido, de acuerdo a datos oficiales del FMI, China e India en conjunto representan alrededor del 17% del producto mundial medido a través de la paridad de poder adquisitivo (10% si es medido en dólares corrientes) y son los principales consumidores de varios productos básicos.

A su vez, resultado de la gradual apertura comercial llevada a cabo desde comienzos de la década de los ochenta como parte de las reformas, la participación de ambas economías en el comercio internacional pasó de ser levemente superior al 1% en 1980 hasta alcanzar valores que exceden el 10% en 2009 (Figura 31).

Claramente, la aparición de dos nuevos jugadores de peso en el intercambio global implica nuevos desafíos y cambios en la composición de los flujos de comercio mundial. Uno de los más destacables es el rol decisivo que han asumido ambos países como importadores de numerosos commodities. Para señalar sólo algunos ejemplos, en las Figuras 32 a 34 se grafica la evolución de la participación de China e India en las importaciones mundiales de soja, hierro y petróleo.

**Figura 31**

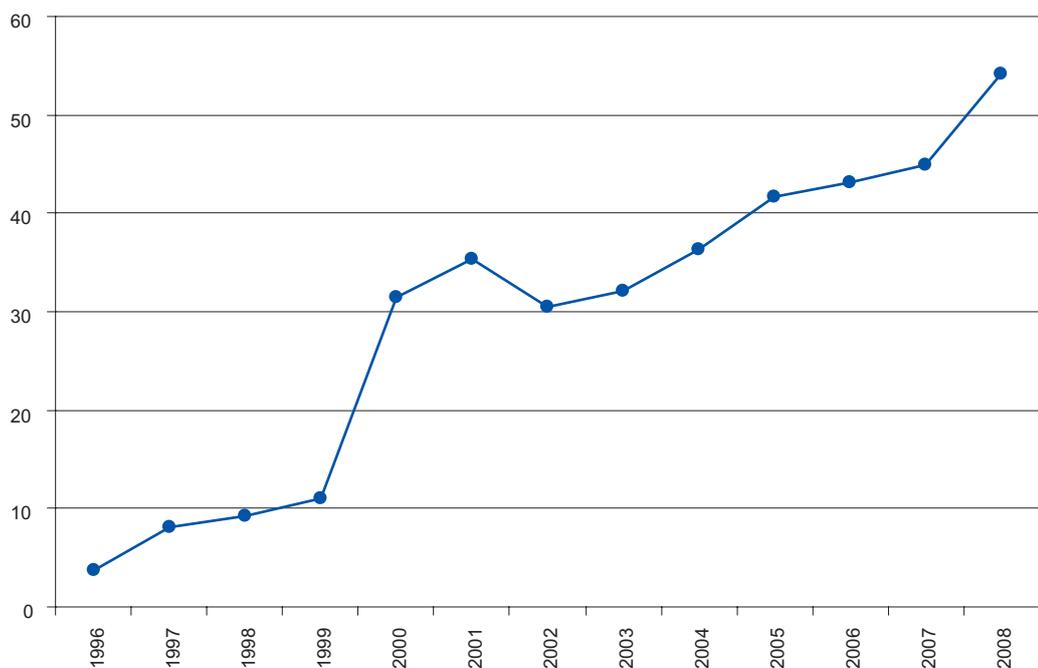
Participación de China e India en el comercio internacional



Fuente: Elaboración propia en base a datos del FMI.

**Figura 32**

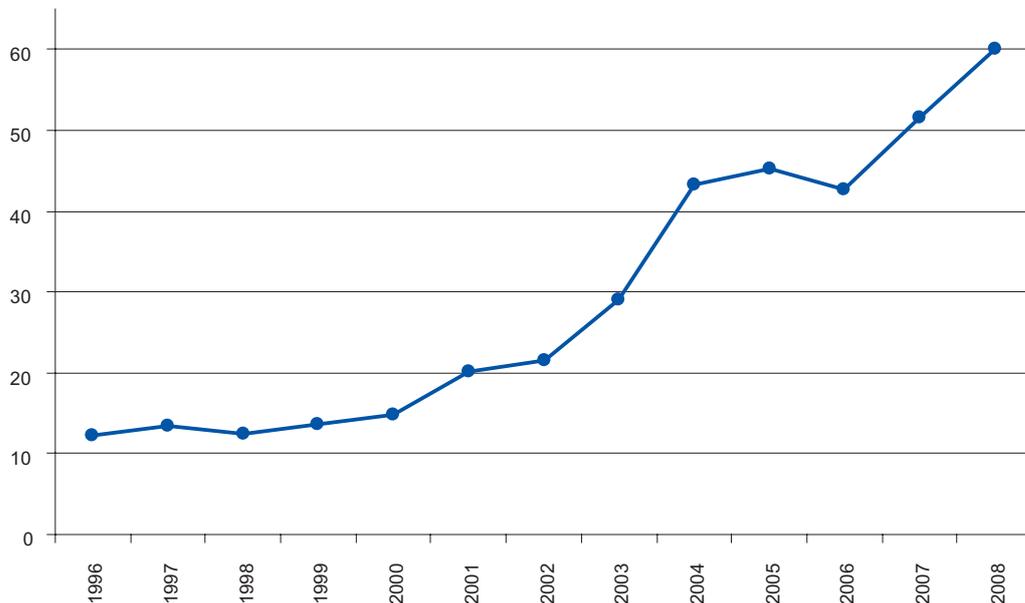
Importaciones de soja de China más India (% importaciones mundiales de soja)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Comtrade.

**Figura 33**

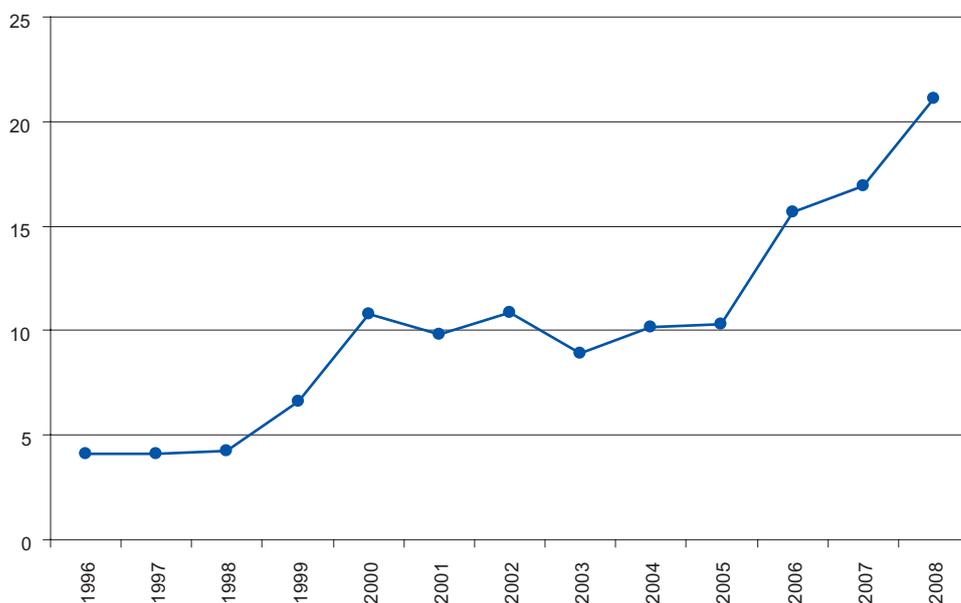
Importaciones de hierro de China más India (% importaciones mundiales de hierro)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Comtrade.

