

RESUMEN

Tesis Doctoral

PhD Thesis

2016

La eficiencia de los mercados de futuros en la protección del riesgo de precios para los productores de *commodities* agrícolas

Futures markets efficiency in price risk hedging for agricultural commodity producers

Meliyara Sirex Consuegra Díaz-Granados

Doctorado en Economía y Empresa

Director: José María Marín Quemada
Co-director: Javier García-Verdugo Sales

RESUMEN

Tesis Doctoral
PhD Thesis

La eficiencia de los mercados de futuros en la protección del riesgo de precios para los productores de *commodities* agrícolas

Futures markets efficiency in price risk hedging for agricultural commodity producers

Meliyara Sirex Consuegra Díaz-Granados
(Máster en Economía)

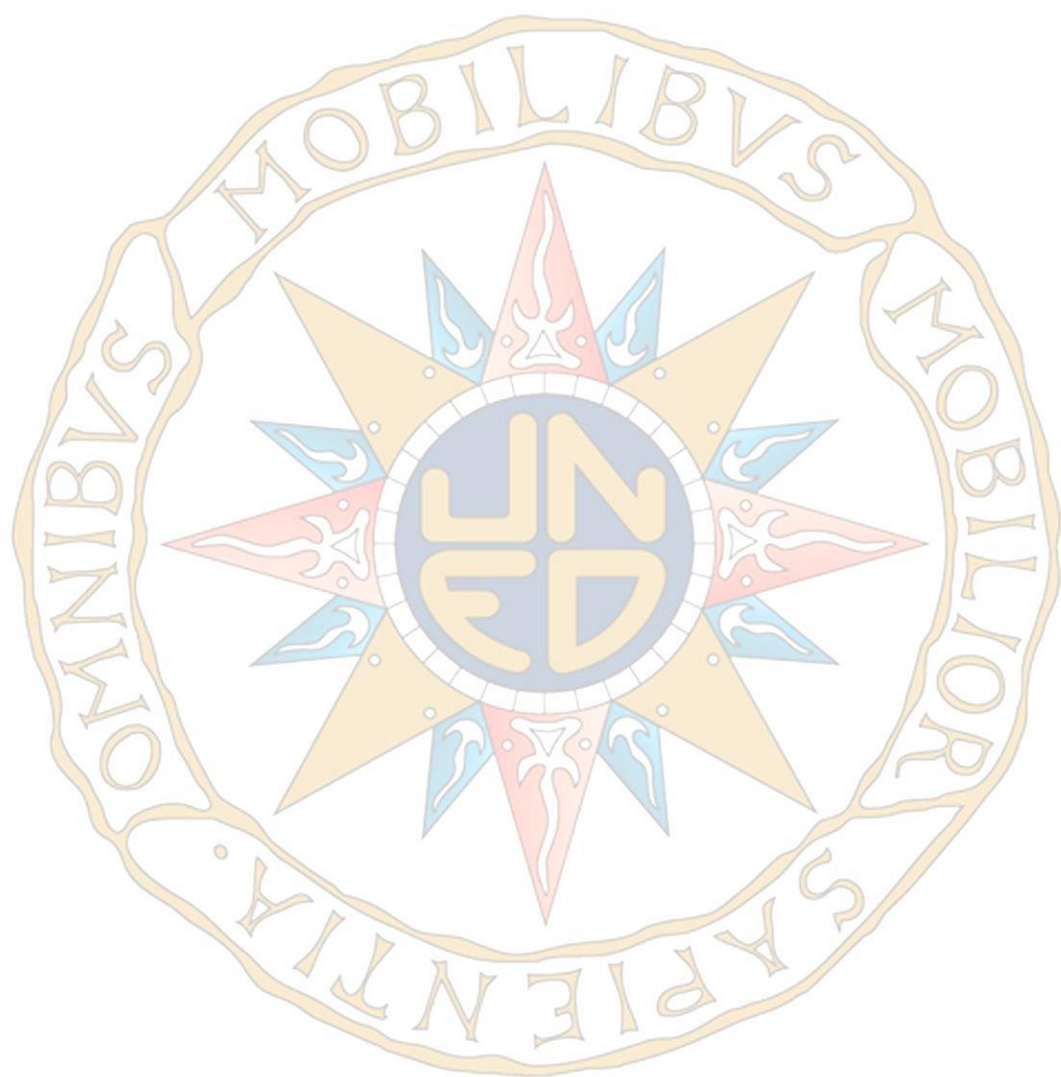
Doctorado en Economía y Empresa

Director: José María Marín Quemada

Co-director: Javier García-Verdugo Sales

Departamento de Economía Aplicada
Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad Nacional de Educación a Distancia

2016



Contenido

<i>Prólogo</i>	2
<i>Códigos Unesco</i>	4
<i>Lista de figuras y tablas</i>	4
1. Introducción	5
2. Descripción general de las publicaciones.....	10
2.1. Una propuesta para medir la eficiencia funcional de los mercados de futuros	12
2.1.1. <i>Sobre el modelo de eficiencia</i>	13
2.1.2. <i>Análisis empírico</i>	16
2.2. La medición de la eficiencia funcional de los mercados de futuros agrícolas	20
2.2.1. <i>La inestabilidad con el boom de precios</i>	21
2.2.2. <i>Análisis empírico</i>	23
2.3. Evaluación comparativa de la eficiencia de las estrategias de protección utilizando mercados de futuros nacionales o internacionales: Estudio de caso de las regiones productoras de café en Brasil.....	26
2.3.1. <i>Tres modelos para analizar la eficiencia funcional</i>	30
2.3.2. <i>Análisis empírico</i>	32
3. Conclusiones Globales.....	36
4. Bibliografía	44

Prólogo

Esta memoria de tesis doctoral ha sido realizada durante los últimos cuatro años en el Departamento de Economía Aplicada de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) bajo la dirección conjunta de los profesores José María Marín Quemada y Javier García-Verdugo Sales. Durante estos años la vinculación con la institución fue a través de un contrato/beca de Formación de Personal Investigador (FPI), en donde, además de la tesis se realizaron actividades académicas de toda índole: trabajo docente, ponencias, proyectos, cursos de formación permanente, entre otras.

Esta tesis se divide en tres bloques principales, sobre los que se han escrito cuatro artículos científicos. Los primeros tres –publicados o aceptados para publicación– han sido elaborados conjuntamente con el Profesor Javier García-Verdugo. El último, que se encuentra en proceso de revisión para su publicación, es el fruto de un trabajo internacional e interuniversitario de la autora de la tesis con los Profesores Julyerme Tonin y Joao Martines-Filho, de la Universidad de São Paulo (Brasil), en el que ha participado de nuevo Javier García-Verdugo.

De la primera parte de la investigación se desarrollaron dos artículos, en los que se expone una forma sencilla, rigurosa y práctica de cuantificar la eficiencia funcional de los mercados de futuros a través de un indicador. Conviene subrayar la sencillez conceptual de este indicador, ya que la mayoría de estudios de eficiencia de mercados de futuros se centran en un enfoque menos intuitivo de la eficiencia de los mercados. El modelo y sus usos están explicados en estos artículos. El primero fue publicado en 2013 en la revista *Economics and Business Letters*¹ y el segundo, en 2015 por la editorial Springer en un volumen colectivo².

¹ García-Verdugo, J., y Consuegra, M. (2013). Estimating Functional Efficiency in Energy Futures Markets. *Economics and Business Letters*, 2 (3), 105-115. En: <http://www.unioviado.es/reunido/index.php/EBL/article/view/10050>

² Consuegra, M., y Garcia-Verdugo, J. (2015). A Proposal to Measure the Functional Efficiency of Futures Markets. En J.-P. Bourguignon, R. Jeltsch, A. A. Pinto, & M. Viana (Edits.), *Dynamics, Games and Science: International Conference and Advanced School Planet Earth, DGS II, Portugal, August 28--September 6, 2013* (págs. 201-213). Cham: Springer International Publishing. En: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16118-1_11

De la segunda parte de la investigación surge el tercer artículo, que ha sido recientemente aceptado para su publicación en la revista *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*³. Basados en el mismo modelo utilizado en la primera parte del trabajo, este artículo permite una visión global y comparativa de la eficiencia de los mercados de futuros agrícolas. De esta manera se centra en la problemática del boom precios agrícolas en 2007, sus consecuencias en la eficiencia de los mercados de futuros de esos productos agrícolas, los consumidores y productores, y la relevancia del manejo de la volatilidad de los precios a través de estos mercados.

