



Consejo Internacional del Café
122º período de sesiones
17 – 21 septiembre 2018
Londres, Reino Unido

**La función del mercado de futuros
del café en la determinación de precios
para los productores de Latinoamérica**

Antecedentes

1. De conformidad con el Artículo 34 del Acuerdo Internacional del Café de 2007 y el programa de actividades del año cafetero 2017/18, la Organización Internacional del Café (OIC) deberá proporcionar a los Miembros estudios e informes sobre aspectos pertinentes del sector cafetero.
2. El Plan de acción quinquenal de la Organización establece como una de las acciones prioritarias en el marco del Objetivo estratégico: “Proporcionar datos, análisis e información de talla mundial” y establecer asociaciones con universidades e institutos de investigación. El objetivo de esas colaboraciones será mejorar la cantidad y calidad de la producción analítica de la OIC.
3. Como primer paso en cuanto a crear y dar carácter oficial a las asociaciones con universidades, en el año cafetero 2017/18 la Secretaría empezó a colaborar con el Departamento de Economía Agrícola y Desarrollo Rural de la Universidad Georg-August de Goettingen (Alemania). El objetivo de la colaboración fue combinar los datos sobre el mercado de café y la capacidad interna de investigación de la OIC con los instrumentos analíticos avanzados que usan los investigadores de la universidad en la producción de estudios exhaustivos de investigación. Esos estudios son de carácter técnico y están dirigidos a un público de especialistas e investigadores del sector que trabajan en el campo de la economía aplicada al sector cafetero y serán difundidos entre la comunidad investigadora. En los Anexos figura una descripción detallada de la metodología que se usó, para que pueda ser usada por otros investigadores, por ejemplo, en institutos nacionales de investigación. Los estudios también ofrecen un resumen amplio en lenguaje que no es técnico.

4. Desde el comienzo de la colaboración se llevó a cabo investigación conjunta en el campo de precios del café, pautas de comercio e igualdad de género. El primer estudio está finalizado y se adjunta a este documento. Este estudio sobre el papel de los mercados de futuros en la determinación de los precios en mercados latinoamericanos analiza la relación entre los mercados al contado y los de futuros del café en Brasil, Colombia, Guatemala, Honduras, la República Dominicana y El Salvador.

5. Se están realizando en la actualidad otros dos estudios, la evaluación de la diferencia de género en cuanto a productividad en la producción de café de Etiopía, usando datos demográficos del Banco Mundial, y un análisis de datos de certificados de origen de determinados países productores de Asia y Latinoamérica, y se espera que estén finalizados en el año cafetero 2018/19.

Medidas que se solicitan

6. Se pide al Consejo que tome nota de este documento.

RESUMEN

El café es un importante producto básico de exportación para muchos países latinoamericanos, y el porcentaje que le correspondió en el valor total de exportación en 2016 fue de alrededor del 2% en Brasil y El Salvador, hasta más del 11% en Honduras. El café se comercia también activamente en mercados internacionales de productos básicos. Por consiguiente, es importante comprender la relación entre los precios que se establecen en los contratos de futuros del café, una obligación contractual de vender el producto básico en un día predeterminado en el futuro, y los precios al contado, que es el precio actual en el mercado para la entrega inmediata del café. Hay división en los resultados de la investigación anterior en cuanto a la dirección de la relación entre los precios en los mercados al contado y en los mercados de futuros. Si bien algunos estudios llegan a la conclusión de que los mercados de futuros del café dominan el proceso de determinación de precios, otros sugieren que los mercados al contado incorporan nueva información con más rapidez.

El objetivo de este estudio es contribuir al debate i) investigando la relación entre los precios del café en los mercados al contado y de futuros, y ii) analizando el papel de los mercados de futuros como mecanismo de determinación de precios usando datos de la OIC de precios de seis países productores de café de Latinoamérica: Brasil, Colombia, Guatemala, Honduras, El Salvador y la República Dominicana.

Este estudio se basa en observaciones mensuales de los precios del café Arábica entre enero de 1973 y marzo de 2017. Las series de precios pagados a los productores que se usan en el análisis tienen observaciones mensuales de precios del café Arábica, y los precios de los mercados de futuros comprenden promedios mensuales de los precios del contrato "C" de futuros de la Bolsa Intercontinental de Nueva York.

El análisis econométrico de los datos sobre precios confirma la existencia de una relación estable a largo plazo entre los precios del mercado de futuros y los pagados al productor. Pudo encontrarse co-integración de precios del mercado de futuros y de los pagados al productor en todos los países, lo que insinúa que los precios reaccionan al mismo conjunto de información de mercado. Es más, los precios del mercado de futuros del pasado parecen influenciar en la mayor parte de los casos los precios actuales del mercado de futuros y los pagados al productor. Los precios pagados en el pasado al productor parecen tener solo influencia limitada en los niveles actuales de los precios del mercado de futuros.

El análisis del papel del mercado de futuros como mecanismo de determinación de precios dio resultados mixtos: en Brasil, Colombia y la República Dominicana, los precios pagados a los productores locales parecen incorporar nueva información con más rapidez que los mercados de futuros. Cabe atribuir esto a factores tales como el tamaño del mercado (Brasil, Colombia), la existencia de un mercado suficientemente líquido en el país (Brasil), y un fuerte consumo interno (Brasil, República Dominicana). En Guatemala y Honduras.,

sin embargo, el mercado de futuros de Nueva York domina sin duda la determinación de precios y ofrece un base útil para la toma de decisiones de producción y comercialización de los productores de café. Por último, los resultados de El Salvador no son concluyentes debido a limitaciones del método de cálculo.

El estudio da idea de la idoneidad de los mercados de futuros como base para la toma de decisiones de los productores. Se precisaría investigación más a fondo y creación de capacidad para aumentar la capacidad de los productores de usar los mercados de futuros como seguro contra el riesgo de los precios.

LA FUNCIÓN DE LOS MERCADOS DE FUTUROS DE CAFÉ EN LA DETERMINACIÓN DE LOS PRECIOS PARA LOS PRODUCTORES DE LATINOAMÉRICA¹

I. INTRODUCCIÓN

1. El café es un importante producto básico para una serie de países tropicales de ingresos medios y bajos y una fuente notable de ingresos de exportación y recaudación de impuestos. Contribuye de manera significativa al BIP de muchos países productores (da Silveira, Mattos, and Saes, 2017). Los precios del café se caracterizan por estar sujetos a fluctuaciones considerables a corto plazo (Mohan and Love, 2004). La elevada volatilidad de los precios, combinada con un nivel bajo de los precios, pone en peligro a los países menos adelantados que dependen del café (Fortenbery y Zapata, 2004). Las subidas y caídas de los precios causadas, por ejemplo, por factores medioambientales tales como sequías y heladas, pueden ser una fuente muy considerable de inestabilidad macroeconómica (Fry, Lai y Rhodes, 2010).

2. El café es producido por alrededor de 25 millones de agricultores de todo el mundo, la gran mayoría de los cuales son productores en pequeña escala (da Silveira *et al.* 2017). Esos productores son especialmente vulnerables a los precios volátiles, debido a su escasa capacidad para asegurarse contra los riesgos que los amenazan o para diversificar su producción (Mohan and Love, 2004). Si bien el sector cafetero tiene un largo historial de regulación, en las últimas décadas el mercado se liberalizó gradualmente. Muchos países en desarrollo empezaron a aplicar reformas de ajuste estructural en las décadas de 1980 y 1990, entre otras liberalización de cultivos de exportación y abolición de juntas de comercialización (Subervie, 2009). Estudios anteriores indican una mayor transmisión de fluctuaciones de los precios a los precios del mercado interno como resultado de las reformas que se aplicaron (Krivonos, 2004; Mofya-Mukuka y Abduylai, 2013; Subervie, 2009). Las reformas también aumentaron el porcentaje de los precios pagados al productor en el mercado mundial, pero, a medida que la cadena de valor del café se volvió más concentrada, una cantidad considerable de poder e ingresos fue transferida a los tostadores y comerciantes al por menor de los países de ingresos altos. Debido a esa evolución, los pequeños productores y los países exportadores son vulnerables y suelen ser los más afectados por las oscilaciones de los precios (da Silveira *et al.*, 2017).

¹ Este estudio está basado en un informe producido por Johanna Gather, del Departamento de Economía Agrícola y Desarrollo Rural de la Universidad Georg-August de Goettingen.

3. El café es también muy comercializado en mercados internacionales de productos básicos. Los mercados de futuros pueden ser usados en general como un instrumento de gestión del riesgo, dado que los participantes en el mercado son capaces de asegurar productos básicos contra el riesgo de fluctuaciones de precio perjudiciales (Fry *et al.*, 2010). Es más, la determinación de los precios y la difusión de precios transparente se consideran los principales usos en potencia de los mercados de futuros. Las cotizaciones de precios futuros para productos básicos comercializados en mercados internacionales bien establecidos pueden así servir de indicador útil de expectativas de precio. Los avances en tecnologías de comunicación e información hicieron también accesible la información hasta para productores de zonas remotas (Mohan y Love, 2004).

4. Sin embargo, la investigación anterior se divide en cuanto a la dirección de la relación entre precios al contado y de futuros. Hay indicios de que los mercados de futuros están dominando el proceso de determinación de los precios del café (Fortenbery y Zapata, 2004; Mattos, Garcia y Louis, 2004), pero hay también indicaciones de una relación bidireccional entre los mercados al contado y de futuros (Fry *et al.*, 2010; Mohan and Love, 2004).

5. El objetivo de este estudio es, por tanto, contribuir al debate investigando esa relación entre precios al contado y de futuros y analizando el papel de los mercados de futuros como mecanismo de determinación de precios. Si los precios del mercado de futuros van a servir de indicador en cuanto a expectativas de precios, será importante comprender mejor la relación entre precios al contado y de futuros y determinar dónde se establecen los precios.

6. Este estudio investiga las siguientes cuestiones:

- i. ¿Existe una relación estable entre los precios del café en los mercados de futuros y los pagados al productor?
- ii. ¿Es el mercado de futuros del café la fuente principal de determinación de los precios, y procesa la información nueva de mercado a más velocidad que el mercado local?