**Figura 34**

Importaciones de petróleo crudo de China más India (% importaciones mundiales de petróleo crudo)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de Comtrade.

De este modo, la incorporación de China e India al comercio mundial implica que un número no menor de commodities (particularmente metales, productos energéticos y *soft commodities* como la soja) enfrenten, al menos en el corto y mediano plazo, una suerte “de piso de demanda” que conllevará probablemente precios mayores a los registrados durante la década pasada.

A continuación se analiza, separadamente, la incidencia de China e India sobre los commodities vinculados a alimentos y la situación para los metales.

### 6.2.1. China e India: Crecimiento y transición nutricional

De acuerdo a los trabajos de Popkin (1993) y Popkin et al. (2001), el término “transición nutricional” alude a los cambios en los patrones alimenticios que ocurren a medida que el ingreso por habitante aumenta.

Según estos autores, en la primera etapa de este proceso, la suba del ingreso per cápita desde niveles muy bajos se asocia a un marcado aumento en el consumo de alimentos de cada habitante. En la segunda etapa, y a medida que el ingreso per cápita continúa creciendo, la ingesta de calorías sube y la composición del consumo también se diversifica: los alimentos básicos basados en cereales pierden terreno en términos relativos frente al consumo de carne, pescado, frutas y verduras.

Estos cambios fueron originalmente experimentados por varios de los países que hoy son considerados desarrollados y tuvieron lugar durante un largo período de tiempo, extendiéndose por varias décadas. Sin embargo, en economías como China o India este fenómeno está ocurriendo a una velocidad claramente más rápida.

Además de las modificaciones en los patrones de consumo que obedecen a cambios en el ingreso de los consumidores, también deben destacarse los cambios derivados de una mayor urbanización. Ésta tiene efectos particularmente fuertes sobre el nivel y la composición del consumo de alimentos en un determinado país si el ingreso de los consumidores urbanos es significativamente mayor al de los trabajadores rurales. Partiendo de este escenario, los trabajadores que permanezcan en el ámbito rural aumentarán la ingesta de calorías aunque conservarán en principio sus hábitos tradicionales de consumo, mientras que los trabajadores de las ciudades alcanzarán un nivel de ingesta de calorías más cercano al de los países desarrollados al cambiar sus costumbres alimenticias.

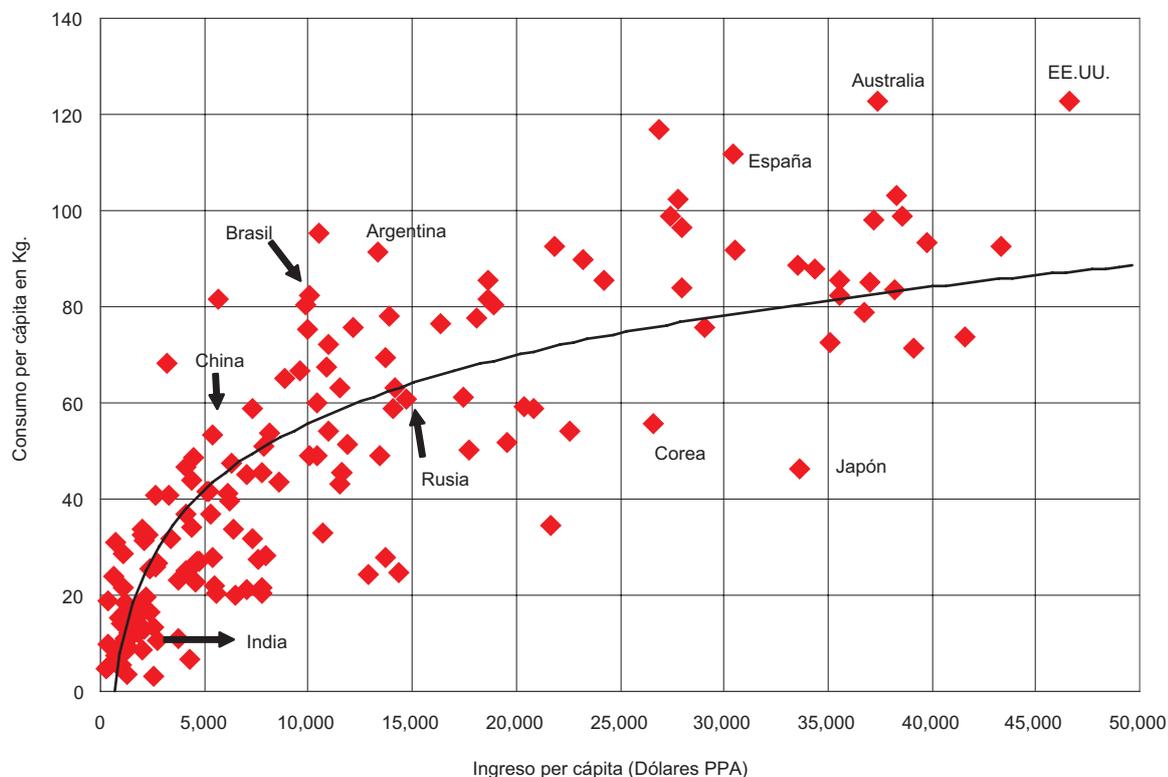
Adicionalmente, un mayor grado de urbanización implica un nivel de participación laboral más alto, lo que también afecta los patrones de consumo. De acuerdo a Schmidhuber y Shetty (2005) y King et al. (2000), las personas que viven en las ciudades ingieren una mayor cantidad de comidas fuera del hogar y ello conlleva que, ante un aumento en la población urbana, el consumo se vuelque hacia alimentos de origen animal (Rae, 1998). A modo de ilustración, vale señalar que según las proyecciones para la demanda de carne por parte de los consumidores chinos, se prevee que solamente este país será responsable de un incremento en la demanda mundial de carne del orden del 40% entre 1997 y 2020 (Rosengrant et al., 2001).

Como correlato de estas tendencias, la fuerte suba del consumo de carne acarreará una mayor demanda de soja debido a su creciente utilización como alimento para animales. Asimismo, el significativo aumento en el consumo per cápita de aceites vegetales en los centros urbanos, principalmente de aceite de soja y aceite de palma, también generará una presión adicional sobre el mercado de oleaginosas.