La última parte de la investigación es el resultado de una estancia realizada en Brasil, en el departamento de Microeconomía Aplicada de la *Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"* de la *Universidade de São Paulo*. Teniendo en cuenta la importancia de las *commodities* en la economía brasileña⁴, el trabajo se centra en un producto muy relevante histórica y económicamente, el café, del que Brasil es el principal productor a nivel mundial. Partiendo de la necesidad de incrementar y mejorar la protección de los productores brasileños de café, se estudian los mercados de futuros de café, nacionales e internacionales, como proveedores de protección del riesgo de precios.

En general, la investigación expuesta a continuación presenta una evaluación de los mercados de futuros como una posible herramienta de protección para aquellos agentes económicos que se encuentran afectados por la variabilidad de los precios de las *commodities* de consumo internacional. A través del estudio de la eficiencia funcional de los mercados de futuros de *commodities* se amplía la información sobre la utilidad de esta herramienta de bajo coste que se encuentra a disposición de productores, consumidores y gobiernos, con particular interés en proporcionar herramientas que faciliten la protección del riesgo a los agentes de mercado más vulnerables dentro de las cadenas de producción y consumo nacionales e internacionales.

³ Consuegra, M. y García-Verdugo, J. (2016): "Measuring the Functional Efficiency of Agricultural Futures Markets", *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics* (accepted).

⁴ La palabra *commodity* o *commodities* es el término utilizado en inglés para denominar productos, mercancías o materias primas que se consumen, producen y comercian en grandes cantidades por todo el mundo. Suelen ser negociados a través de los mercados internacionales de derivados como los futuros, opciones, swaps y forward. En español pueden utilizarse sinónimos como mercancía, producto, materia prima, entre otros, pero hasta el momento no existe un término que englobe la connotación que tiene en inglés. Por este motivo a lo largo de la tesis podremos observar el uso constante del término anglosajón.

Códigos Unesco

530201, 530407, 530904, 531004, 531106

Lista de figuras y tablas

Figura 2.1. Valores de pérdida social (SL) según contrato de futuros para el período 1992-2012

Figura 2.2. Valores de pérdida social (SL) según contrato de futuros para el período 1: 1992-1996

Figura 2.3. Valores de pérdida social (SL) según contrato de futuros para el período 2: 1997-2006

Figura 2.4. Valores de pérdida social (SL) según contrato de futuros para el período 3: 2007-2012

Figura 2.5. Precios de los contratos de futuros agrícolas de un vencimiento de ICE y CME entre 1975 y 2015 en dólares de EE.UU.

Figura 2.6. Precios al contado diarios del café según regiones y precios de los contratos futuros del café a un vencimiento según mercado ICE y BM&FBOVESPA

Tabla 1.1. Esquema de investigación por partes, productos, mercados, modelos y períodos analizados

Tabla 2.1. Especificaciones de los contratos de futuros de café de ICE y BM&FBOVESPA

1. Introducción

El gran desarrollo de los mercados internacionales de *commodities* en el último siglo ha marcado una pauta en las relaciones comerciales globales actuales, donde la rapidez de las transacciones hace que el intercambio se produzca en lapsos de tiempo cada vez más reducidos. Este desarrollo ha generado un mercado que moviliza información cambiante de manera constante, dando lugar a un mercado altamente volátil. La volatilidad de los precios perjudica especialmente a los sectores económicos marginales, poco productivos y generalmente con dificultad de acceso a la información, que se encuentran en desventaja ante aquellos sectores más desarrollados, con conocimiento y manejo oportuno de la información. Es precisamente a partir de la crisis financiera de 2007 cuando la preocupación por los mercados internacionales financieros y de *commodities* aumentó. El boom de precios energético y de alimentos causó una alerta mundial, donde hubo grandes ganadores y perdedores. La preocupación internacional se enfocó en aquellos perdedores marginados, sean productores o consumidores, que se encuentran en economías poco desarrolladas y con incapacidad política y económica para resolver los problemas que la coyuntura global causa sobre su población.

Contar con una infraestructura financiera más fuerte e incrementar el esfuerzo para el manejo de la volatilidad y el riesgo de mercado a nivel nacional e internacional es parte de la propuesta política que viene siendo impulsada por organismos internacionales como el Banco Mundial (World Bank 2011, 2011a, 2013), las Naciones Unidas, con el *Commodity markets monitoring and Outlook* publicado por la FAO⁵, el Fondo Monetario internacional (IMF 2008) con el informe mensual sobre *commodities*⁶ que publica desde 2013, y el Instituto Internacional de investigación en Política Alimentaria, IFPRI por su nombre en inglés (Global Food Policy Report 2011, 2013).

Las *commodities* son negociadas en diferentes tipos de mercados, dentro de los que se destacan los mercados de opciones, swaps, futuros, y por supuesto, el mercado físico. El objetivo de este trabajo, los mercados de futuros, son aquellos mercados organizados donde sus participantes compran y venden contratos de futuros de un producto

⁵ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

⁶ *The IMF commodity report.*

específico para entrega en una fecha futura específica. Originalmente en estos mercados, las negociaciones de apertura y cierre eran realizadas de viva voz y por medio de señales manuales; hoy en día estas transacciones se realizan de manera electrónica en casi todos los mercados. En el mundo encontramos gran cantidad de mercados de futuros, entre los más importantes por su tamaño tenemos el Chicago Mercantile Exchange (CME)⁷, el Intercontinental Exchange (ICE)⁸, el Stock Exchange of Hong Kong (SEHK), y el BM&FBOVESPA en São Paulo, entre otros. A pesar de la gran cantidad de contratos que se negocian, la cantidad que se entrega en la fecha de vencimiento de contrato no supera el 5 por ciento del producto negociado. De este modo, la importancia de los contratos de futuros no reside en asegurar la entrega del producto sino en transferir la información necesaria a través del precio.

Los mercados de futuros tienen importantes objetivos económicos, como la cobertura y transferencia de riesgo, la fijación de precios justos y abiertos y el establecimiento de precios a plazo (Atkin 1989). Una de las funciones más relevantes de los mercados de futuros es proveer un recurso público y obvio de información sobre el comportamiento de los mercados, que al intercambiarse a través del precio, mejorarán su exactitud y pertinencia entre mayor sea la infraestructura y participación en estos (Stein 1986; Atkin 1989; García-Verdugo 2000; Norton *et al.* 2010). Estos mercados proporcionan un lugar para el intercambio de información, que se incrementa con el número de participantes, aumentando la exactitud y pertinencia de la información sobre el producto negociado. Es por ello que los mercados de futuros se consideran una herramienta muy importante en el bienestar social.

Para que los mercados de futuros sean una herramienta funcional y útil a nivel público y privado deben ser eficientes. Es decir, que cumpla sus funciones en la transferencia de riesgo y descubrimiento de precios. Con la transferencia de riesgo los agentes buscan protegerse de la volatilidad de los precios, y su eficiencia dependerá de la variación relativa entre el precio del contrato de futuros y el del mercado físico. Si la información que transmiten los mercados es eficiente, aumentará el bienestar social.

⁷ <http://www.cmegroup.com/>

⁸ <https://www.intercontinentalexchange.com/index>

Mercados de futuros como herramienta de protección del riesgo de precios						
Mercados de futuros analizados	PARTE 1: La eficiencia		PARTE 2: Los mercados agrícolas		PARTE 3: La Protección del riesgo para el productor de Brasil	
	Heating oil Natural gas WTI crude oil Gasoline		CME Group <i>How the world advances</i>	Coffee		
	Brent crude oil Diesel			Cocoa Orange juice Sugar No. 11		
	Soybean Wheat Corn		Feeder cattle Live cattle Lean hog Soybean oil soybean meal	CME Group <i>How the world advances</i>	Coffee U.S. Dollar	
Modelos	Modelo de pérdida social Indicador SL			Coefficiente de desigualdad de Theil Raíz unitaria- Test de cointegración de Johansen- Modelo de corrección de errores de vectores cointegrados <i>Hedging simultáneo</i>		
Coyuntura	Eficiencia entre las dos crisis internacionales: la crisis del sudeste asiático de 1997 y la crisis financiera internacional de 2007.		Boom de precios de los alimentos de 2007: evaluación de la herramienta de protección en períodos estables e inestables en el sector agrícola.		Comparativa de eficiencia de los mercados de futuros nacionales e internacionales para la protección de los productores de café brasileños de cuatro regiones.	
Datos	1992-2012 6 vencimientos		1975-2015 6 vencimientos		2004-2015 1 vencimiento	

Tabla 1.1. Esquema de investigación por partes, productos, mercados, modelos y períodos analizados

La tabla 1.1 muestra las tres partes en las que se divide la investigación realizada en esta tesis. Como se observa en la tabla, la primera y segunda parte utilizan los datos de los precios de los contratos de futuros de haba de soja, trigo y maíz (soybean, wheat, corn) para los seis vencimientos. Los datos de los precios de los contratos de futuros de café para seis vencimientos son utilizados en la segunda parte mientras que en la tercera sólo se utilizan los precios a un vencimiento.