7. El resto del estudio está estructurado de la siguiente forma: en la Sección 2 se debate el papel de los mercados de futuros en la determinación de los precios. Las Secciones 3 y 4 ofrecen una visión panorámica del funcionamiento del mercado de futuros de café y también indicios de la relación entre el mercado de futuros y el mercado al contado. La Sección 5 describe los datos que se usaron y el enfoque metodológico. Los resultados del análisis se presentarán en la Sección 6, y en la Sección 7 figuran conclusiones y perspectivas.

II. MERCADOS DE FUTUROS DE LOS PRODUCTOS BÁSICOS Y DETERMINACIÓN DE LOS PRECIOS

8. La función del mercado de futuros es proporcionar un instrumento para que los participantes en el mercado se aseguren contra el riesgo de los precios. Los precios de los mercados de futuros reflejan los puntos de vista conjuntos de un gran número de compradores y vendedores que expresan sus expectativas del valor futuro de un determinado producto. Las expectativas de los operadores de bolsa se basan en la información de que dispongan en el momento en que se registra el precio. Cuando se acerca la expiración de un contrato de futuros, se dispone de nueva información de mercado. Eso hace que cambie la impresión que tiene el operador de la oferta y la demanda, lo que resulta en un cambio en el precio de mercado (Fortenbery and Zapata, 1997).

9. En general, se espera que los precios en el mercado al contado y de futuros reaccionen de la misma manera a la nueva información de mercado. Esto es, si el mercado recibe información de que disminuye la oferta de café, el precio en el mercado de futuros para un período de entrega posterior aumenta. Dada esa nueva información, cabría esperar también que el precio al contado que se observase para ese período específico fuese más alto (*ibid*).

10. Si un producto se comercia en distintos mercados, su precio en cualquiera de esos mercados es determinado por noticias recogidas e interpretadas en dichos mercados. Dado que solo difiere el lugar de las operaciones comerciales, el arbitraje entre esos mercados asegura que los precios en los distintos mercados no sean demasiado diferente. Comparten, por tanto, un factor estocástico común. Cabe referirse a ese factor como el precio eficiente implícito impulsado por nueva información, lo que lo hace el origen de movimientos permanentes de precios en todos los mercados (Baillie *et al.*, 2002).

11. Rasgo clave de un mercado de futuros es la determinación del precio, el proceso de incorporar nueva información al precio de mercado y desentrañar el valor fundamental de mercado (o “precio eficiente”) del activo subyacente. Lehmann (2002) define la determinación del precio como “la eficiente y oportuna incorporación de la información [...] a los precios del mercado” (p. 259). Hasbrouck (1995) entiende la determinación del precio como un “quién actúa primero en el proceso de ajuste de los precios” (p.1184) a innovaciones en el precio eficiente.

12. Se plantea la cuestión de si es el mercado al contado o el mercado de futuros el que incorpora nueva información de mercado con mayor rapidez y va a la cabeza, por tanto, del proceso de determinación de los precios. Por regla general, se considera que la contribución de una serie de precios a la determinación de precios está en la medida en

que son los primeros en reflejar nueva información acerca del valor del activo subyacente. En general, el valor de un mercado de futuros reside en lo bien que se determinaron los precios en dicho mercado. Se cree que los mercados de futuros son un lugar en el que se elaboran pronosticadores eficientes de precios al contado posteriores. Un mercado de futuros se considera eficiente si los precios que se determinan en él reflejan con precisión las expectativas de los participantes en el mercado de la futura demanda y oferta. Eso sugiere que participantes individuales en el mercado no serían capaces de usar información disponible para hacer previsiones más específicas de futura información sobre la oferta y la demanda. También tiene consecuencias en cuanto a la relación entre precios en el mercado al contado y en los mercados de futuros. Si un mercado de futuros ofrece un mecanismo eficiente de determinación de precios, los participantes pueden usar la información que ese mercado facilita para predecir precios al contado futuros y como base para sus tomas de decisión (Fortenbery y Zapata, 1997).

III. MERCADOS DE FUTUROS DE CAFÉ

13. Los mercados de futuros de café se crearon para organizar el proceso de cálculo de los precios y comercio del café y aminorar el riesgo vinculado al mercado al contado. Los contratos de futuros del café son contratos normalizados para entregar o aceptar una cantidad y calidad dada de café en uno de entre una serie determinada de puertos de entrega. Cuando se hace contratación en comercio de futuros, los parámetros que habrá que acordar son el número de contratos, el precio y el período de entrega. El período de entrega se escoge de entre un conjunto de meses civiles, y se llama la posición comercial. Así pues, el mes de entrega más cercano se llama “primera posición”, el siguiente “segunda posición” y así sucesivamente (Centro de Comercio Internacional, 2011).

14. El mercado de futuros es un mercado organizado que apoya cinco funciones básicas de cálculo de precios: determinación de precios, transferencia del riesgo de los precios, difusión de precios, calidad de los precios y arbitraje. Proporciona un servicio de operaciones comerciales, establece y hace cumplir normas comerciales y difunde datos comerciales. Dado que el mercado establece un marco visible y de libre mercado para el comercio de futuros, ayuda al sector subyacente a encontrar un precio de mercado para el producto (*ibid.*).

15. Hay dos mercados de futuros principales para el café: El Mercado Intercontinental (ICE) de Nueva York, que comercia principalmente Arábica, y el Mercado Internacional de Futuros y Opciones Financieras de Londres (NYSE Liffe), que comercia café Robusta. Los contratos de futuros de café tienen una larga historia comercial en Nueva York, donde empezaron a usarse en 1882. En 1998 se estableció la Cámara de Comercio de Nueva York

(NYBOT) como sociedad matriz del Mercado de Café, Azúcar y Cacao (CSCE) y el Mercado de Algodón de Nueva York (NYCE). El ICE y el NYBOT se fusionaron en enero de 2007, y eso llevó a la introducción de comercio electrónico para seis productos de NYBOT, incluido el café (Intercontinental Exchange, 2012).

16. El contrato “C” de café o NYSE que se comercia en el ICE es la referencia mundial para el café Arábica. Valora la entrega física de grano verde clasificado de uno de 20 países de origen², principalmente latinoamericanos, a un almacén autorizado en uno de varios puertos de los Estados Unidos de América y Europa. Tiene cinco meses de entrega (marzo, mayo, julio, septiembre y diciembre) y un volumen de 37,500lbs. De entre los países comerciados que se están estudiando, El Salvador, Guatemala y Honduras se comercian a la par. Colombia se comercia a una prima de 400 puntos, y la República Dominicana y Brasil se comercian a un descuento de 400 y 600 puntos. El café del Brasil solo ha sido suministrable a partir de la expiración del contrato de marzo de 2013. Las pujas y ofertas se cotizan en centavos de dólar estadounidense por libra. Todo el café que se presenta para licitación precisa obtener primero del mercado una certificación de grado y calidad. Hay seis evaluaciones y mediciones que sirven de base para determinar la calidad. Son olor, tamaño de criba, color, número de defectos, uniformidad del tueste y café en taza (*ibid*).

17. La diferencia de mayor importancia entre un mercado de futuros (de café) y el mercado al contado es que en el mercado de futuros se comercia con calidad y tamaños de lotes estandarizados. Los contratos de futuros no suponen una transferencia inmediata de propiedad del producto de que se trate. En el mercado al contado los participantes comercian café verde, físico, de distintas calidades. El café será entregado de inmediato o en una fecha posterior, y la transacción en ese mercado se basa en una transferencia real de propiedad. El precio al contado es el precio actual local de un producto muy específico. El precio del mercado de futuros, en cambio, es el precio que los participantes en el mercado esperan pagar o recibir por el café en algún momento del futuro, dependiendo de la posición comerciada. Aunque la transacción de futuros se centra en torno al café físico, muy pocos contratos llevan a una entrega real del producto. Los operadores del mercado de futuros se centran más bien en la gestión del riesgo o en oportunidades de inversión y no en el intercambio físico de café (Centro Internacional de Comercio).

18. El precio en el mercado de futuros representa un precio medio del café disponible, dado que el contrato se basa en una cantidad y calidad estandarizada del producto.

² Brazil, Burundi, Colombia, Costa Rica, Dominican Republic, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, India, Kenya, Mexico, Nicaragua, Panama, Papua New Guinea, Peru, Rwanda, Tanzania, Uganda y Venezuela.

La diferencia entre el precio al contado y el precio de futuros, positiva o negativa, se llama el precio base o diferencial. A medida que la fecha de expiración del contrato se acerca, los precios al contado y de futuros tienden a converger (*ibid.*).

19. El volumen de comercio es un factor de importancia decisiva para el éxito de un mercado de futuros. Un gran volumen de transacción ofrece flexibilidad a los operadores y les da la oportunidad de elegir los meses más apropiados del contrato para asegurarse contra el riesgo de los precios. Cuanto más elevado es el número de comerciantes (compradores y vendedores) en un mercado de futuros, más eficiente es ese mercado en la determinación del precio del activo subyacente. El volumen no solo afecta a los precios del mercado de futuros, sino que inevitablemente tiene efecto en el precio del café en el mercado físico. Por lo cual la industria del café examina y publica con regularidad posiciones de especuladores y operadores de cobertura en el mercado (Centro Internacional de Comercio, 2011).

IV. PRUEBAS EXISTENTES DE LA RELACIÓN ENTRE LOS PRECIOS EN LOS MERCADOS AL CONTADO Y EN LOS DE FUTUROS DEL CAFÉ

20. Para analizar la relación entre los mercados de café al contado y de futuros, Kebede (1993) examinó el mercado de futuros de café de Nueva York en cuanto a causalidad y racionalidad. El autor encontró indicaciones de que los precios de los mercados de futuros influyen mucho los precios al contado ocho semanas o más antes del vencimiento, aunque desde siete semanas antes del vencimiento la relación entre los dos mercados parece ser bidireccional. En general, el autor encontró que los precios de los mercados de futuros pueden usarse como indicador de los precios de los mercados al contado 55-77 semana antes del vencimiento.

21. Sabuhoro y Larue (1997) examinaron la hipótesis de eficiencia del mercado con respecto a los mercados de futuros del café y el cacao. Llegaron a la conclusión de que los mercados al contado y de futuros estaban co-integrados, aunque a corto plazo ocurrían desviaciones del equilibrio. No obstante, el estudio llegó a la conclusión de que el mercado de futuros para el café era en general eficiente e imparcial. La eficiencia de mercado fue también estudiada por Kristoufek & Vosvrda (2014), que analizaron mercados de futuros de café entre un total de 25 productos. Los autores usaron un índice de eficiencia y encontraron que el mercado de futuros de café estaba entre los mercados más eficientes.