En este sentido, el trabajo de Delgado et al. (1999) destaca que a medida que una economía se desarrolla, el gasto destinado al consumo de carnes también crece en forma significativa (dando cuenta de una fuerte elasticidad). La Figura 35 muestra que esta relación positiva entre el ingreso y el consumo no es lineal pues la elasticidad depende del nivel de ingreso: cuando el ingreso per cápita sube, el consumo de carne primero se incrementa más que proporcionalmente hasta aproximadamente los 4,000-5,000 dólares-PPA y luego, a partir de allí, lo hace menos que proporcionalmente.

**Figura 35**

Consumo de carne e ingreso per cápita (año 2007)



Fuente: Elaboración propia en base a datos de FAO y del FMI.

Más allá de estos rasgos generales, los cambios en los hábitos alimenticios sucedidos tanto en China como en India durante las últimas décadas han exhibido diferencias. Esto puede observarse en la Tabla 6 donde se documentan las modificaciones en la composición de la canasta de alimentos (por principales rubros) ocurridos entre 1990 y 2005 en ambos países.

Partiendo de una tradición cultural que favorece el consumo de vegetales, la ingesta de carne en India prácticamente ha permanecido constante, mientras que en China creció más de un 25%.

En lo que respecta al consumo de cereales, éste ha disminuido ligeramente en India mientras que el de vegetales y frutas subió moderadamente. Por el contrario, en China, estos cambios fueron realmente intensos: la participación de la ingesta de granos cayó abruptamente a la mitad, de 42.7% en 1990-92 a 21.2% en 2003-05, en tanto que el de vegetales pasó de 21.5% a 35.9% en ese mismo período.

Estos datos parecen indicar que la ingesta de proteínas no ha variado tanto en India como sí ha ocurrido en China. Es decir, si bien el gran crecimiento poblacional y el significativo aumento del ingreso per cápita han resultado en mayores niveles absolutos de consumo de alimentos en India, dicho país se halla aún en la primera etapa de la transición nutricional, por lo que tiene un alto potencial para un rápido aumento en la ingesta de calorías.

**Tabla 6**

Composición de la canasta de alimentos en China e India (porcentaje del total, 1990-2005)

Producto	China			India		
	1990-92	1995-97	2003-05	1990-92	1995-97	2003-05
Bebidas Alcohólicas	3.0	3.8	4.0	0.3	0.4	0.4
Cereales	42.7	32.8	21.2	42.6	40.2	36.6
Huevos	1.5	2.3	2.6	0.3	0.4	0.4
Pescado y Frutos de Mar	2.5	3.7	3.4	1.1	1.1	1.2
Frutas	3.9	5.9	7.2	7.4	8.5	7.9
Carne	5.9	6.8	7.6	1.2	1.2	1.3
Leche	1.3	1.3	2.7	13.9	14.8	15.5
Cultivos Oleaginosos	1.1	1.2	0.9	1.9	1.9	1.7
Legumbres	0.4	0.2	0.1	3.4	3.2	2.8
Almidón de raíces	12.1	10.5	9.8	5.2	5.5	5.2
Azúcar y dulcificantes	1.7	1.4	1.0	5.9	5.7	5.8
Aceites Vegetales	1.2	1.2	1.4	1.7	1.9	2.4
Vegetales	21.5	27.2	35.9	13.8	13.7	17.2
Otros	1.3	1.6	2.2	1.4	1.5	1.7
<b>Total</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>

Fuente: Elaboración propia en base a datos de FAO.

Por su parte, China ha logrado transformar velozmente su patrón de consumo de alimentos y se ha acercado en la últimas dos décadas al nivel de calorías de los países desarrollados. Por lo tanto, al ya estar desandando la segunda etapa de la transición nutricional, es de esperar que los cambios futuros en la canasta de consumo ya no sean tan impresionantes.

Adicionalmente, hay que remarcar que los factores demográficos para los próximos años tenderán a acen-tuar este creciente peso relativo de India. En particular, porque las políticas en materia de natalidad adop-tadas en China implicarán un notorio estancamiento en el crecimiento de su fuerza laboral. Probablemente lo contrario ocurrirá en India, donde se espera que la oferta de mano de obra suba en 135 millones de per-sonas en los próximos diez años. Así, estas tendencias demográficas sumadas al rápido aumento del in-greso por habitante y el mayor retraso relativo en términos de transición nutricional, posicionan a India como la economía con mayor potencial para generar “nueva demanda” de alimentos en la próxima década y, consecuentemente, desempeñar un papel central en los mercados de *soft commodities*.

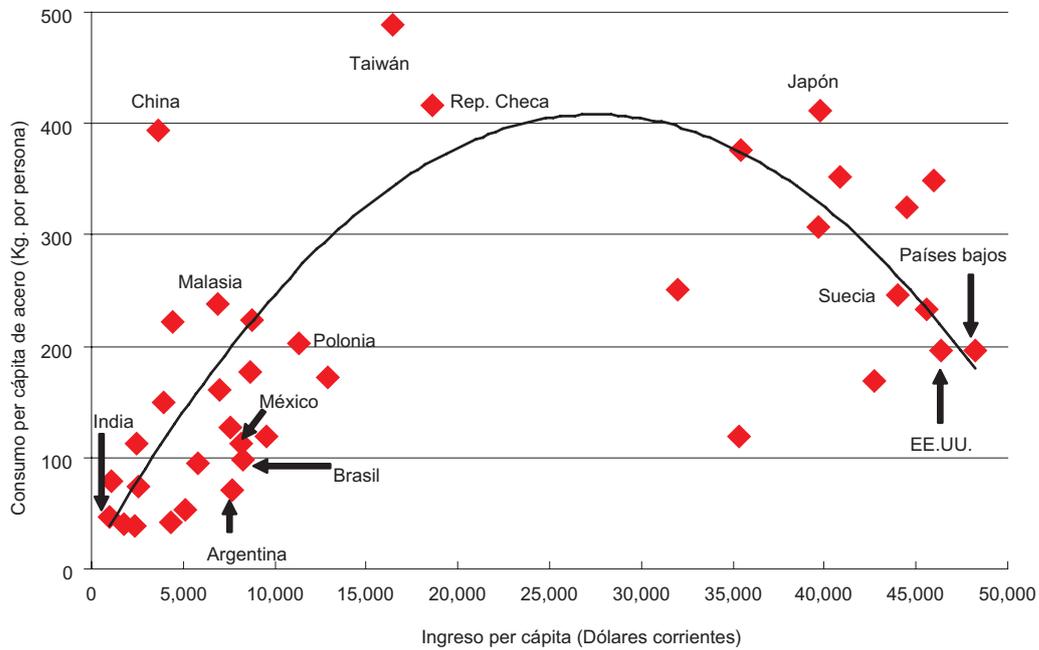
### 6.2.2. China e India: Intensidad de uso de metales y energía

También el consumo de metales ha crecido fuertemente en las últimas décadas tanto en China como en India, lo que se ha reflejado en la importancia que ganaron como importadores de distintos metales en los mercados internacionales (como es el caso del cobre y del acero).