En la primera parte, se presenta el modelo de pérdida social con el cual se analiza la eficiencia de un grupo de contratos de futuros, seis productos energéticos, cuatro negociados en el CME y dos en el ICE, y tres productos agrícolas negociados del CME. La eficiencia se mide según productos, vencimiento de los contratos y períodos a través del indicador de pérdida social, SL. El indicador fue calculado para los nueve productos, con seis vencimientos cada uno, y para tres sub-períodos de 1992-1996, 1997-2006, 2007-2012 además de para el período completo 1992-2012.

La segunda parte de la investigación se centra en el boom de los precios de los alimentos y la alarma generada a nivel internacional por los posibles efectos negativos del incremento de los precios en el bienestar de los productores y consumidores más vulnerables. Los organismos internacionales han resaltado la importancia de la protección del riesgo para mitigar los efectos negativos que la oscilación de precios puede causar sobre las economías menos avanzadas. En este contexto, se propone la utilización de herramientas más sofisticadas pero de bajo coste, y entre ellas se encuentran los mercados internacionales de intercambio de productos, y más particularmente los mercados organizados como los mercados de futuros. Sabiendo la utilidad comparativa del indicador SL para medir la eficiencia de los mercados de futuros, se evalúa cómo son de eficientes los mercados de futuros a la luz de la preocupación internacional generada por el boom de precios de los alimentos a partir de 2007. En 1973-74 también se experimentó un alza en los precios de los alimentos, que no volvieron después a los niveles anteriores a la subida de precios; sin embargo, este análisis se concentra en lo ocurrido a partir de 2007. Utilizando datos de antes y durante el boom de precios de los alimentos, entre 1975 y 2015, la investigación evalúa la eficiencia de los mercados de futuros agrícolas en períodos de mayor y menor estabilidad.

La última parte de esta tesis está focalizada en el estudio de la protección del riesgo de precios de los productores de café brasileño a través de los mercados de futuros como herramienta de protección. Para ello se toman los precios al contado de cuatro regiones brasileñas productoras de café y se realiza un análisis de eficiencia comparativa entre el uso de los contratos de futuros de café nacionales negociados en BM&FBOVESPA, y en los internacionales, en este caso el ICE (ver tabla 1.1). Esta comparativa se realizó a través de tres métodos de análisis. El primero es el coeficiente de desigualdad de Theil, que permite medir la capacidad de los mercados de futuros de predecir los precios al contado de cada una de las regiones evaluadas. El segundo método es el de corrección de errores de vectores cointegrados (VECM), que requiere hallar la raíz unitaria y realizar el test de cointegración de Johansen. El último método aplicado fue el de cobertura simultánea (*simultaneous hedging*). Utilizando contratos de futuros de *commodities* y de tipo de cambio, este método compara la protección del riesgo a través de la reducción de la varianza de precios. Como se ve, en esta última parte de la tesis introducimos en nuestro análisis la posible utilidad de una variable importante para los países exportadores de *commodities*, el tipo de cambio, que supone un riesgo adicional que asumen todos los países que comercializan su producción en una moneda diferente a la nacional.

Después de esta introducción, en el segundo capítulo se presentan tres reseñas correspondientes a cada parte de la investigación. El capítulo tres presenta las conclusiones globales de la memoria de tesis. Finalmente, en el último capítulo la bibliografía.

2. Descripción general de las publicaciones

Los principales objetivos económicos de los mercados de futuros son la cobertura y la transferencia de riesgo, la fijación de precios justos y accesibles a todos, la reducción de la volatilidad de precios y el establecimiento o “descubrimiento” de los precios a plazo en un mercado organizado. Estos mercados pueden representar una herramienta de reducción de la incertidumbre para muchos de los productores, especuladores y comerciantes de *commodities*, así como para cualquier tipo de agente político que haga uso de estos como herramienta económica de control de precios (Zulauf y Irwin 1998; Ano-Sujithan *et al.* 2013).

Diferentes investigaciones avalan la tesis de que un mercado de futuros desarrollado y eficiente suele caracterizarse por una elevada liquidez. Esta liquidez es medida a través del volumen de negociación de contratos y del interés abierto (Avsar and Goss 1999; Chordia *et al.* 2008). El interés abierto se refiere al total de contratos de futuros en negociación y aún no cancelados por una transacción opuesta, entrega o por el ejercicio, mientras que el volumen se refiere a la cantidad de activos negociados en un período de tiempo determinado. Por supuesto, cuantos más agentes participen en el mercado, mayor será la facilidad de compra y venta de contratos, que podría ser determinante de la calidad y eficiencia de la información transmitida a través de los precios.

Además de la liquidez, otras variables pueden ser relevantes para determinar la eficiencia de un contrato de futuros. Las diferencias entre los contratos de *commodities* que derivan de las características del producto o de su sector de producción pueden ser fundamentales en el funcionamiento y eficiencia de cada uno. No es lo mismo un producto perecedero, estacional y con bajos costes de almacenamiento, que un producto no estacional con altos costes de almacenamiento. Ésta es una de las principales diferencias entre los productos agrícolas y los energéticos. La producción de *commodities* energéticos no depende de las estaciones ni de la climatología, aunque su precio se ve afectado por otro tipo de variables. Las variables que afectan los precios de los productos agrícolas son de distinta naturaleza. Si bien todos los mercados de *commodities* pueden verse afectados por la intensidad de especulación, así como por la liquidez y el comportamiento de otros mercados (Pindyck y Rotemberg 1990), la

naturaleza de los productos agrícolas hace determinante otro tipo de variables como la estacionalidad, las plagas y en general los factores relacionados con el clima (desastres naturales, etc.), haciendo más difícil la estimación del precio (Baffes y Dennis 2013) e incrementando la posibilidad de incurrir en una pérdida social mayor. Por otro lado, la capacidad de almacenamiento del producto puede influir de manera distinta en unas u otras *commodities*. Por ejemplo, aquellas más o menos perecederas tendrán que decidir entre asumir los costes de almacenamiento o vender el producto rápidamente. La diversidad de los mercados de estos productos, así como la incertidumbre asociada a su negociación, hacen de los futuros una herramienta fundamental, a condición de que sea eficiente.

Es en este sentido entendemos la importancia de investigar el comportamiento de los mercados de futuros. Otras variables, como el desarrollo de las relaciones económicas, la tecnología y la rapidez de las transacciones influyen en la vulnerabilidad del resto de agentes económicos que se encuentran en la cadena de producción o consumo de estas *commodities* ignorando la información de los mercados en los que ellos consumen y producen. Dependiendo del grado de información que se tenga, los agentes pueden salir perjudicados o beneficiados. Por ejemplo, si un agente sabe que los precios de la soja tienden al alza en los mercados de futuros, puede aprovecharse de aquel que desconoce esta tendencia para comprar a un precio menor la producción del productor desinformado.

La incertidumbre sobre el futuro genera un riesgo sobre la posible evolución desfavorable de los precios, pero los precios de los contratos de futuros contienen información sobre las expectativas de los agentes que participan en cada mercado. De esta manera, si se producen cambios en las variables de mercado como la oferta, la demanda, los precios de los insumos, la intensidad de especulación en el mercado, y el resto de variables particulares de cada mercado, debe verse reflejado en los precios de los contratos de futuros, con más precisión y más rapidez en la medida en que los mercados en los que se negocian sean más eficientes.

A continuación se presentan tres reseñas de cada una de las tres partes de la investigación desarrollada en esta tesis.