22. Fortenbery y Zapata (2004) usaron un marco de co-integración y encontraron que había una relación estable entre el mercado de futuros de Nueva York y el de dos países de América Central. Si bien el mercado de futuros parecía tener un gran efecto en el mercado

al contado, la influencia de este último en los precios del mercado de futuros parecía ser comparativamente baja. Los autores llegaron a la conclusión de que usar los contratos de Nueva York podía funcionar como vehículo de cobertura y resultaría en una reducción del riesgo de los precios para los participantes en el mercado de esos países. Por otra parte, Mohan y Love (2004) realizaron un análisis de regresión y encontraron una relación bidireccional entre los precios de los mercados al contado y los de los mercados de futuros. Los autores llegaron a la conclusión de que los precios de los mercados de futuros no eran eficientes en cuanto a predecir precios al contado posteriores. Fry *et al.* (2010) encontraron también una relación bidireccional entre los mercados al contado y de futuros. Encontraron, sin embargo, que los efectos de los dos mercados no eran constantes a lo largo del tiempo. En los primeros períodos, el mercado de futuros parecía tener una influencia más fuerte, mientras que con el tiempo aumentaba la influencia del mercado al contado en el mercado de futuros.

23. Mattos *et al.* (2004) examinaron los efectos de la actividad comercial en los mercados de futuros. Los autores estudiaron varios mercados de futuros de la agricultura, incluido el café, en Brasil. Aunque con respecto a la mayor parte de los productos que estaban estudiando los autores no encontraron una relación estable a largo plazo, los mercados al contado y de futuros del café parecían estar co-integrados. Llegaron a la conclusión de que el volumen de comercio desempeñaba un papel en la relación entre los dos mercados y que los mercados de futuros desempeñaban un papel dominante en el sector cafetero que comerciaba de forma más activa.

24. *En resumen, los mercados de futuros para productos agrícolas, y el café en especial, atrajeron considerable atención debido a su importancia en general. Varios estudios ofrecen prueba de la eficiencia e imparcialidad de los mercados de futuros y la utilidad de los precios de esos mercados para calcular los precios al contado posteriores. No obstante, algunos estudios encontraron que los mercados al contado desempeñaban un papel considerable en la relación entre los dos mercados. De todos modos, si los precios en los mercados de futuros van a servir de indicador con respecto a las expectativas de precio, es preciso establecer dónde se determinan los precios.*

V. DATOS Y ENFOQUE ECONOMÉTRICO

V.1. Datos

25. Este estudio está basado en datos de la OIC que comprenden observaciones mensuales de precios del café Arábica entre enero de 1973 y marzo de 2017. Las series de precios que se usan en el análisis tienen observaciones mensuales de precios del café

Arábica con respecto a Brasil, Colombia, Guatemala, Honduras, El Salvador y la República Dominicana. Brasil, Colombia y Honduras fueron principalmente seleccionados por su gran importancia en la producción de café. Otro criterio de selección fue el de la longitud y exhaustividad de las series de precios, según lo cual se escogieron Guatemala, El Salvador y la República Dominicana de entre la serie de países productores de Latinoamérica. Las series de precios reflejan los precios pagados a los productores y fueron recopiladas por instituciones de los países productores y notificadas a la OIC. Todos los precios se dan en centavos de dólar estadounidense por libra y en tasas de cambio nominales.

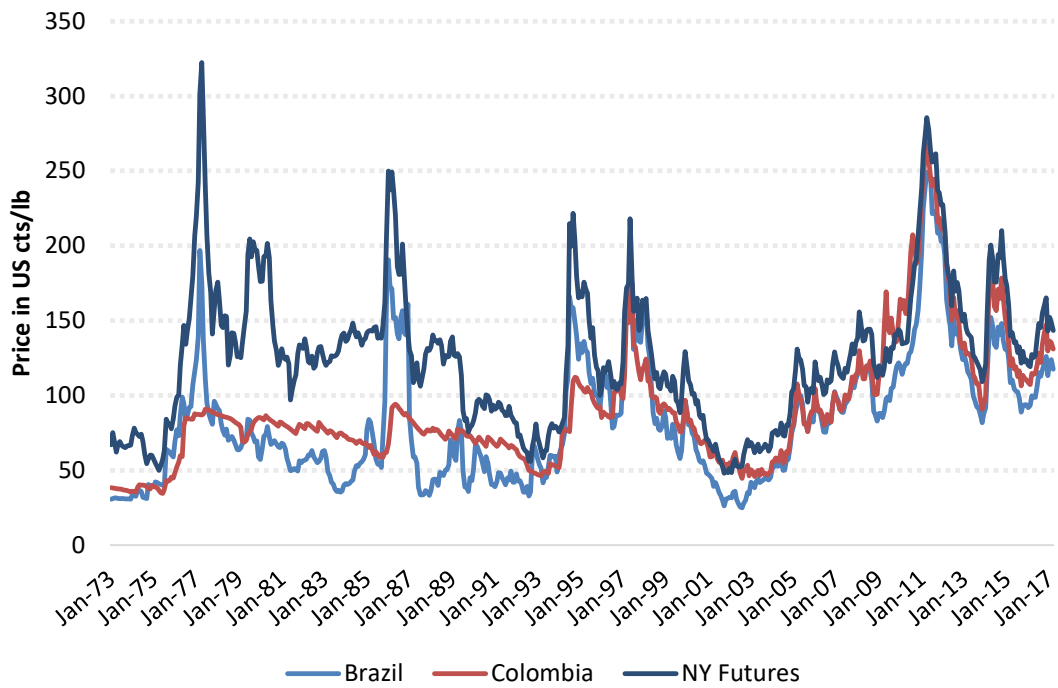
26. Por lo que respecta a los precios en los mercados de futuros, se calculó el promedio mensual de la segunda y tercera posición comercial en los contratos de futuros del ICE. Dado que NYBOT e ICE se fusionaron en 2007, los datos sobre precios de futuros abarcan el café comercializado en NYBOT hasta 2007. Tras la fusión, los precios se basan en contratos comercializados en el ICE. Los precios de los mercados de futuros se dan también en centavos de dólar estadounidense por libra y se obtuvieron de la base de datos de la OIC.

27. Los Gráficos 1 y 2 muestran la evolución de los precios pagados a los productores locales y los del mercado de futuros de Nueva York en todo el período. Surgen dos pautas del ejemplo. En primer lugar, todas las series de precios parecen seguir un movimiento similar y muestran puntos máximos a mediados de la década de 1970 y mediados de la de 1980 y dos máximos en la de 1990. Tras la crisis de los precios del café de finales de la década de 1990 y el bajo nivel histórico de los precios de comienzos de los 2000, los precios pagados al productor y los precios de los mercados de futuros parecen seguir una tendencia constante al ascenso hasta 2011. Después de un descenso temporal, los precios empezaron a recuperarse a finales de 2013/principios de 2014.

28. En segundo lugar, durante la mayor parte del período los precios del mercado de futuros están en contango³, es decir, más altos que los precios de los productores locales. Solo en raras ocasiones una sola serie de precios de los productores sobrepasa el precio del mercado de futuros y el mercado de futuros está ligeramente invertido.

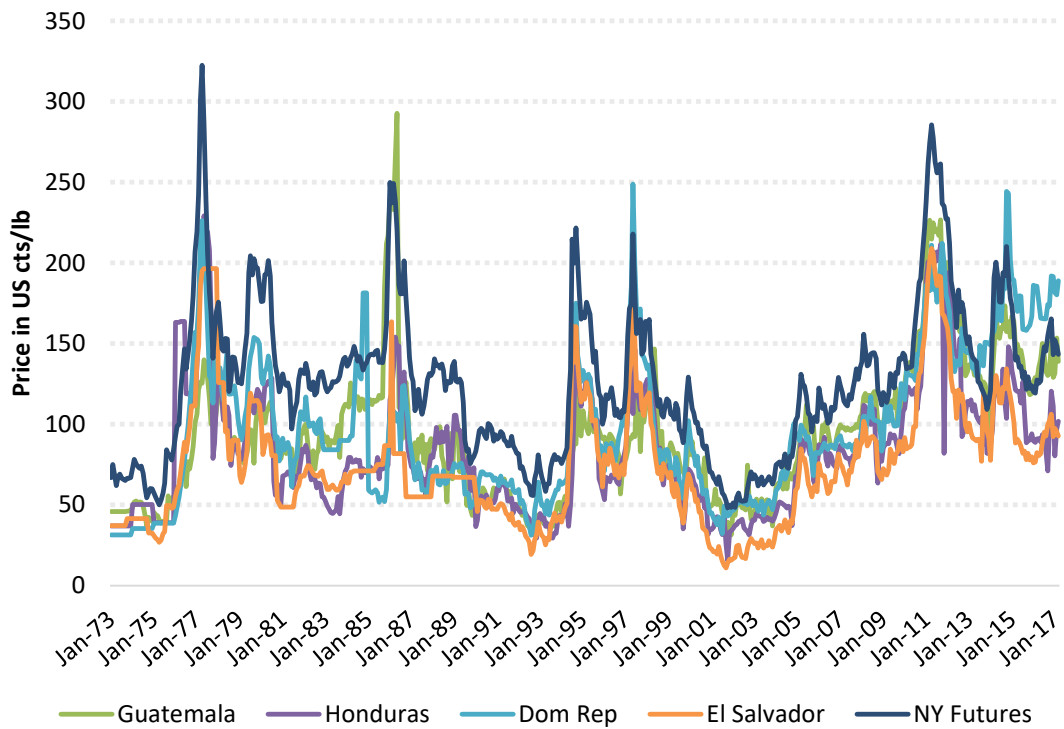
³ Situación en la que el precio al contado de un producto es más bajo que el precio en el mercado de futuros.