Como ya fue señalado en la sección 2.2, diversos autores han planteado la hipótesis de “intensidad de uso” (Malembaum, 1973; Syrquin y Chenery, 1989) que establece una relación con forma de U invertida entre el consumo de metales y el nivel de ingreso. Las Figuras 36 y 37 corroboran la evidencia hallada por el estudio del FMI (2006) oportunamente citado: la intensidad con la que se utilizan los metales aumenta hasta cierto punto a medida que el PIB per capita crece y luego empieza a declinar.

**Figura 36**

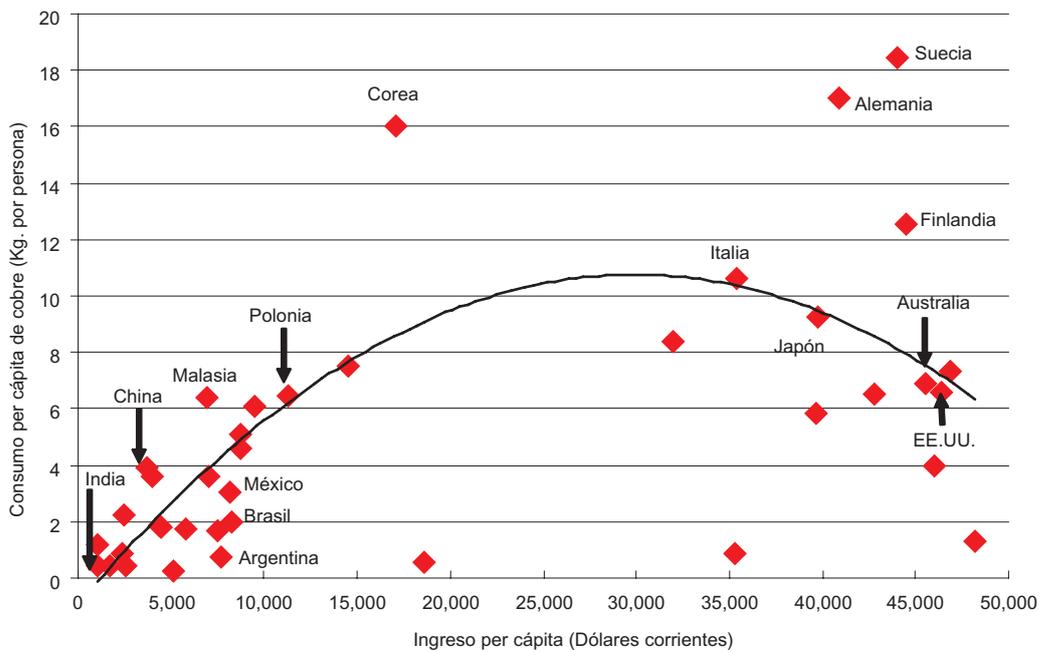
Consumo de acero e ingreso per cápita (año 2009)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del FMI y World Steel Association.

**Figura 37**

Consumo de cobre e ingreso per cápita (año 2008)



Fuente: Elaboración propia en base a datos del FMI e International Copper Study Group.

De esta forma, los países más pobres, o bien aquellos que se hallan en una etapa temprana de industrialización, exhiben una intensidad de uso de los metales muy baja, pues dichas economías poseen sistemas de producción escasamente mecanizados o se sostienen simplemente en una agricultura de subsistencia.

A medida que los países van alcanzando mayores niveles de desarrollo, resulta necesario un aumento sustancial en la inversión en infraestructura (tanto pública como privada) la cual generalmente está relacionada con el consumo de metales. Asimismo, se suma un segundo factor asociado al logro de mayores estándares de vida que acrecienta la demanda de metales, a saber, el mayor consumo de bienes durables.

Sin embargo, este mayor uso de metales requerido en el proceso de transformación de la estructura productiva (pasando de ser economías agrícolas de subsistencia a ser economías industrializadas) llega a un punto máximo a partir del cual comienza a caer, fenómeno explicado en gran parte por mejoras en la eficiencia con la que se emplean los insumos.

Ahora bien, si se extrapola hacia adelante la performance pasada de China e India en materia de crecimiento es de esperar, de confirmarse la relación de las Figuras 36-37, un notorio incremento en el consumo per cápita de metales lo que contribuiría a mantener elevados los precios de estos productos en el mediano y largo plazo.

Como conclusión general de esta sección, vale destacar que la evidencia aportada muestra la gran importancia tanto de la producción de biocombustibles como de los cambios estructurales experimentados por China e India para los precios de los commodities, particularmente en los últimos 10 años. En este sentido, hay que remarcar que aun cuando se incluyen variables estándar de la literatura para medir la demanda de commodities, puede pensarse que los factores señalados en esta sección están siendo sólo parcialmente capturados en el modelo empírico propuesto y, en consecuencia, es recomendable ser cautos al configurar escenarios futuros para los commodities únicamente a partir de las estimaciones.

## **7. Conclusiones e implicancias de política**

Desde la perspectiva de los hacedores de política, la distinción entre movimientos permanentes y transitorios de las variables macroeconómicas es uno de los mayores desafíos para la toma de decisiones económicas apropiadas. Uno de los principales objetivos de los modelos económicos y de las estimaciones empíricas es brindar un marco consistente para racionalizar esas decisiones. Con este fin, se ha propuesto utilizar una metodología no lineal multivariada para lograr una mejor comprensión de las causas subyacentes de los movimientos de los precios de los commodities, una vez que se considera un rol explícito a la financiarización de los mercados de commodities.

Es interesante pensar a este fenómeno como un factor amplificador de los ciclos de los precios de los commodities. Para ello, se desarrolla un marco conceptual en el cual los fundamentales y la financiarización interactúan entre sí, tratando a la actividad especulativa como un elemento que afecta principalmente a la dinámica de precios a corto plazo pero no al equilibrio de largo plazo.

Por lo tanto, en el modelo teórico propuesto, los fundamentales siguen siendo la única fuerza real para explicar el comportamiento de los precios a largo plazo. Sin embargo, la heterogeneidad de las expectativas de los participantes de los mercados de commodities es crucial en la definición de las características del ajuste al equilibrio.

Con respecto a los fundamentales, se corrobora empíricamente la importancia de variables macroeconómicas claves en la determinación del precio de equilibrio, a saber: el tipo de cambio real de Estados Unidos, la producción industrial agregada como *proxy* de la demanda mundial y la tasa de interés internacional real. También se encuentra una correlación condicional negativa entre el índice de precios de commodities considerado y el retorno real de los mercados bursátiles.

La dinámica de corto plazo muestra los resultados más novedosos. La evidencia hallada respalda la idea de que los precios de los commodities tienden a corregirse hacia el equilibrio, pero esta corrección sólo se produce si el desalineamiento pasado es suficientemente alto. Por lo tanto, en un régimen de bajo desalineamiento, las fuerzas correctoras no prevalecen y los precios pueden moverse en cualquier dirección, según el humor de los mercados.