2.1. Una propuesta para medir la eficiencia funcional de los mercados de futuros

En la primera parte de la investigación se aplicó el modelo de eficiencia funcional a un grupo de contratos de futuros energéticos y agrícolas. Antes de entrar más en profundidad en los mercados agrícolas en la segunda parte de la investigación, la primera aplicación del modelo es desarrollada tanto para los mercados energéticos como para los de alimentos. La estrecha relación de los mercados energéticos y agrícolas ha sido puesta de manifiesto por diferentes aportaciones que muestran la existencia de elevada correlación entre el comportamiento de los precios energéticos y agrícolas (Pindyck y Rotemberg 1990; Gilbert 2010; Baffes 2013; De Nicola *et al.* 2016). Gilbert (2000) ha demostrado que las dos grandes alzas de los precios de los alimentos, en 1973-74 y 2007-08, han estado ligadas a las alzas de los precios energéticos, la primera a la crisis petrolera de los 70 y la segunda al boom de precios del petróleo en aquellos años. Es precisamente esta conexión de los mercados energéticos con los agrícolas lo que nos llevó a que en la primera parte de la investigación se aplique el primer modelo utilizando los datos de seis contratos de futuros energéticos y tres contratos de futuros agrícolas. El análisis nos introduce en el fundamento de los mercados de futuros, su importancia, y cómo la cuantificación de su eficiencia representa una forma de medir la funcionalidad de esos mercados, que tienen la finalidad de ayudar a proteger a los agentes económicos de los riesgos de precios en sus respectivos mercados.

Como se mencionó en la introducción, cuando hablamos de eficiencia de los mercados de futuros nos referimos al cumplimiento de las funciones de estos mercados en la transferencia de riesgo y descubrimiento de precios. Si los mercados de futuros cumplen su función de descubrimiento del precio, cada participante actuará de acuerdo con la información que dispone y las previsiones que ha realizado sobre el movimiento futuro de los precios. Mientras el mercado de futuros cumpla sus dos funciones correctamente, el precio formado en los mercados de futuros recogerá toda la información disponible en el mercado y su eficiencia podrá denominarse como funcional (García-Verdugo 1998).

La eficiencia funcional no tiene relación con el concepto de eficiencia asignativa ni con la noción de óptimo paretiano, y en cambio se identifica con el concepto de eficiencia técnica, debido a que la información transmitida en los mercados de futuros puede ser fundamental en toma de decisiones sobre la utilización de factores en el proceso productivo. Veremos que la principal medida de eficiencia utilizada en este trabajo es el índice de pérdida social SL, que trata de determinar la eficiencia funcional de los mercados de futuros analizando la mayor o menor pérdida social producida por los errores que se cometen cuando se utilizan los precios de los contratos de futuros como estimadores del precio en el mercado físico.

Teniendo en cuenta el alto nivel de incertidumbre al que tienen que enfrentarse los productores de *commodities*, este trabajo intenta en el primer capítulo medir la pérdida de social en cada contrato de futuros. Como se ha dicho anteriormente, en esta primera parte se ha seleccionado un grupo de nueve contratos de futuros agrícolas y energéticos, evaluando los cambios en su eficiencia funcional entre distintos períodos temporales y entre contratos de un mismo producto pero con diferentes vencimientos, más o menos cercanos a la fecha de cierre de contrato.

El modelo utilizado para estimar el indicador SL es el mismo que se aplica en la segunda parte de la investigación, donde se analiza el comportamiento de un grupo de contratos de futuros agrícolas.

2.1.1. Sobre el modelo de eficiencia

A partir de un modelo estructural genérico de mercados de futuros (Stein 1986) se evalúa en términos de bienestar social el funcionamiento de nueve contratos de futuros. Partiendo del concepto de excedente social, el modelo intenta mostrar que el error cometido al utilizar los precios de los futuros para predecir los precios al contado en el futuro se traduce en una pérdida de bienestar a través de la errónea asignación de recursos, valorando el bienestar social aportado por los futuros por medio del estadístico de pérdida social SL.

El modelo de Stein (1986) se basa en la optimización de las decisiones individuales de los diferentes participantes; permite establecer teóricamente las variables que determinan el precio de equilibrio, el interés abierto de equilibrio, y la variabilidad de

los precios; facilita la utilización de expectativas exógenas y endógenas, y la incorporación de participantes con diferentes habilidades de predicción; pero sobre todo, en relación con el objetivo de este trabajo —la fundamentación teórica del análisis empírico sobre el bienestar social—, permite obtener una evaluación de la aportación de los mercados de futuros al bienestar social a través de la asignación intertemporal óptima de los recursos que se realiza por medio de ellos.

Puede afirmarse que las entidades comerciales son atraídas a los mercados de futuros con la posibilidad de protegerse del riesgo de precios del producto subyacente en el mercado físico. El riesgo soportado puede ser causado por diferentes motivos dependiendo de la naturaleza del producto. Este riesgo se manifiesta a través de la incertidumbre sobre el nivel de precio de venta al que se va a poder comercializar la producción o a la posible variación de los precios que deben ser pagados por los inputs productivos, y en ambos casos influye directamente sobre el nivel de beneficios esperados. Por otro lado, la variabilidad de esos mismos precios atrae a los especuladores y determina su correspondiente nivel de beneficios esperados. Suponemos que todos los participantes forman expectativas sobre las variables relevantes, que pueden ser descritas mediante distribuciones subjetivas de probabilidad y la maximización de la utilidad esperada, que depende positivamente del nivel esperado de beneficios y negativamente del riesgo soportado, es decir, de la variabilidad de los beneficios. Como resultado de las necesidades de protección o especulación de los participantes, se obtiene un nivel óptimo de producción y una posición óptima en el mercado de futuros para cada participante (Stein 1986; Atkin 1989; García-Verdugo 2000).

Existen tres tipos de participantes: las entidades comerciales que tienen incertidumbre sobre el precio de venta, las entidades comerciales con incertidumbre sobre el precio de compra, y los especuladores. El primer tipo de entidades comerciales, las que tienen incertidumbre respecto al precio de venta, puede identificarse, por ejemplo, con los productores de café, soja, de crudo, gas natural, etc., refinerías o intermediarios que tienen costes conocidos. Las entidades comerciales del segundo tipo tienen incertidumbre en cuanto al precio de compra de sus factores de producción, y se identifican, por ejemplo, intermediarios que han ofrecido un precio fijo de venta a sus

clientes, con los consumidores finales de productos agrícolas o energético, en el caso de productos energéticos, con las refinadoras o con las centrales térmicas de producción eléctrica. Por último, los especuladores, son aquellos que consiguen sus beneficios exclusivamente como consecuencia de la variación de los precios de los futuros.

Por razones de simplicidad, el modelo utilizado tiene sólo dos períodos, t y $t+1$, aunque no hay pérdida de generalidad en las conclusiones. El período t , en el que los productores realizan las decisiones de producción, los productores y consumidores deciden la proporción de sus posiciones comerciales que van a proteger con los futuros, y los especuladores deciden el volumen de su inversión. En el período $t+1$ se realizan los intercambios en el mercado físico y se cancelan las posiciones abiertas en el mercado de futuros. Por lo tanto, se considera que la cantidad de productos producida y consumida es conocida por los agentes, al igual que el interés abierto en contratos de futuros energéticos, mientras que el precio del mercado abierto y el precio del contrato de futuros en $t+1$ son variables aleatorias que dependen de la demanda efectiva del producto, cuya variabilidad es la fuente subyacente de incertidumbre (García-Verdugo 2000). Bajo una óptica más realista, el modelo se amplía para varios períodos. En el modelo ampliado el período $t+1$ pasa a $t+k$, donde k representa los diferentes períodos de vencimiento del contrato. Sabiendo que se pretende medir la eficiencia de los mercados de futuros para estimar los precios al contado, se utilizan los precios de los contratos de futuros en el período t con vencimiento en k , como estimadores de los precios al contado en el período $t+k$. El modelo, al igual que los resultados del análisis, se encuentra desarrollado en los artículos publicados de la tesis.

Mediante la estimación del estadístico de pérdida social SL se pretende cuantificar en cierta medida la proximidad de cada contrato respecto del comportamiento óptimo. Por ejemplo, si el valor de un $SL(k)$ determinado es 1,5, indica que, al estimar el precio al contado futuro con k vencimientos de antelación mediante el precio del correspondiente contrato de futuros, el error medio al cuadrado es un 50% mayor que el error inevitable; por lo tanto, esta diferencia se debe a que la eficiencia de ese contrato no es perfecta, o lo que es lo mismo, a la presencia de un error bayesiano y de una cierta prima de riesgo. Cuanto menor sea el valor de $SL(k)$, mayor será la eficiencia funcional de ese contrato de futuros.