Gráfico 1: Evolución de los precios pagados a los productores y en el mercado de futuros



Fuente: OIC

Gráfico 2: Evolución de los precios pagados a los productores y en el mercado de futuros



Fuente: OIC

V.2. *Enfoque econométrico*

29. El análisis empírico comprende tres etapas:

a) **Identificar rupturas estructurales**

Se identificó un período apropiado para el análisis usando la prueba de co-integración de base residual introducida por Gregory y Hansen (1996) (véase el Anexo I técnico). Hubo eventos que tuvieron impacto en el sector cafetero en conjunto (por ejemplo, el colapso del sistema de cuotas en 1989). Lo de que haya un cambio en la relación entre el mercado de futuros de Nueva York y un solo país podría estar conectado a un evento específico en ese país que no tuvo ningún efecto en otros países productores (como por ejemplo reformas de política nacional). Por lo tanto, se investigará por separado un punto de interrupción en cada par de mercado de país/mercado de futuros de Nueva York (véase el Anexo técnico I).

b) **Prueba de co-integración de precios pagados a los productores y en el mercado de futuros**

Se examinarán las series de precios para encontrar una raíz unitaria usando la prueba Augmented Dickey-Fuller (ADF). Si se encuentra que los precios están integrados con el mismo orden, cada par de mercado de país y mercado de futuros se probará en relación con la co-integración usando el método introducido por Johansen (1988, 1991). Después de haber comprobado la existencia de una relación de co-integración en los pares de precios, se calculará un modelo de corrección de errores usando el enfoque ML de Johansen (véase el Anexo técnico II).

c) **Calcular la contribución de cada mercado a la determinación de los precios**

Para calcular la contribución de los mercados internos y los mercados de futuros a la determinación de los precios, se usará el enfoque introducido por Hasbrouck (1995) y Gonzalo y Granger (1995) (véase el Anexo técnico III).

VI. **RESULTADOS DEL CÁLCULO**

VI.1. *Rupturas estructurales*

30. Dado que no hay ninguna indicación teórica clara acerca de qué modelo usar, se calculan todas las especificaciones del modelo. Los resultados se presentan en el Cuadro 1. En Brasil, la mayor parte de las pruebas estadísticas indican una ruptura en marzo, abril o mayo de 1992. Se escoge la fecha de ruptura de abril de 1992, ya que está indicada en que el modelo supone un cambio en la intercepción con o sin una tendencia temporal. Es más, esa fecha de ruptura tiene valor estadístico en un nivel del 1% y los valores más pequeños en la prueba estadística Phillips z_t .

Cuadro 1: Resultados de la prueba Gregory Hansen sobre rupturas estructurales en las series de precios temporales

País	Tipo de prueba	Cambio de nivel		Cambio de régimen		Cambio de nivel con tendencia		Cambio de régimen con tendencia	
		Punto de ruptura ^a	Prueba estadística ^b	Punto de ruptura ^a	Prueba estadística ^b	Punto de ruptura ^a	Prueba estadística ^b	Punto de ruptura ^a	Prueba estadística ^b
Brasil	ADF	1990/06	-5,07**	1992/12	-5,51***	1992/05	-5,11**	1991/09	-5,69**
	Phillips	1992/04	-5,35***	1994/06	-5,80***	1992/04	-5,41**	1992/03	-5,94**
Colombia	ADF	1989/03	-5,72***	1989/03	-5,72***	1989/03	-5,93***	2002/09	-6,17***
	Phillips	1989/01	-6,13***	1989/02	-6,44***	1989/02	-6,28***	1989/02	-6,55***
Guatemala	ADF	1997/12	-7,45***	1997/12	-7,51**	1988/03	-8,75***	1986/09	-9,22***
	Phillips	1997/12	-8,28***	1997/08	-8,37***	1987/10	-10,16***	1986/08	-10,67***
Honduras	ADF	2001/09	-9,43***	1994/09	-9,49***	1979/09	-10,33***	1986/02	-10,72***
	Phillips	2001/08	-9,11***	1994/10	-9,15***	1979/09	-10,23***	1986/02	-10,65***
República Dominicana	ADF	2009/11	-5,16***	2010/05	-5,46**	1984/10	-6,26***	1984/08	-6,44***
	Phillips	1990/07	-5,17***	2010/05	-5,46**	1984/10	-6,35***	1985/02	-6,79***
El Salvador	ADF	1979/08	-5,29***	1986/03	-5,82***	1979/08	-5,78***	1988/11	-7,37***
	Phillips	1979/08	-5,43***	1994/07	-5,83***	1979/08	-6,02***	1988/11	-7,28***

^a En todos los casos, las dos pruebas estadísticas Phillips indicaron la misma fecha de ruptura; solo se presentan aquí pruebas estadísticas Z_t .

^b Prueba estadística Z_t ; -, **, -*** indican valor estadístico en un nivel respectivo del 10%, 5% o 1%.

31. Con respecto a Colombia, todas las especificaciones del modelo y pruebas estadísticas sugieren de manera inequívoca una ruptura estructural a principios de 1989. Solo la prueba estadística ADF para la especificación que supone una ruptura en nivel, pendiente y tendencia temporal indica una ruptura estructural a finales de 2002. Aun así, dado que todas las especificaciones del modelo apoyan con fuerza una ruptura en 1989, el año en que se abolieron las cuotas, la fecha de la ruptura estructural que se escogió en Colombia fue marzo de 1989.

32. En Guatemala se indica una ruptura a finales de 1997 porque el modelo especifica un cambio en la intercepción y porque la especificación supone un cambio en intercepción y pendiente. Aunque las otras especificaciones indican una ruptura alrededor de 10 años antes, la fecha de la ruptura estructural se establece para diciembre de 1997. Guatemala sufrió un conflicto civil de 1960 a 1996, por lo que se supone que ocurrió un cambio en la relación entre los precios pagados a los productores guatemaltecos y los precios en el mercado de futuros de Nueva York después de que finalizó el conflicto.

33. Con respecto a Honduras, cada especificación del modelo indica una fecha de ruptura diferente. Se escogió una ruptura en agosto de 2001, tomando la crisis de los precios del café, el período de muy bajos precios, como evento que introdujo un cambio en la relación entre los precios del mercado de futuros de Nueva York y los precios pagados a los productores en Honduras.

34. Dependiendo de la especificación del modelo, se indican también diferentes fechas de ruptura para la República Dominicana. Dada su cercanía al colapso de las cuotas en julio de 1989, la fecha que se establece para la ruptura estructural, suponiendo un cambio en la intercepción, es julio de 1990.

35. En cuanto a El Salvador, se supone que la ruptura es en julio de 1994. Las distintas especificaciones del modelo indican también distintas fechas de ruptura para ese país. Al igual que Guatemala, El Salvador sufrió un conflicto civil que duró desde 1979 hasta 1992 y tuvo un fuerte impacto en el sector cafetero. Por lo tanto, parece probable que hubiese un cambio en la relación entre el mercado de futuros de Nueva York y los precios pagados a los productores locales cuando finalizó el conflicto.

VI.2. Raíces unitarias, co-integración y resultados VECM

36. Después de identificar el período apropiado para cada país, se prueban las series de precios en relación con raíces unitarias en el período siguiente a sus respectivas rupturas estructurales. En el Cuadro 2 se muestran los resultados de las pruebas de inmovilidad realizadas con respecto a las variables de precios de los distintos países. Para garantizar que las series de precios en el mercado de futuros estén también integradas de la misma forma que las series de precios pagados a los productores en cada período particular, se prueban en todos los períodos con respecto a una raíz unitaria. Como la prueba ADF no puede rechazar una raíz unitaria en niveles de precios, sino en primera diferencia, se supone que todas las series de precios son I(1).

Cuadro 2: Resultados de la prueba ADF , incluidas tendencias constantes pero sin tendencia temporal

	Período	No de observ.	Prueba estadística ^a		Valor p	
			Nivel	Primera diferencia	Nivel	Primera Diferencia
Brasil	1992/05- 2017/03	299	-1,979	-13,564	0,2961	0,000
Mercado de futuros^b			-1,941	-14,181	0,3132	0,000
Colombia	1989/04- 2017/03	336	-1,549	-15,814	0,5090	0,000
Mercado de futuros			-1,835	-14,923	0,3630	0,000
Guatemala	1998/01- 2017/03	231	-1,807	-19,447	0,3771	0,000
Mercado de futuros			-1,391	-12,770	0,5866	0,000
Honduras	2001/09- 2017/03	187	-2,552	-17,042	0,1033	0,000
Mercado de futuros			-1,889	-11,647	0,3371	0,000
República Dominicana	1990/08- 2017/03	320	-1,636	-16,994	0,4641	0,000
Mercado de futuros			-1,797	-14,784	0,3817	0,000
El Salvador	1994/08- 2017/03	272	-1,835	-16,409	0,3631	0,000
Mercado de futuros			-1,907	-15,720	0,3288	0,000

^a Valores críticos: -3,45, 2,88 y 2,57 para un nivel de valor respectivo del 1%,5% y 10%

^b El mercado de futuros apareció varias veces como en cada período, por lo que las series de precios en dicho mercado se probaron con respecto a una raíz unitaria.

37. Dado que todas las series de precios son integradas con el mismo orden y presentan series no estacionarias I(1) , se usó el enfoque Johansen para probar si los

precios pagados a los productores y los del mercado de futuros están co-integrados. Los resultados se muestran en el Cuadro 3. Basándose en la prueba de rastreo estadístico, puede rechazarse la hipótesis nula de no co-integración en todos los casos, por lo menos en un nivel del 5%. La hipótesis nula de la existencia de una relación de co-integración no puede ser rechazada. Basándose en los resultados de la prueba de co-integración, puede ser aceptada la primera hipótesis de una relación estable a largo plazo entre los precios del mercado de futuros y los pagados a los productores. Comparten de ese modo un factor estocástico común y reaccionan al mismo conjunto de información.

Cuadro 3: Resultados de la prueba de co-integración

	Clasificación	Valor propio	Prueba de rastreo	Valor p
Brasil	0	0,12114	45,976	0,000
	1	0,026364	7,8818	0,2694
Colombia	0	0,090599	37,284	0,0009
	1	0,016852	5,6595	0,5145
Guatemala	0	0,06998	16,474	0,0338
	1	0,0026701	0,58553	0,4442
Honduras	0	0,22523	52,974	0,000
	1	0,032182	6,0189	0,4684
República Dominicana	0	0,040377	15,628	0,046
	1	0,007745	2,4803	0,1153
El Salvador	0	0,074064	24,440	0,011
	1	0,013809	3,7405	0,4639

38. En los casos de Brasil, Colombia, Guatemala, Honduras y El Salvador, se calculó el VECM restringiendo la constante. Eso significa que ninguno de los niveles de precios incluye una tendencia cuadrática o lineal. El modelo VECM de la relación entre precios

en los mercados de futuros y precios pagados a los productores dominicanos se basó en la especificación con una constante sin restringir. Si bien esta opción excluye una tendencia cuadrática en el nivel de datos, permite aún la posibilidad de una tendencia lineal. Los precios se tomaron en logaritmos naturales para hacer la interpretación más intuitiva.