Asimismo, en el documento se complementa el análisis teórico y econométrico con el estudio cualitativo de lo que son, sin dudas, los dos cambios estructurales recientes más relevantes para los mercados de commodities: el desarrollo de los biocombustibles como fuente complementaria a los combustibles fósiles y el rápido ascenso de China e India como nuevas potencias económicas. Se trata, en ambos casos, de factores que no pueden ser soslayados al momento de plantear perspectivas y escenarios para los precios de los commodities pero que, al mismo tiempo, resultan complejos de capturar plenamente en un modelo empírico como el aquí propuesto.

Respecto a las implicancias de política, el documento sugiere que los países en desarrollo que dependen fuertemente de los commodities deberían prestar suma atención a los desalineamientos de sus precios: las reversiones tienden a ser abruptas cuando la brecha entre el precio observado y el precio fundamental es superior al 20-25%. Debe tenerse presente que los commodities afectan a variables claves de la economía como, por ejemplo, el crecimiento del producto, la inflación, la distribución del ingreso, el ahorro nacional o los ingresos fiscales.

También es importante destacar que la evidencia aportada muestra que los factores que afectan los precios de los commodities (como ser la tasa de interés internacional real y el tipo de cambio real de Estados Unidos) son similares a los que afectan los flujos de capitales. Esto explica por qué es difícil para los países en desarrollo morigerar los shocks en los términos de intercambio con financiamiento externo. Los mismos fundamentales que empeoran los términos de intercambio impactan de manera adversa en el acceso al mercado internacional de crédito. Una combinación de políticas apropiada debería incluir, en este caso, acciones estructurales para suavizar los ciclos externos y reducir la dependencia de los commodities cuando los precios alcanzan niveles elevados.

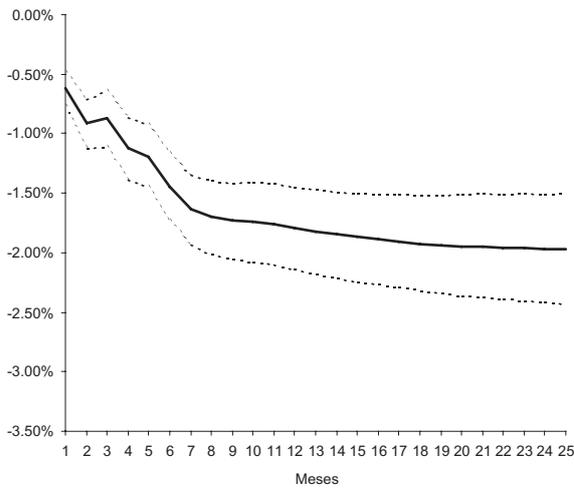
## Apéndice 1

### Análisis de impulso-respuesta

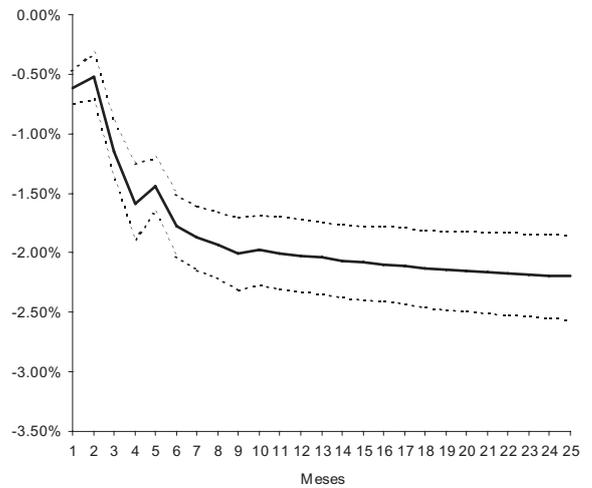
En este apéndice se presenta la respuesta de los precios de los commodities a shocks de los fundamentales de una magnitud de 3 desvíos estándar.