2.1.2. Análisis empírico

Se utilizó una base de datos entre 1992 y 2012 de precios diarios de nueve contratos de futuros energéticos y agrícolas. El análisis de datos fue separado en tres sub-períodos determinados por las crisis financieras recientes más importantes: la crisis del sudeste asiático de 1997 y la crisis financiera internacional de 2007. Todos los contratos seleccionados son de *commodities* con un significativo nivel de volumen de negociación e interés abierto. Los contratos de futuros seleccionados para el análisis empírico son negociados en los mercados de futuros del ICE y del CME. Los resultados obtenidos en este primer análisis pueden observarse en la figura 2.1⁹, en donde observamos que en términos de eficiencia los productos energéticos presentaron mejores resultados que los tres productos agrícolas.

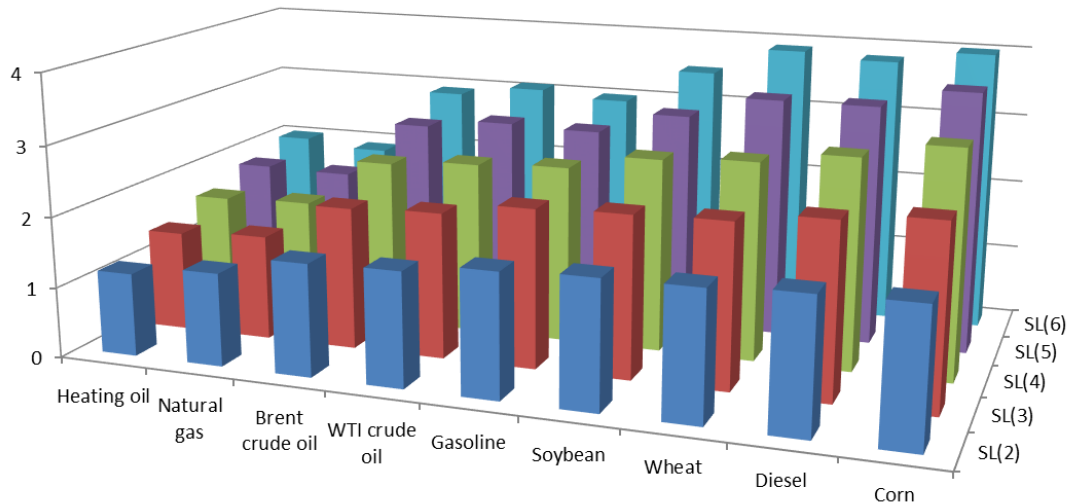


Figura 2.1. Valores de pérdida social (SL) según contrato de futuros para el período 1992-2012

⁹ Como se observa en la figura 2.1, los nombres de los contratos analizados se encuentran en inglés. Para mayor claridad se realizará una traducción para referirse a estos en la reseña en castellano. *Heating oil*: Gasóleo de calefacción; *Natural gas*: Gas natural; *Brent/WTI crude Oil*: Crudo Brent/WTI; *Gasoline*: Gasolina; *Soybean*: Habas de soja; *Wheat*: Trigo; *Diesel*: Diésel; *Corn*: Maíz.

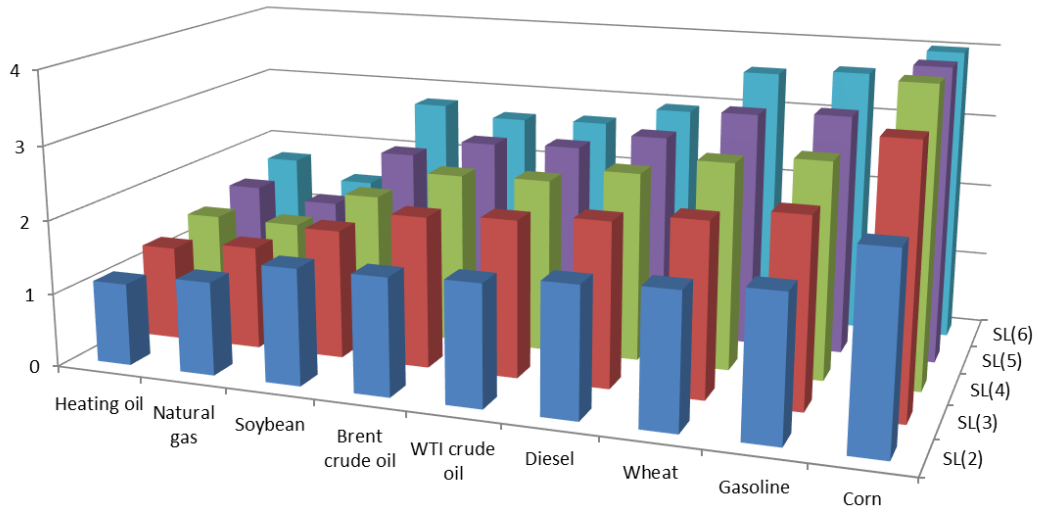


Figura 2.2. Valores de pérdida social (SL) según contrato de futuros para el sub-período 1: 1992-1996

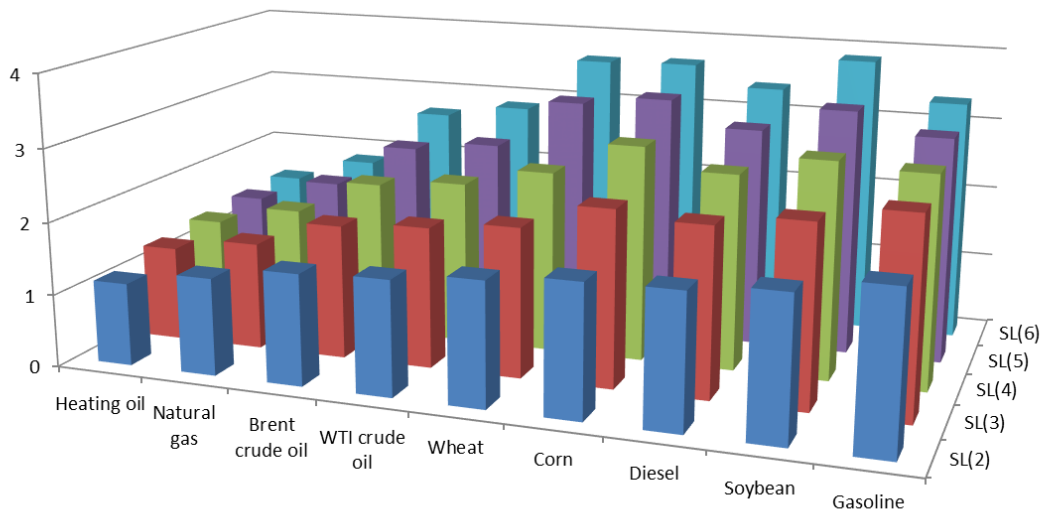


Figura 2.3. Valores de pérdida social (SL) según contrato de futuros para el sub-período 2: 1997-2006

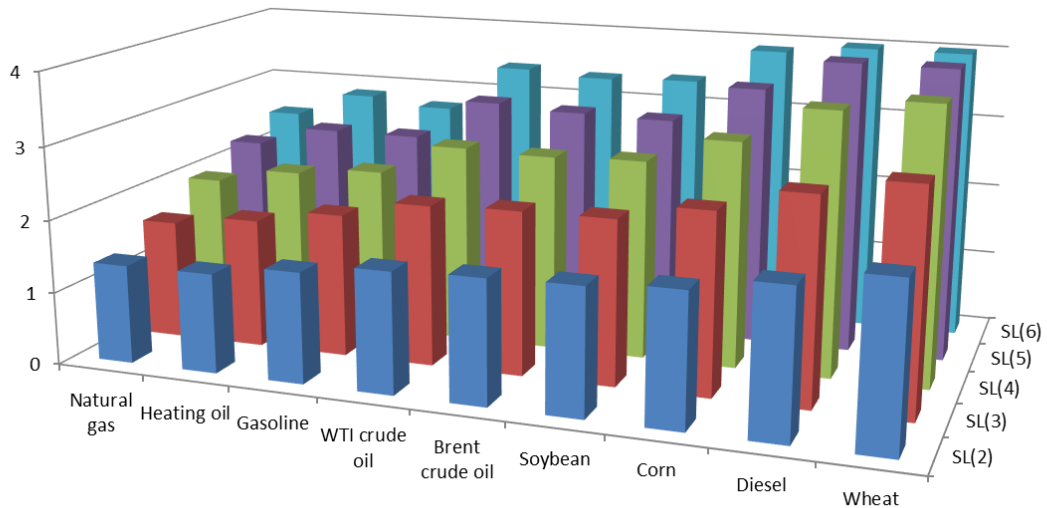


Figura 2.4. Valores de pérdida social (SL) según contrato de futuros para el sub-período 3: 2007-2012