39. El Cuadro 4 muestra los cálculos del VECM e incluye los errores estándar entre paréntesis. El número de desfases se escogió basándose en el Criterio de Información Akaike (AIC). El impacto de precios del pasado en los mercados de futuros en los precios actuales pagados al productor tiene validez estadística en cuatro de los seis casos. Solo en Honduras y Brasil el desfase de los precios en los mercados de futuros no parece tener ningún impacto a corto plazo. Los precios actuales pagados al productor en Colombia y Guatemala parecen estar afectados por precios del pasado en los mercados de futuros, y en esos dos modelos puede encontrarse autocorrelación de primero y segundo orden. En el caso de El Salvador, solo el segundo desfase de los precios en los mercados de futuros parece tener un impacto con validez estadística en los actuales precios pagados al productor y en los mercados de futuros. Los precios pagados en el pasado al productor del Brasil parecen no tener ningún impacto en los precios actuales de los mercados de futuros. Por otra parte, los resultados muestran que los precios del mes anterior pagados a los productores de Colombia parecen tener un impacto en los precios actuales de los mercados de futuros. Del mismo modo, los precios del pasado de los mercados de futuros parecen influenciar los precios pagados al productor en Colombia, pero tampoco tienen ningún impacto en los precios pagados al productor en Brasil. Si bien los precios pagados en el pasado al productor en Guatemala parecen afectar a los precios actuales en los mercados de futuros, los precios de Honduras pagados al productor no lo hacen. Los precios en los mercados de futuros del mes anterior también parecen tener solo un impacto en los precios actuales pagados al productor en Guatemala, pero no en Honduras.

40. Aunque el AIC indicó el uso de cuatro desfases en el VECM al describir la relación entre los precios pagados al productor en Brasil y los precios en el mercado de futuros de Nueva York, ninguno de los desfases parece tener valor estadístico. Ese parece ser el caso tanto en cuanto a los precios pagados al productor como a los precios en el mercado de futuros desfasados. Asimismo, ninguno de los dos desfases entre precios del productor y de futuros parece tener valor estadístico en Honduras. Los precios pagados al productor en el pasado no tienen ningún impacto en los precios actuales en el mercado de futuros en cuatro de los seis casos. No obstante, en tres de los casos parece haber autocorrelación con valor estadístico en los precios pagados al productor.

41. En cinco de los seis casos, los parámetros de ajuste α muestran señales de modificación. Solo en El Salvador los dos parámetros de ajuste son positivos y tienen valor estadístico; en todos los demás casos, el coeficiente de los precios pagados al productor es negativo. En cinco de seis casos, solo el coeficiente de ajuste de la serie de precios en el mercado de futuros tiene valor estadístico y, en todos los casos, positivo. En Honduras, solo el coeficiente de ajuste de la serie de precios pagados a los productores tiene valor estadístico. Solo en Guatemala el coeficiente de ajuste de las dos series de precios tiene valor estadístico.

Cuadro 4: Resultados de la corrección de errores

País	Ecuación	α	p_{t-1}^c	p_{t-2}^c	p_{t-3}^c	p_{t-4}^c	p_{t-1}^f	p_{t-2}^f	p_{t-3}^f	p_{t-4}^f
Brazil	Δp_t^c	-0,0511 (0,0642)	0,0222* (0,1126)	0,0084 (0,1135)	0,1341 (0,1106)	0,0547 (0,1098)	0,0223 (0,1335)	0,0003 (0,1337)	-0,1019 (0,1283)	-0,1587 0,1286
	Δp_t^f	0,1189** (0,0535)	0,0822 (0,0938)	0,0613 (0,0945)	-0,0541 (0,0921)	0,0102 (0,0915)	0,0920 (0,1113)	0,0687 (0,1114)	0,1021 (0,1069)	-0,1044 (0,1071)
Colombia	Δp_t^c	-0,0317 (0,0243)	0,0191 (0,0684)	-0,0663 (0,0678)			0,1773*** (0,0638)	0,0690 (0,0650)		
	Δp_t^f	0,0900*** 0,0258	-0,1233* (0,0725)	-0,0994 (0,0719)			0,2687*** (0,0677)	0,2166*** (0,0689)		
Guatemala	Δp_t^c	-0,2290*** (0,0580)	-0,2236*** (0,0753)	-0,0177 (0,0703)			0,2012*** (0,1111)	0,0326 (0,1119)		
	Δp_t^f	0,1050*** (0,0383)	-0,0758 (0,0498)	-0,0362 (0,0465)			0,2399*** (0,0734)	0,1423** (0,0740)		
Honduras	Δp_t^c	-0,5535*** (0,0898)	-0,0268 (0,0838)	-0,1109 (0,0721)			0,1423 (0,1732)	-0,1743 (0,1674)		
	Δp_t^f	0,0363 (0,0446)	-0,0219 (0,0416)	-0,0345 (0,0358)			0,1785 (0,0859)	0,1325 (0,0831)		
Dominican Republic	Δp_t^c	-0,001 (0,0265)	-0,0724 (0,0741)				0,2381** (0,0030)			
	Δp_t^f	0,0552*** (-0,0206)	-0,0161 (0,0576)				0,2064*** (0,0724)			
El Salvador	Δp_t^c	0,0878* (0,0525)	-0,1344 (0,1105)	-0,2790** (0,1095)	-0,1517 (0,1088)		0,2520 (0,1665)	0,5168*** (0,1671)	0,1873 (0,1653)	
	Δp_t^f	0,1298*** (0,0324)	-0,0432 (0,0682)	-0,2076*** (0,0676)	-0,0972 (0,0672)		0,1657 (0,1028)	0,3353*** (0,1032)	0,1758* (0,1021)	

Errores estándar entre paréntesis; -***,-**,-* indican valor estadístico en un nivel respectivo del 1%, 5% y 10% .

42. En Honduras y Guatemala, en cambio, los coeficientes de ajuste de los precios pagados al productor son mucho más grandes y con un nivel de valor estadístico del 1%. Los dos países tienen un coeficiente mayor de ajuste que el mercado de futuros. La diferencia es especialmente grande en Honduras, y en este caso el alfa del mercado de futuros es también insignificante. En Guatemala, los dos parámetros de ajuste tienen valor estadístico, pero los precios pagados al productor parecen mostrar una reacción mucho más fuerte al desequilibrio que los precios en el mercado de futuros. Aunque la República Dominicana muestra solo un alfa muy pequeño e estadísticamente insignificante estadístico, los precios en el mercado de futuros del mes anterior parecen tener impacto en los precios actuales pagados al productor en el país. Si bien la serie de precios del mercado de futuros muestra un parámetro de ajuste positivo y estadísticamente significativo el coeficiente sigue siendo muy pequeño.

43. En El Salvador los dos coeficientes de ajuste son positivos y estadísticamente significativos. Sin embargo, el mercado de futuros parece reaccionar con más fuerza a desviaciones del equilibrio. Parece también que precios anteriores del mercado de futuros tienen impacto en precios actuales pagados al productor. Es interesante observar que es el segundo desfase de los precios de futuros lo que parece afectar a los precios en El Salvador. Sin embargo, es también el segundo desfase en los precios pagados al productor lo que parece influenciar los precios actuales en el mercado de futuros.

VI.3. Determinación de precios en el mercado de café

44. Se calcularon los parámetros de la determinación de precios basándose en los resultados del VECM. El Cuadro 5 muestra los resultados del análisis de la determinación de precios. Se obtuvieron los coeficientes α que figuran en la columna 3 del cálculo VECM y se usaron para el cálculo vectorial de los coeficientes de ponderación. En la columna 4 figuran los coeficientes γ - del modelo PT, en las columnas 5 y 6 del límite superior e inferior IS, respectivamente, y en la columna 7 el punto medio de las dos columnas anteriores.

45. En general, los resultados del análisis de la determinación de precios indica un flujo de información que parece ser bidireccional entre los precios pagados al productor y los del mercado de futuros. Sin embargo, la proporción más grande de información se absorbe en los precios locales pagados al productor. Si se observa la media entre el límite superior e inferior IS, en cuatro de los seis casos el parámetro, del IS y el PT producen resultados similares. En el caso de la República Dominicana los resultados de los dos modelos están comparativamente muy distanciados y, sin embargo, tienen los mismos efectos. Por lo que se refiere a El Salvador, el cálculo del modelo PT no dio resultados concluyentes y no fue posible efectuar el cálculo del IS debido a limitaciones del método econométrico aplicado.

Cuadro 5: Resultados de la determinación de precios

País	Ecuación	α	PT	IS		
				Límite superior	Límite inferior	IS ϕ
Brasil	p_t^f	-0,0511	0,3007	0,5812	0,0471	0,3142
	p_t^p	0,1189	0,6993	0,9528	0,4188	0,6858
Colombia	p_t^f	-0,0317	0,2606	0,4989	0,1012	0,3001
	p_t^p	0,09	0,7394	0,8988	0,5011	0,6999
Guatemala	p_t^f	-0,229	0,6856	0,7427	0,5525	0,6476
	p_t^p	0,105	0,3144	0,4475	0,2573	0,3524
Honduras	p_t^f	-0,5535	0,9385	0,9827	0,8982	0,9405
	p_t^p	0,0363	0,0615	0,1018	0,0173	0,0595
República Dominicana	p_t^f	-0,001	0,0254	0,3461	0,0009	0,1735
	p_t^p	0,0552	0,9746	0,9991	0,6539	0,8265

46. Si examinamos los límites IS vemos que, en cuatro de los cinco casos, tanto el límite superior como el inferior tienen el mismo efecto con respecto a cuál mercado dirige el proceso de determinación de los precios. Únicamente en el caso del Brasil los efectos cambian dependiendo de cuál mercado sea el primero en el cálculo. En todos los otros casos, el límite IS superior e inferior confirma también las conclusiones del modelo PT.