#### Figura 1A

Shock del tipo de cambio real multilateral de Estados Unidos



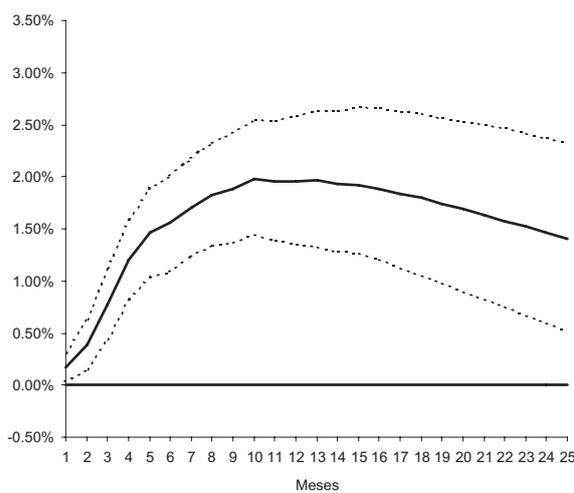
a) Desalineamiento inicial bajo



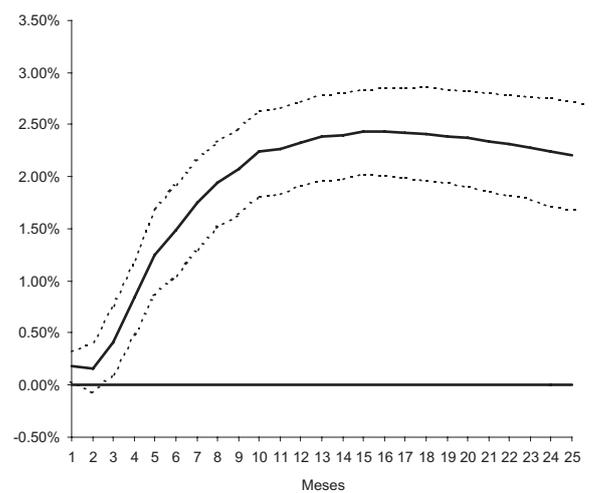
b) Desalineamiento inicial alto

#### Figura 2A

Shock del índice de producción industrial



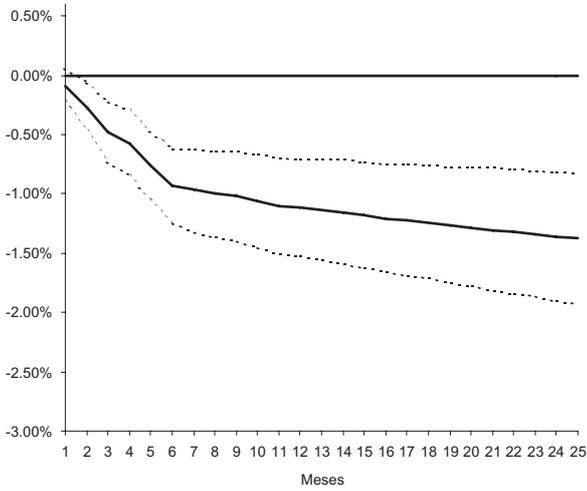
a) Desalineamiento inicial bajo



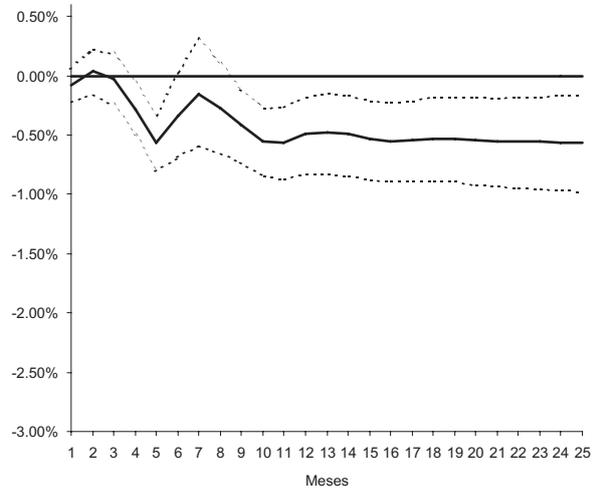
b) Desalineamiento inicial alto

### Figura 3A

Shock de la tasa de interés real de Estados Unidos



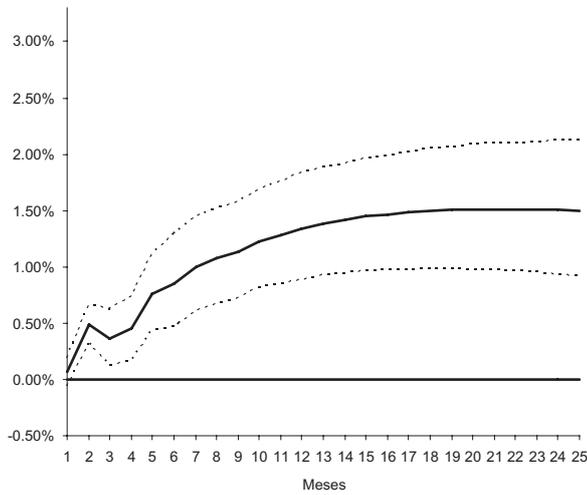
a) Desalineamiento inicial bajo



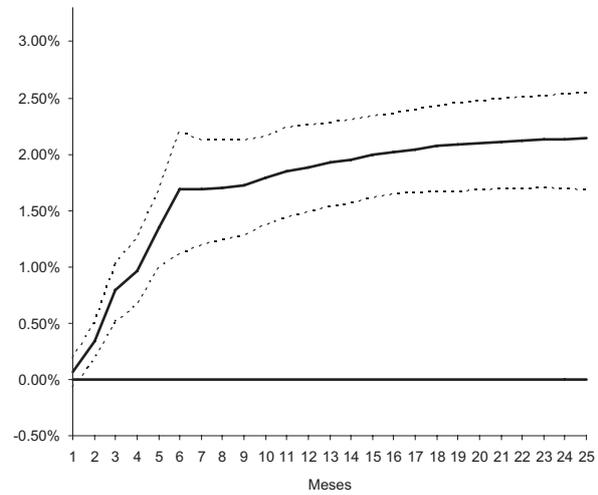
b) Desalineamiento inicial alto

### Figura 4A

Shock del índice Dow Jones real



a) Desalineamiento inicial bajo



b) Desalineamiento inicial alto

## Referencias

Banse, M. y H. Grethe (2008) "Effects of a Potential New Biofuel Directive on EU Land Use and Agricultural Markets" Paper prepared for presentation at the 107th EAAE Seminar "Modelling of Agricultural and Rural Development Policies", Sevilla, 2008.

Beenstock, M. (1988) "An Econometric Investigation of North-South Interdependence", en D. Currie y D. Vines (eds.) *Macroeconomic Interactions between North and South*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K.

Bienkowski, N. (2007) "Exchange Trade Commodities", The London Bullion Association.

Bleaney M. y D. Greenaway (1993) "Long-Run Trends in the Relative Price of Primary Commodities and in the Terms of Trade of Developing Countries", *Oxford Economic Papers*, New Series, Vol. 45, 349-363.

Borensztein E. y C. Reinhart (1994) "The Macroeconomic Determinants of Commodity Prices", *IMF Staff Papers*, Vol. 41, 236-258.

Braun, J. (2008) "Rising Food Prices: What Should be Done?", International Food Policy Research institute, Washington D.C.

Bray, M. y N. Savin (1986) "Rational Expectations Equilibria, Learning, and Model Specification", *Econometrica*, Vol. 54, 1129-1160.

Camacho, M. (2004) "Vector Smooth Transition Regression Models for US GDP and the Composite Index of Leading Indicators", *Journal of Forecasting*, Vol. 23, 173-196.

Cashin, P. y C. McDermott (2002) "The Long-Run Behavior of Commodity Prices: Small Trends and Big Variability", *IMF Staff Papers*, Vol. 49, 175-199.

Chan, K. y H. Tong (1986) "On Estimating Thresholds in Autoregressive Models", *Journal of Time Series Analysis*, Vol. 7, 179-191.

Chen, S. y J. Wu (2000) "A Re-Examination of Purchasing Power Parity in Japan and Taiwan" *Journal of Macroeconomics*, Vol. 22, 271-284.

Cheung, C. y S. Morin (2007) "The Impact of Emerging Asia on Commodity Prices", *Money Affairs*, Vol. 20, 181-223.

Choi, C., L. Hu y M. Ogaki (2008) "Robust Estimation for Structural Spurious Regressions and a Hausman-Type Cointegration Test", *Journal of Econometrics*, Vol. 142, 237-351.

Cuddington, J. y C. Urzúa (1989) "Trends and Cycles in the Net Barter Terms of Trade: a New Approach", *Economic Journal*, Vol. 99, 426-442.

Dale B. (2007) "Cellulosic Ethanol and Sustainability: There is no Food vs. Fuel Conflict". Presentado en National Meeting Engineering Chemistry, Illinois, Estados Unidos.

De Gregorio, J., H. González y F. Jaque (2005) "Fluctuaciones del Dólar, Precio del Cobre y Términos del Intercambio", Documento de Trabajo del Banco Central de Chile No. 310, Febrero, 2005.

Delgado, C., M. Rosegrant, H. Steinfeld, S. Ehui y C. Courbois (1999) "Livestock to 2020: the Next Food Revolution", IFPRI Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 28.

DeLong, J., A. Shleifer, L. Summers y R. Waldmann (1990a) "Noise Trader Risk in Financial Markets", *Journal of Political Economy*, Vol. 98, 703-738.

DeLong, J., A. Shleifer, L. Summers y R. Waldmann (1990b) "Positive Feedback Investment Strategies and Destabilizing Rational Speculation", *Journal of Finance*, Vol. 45, 379-395.

Deaton, A. (1999) "Commodity Prices and Growth in Africa", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 13, 23-40.

Deutsche Bank (2005) "An Investor Guide to Commodities", M. Lewis (ed.), Abril, 2005.

Deutsche Bank (2008) "Commodities and the Role of Speculation" Global Markets Research, Mayo, 2008.