Teniendo en cuenta que menores valores de SL indican mayor eficiencia, las figuras anteriores permiten ordenar los contratos de futuros analizados de más a menos eficiente desde el punto de vista funcional. Por tanto, en términos de bienestar social, entre 1992-2012, el contrato de gasóleo de calefacción (*heating oil*) fue el más eficiente para los vencimientos 2 a 4, el de gas natural (*natural gas*) fue el más eficiente entre los vencimientos 5 y 6, y el de maíz (*corn*) fue el contrato de futuros menos eficiente en todos los vencimientos. Los contratos cuyo valor SL aumenta más sensiblemente con la distancia al vencimiento, son aquellos que usualmente presentan un valor medio del indicador SL(k) que indica una menor eficiencia, y viceversa.

De mayor interés es comparar los valores del indicador SL en cada mercado según los distintos períodos. En las figuras 2.2, 2.3 y 2.4 podemos observar los valores del indicador SL de cada contrato para cada período. En el primer sub-período (figura 2.2), 1992-1996, los contratos más y menos eficientes fueron los mismos que para el período completo. En el período 1997-2006, el contrato menos eficiente del grupo fue el de gasolina mientras que el gasóleo de calefacción fue el más eficiente. En el sub-período 3 (2007-2012), el contrato de gas natural fue más eficiente que el de gasóleo de calefacción, mientras que el de trigo (*wheat*) presentó el menor nivel de eficiencia funcional. Entre el sub-período 1 y 2, el contrato de futuros de maíz aumentó su

eficiencia para todos los vencimientos, pasando de ser el menos eficiente a ser el sexto contrato más eficiente del grupo, posición que mantuvo en el sub-período 2007-2012.

Analizando la tasa de variación del estadístico SL entre los sub-períodos 1992-1996 y 2007-2012, se encontró que los futuros de gasóleo de calefacción, trigo y diésel presentaron los mayores aumentos del índice SL (46,9%, 40,2% y 38,6% respectivamente) lo que implica pérdida de eficiencia, mientras que los de maíz y gasolina incrementaron su eficiencia con una reducción del indicador de 32,3% y 22,4%. Excluyendo estos dos últimos contratos, todos los demás de la muestra redujeron su eficiencia funcional. Este aumento en la eficiencia funcional del contrato de futuros de maíz fue especialmente notoria entre los períodos 1992-1996 y 1997-2006, ya que entre este último período y 2007-2012 este contrato mantuvo su valor de SL(2), pero redujo el valor en el resto de contratos con vencimientos mayores.

Como era de esperar, para todos los sub-períodos, al igual que para el período completo, los valores de SL se incrementan en todos los productos cuanto más lejano es el vencimiento, mostrando que los mercados de futuros reducen su capacidad de predicción cuando k aumenta. En este caso se encontró que en conjunto, los contratos energéticos presentaron mejor comportamiento que los contratos de futuros agrícolas estudiados. Cuando vemos el comportamiento individual de cada producto, puede observarse que a pesar que los mejores resultados de eficiencia en el período completo y los sub-períodos se le atribuyen a los contratos energéticos, encontramos que en varios períodos diésel y gasolina presentaron peores resultados que los contratos agrícolas. Un estudio más amplio es necesario para determinar si los futuros agrícolas presentan una mayor eficiencia que los energéticos. Por supuesto, así como las particularidades de cada producto energético hacen que sus contratos de futuros sean más o menos eficientes, podremos observar que las particularidades de cada producto agrícola pueden ser determinantes en la eficiencia de sus contratos de futuros.

Esta primera parte de la investigación presentó un indicador de gran utilidad y cálculo sencillo para cuantificar la eficiencia funcional de los contratos de futuros. El SL se muestra como una medida consistente que puede ser utilizada para estimar cuantitativamente la pérdida social asociada a los precios de los contratos de futuros

como estimadores de los precios al contado a través de la utilización de conceptos y herramientas relacionadas con la teoría de excedente social. Con el cálculo del indicador SL se ha demostrado la capacidad de medir el comportamiento relativo de los diferentes contratos al igual que permite el análisis de la evolución de su eficiencia funcional a lo largo del tiempo.

A continuación, en la segunda parte de la investigación se tomó un grupo de productos agrícolas bastante diverso para medir la eficiencia de sus contratos de futuros. Tal como antes se mencionó, no todos los productos tienen las mismas características, y esto puede ser muy relevante a la hora de determinar su eficiencia.

2.2. La medición de la eficiencia funcional de los mercados de futuros agrícolas

Los mercados agrícolas vienen experimentando notorios cambios desde 2004. Entre junio de 2004 y junio de 2006 el interés abierto de los futuros de trigo negociado en el *Chicago Board of Trade* (CBOT) aumentó un 275% (Sanders *et al.* 2008) y para el maíz, soja y aceite de soja el aumento fue de alrededor de un 100%. Por el lado de los precios, entre 2007-2008 los precios agrícolas sufrieron grandes incrementos (Ivanic y Martin 2008; World Bank 2011a), tanto que en 2013 llegaron a duplicarse e incluso triplicarse con respecto a la década anterior (Baffes 2013). En la figura 2.5 se observa la evolución de los precios de algunos de los principales contratos de futuros agrícolas a un mes del vencimiento y el crecimiento en los precios después de 2007. Este hecho disparó la alarma internacional, los gobiernos con más recursos realizaron intervenciones para reducir y estabilizar los precios, las organizaciones internacionales advertían sobre los efectos negativos de los crecientes precios de los alimentos (World Bank 2011a; Pinstrup-Andersen 2014) y hasta los medios de comunicación se hicieron eco del problema.

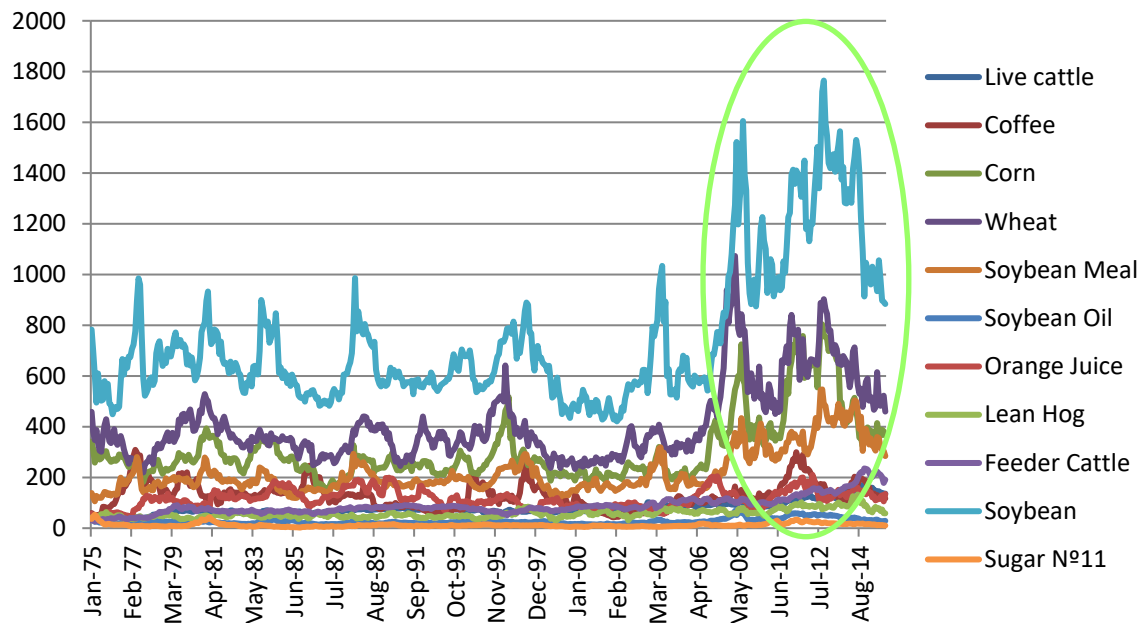


Figura 2.5. Precios de los contratos de futuros agrícolas de un vencimiento de ICE y CME entre 1975 y 2015 en dólares de EE.UU.
Fuente: *Bloomberg*®