47. El ancho entre el límite superior y el inferior del IS es, en términos generales, el resultado de la correlación entre los precios del mercado de futuros y los pagados al productor. El Cuadro 6 muestra los coeficientes de correlación entre los precios locales pagados al productor y los de corrección de errores del mercado de futuros. La correlación más alta parece ser la que hay entre los precios pagados al productor en Brasil y los del mercado de futuros de Nueva York, y la más pequeña la que hay entre el mercado de Honduras y el de Nueva York. Puede verse que cuanto más alta es la correlación entre las dos series de precios, más grande es la disparidad entre los límites.

Cuadro 6: Correlación entre coeficientes VECM de corrección de errores

País	Correlación Coeficiente
Brasil	0.6036
Colombia	0.4445
Guatemala	0.1996
Honduras	0.1917
República Dominicana	0.5637

48. Por lo que respecta a Brasil, tanto el modelo PT como el IS dan resultados similares: el 70% más o menos de nueva información lo incorporan primero los precios al productor, y el 30% el mercado de futuros. Debido a la comparativamente alta correlación entre los precios pagados al productor en Brasil y los del mercado de futuros de Nueva York, puede observarse una elevada desviación entre el límite superior e inferior del IS. Dependiendo de cuál mercado se examine primero en la factorización Cholesky, el impacto cambia: si se examina primero el mercado de futuros, su contribución a la determinación de precios es casi del 60%, pero si se examinan primero los precios pagados al productor en Brasil, los precios se determinan casi en su totalidad en el mercado local. Esto podría estar relacionado con el hecho de que el café Arábica del Brasil solo empezó a cotizarse en el ICE en 2013 y se comercia a un descuento de 600 puntos. Además, Brasil tiene un mercado de futuros local bien establecido, el Mercado Brasileño Mercantil y de Futuros, en el que el hay un comercio activo de café.

49. Con arreglo al modelo PT, en Colombia casi el 75% de la determinación de precios ocurre en el mercado local, y solo alrededor de una cuarta parte en el mercado de futuros. Cuando se examina el IS, la proporción del mercado de Colombia en la determinación de precios es solo un poco más pequeña. Si el mercado de futuros es el primero en la factorización Cholesky, la contribución de los dos mercados a la varianza de innovaciones es casi igual. Pero si la serie de precios pagados al productor entra primero en la ecuación, esa serie domina claramente la determinación de los precios. La parte más grande del mercado local en la determinación de precios podría estar vinculada al hecho de que la mayoría de los productores de café de Colombia son socios de FEDECAFE, que compra el café de los socios a un precio interno. Ese precio se basa solamente en el precio del contrato "C" del café del mercado de futuros de Nueva York y actúa también como precio mínimo en caso de que los socios no consigan precios más altos con la comercialización de su producto como café de calidad especial, (Gilbert y Gomez 2016). Además, al igual que el café de Brasil, el de Colombia no se comercia a la par en el ICE. El café de Colombia, a diferencia del de Brasil, se comercia a una prima alta, lo que podría dificultar la función de determinación de precios del mercado de futuros.

50. En Honduras y Guatemala, el mercado de futuros parece ser la fuente principal de la determinación de precios. En Guatemala, aproximadamente dos terceras partes de información la absorben primero los precios del mercado de futuros, mientras que una tercera parte aproximadamente la absorben primero los precios locales pagados al productor. Esto lo confirman tanto el modelo PT como el IS. En Honduras, el mercado de futuros desempeña un papel aún mayor en la determinación de precios. Alrededor del 94% de nueva información lo absorben primero los precios del mercado de futuros, y solo el 6% los precios locales pagados al productor. En este caso los modelos PT y IS dan resultados casi idénticos, y el límite superior e inferior del IS no están muy distanciados. El café de esos dos países se comercia a la par en Nueva York, lo que posiblemente apoya la función de determinación de precios del mercado de futuros. Los resultados están en consonancia con el estudio realizado por Fortenbery y Zapata (2004), que ya indicó una relación estrecha entre el mercado de futuros de Nueva York y los dos países latinoamericanos. Los autores interpretaron la relación como una posibilidad de que los participantes en el mercado de café redujesen su riesgo y de que el mercado de futuros sirviese como centro de determinación de precios para los países exportadores de Latinoamérica.

51. Con respecto a la República Dominicana, en el modelo PT más del 97.5% de la información se absorbe primero en los precios pagados al productor y solo el 2.5% en los del mercado de futuros. En el enfoque IS, la proporción correspondiente al mercado de futuros en la determinación de precios se acerca al 20%, pero parece que los precios se determinan aún principalmente en el mercado local. Al analizar los límites del IS puede verse que, si se examinan primero los precios pagados al productor en la factorización

Cholesky, los precios se determinan por completo en el mercado local. Esto podría estar vinculado al hecho de que el papel del país en la producción mundial de café es de poca importancia y a que solo una pequeña parte de su producción se comercia en el mercado internacional. Esto lo apoyó el estudio de Mattos *et al.* (2004) , que muestra la importancia del volumen de comercio en la relación entre precios al contado y de futuros. Los autores llegaron a la conclusión de que la función de determinación de precios de un mercado de futuros está estrechamente vinculada a la actividad comercial de dicho mercado. Aunque Adämmer *et al.* (2016) llegan a la conclusión de que el mercado de futuros puede llevar al proceso de determinación de precios incluso en mercados de escaso volumen comercial, muestran también que la función de determinación de precios de un mercado está sin duda conectada al volumen de comercio. En conjunto, dado que la mayor parte del café dominicano se consume en el mercado interno, no es sorprendente que los factores locales de oferta y demanda desempeñen un papel principal en cuanto a explicar el valor de mercado del café en la República Dominicana.

52. Por último, en El Salvador los resultados del modelo PT no se pueden interpretar y muestran las limitaciones de este enfoque. Para poder interpretar los coeficientes de ponderación, tienen que estar limitados por $[0, 1]$. Esto solo sucede si los coeficientes de ajuste de los dos mercados tienen señales que difieran, condición que no se cumple en este caso. Por lo tanto, no es tampoco posible el cálculo IS. Podría desempeñar un papel en esto la pequeña parte que supone El Salvador en la producción mundial de café. Además, el país sufrió un conflicto civil que afectó mucho al sector cafetero. Podrían tener también impacto en la relación entre precios del mercado de futuros y precios pagados al productor la falta de instituciones estables y el papel de los intermediarios.

53. El cálculo de la determinación de precios indica que, en la mayor parte de los casos, los precios locales pagados al productor incorporan la nueva información con más rapidez que el mercado de futuros. Aunque los precios del mercado de futuros y los pagados al productor parecen reaccionar a la misma serie de datos, lo que está indicado por la existencia de un equilibrio estable a largo plazo entre los dos precios, puede que los productores de Latinoamérica no usen en general la información que ofrece el mercado de futuros como base para su toma de decisiones. No obstante, en el caso de Guatemala y Honduras el mercado de futuros de Nueva York parece en general absorber información con más rapidez. Ello indica que en esos dos países el mercado de futuros ofrece un mecanismo eficaz de determinación de precios.

VII. CONCLUSIÓN

54. El café es un importante producto de exportación para muchos países de Latinoamérica y se comercia activamente en los mercados internacionales de productos básicos. Por consiguiente, es importante comprender la relación entre los precios del café en mercados de futuros bien establecidos y los precios pagados al productor. **El objetivo de este estudio fue analizar la relación entre el mercado de futuros y el mercado al contado del café en distintos países de Latinoamérica e investigar si es el mercado al contado o el mercado de futuros el que va al frente en el proceso de determinación de precios.**

55. En el análisis se usaron datos mensuales de precios pagados al productor por café Arábica de seis países distintos de Latinoamérica: Brasil, Colombia, Guatemala, Honduras, la República Dominicana y El Salvador. Los precios del mercado de futuros se indican como promedios mensuales de la segunda y tercera posición de los contratos de futuros "C" para el café del ICE de Nueva York.

56. El análisis se basó en las dos hipótesis de que, en primer lugar, dado que los dos mercados reaccionan al mismo conjunto de información, existe una relación estable entre los precios del mercado de futuros y los pagados al productor y, en segundo lugar, que los mercados de futuros ofrecen una vía de determinación de precios.

57. En total, los resultados apoyan la suposición de que existe una relación estable a largo plazo entre los precios del mercado de futuros y los pagados al productor. **Pudo encontrarse co-integración entre todos los pares de precios del mercado de futuros y pagados al productor, lo que indica que las dos series de precios comparten un factor estocástico común y reaccionan al mismo conjunto de información.** Además, los resultados muestran que en la mayor parte de los casos el mercado de futuros reacciona con más fuerza a los desequilibrios. Los precios del pasado del mercado de futuros parecen influenciar en la mayor parte de los casos tanto los precios del mercado de futuros como los precios actuales pagados al productor. Los precios pagados en el pasado al productor parecen tener solo una influencia limitada en los niveles actuales del mercado de futuros.

58. Por lo que respecta a la segunda hipótesis, las conclusiones son ambiguas. **En Brasil, Colombia y la República Dominicana los precios locales pagados al productor parecen incorporar nueva información con más rapidez que el mercado de futuros.** Eso puede ser atribuido a factores tales como el tamaño del mercado (Brasil, Colombia), la existencia de un mercado lo suficientemente líquido en el país (Brasil), y un fuerte consumo interno (Brasil, República Dominicana).

59. **En Guatemala y Honduras el mercado de futuros de Nueva York sin duda domina la determinación de los precios.** Eso sugiere que para los productores de esos dos países podría ser beneficioso tomar decisiones basándose en información del mercado de futuros. Esa información podría hacerse más accesible para el productor, por ejemplo, mediante trabajo de extensión, cooperativas locales o comerciantes. No fue posible hacer un cálculo para El Salvador debido a limitaciones metodológicas.

60. El estudio ayudó a comprender mejor el papel que representan los mercados de futuros del café bien establecidos para los productores latinoamericanos. Aunque dio una idea de la posible idoneidad de los mercados de futuros como base para la toma de decisiones de los productores, se precisaría investigación más a fondo sobre el papel que podrían tener esos mercados como cobertura contra el riesgo de los precios.