Domanski, D. y A. Healt (2007) "Financial Investors and Commodity Markets", *BIS Quarterly Review*, Mayo, 2007, 53-67.

Dornbusch, R. (1985) "Policy and Performance Links Between LDC Debtors and Industrial Nations", *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 1985, 303-368.

Elobeid, A. y C. Hart (2007) "Ethanol Expansion in the Food versus Fuel Debate: How Will Developing Countries Fare?", *Journal of Agricultural & Food Industrial Organization*, Vol. 5, Issue 6, Special Issue: Explorations in Biofuels Economics, Policy, and History.

Engle, R. y C. Granger (1987) "Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing", *Econometrica*, Vol. 55, 251-276.

Erb, C. y C. Harvey (2005) "The Tactic and Strategic Value of Commodity Futures", NBER Working Paper No. 11222.

FAO (2008) "Biocombustibles: Perspectivas, Riesgos y Oportunidades", en *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*, Roma, 2008.

FAPRI (2010) "U.S. and World Agricultural Outlook", mimeo, Food and Agricultural Policy Research Institute, Iowa State University.

FMI (2006) "The Boom in Nonfuel Commodity Prices: Can It Last?", *World Economic Outlook* (Chapter 5), Septiembre, 2006.

FMI (2007) "Global Prospects and Policies", *World Economic Outlook*, (Capítulo 1), Octubre, 2007.

Fourgeaud, C., C. Gourieroux y J. Pradel (1986) "Learning Procedures and Convergence to Rationality", *Econometrica*, Vol. 54, 845-868.

- Frankel, J. (2006) "The Effect of Monetary Policy on Real Commodity Prices", NBER Working Paper No. 12713.
- Frankel, J y K. Froot (1987a) "Using Survey Data to Test Standard Propositions regarding Exchange Rate Expectations", *American Economic Review*, Vol. 77, 133-153.
- Frankel, J. y K. Froot (1987b) "Short-Term and Long-Term Expectations of the Yen/Dollar Exchange Rate: Evidence from Survey Data", NBER Working Paper No. 2216.
- Franses, P. y D. van Dijk (2000) *Nonlinear Time Series Models in Empirical Finance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gilbert, C. (1989) "The Impact of Exchange Rates and Developing Country Debt on Commodity Prices", *The Economic Journal*, Vol. 99, 773-784.
- Goldemberg, J., S. Coelho y P. Guardabassi (2008) "The Sustainability of Ethanol Production from Sugar-cane", *Energy Policy*, Vol. 36, 2086-2097.
- Gorton, G. y K. Rouwenhorst (2004) "Facts and Fantasies about Commodity Futures", NBER Working Paper No. 10595.
- Granger, C. y T. Teräsvirta (1993) *Modeling Nonlinear Economic Relationships*, Oxford University Press, New York.
- Grilli, E. y M. Yang (1988) "Primary Commodity Prices, Manufactured Goods, Prices and Terms of Trade of Developing Countries: What the Long Run Shows", *World Bank Economic Review*, Vol. 2, 1-48.
- Hamilton, B. (2001) "Using Engel's Law to Estimate CPI Bias", *American Economic Review*, Vol. 91, 619-630.
- Hannesson R., (2002) "Energy use and GDP growth, 1950-97". *OPEC Review*, Issue 26, páginas: 215-233.
- Heston, A., R. Summers y B. Aten (2009) "Penn World Table V.6.3", Center for International Comparisons of Production, Income and Prices at the University of Pennsylvania, Agosto de 2009.
- Houthakker, H. (1987) "Engel's Law", in J. Eatwell, M. Milgate and P. Newman (eds.) *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*, London, Macmillan, 1987, 143-144.
- Kaplinsky, R. (2006) "Revisiting the Revisited Terms of Trade: Will China Make a Difference?", *World Development*, Vol. 34, 981-995.
- Kerckow B. (2007) "Competition between Agricultural and Renewable Energy Production", *Journal of International Agriculture*, Issue 4, 2007.
- King, B., J. Tietyen y S. Vickner (2000) "Consumer Trends and Opportunities", Lexington, USA, Universidad de Kentucky, USA.

Koop, G., H. Pesaran, y S. Potter (1996) "Impulse Response Analysis in Nonlinear Multivariate Models", *Journal of Econometrics*, Vol. 74, 119-47.

Krugman, P. (2008) "Speculation and Signatures", mimeo.

Leemans R., A. Amstel, C. Battjes y E. Kreileman (1996) "The Land Cover and Carbon Cycle Consequences of Large-Scale Utilizations of Biomass as an Energy Source", *Global Environmental Change*, Issue 4, 1996.

Lipsky, J. (2008) "Commodity Prices and Global Inflation", Remarks at the Council of Foreign Relations, New York, Mayo.

Luukkonen, R., P. Saikkonen y T. Teräsvirta (1998) "Testing Linearity Against Smooth Transition Autoregressive Models", *Biometrika*, Vol. 75, 491-499.

Malembaum, W. (1973) "Material requirements in the United States and abroad in the year 2000". Research Project for the National Commission on Materials Policy. Philadelphia, PA, University of Pennsylvania.

Mathews, J. (2007) "Biofuels: What a Biopact between North and South could achieve" *Energy Policy*, Volume 35, Issue 7, July 2007, Pages 3550-3570.

McNee, A. (2006) "Investors Slake Commodities Thirst with Structured Products", *The Banker*, Julio, 2006.

Mendoza, O. (2004) "Las Asimetrías del Pass-Through en Venezuela", Colección Economía y Finanzas: Serie Documentos de Trabajo No. 62, Banco Central de Venezuela.

Michael, P., A. Nobay y D. Peel (1997) "Transactions Costs and Nonlinear Adjustments in Real Exchange Rates: An Empirical Investigation", *Journal of Political Economy*, Vol. 105, 862-879.

Monoyios, M. y L. Sarno (2002) "Mean Reversion in Stock Index Futures: A Nonlinear Analysis", *The Journal of Futures Markets*, Vol. 22, 285-314.

Montalvo, J. (1995) "Comparing Cointegrating Regression Estimators: Some Additional Montecarlo Results", *Economic Letters*, Vol. 48, 229-234.

Msangi, S., T. Suiser, M., Rosegrant y R. Valmonte-Santos, (2007) "Global Scenarios for Biofuels: Impacts and Implications for Food Security and Water Use", Presentado en: CGE Modelling of Climate, Land use and Water: Challenges and Applications, Purdue University, Indiana.

Ocampo, J. y M. Parra (2003) "Returning to a Eternal Debate: The Terms of Trade in the Twentieth Century", Serie Estudios e Informes Especiales No. 5, CEPAL, Santiago.

OECD-FAO (2008) *Agricultural Outlook 2008-2017*.

Phillips, P y B. Hansen (1990) "Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with  $I(1)$  Processes", *Review of Economic Studies*, Vol.57, 703-708.