2.2.1. La inestabilidad con el boom de precios

La investigación en el comportamiento de los precios de las *commodities* se convirtió en un tema de interés central para las instituciones internacionales debido a los efectos negativos que el incremento y la fluctuación de precios podrían causar, en especial en la economía de los países de bajos recursos o más dependientes de los ingresos derivados de la exportación de estos productos que no cuentan con políticas agrícolas adecuadas. Ante esta situación, la propuesta política de los organismos internacionales favoreció una postura diferente de la tradicional respuesta “subsidiaria”, proponiendo que la investigación en el comportamiento de los mercados y el manejo de la volatilidad debía tomar mayor relevancia en el enfoque de la política nacional e internacional. Entendamos por “subsidiarias” las políticas gubernamentales a favor del consumidor para garantizar precios bajos de los alimentos, que debido a las distorsiones de precios que crean en el mercado pueden afectar enormemente a los pequeños productores, ya que reducen sus ganancias y, en consecuencia, los incentivos de invertir en la agricultura rural a pequeña escala (Anderson *et al.* 2010). Estas políticas, que generalmente vienen de países desarrollados, han reducido el bienestar económico nacional e internacional, evitando el crecimiento económico y contribuyendo a la desigualdad y la pobreza,

debido a que al menos 750 millones de personas de entre la población mundial con menos recursos dependen directa o indirectamente de los ingresos que obtienen con la agricultura (World Bank 2007). Autores como Pinstруп-Andersen (2014) señalan que la protección de la volatilidad es mucho más importante que mantener un bajo nivel en los precios de los alimentos. Los precios de los alimentos, que se forman en mercados internacionales altamente competitivos, se caracterizan por una alta volatilidad que no puede ser controlada a través de la política subsidiaria.

La volatilidad de los precios puede afectar muy negativamente a productores y a consumidores cuando no existe protección frente al riesgo (Marcus y Modest 1984; Fortenbery y Zapata 2004). Las constantes fluctuaciones pueden enviar señales de mercado que en ocasiones son mal interpretadas, pudiendo perjudicar las decisiones de producción de los aquellos agricultores peor informados. En este sentido, los agricultores se ven atrapados en una difícil situación, que afecta principalmente a las economías menos desarrolladas, mientras que las economías más desarrolladas generalmente cuentan con políticas de ingresos y precios agrícolas que los protegen de dichas variaciones (Ivanic y Martin 2008; World Bank 2011a). La exposición al riesgo de los países menos desarrollados y su incapacidad de hacer frente a estos riesgos los afecta sobremanera, poniendo en peligro sus objetivos de desarrollo, como el crecimiento económico y la reducción de la pobreza, entre otros (World Bank 2013).

Esta importancia que adquiere la protección del riesgo pone a los mercados de futuros en una posición privilegiada como herramienta de protección o *hedging*. La discusión de la utilidad de estos mercados como canal de información y protectores de riesgo es de gran relevancia en este contexto.

Teniendo en cuenta las consecuencias del incremento y la oscilación de precios agrícolas, se presenta en este apartado un análisis de eficiencia antes y después de 2007, cuando surge la alarma internacional sobre el excesivo crecimiento en los precios de los alimentos (Ano-Sujithan *et al.* 2013; Warr 2014). El objetivo es evaluar la eficiencia de los contratos de futuros de diferentes productos y períodos, para observar si aun en períodos de mayor inestabilidad, como el posterior a 2007, los mercados de futuros

siguen siendo una herramienta fiable en la transmisión de información para los agentes del mercado.

2.2.2. Análisis empírico

En esta parte de la memoria de tesis se evalúa la eficiencia de los mercados de futuros agrícolas como herramienta de protección de riesgo de precios en el período 1975-2015, y los sub-períodos 1975-2007, 1998-2007 y 2008-2015 para seis vencimientos. El análisis de eficiencia en el período completo permite contrastar la eficiencia funcional entre productos. El análisis por sub-períodos permite observar el comportamiento de la eficiencia entre períodos más o menos estables, que varía entre productos. Teniendo en cuenta la mayor longitud del período 1975-2007, también se realizó la comparación entre los períodos 1998-2007 y 2008-2015. El análisis comparativo con un período más corto aumenta la estabilidad del período anterior al incremento de los precios, ya que se omiten las variaciones causadas por los diferentes ciclos económicos experimentados en períodos precedentes a 1998, permitiendo una valoración de la eficiencia funcional más robusta.

Igual que en la primera parte de la investigación, se utilizó el índice SL para calcular la eficiencia. Se seleccionaron 12 contratos de futuros agrícolas, los cuales se dividieron en tres grupos. El primer grupo, el de productos pecuarios (*livestock*), lo conforman tres productos: ganado vivo (*live cattle*), ganado engordado (*feeder cattle*) y cerdo magro (*lean hog*) negociados en el CME. En el segundo grupo, de productos suaves (*soft*), tenemos cuatro productos: café (*coffee*), cacao (*cocoa*), zumo de naranja (*orange juice*) y azúcar N°11 (*sugar N°11*) que se negocian en el ICE. Por último, en el grupo de granos y semillas oleaginosas (*grains and oilseeds*) se encuentran cinco productos: habas de soja (*soybean*), harina de soja (*soybean meal*), aceite de soja (*soybean oil*), trigo (*wheat*) y maíz (*corn*) que también son negociados en CME.

Nuestro análisis mostró que el indicador SL es consistente y que puede ser utilizado para cuantificar la pérdida social estimada utilizando conceptos y herramientas relacionadas con la teoría de excedente social. Como ya se dijo en el apartado anterior, esta pérdida se encuentra asociada con la estimación los precios al contado a través de la información contenida en el comportamiento de los precios de los mercados de futuros. Teniendo

en cuenta los seis vencimientos, el indicador demostró su utilidad para comparar el comportamiento relativo de los diferentes contratos de acuerdo según su distancia con el vencimiento, así como analizar el comportamiento de su eficiencia funcional a través del tiempo.

Los resultados obtenidos mostraron que el rápido crecimiento de los precios agrícolas desde 2007 no tuvo consecuencias notables en la eficiencia de los contratos de futuros analizados. Es más, el análisis por sub-períodos permitió notar el desarrollo y mejoramiento de la eficiencia de los contratos de futuros en el tiempo, probablemente asociado al mejoramiento de los contratos en términos de infraestructura y de liquidez debido a la creciente participación de una variedad de agentes a nivel mundial. Antes de 2007, el grupo de contratos de productos pecuarios vivos negociados en el CME fue el más eficiente de la muestra, seguido por los productos suaves y no muy lejos el grupo de granos y semillas oleaginosas, que entre 2008-2015 experimentó un notable crecimiento en su eficiencia para todos los vencimientos. Los cerdos magros resultó ser el contrato de futuros más eficiente de toda la muestra, probablemente debido a los desarrollos logrados en la industria porcina desde 1997 (Carter y Mohapatra 2008), mientras que los contratos de trigo, maíz, zumo de naranja y cacao fueron los menos eficientes de los estudiados, lo cual puede estar relacionado con la existencia de períodos con costes relativamente más altos en el almacenamiento físico de los productos. La positiva evolución de la eficiencia funcional del contrato de futuros porcino es un buen ejemplo de que la implementación de medidas para el mejoramiento de los mercados físicos podría beneficiar la eficiencia funcional de los mercados de futuros agrícolas.

En 2008-2015 tanto el grupo de suaves como el de granos y semillas oleaginosas incrementaron su eficiencia con respecto al de productos pecuarios, pero a pesar de eso durante el período total este último grupo de contratos fue el más eficiente de los tres.

Los mayores niveles de eficiencia funcional fueron obtenidos en el período 2008-2015, indicando que el desarrollo y el aumento de la liquidez en los mercados contribuyeron positivamente a la mejora de la eficiencia en los contratos de futuros agrícolas, mientras que el incremento de precios y la inestabilidad de los precios internacionales no afectó

negativamente a la eficiencia de los mercados de futuros como canales de información para los agentes que participan en ellos.