Bibliografía

- Adämmer, Philipp, Martin T. Bohl, and Christian Gross. 2016. "Price Discovery in Thinly Traded Futures Markets: How Thin Is Too Thin?" *Journal of Futures Markets* 36(9):851–69.
- Baillie, Richard T., G.Geoffrey Booth, Yiuman Tse, and Tatyana Zobotina. 2002. "Price Discovery and Common Factor Models." *Journal of Financial Markets* 5:309–21.
- Baldi, Lucia, Massimo Peri, and Daniela Vandone. 1994. "Spot and Futures Prices of Agricultural Commodities : Fundamentals and Speculation." *Working Papers of Department of Economics, Business and Statistics, University of Milan*. Retrieved (www.economia.unimi.it/uploads/wp/DEAS-2011_03wp.pdf).
- Brockman, Paul and Yiuman Tse. 1995. "Information Shares in Canadian Agricultural Cash and Futures Markets Information Shares in Canadian Agricultural Cash and Futures Markets." *Applied Economics Letters* 2:335–38.
- Dickey, David A. and Wayne A. Fuller. 17979. "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root." *Journal of the American Statistical Association* 4(366):427–31.
- Dimpfl, Thomas, Michael Flad, and Robert C. Jung. 2017. "Price Discovery in Agricultural Commodity Markets in the Presence of Futures Speculation." *Journal of Commodity Markets* 5:50–62.
- Easwaran, RS and P. Ramasundaram. 2008. "Whether Commodity Futures Market in Agriculture Is Efficient in Price Discovery?-An Econometric Analysis." *Economics Research Review* 21:337–44. Retrieved (<http://core.kmi.open.ac.uk/download/pdf/6653145.pdf>).
- Engel, Robert Fry and Clive William John Granger. 1987. "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing." *Econometrica* 55(2):251–76.
- Fortenbery, T.Randall and Hector O. Zapata. 1997. "An Evaluation of Price Linkages Between Futures and Cash Markets for Cheddar C Heese." *The Journal of Futures Markets* 17(3):279–301.
- Fortenbery, T.Randall and Hector O. Zapata. 2004. "Developed Speculation and Under Developed Markets – The Role of Futures Trading on Export Prices in Less Developed Countries." *European Review of Agricultural Economics* 31:451–471.
- Fry, John M., Baoying Lai, and Mark Rhodes. 2010. "The Interdependence of Coffee Spot and Futures Markets." *International Network for Economic Research*. Retrieved (<https://pdfs.semanticscholar.org/2b09/fa08b3aa31a6dcde4697e93fc54018922ce9.pdf>).
- Gilbert, Anthony J. and Lady A. Gomez. 2016. "Colombia Coffee Annual." *USDA Foreign Agricultural Service GAIN Repport*.
- Gonzalo, Jesus and Clive William John Granger. 1995. "Estimation of Common Long-Memory Components in Cointegrated Systems." *Journal of Business & Economic Statistics* 13(1):27–35.
- Gregory, Allan W. and Bruce E. Hansen. 1996. "Residual-Based Tests for Cointegration with Regime Shifts in Models." *Journal of Econometrics* 70:99–126.

- Hasbrouck, Joel. 1995. "One Security, Many Markets: Determining the Contributions to Price Discovery." *Source: The Journal of Finance THE JOURNAL OF FINANCE* * 50(4):1175–99. Retrieved (<http://www.jstor.org/stable/2329348>).
- Intercontinental Exchange (ICE). 2012. "Coffee `C`." *ICE Futures U.S.*
- International Coffee Organization (ICO). 2016. "Coffee Country Profile El Salvador." *International Coffee Organization, London.*
- International Trade Centre. 2011. *The Coffee Exporter's Guide*. 3rd ed. Geneva.
- Johansen, Soren. 1991. "Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive." *Econometrica* 59(6):1551–80.
- Joseph, Anto, Garima Sisodia, and Aviral Kumar Tiwari. 2014. "A Frequency Domain Causality Investigation between Futures and Spot Prices of Indian Commodity Markets." *Economic Modelling* 40:250–58.
- Kebede, Yohannes. 1993. "Causality and Efficiency in the Coffee Futures Market." *Journal of International Food & Agribusiness Marketing Journal of International Food Br Agribusiness Marketing* 5(1).
- Kellard, Neil, Paul Newbould, Tony Rayner, and Christine Ennew. 1999. "The Relative Efficiency of Commodity Futures Markets." *The Journal of Futures Markets* 19(4):413–32.
- Kristoufek, Ladislav and Miloslav Vosvrda. 2014. "Commodity Futures and Market Efficiency." *Energy Economics* 42:50–57.
- Krivosos, Ekaterina. 2004. *The Impact of Coffee Market Reforms on Producer Prices and Price Transmission.*
- Kumar, Sunil. 2004. "Price Discovery and Market Efficiency: Evidence from Agricultural Commodities Futures Markets." *South Asian Journal of Management* 11(2):32–47.
- Lehmann, Bruce N. 2002. "Some Desiderata for the Measurement of Price Discovery across Markets." *Journal of Financial Markets* 5(3):259–76.
- Mattos, Fabio, Philip Garcia, and St Louis. 2004. "Price Discovery in Thinly Traded Markets: Cash and Futures Relationships in Brazilian Agricultural Futures Markets." *Paper Presented at the NCR-134 Conference on Applied Commodity Price Analysis, Forecasting, and Market Risk Management St. Louis, Missouri, April 19-20, 2004.*
- Mckenzie, Andrew M. and Matthew T. Holt. 1998. "Market Efficiency in Agricultural Futures Markets Correspondence Regarding This Paper Can Be Addressed to:" *Applied Economics* 34:1519–1532.
- Mofya-Mukuka, R. and A. Abdulai. 2013. "Effects of Policy Reforms on Price Transmission in Coffee Markets: Evidence from Zambia and Tanzania." (September). Retrieved (<http://fsg.afre.msu.edu/zambia/wp79.pdf>).
- Mohan, Sushil and James Love. 2004. "Coffee Futures: Role in Reducing Coffee Producers' Price Risk." *Journal of International Development.*
- Rau, Benjamin and Attaché lady A. Gomez. 2017. "Colombian Coffee Annual." *USDA Foreign Agricultural Service GAIN Report.*
- Sabuhoro, Jean Bosco and Bruno Larue. 1997. "The Market Efficiency Hypothesis: The Case of Coffee and Cocoa Futures." *Agricultural Economics* 16(3):171–84.

- Siegel, Paul and Jeff Alwang. 2004. "Export Commodity Production and Broad-Based Rural Development: Coffee and Cocoa in the Dominican Republic." *World Bank Policy Research Working Paper 3306*.
- da Silveira, Rodrigo Lanna F., Fabio L. Mattos, and Maria Sylva M. Saes. 2017. "The Reaction of Coffee Futures Price Volatility to Crop Reports." *Emerging Markets Finance and Trade* 53(10):0–16.
- Stock, James H. and Mark W. Watson. 1988. "Testing for Common Trends." *Journal of the American Statistical Association* 83(404):1097–1107.
- Subervie, Julie. 2009. "The Impact of Coffee Market Reforms on Price Transmission." *Presented at Journées Des Jeunes Chercheurs Du Département SAE2, Montpellier, FRA (2009-10-01 - 2009-10-02)*.
- Thraen, Cameron S. 1999. "A Note: The CSCE Cheddar Cheese Cash and Futures Price Long-Term Equilibrium Relationship Revisited." *The Journal of Futures Markets* 19(1):233–44.
- Wang, H.Holly and Bingfan Ke. 2005. "Efficiency Test of Agricultural Commodity Futures Markets in China." *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* 49:125–41.
- Yang, Jian, David A. Bessler, and David J. Leatham. 2001. "Asset Storability and Price Discovery in Commodity Futures Markets: A New Look." *The Journal of Futures Markets* 21(3):279–300.

IDENTIFYING STRUCTURAL BREAKS

Over the past decades, the structure of the international coffee sector has changed substantially. To investigate possible change-points in the relationship between producer and futures prices, the method introduced by Gregory and Hansen (1996) will be employed. This residual-based test for co-integration between two markets allows for a regime shift and helps to identify an appropriate timeframe for the estimation. The underlying model is assumed to be

$$p_t^f = \mu + \omega p_t^p + e_t, \quad (13)$$

where p_t^f and p_t^p denote the futures price and producer price series, respectively, μ and ω are parameters to be estimated, and e_t is the error term. In a cointegration setting, μ and α are assumed to be time-invariant. Yet under certain circumstances, they might be constant over a certain period and then shift to a new level. Such a shift might be modelled in a change in the intercept μ and/or the slope α . To model such a change, it is helpful to introduce a dummy into equation (13):

$$\varphi_{t\tau} = \begin{cases} 0 & \text{if } t \leq \tau \\ 1 & \text{if } t > \tau \end{cases} \quad (14)$$

where the unknown part τ describes the timing of the structural break. Based on equation (1), Gregory and Hansen (1996) discuss different cases for the identification of a break date in this relationship.

Level shift (C)

$$p_t^f = \mu_1 + \varphi_{t\tau}\mu_2 + \omega p_t^p + e_t, \quad (14a)$$

In this specification, only the intercept changes at a certain breakpoint. μ_1 is the intercept before the break date, μ_2 represents the change in the intercept after the shift.

Level shift with trend (C/T)

$$p_t^f = \mu_1 + \varphi_{t\tau}\mu_2 + \beta t + \omega p_t^p + e_t, \quad (14b)$$

Again, only the intercept changes at the time of the break. The only difference between equations (14a) and (14b) is that the latter also includes a time trend.

Regime Shift (C/S)

$$p_t^f = \mu_1 + \varphi_{t\tau}\mu_2 + \omega_1 y_{2t} + \omega_2 p_t^p \varphi_{t\tau} + e_t, \quad (14c)$$

Another structural break option allows the slope to also be different before and after the break. Again, μ_1 and μ_2 are the intercepts before and after the break date, respectively, α_1 denotes the slope before and α_2 the slope after the structural change.

Regime Shift with trend (C/S/T)

$$p_t^f = \mu_1 + \varphi_{t\tau}\mu_2 + \beta t + \beta t\varphi_{t\tau} + \omega_1 p_t^p + \omega_2 p_t^p \varphi_{t\tau} + e_t, \quad (14d)$$

In (14d), the structural change affects the intercept, the slope and the trend function. The ADF and the Phillips test statistics are then computed for all values of $\tau \in$. The most plausible breakpoint is given by the smallest value of the test statistics.