- Pimentel, D. y T. Patzek (2007) "Ethanol Production: Energy and Economic Issues related to U.S. and Brazilian Sugarcane", mimeo Natural Resources Research 2007.
- Pindyck, R. y J. Rotemberg (1987) "The Excess of Co-Movement of Commodity Prices", NBER Working Paper No. 1987.
- Popkin B. (1993) "Nutritional Patterns and Transitions", *Population and Development Review*, Vol. 19, 138-157.
- Popkin, B., S. Horton y S. Kim (2001) "The Nutrition Transition and Prevention of Diet-Related Chronic Diseases in Asia and the Pacific", Food and Nutrition Bulletin, Issue 22, United Nations University Press, Tokyo, Japan.
- Prebisch, R. (1950) "The Economic Development of Latin America and Its Principal Problems", New York, United Nations; Reimpreso al español en *Desarrollo Económico*, Vol. 26, 251-302.
- Rae, A. (1998) "The Effects of Expenditure Growth and Urbanisation on Food Consumption in East Asia: a Note on Animal Products", *Agricultural Economics*, Issue 18, 291-299.
- Ridler, D. y C. Yandle (1972) "A Simplified Method of Analyzing the Effects of Exchange Rates on Exports of a Primary Commodity", *IMF Staff Papers*, Vol.19, 559-578.
- Rosegrant, M., M. Paisner, S. Meijer y J. Witcover (2001). "Global Food Projections to 2020: Emerging Trends and Alternative Futures", International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Rosegrant, M. (2008) "Biofuels and Grain Prices: Impacts and Policy Responses International Food" Policy Research Institute, testimony for the U.S. Senate Committee on Homeland Security and Governmental Affairs May 7, 2008, Washington DC.
- Sarno, L., G. Valente y H. Leon (2006) "Nonlinearity in Deviations from Uncovered Interest Parity: An Explanation of the Forward Bias Puzzle", *Review of Finance*, Vol. 10, 443-482.
- Schmidhuber, J. (2006) "Impact of an Increased Biomass use on Agricultural Markets, Prices and Food Security: A longer-term Perspective", Paper prepared for the "International symposium of Notre Europe", Paris, 27-29 November, 2006.
- Schmidhuber, J. y P. Shetty (2005) "The Nutrition Transition to 2030. Why Developing Countries are Likely to Bear the Major Burden", *Acta Agriculturae Scandinavica, Section C Economy*, 2(3-4): 150-166.
- Shin, Y. (1994) "A Residual Based Test of the Null of Cointegration against the Alternative of No Cointegration", *Econometric Theory*, Vol. 10, 91-115.
- Shleifer, A. y L. Summers (1990) "The Noise Trader Approach to Finance", *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 2, 19-33.
- Singer, H. (1950) "The Distribution of Gains between Investing and Borrowing Countries", *American Economic Review*, Vol. 40, 473-485.

Steenblik, R. (2007) "Biofuels – At what Cost? Government Support for Ethanol and Biodiesel in Selected OECD Countries, a Synthesis of Reports Addressing Subsidies for Biofuels in Australia, Canada, the European Union, Switzerland and the United States", The Global Subsidies Initiative (GSI) of the International Institute for Sustainable Development (IISD), Ginebra, Suiza.

Stefanini, F. (2006) *Investment Strategies of Hedge Funds*, John Wiley & Sons, Ltd.

Stock, J. y M. Watson (1993) "A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher-Order Integrated Systems", *Econometrica*, Vol. 6, 738-820.

Syrquin M. y H. Chenery (1989) "Patterns of Development, 1950 to 1983". Discussion Paper 41, World Bank, Washington, DC.

Taylor, M.P., D. Peel y L. Sarno (2001) "Nonlinear Mean-Reversion in Real Exchange Rates: Towards a Solution to the Purchasing Power Parity Puzzles", *International Economic Review*, Vol. 42, 1015-1042.

Teräsvirta, T. (1994) "Specification, Estimation and Evaluation of Smooth Transition Autoregressive Models", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 89, 208-218.

Tong, H. (1978) *On a Threshold Model in Pattern Recognition and Signal Processing*, C.H. Chen (ed), Sijhoff and Noordhoff, Amsterdam.

Tong, H. (1990) *Nonlinear Time Series: a Dynamical System Approach*, Claredon Press, Oxford.

Tsay, R. (1989) "Testing and Modeling Threshold Autoregressive Processes", *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 84, 231-240.

Tyner, W. y F. Taheripour (2007) "Biofuels, Energy Security, and Global Warming Policy Interactions". National Agricultural Biotechnology Council Conference, South Dakota State University, EE.UU.

UNCTAD (2006) "The Emerging Biofuels Market: Regulatory, Trade and Development Implications", United Nations.

UNEP (2009) "Towards Sustainable Production and Use of Resources: Assessing Biofuels", United Nations Environment Programme.

van Dijk, D. (2001) "Smooth Transition Models: Extensions and Outlier Robust Inference", Tinberg Institute: Amsterdam.

van Dijk, D., T. Teräsvirta, y P. Franses (2002) "Smooth Transition Autoregressive Models – A Survey of Recent Developments", *Econometric Reviews*, Vol. 21, 1-47.

Viñals, J. (2008) "Commodity Prices, Inflation and Monetary Policy", Presented in the Central Bank of Argentina 2008 Money and Banking Seminar "Financial Turmoil: its Effects on Developed and Emerging Economies", Buenos Aires, Septiembre, 2008.

Weise, C. (1999) "The Asymmetric Effects of Monetary Policy: a Nonlinear Vector Autoregression Approach", *Journal of Money, Credit and Banking*, Vol. 31, 85-108.

Westerhoff, F. y S. Reitz (2005) "Commodity Price Dynamics and the Nonlinear Market Impact of Technical Traders: Empirical Evidence for the US Corn Market", *Physica A* 349, Vol. 2005, 641-648.

Las oscilaciones en los precios de los commodities registrados en los últimos años volvieron a instalar este tema en el centro de las discusiones. El presente estudio se inserta en este reavivado debate a partir de un modelo teórico y empírico integral destinado a comprender los factores que afectan a los commodities tanto en el corto como en el largo plazo. Se analiza el llamado proceso de financialización de los commodities, argumentando que este fenómeno puede generar un patrón de ajuste no lineal de los precios hacia su valor de equilibrio. Para fundamentar la hipótesis se desarrolla un modelo de agentes heterogéneos. La evaluación empírica es realizada con un modelo de vectores autorregresivos con transición suave. Los resultados sugieren que las grandes discrepancias entre los precios spot y los de equilibrio tienden a corregirse con relativa rapidez, mientras que los desalineamientos pequeños suelen persistir en el tiempo sin que surja endógenamente una fuerza correctora. Finalmente, se tratan dos procesos que se intensificaron durante la última década y que deben ser tenidos en cuenta para configurar escenarios para los commodities. Por un lado, la producción de biocombustibles y, por el otro, el cambio en el patrón de la demanda internacional de bienes primarios como consecuencia de las transformaciones estructurales de países emergentes de gran peso como son China e India.