TESTING FOR COINTEGRATION

Following the definition given by Engel and Granger (1987), a time series which becomes stationary after differencing d times is considered to be integrated of order d , denoted $I(d)$. Two variables are considered co-integrated if both variables are integrated of the same order d and share a linear component which is stationary. The cointegrating relationship implies that the variables move closely together in the long run but may drift apart in the short run.

Different methods are available to test the order of integration of single time series. On the grounds of a method developed by Dickey and Fuller (1979), the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test is one of the most widely used unit root tests. Following this approach, three different forms of the test can be used to test for the presence of a unit root:

$$\Delta y_t = \beta_t y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1a)$$

$$\Delta y_t = \alpha_t + \beta_t y_{t-1} + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1b)$$

$$\Delta y_t = \alpha_t + \beta_t y_{t-1} + \delta t + \sum_{i=1}^k \gamma_i \Delta y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1c)$$

where k presents the number of lags chosen. Under the null hypothesis $\beta = 0$, (1a) is a pure random walk, (1b) adds a constant term α_t and (1c) includes both a constant and a linear time trend, δt .

If two time series are found to be $I(1)$, they can be tested for cointegration, i.e. whether or not there is a linear combination of the series which is covariance stationary. Following the procedure introduced by Johansen (1991), the null hypothesis of no cointegration will be tested against the alternative of one cointegrating vector. The Johansen approach has two different forms, the trace test and the maximum eigenvalue test. The former tests if the number of linear combinations K equal a certain value K_0 against the alternative of K being greater than K_0 .

Setting $K_0 = 0$, the null hypothesis of the trace test is based on the assumption of no cointegration and needs to be rejected to establish cointegration between the variables. The test statistics are given by

$$Tr(r) = \sum_{i=r+1}^k \ln(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (2)$$

The maximum eigenvalue test starts from the same null hypothesis, yet tests against a different alternative. The implication from rejecting the null hypothesis using the maximum eigenvalue is slightly different from the trace test. Though both forms are based on the assumption of no cointegration in their null hypothesis, rejecting the null based on the maximum eigenvalue implies that there is just a single possible combination of the non-stationary variables to yield in a stationary process. The corresponding test statistic for the maximum eigenvalue is given by

$$\lambda_{max}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_i). \quad (3)$$

If the markets are found to be cointegrated, the Granger Representation Theorem (Engel and Granger, 1987) holds another important implication for their relationship: If two I(1) variables, e.g. two spatially separated markets $Y_t = (y_{1t}, y_{2t})'$, are cointegrated, their connection may be described by an Error Correction Model and vice versa. The Vector Error Correction Model (VECM) describing their relationship may be then written as follows:

$$\Delta Y_t = \alpha(\beta Y_{t-1} + \mu + \rho t) + \sum_{i=1}^k A_i \Delta Y_{t-i} + \gamma + \tau t + e_t \quad (4)$$

where $\beta = (1, -1)'$ is the cointegration vector, $z_t = Y_t = y_{1t} - y_{2t}$ is the error correction term, i.e. the deviations from the long-run equilibrium of the two prices, and e_t are identically and independently distributed disturbances. The constant term μ in the adjusted model implies a linear time trend, and δt a quadratic time trend in the price levels. The error correction vector α contains the parameters which measure the speed of adjustment of the price series to deviations from equilibrium. The parameters are commonly called the error correction coefficients, usually $0 < |\alpha_i| < 1$, $i=1,2$. The proximity of α_i to one determines the speed of the markets returning to equilibrium. The model has two parts: The long-run

dynamics between the price series are presented in the first part, $\alpha\beta Y_{t-1}$. The second portion of the model, $\sum_{i=1}^k A_j \Delta Y_{t-j}$, depicts the short-run dynamics of the relationship induced by market imperfections.

By allowing for a constant term and a time trend, the Johansen approach for fitting and estimating the model allows placing different restrictions on the trend terms, which result in five cases:

Unrestricted trend

This case places no restrictions on the parameters and assumes a quadratic trend in the levels of the data. This means that the cointegrating equations are trend stationary, i.e. they are stationary around the time trend.

Restricted trend

By setting $\tau = 0$, the model allows for a linear, but not a quadratic time trend in the data levels. This restriction also allows the cointegrating equations to be trend stationary.

Unrestricted constant

This specification poses the restrictions $\tau = 0$ and $\rho = 0$ on equation (4). This excludes the possibility of the data levels to have a quadratic trend. It furthermore restricts the cointegrating equations to be stationary around constant means, but still includes a linear time trend in the levels of the data.

Restricted constant

In this case, restrictions are posed such that $\tau = 0$, $\rho = 0$ and $\gamma = 0$. This scenario excludes the quadratic and the linear time trend of the levels of data. Though specification allows levels to be stationary around a constant mean, it excludes any other trends and constant terms.

No trend

In the last specification, the model includes no nonzero means and trends anymore and places restrictions such that $\tau = 0$, $\rho = 0$, $\gamma = 0$ and $\mu = 0$. Here levels and differences of the data are assumed to have a zero mean, just like the cointegrating equations.

The different specifications allow for a greater flexibility in estimating the relationship of the two markets. This provides the possibility of selecting an appropriate model specification for each futures market/ country pair.

DETERMINING THE CONTRIBUTION OF MARKETS TO PRICE DISCOVERY

Based on the cointegration framework and the VECM introduced in Annex II, there are two widely used common factor models for investigating the principals of price discovery, the permanent-transitory (PT) model by Gonzalo and Granger (1995) and the information share (IS) criterion by Hasbrouck (1995).

Though the two models show similarities, they have different understandings of price discovery. The PT model is solely concerned with the error correction model and involves only permanent shocks (opposed to transitory ones) which result in disequilibria. The IS approach looks at the price discovery process with respect to the variance of innovations to the common factor. While the PT defines a market's contribution to price discovery as a function of the error correction coefficient and thus its part in the common factor, the IS looks at the market's relative contribution to the variance of the innovations. If $P_t = (p_t^f, p_t^p)'$, where p_t^f and p_t^p denote the futures price and the producer price, respectively, the two metrics start from the VECM as specified in (4),

$$\Delta P_t = \alpha(\beta P_{t-1} + \mu + \rho t) + \sum_{i=1}^k A_i \Delta P_{t-i} + \gamma + \tau t + e_t$$

with $\beta = (1, -1)'$ being the cointegration vector, $z_t = \beta P_t = p_t^f - p_t^p$ being the error correction term, α being a vector containing the error correction coefficient and e_t being a vector of serially uncorrelated disturbances with zero mean and a covariance matrix Ω such that

$$\Omega = \begin{pmatrix} \sigma_1^2 & \rho\sigma_1\sigma_2 \\ \rho\sigma_1\sigma_2 & \sigma_2^2 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

The correlation between e_{t1} and e_{t2} is represented by ρ , and σ_1^2 and σ_2^2 are the variances of e_{t1} and e_{t2} , respectively.

Stock and Watson (1988) show that if two price series are cointegrated, the vector P_t may be dissected into a common factor, representing the common effective price of the markets, and a transitory component. This leads to the model

$$P_t = f_t + \mu_t \quad (6)$$

where f_t denotes the common factor and $\mu_t = (\mu_{1t}, \mu_{2t})'$ is a vector containing the transitory components. Following Gonzalo and Granger (1995), the common factor f_t may be written as a linear combination of the variables Y_t , resulting in the model

$$f_t = \gamma_1 p_t^f + \gamma_2 p_t^p \quad (7)$$

The vector $\Gamma = (\gamma_1, \gamma_2)'$ is the vector of common factor coefficients, which may be viewed as the weights of each market in the common factor. Gonzalo and Granger (1995) also prove that the vector Γ is orthogonal to the vector of adjustment parameters α , implying in a binary case that $\alpha_1 \gamma_1 + \alpha_2 \gamma_2 = 0$. By posing a small additional restriction on the binary case so that the common factor weights sum up to unity, i.e. $\gamma_1 + \gamma_2 = 1$, and rearranging the two equations a little, it is easy to see that

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{\alpha_2}{\alpha_2 - \alpha_1} \\ \gamma_2 &= \frac{\alpha_1}{\alpha_1 - \alpha_2} \end{aligned} \quad (8)$$

The decomposition of the common factor, i.e. the permanent influence on price changes, is the main idea of the PT model. Therefore, the two factor weights γ_1 and γ_2 present each market's contribution to price discovery.

The IS, however, measures each market's contribution to price discovery by decomposing the variance of the common factor innovations. Baillie et al. (2002) show the connection between the PT model and the IS approach by Hasbrouck (1995) and demonstrate that, if there does not occur a significant correlation between the error terms arising from the cointegration equation, the metric can easily be calculated by

$$IS_i = \frac{\gamma_i \sigma_i}{\gamma_1^2 \sigma_1^2 - \gamma_2^2 \sigma_2^2} \quad (9)$$

Yet if there appears a significant correlation between the error terms, equation (13) does not hold. To eliminate the contemporaneous correlation, Hasbrouck (1995) employs a Cholesky factorization of $\Omega = MM'$, where M denotes a lower triangular matrix with the form

$$M = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 \\ \rho \sigma_2 & \sigma_2 (1 - \rho^2)^{1/2} \end{pmatrix}. \quad (10)$$

By further noting that $IS_1 + IS_2 = 1$, the model can be rearranged to

$$IS_1 = \frac{(\gamma_1 m_{11} + \gamma_2 m_{21})^2}{(\gamma_1 m_{11} + \gamma_2 m_{21})^2 + (\gamma_2 m_{22})^2} \quad (11)$$

$$IS_2 = \frac{(\gamma_2 m_{22})^2}{(\gamma_1 m_{11} + \gamma_2 m_{21})^2 + (\gamma_2 m_{22})^2} \quad (12)$$

The two equations (11) and (12) show that the computation of the IS only depends on the or orthogonal of α and Ω . But it also becomes clear that the factorization puts a larger weight on the first price series in the equation. This defines the upper (lower) bound of the information share of a market, depending on which market is first (second) in the factorization. Furthermore, the higher the correlation between the two markets, the greater (smaller) is the upper (lower) bound. Equations (11) and (12) show that the upper bound includes both the market's own contribution (σ represented by m_{11} in eq. (15)) and its correlation with the second market ($\rho\sigma_2$ represented by m_{21}). The lower bound in comparison only includes only the market's uncorrelated contribution to the information share. It is also easy to see that the upper and lower of the IS depend on the magnitude of correlation, being larger (smaller), the higher the correlation between the two markets.