Como se pudo observar en la primera parte de nuestra investigación, la eficiencia funcional estimada para otros productos como los energéticos fue superior a la de los tres contratos agrícolas estudiados (Consuegra y García-Verdugo 2013, 2015). Sin embargo, en esta segunda parte, al incluir nueve contratos agrícolas más, se encontró que el nivel de eficiencia funcional es bastante similar, e incluso algo mejor en algunos contratos. Un claro ejemplo son los resultados del indicador SL obtenidos en los contratos de productos pecuarios. Lo que lógicamente no varía casi en ningún caso es el hecho de que la capacidad de estimación de los precios de los contratos de futuros se ve reducida con la distancia del vencimiento.

Un amplio campo de investigación es necesario en esta área. Bajo esta misma línea de investigación podría avanzarse explicando la evolución del SL a lo largo del tiempo a partir de variables como el interés abierto, el volumen de negociación y la volatilidad de los precios. Tal como sugiere Stein (1981), este mismo indicador podría utilizarse para evaluar la eficiencia de los contratos forward negociados en los mercados físicos no organizados. Una continuación natural de esta investigación sería aplicar la misma metodología a grupos de *commodities* diferentes de los energéticos y agrícolas ya analizados en esta investigación, como los metales y los productos financieros.

A continuación, en la tercera parte de la investigación utilizaremos una metodología diferente para medir la eficiencia funcional de los mercados de futuros, sin dejar los mercados de futuros y sus niveles relativos de eficiencia. Tomaremos un solo producto, el denominado café arábica, para el cual compararemos la eficiencia de dos contratos de futuros muy diferentes, el negociado en el ICE, ya utilizado en este segundo apartado, y el mercado de futuros de café de Brasil, que es el mayor productor mundial de café. Profundizaremos en cómo pueden afectar los mercados de futuros a los productores locales, y para ello introduciremos en nuestro estudio una nueva metodología así como la consideración de futuros de tipo de cambio, de gran relevancia para los productores de *commodities* destinadas a la exportación.

2.3. Evaluación comparativa de la eficiencia de las estrategias de protección utilizando mercados de futuros nacionales o internacionales: Estudio de caso de las regiones productoras de café en Brasil

Con el objetivo de hacer un estudio más detallado en un mercado específico, y poder realizar comparaciones con mercados de futuros menos líquidos que se encuentren en economías menos desarrolladas o emergentes, se seleccionó el mercado de café para realizar un estudio de caso. Se evalúa entonces el caso de Brasil, uno de los principales productores de *commodities* del mundo, y el mayor productor de café a nivel mundial.

Históricamente el café ha sido producido por países de baja renta. Los tres principales productores hoy son Brasil, Vietnam y Colombia, pero podemos encontrar alrededor de 20 países productores, varios de ellos con un peso importante de la producción y exportación de este producto en la economía nacional. La competitividad de estos países ha estado basada en los bajos niveles de los precios de producción y venta del café, que unido a la alta volatilidad internacional de sus precios ponen en riesgo las economías más dependientes de estas exportaciones (Fortenbery y Zapata 2004). Brasil en particular produce más del 30 por ciento de la producción mundial de café, siendo el mayor productor y exportador, pero también el segundo consumidor mundial después de EE.UU.¹⁰ (Topik 2015).

En los mercados organizados internacionales destacan dos contratos de futuros de café. El primero, denominado en café arábica de calidad C (*Coffee C*), es negociado en el ICE, y es el referente de precios de este tipo de café. El segundo es el contrato de futuros de café robusta, también negociado en el ICE, es el referente internacional de los precios de este tipo de café (Fry *et al.* 2010). Sin embargo, en términos de antigüedad, volumen e interés abierto, el contrato de futuros de café arábica es el más importante. Aparte de

¹⁰ De acuerdo con la Organización Internacional del Café (ICO), en 2014 el consumo mundial de café fue superior a 150 millones de sacos de café de 60 kg, equivalente a 19.900 millones de libras de café. Esta cantidad representa 529.800 contratos de café de los negociados en el ICE. Para el mismo año, EE.UU consumió casi 24 millones de sacos de café de 60kg, equivalente a 3.100 millones de libras de café. Esta cantidad representa 83.800 contratos de futuros de café del ICE. Esta cantidad es bastante representativa cuando se comprueba que el interés abierto en los futuros de café de ICE se encuentra de manera habitual alrededor de 100.000.

estos dos contratos de futuros de café encontramos otros más pequeños, entre los cuales destacan los negociados en Brasil, Francia, India y Japón (Fry *et al.* 2010).

Como Brasil es el principal productor y exportador de café a nivel mundial, en esta tercera parte de la investigación estudiaremos el contrato de futuros de café arábica negociado en el mercado de futuros de Brasil (BM&FBOVESPA), con la peculiaridad de que se trata del único país productor de café con su propio contrato de futuros activo. Teniendo en cuenta que el referente internacional para este producto es el contrato de futuros de café negociado en el ICE de Nueva York, en nuestro análisis lo consideraremos como la otra referencia que pueden tener los productores de café brasileños a la hora de tomar decisiones.

	ICE	BM&FBOVESPA
Descripción/calidad	El contrato "Coffee C" es la referencia global para café arábica. El contrato prevé la entrega física del grano verde en grado de intercambio de los almacenes con licencia de alguno de los 20 países* de origen a uno de los puertos de EE.UU y Europa, con calidades que reciben una prima ("premium") o un descuento ("discount") ya establecidas según puertos y cultivos. Análogamente, basándose en el sabor se determinará una calidad estándar, los mejores recibirán una prima y los de inferior calidad un descuento sobre el precio.	El grano verde de café producido en Brasil es de variedad arábica, del tipo 4/5 o mejor (en 2016 el tipo o calidad mejoró a 5/6). Basándose en el sabor, café de alta calidad o mejor.
Tamaño del contrato	37.500 libras	13.228 libras (6.000 kilos)
Primer día de aviso	Siete días laborales antes del primer día laboral del mes de entrega (cierre de contrato).	Primer día del mes de entrega (cierre de contrato)
Último día de aviso	Siete días laborales antes del último día laboral del mes de entrega.	Primer día laboral del último día del mes de entrega.
Último día de negociación	Un día laborable antes del último día de entrega del producto	Seis días laborables antes del último día del mes de entrega
Mes de entrega	Marzo, mayo, julio, septiembre, diciembre.	Marzo, mayo, julio, septiembre, diciembre.

*México, Salvador, Guatemala, Costa Rica, Nicaragua, Kenia, Nueva Guinea, Panamá, Tanzania, Uganda, Honduras y Perú calidad estándar, Colombia con 200 puntos de prima, Burundi, Rwanda, Venezuela e India con 100 puntos de descuento, República Dominicana y Ecuador con 400 puntos de descuento, y Brasil con 900 puntos de descuento. A partir de mayo de 2016, el contrato de café de Colombia mejora a 400 puntos de prima y el de Brasil pasa a 600 puntos de descuento.

Tabla 2.1. Especificaciones de los contratos de futuros de café del ICE y de BM&FBOVESPA

Como se indica en la nota de la tabla anterior, las calidades de café producido en al menos 20 países pueden admitirse a la entrega del contrato de futuros "Coffee C" del ICE, con primas o descuentos según costes de transporte y calidades. En consecuencia, para estos países el precio del contrato del ICE es la referencia fundamental sobre el comportamiento de los precios del café. Los precios de este contrato incorporan la información de consumidores de todo el mundo y de los 20 mayores países productores

a nivel mundial, pero se refiere al menos a cinco calidades diferentes de café. Esta heterogeneidad en el producto y la información que recoge puede tener una influencia negativa en la eficiencia, mientras que si el producto fuera más estándar la fiabilidad de la información sería mayor y la eficiencia probablemente también. Por este motivo, cabe la posibilidad de que el mercado nacional de futuros de Brasil sea más eficiente para los productores locales, debido a que sólo se negocia una calidad que coincide con la que ellos producen.

Como sucede en el caso del café, lo habitual es que los mercados de futuros más importantes de una *commodity* no coincidan geográficamente con el lugar donde estas son mayoritariamente producidas, lo cual es de esperarse al tomar en consideración que los principales mercados de negociación se encuentran en los principales centros financieros ubicados en cinco ciudades del mundo. . Aunque en Brasil no se ubique el mercado de futuros de café más grande, ya se ha mencionado que es el único gran productor que cuenta con su propio mercados de futuros con contratos de café (BM&FBOVESPA). Dicha particularidad, unida a las anteriormente mencionadas, hace de Brasil un caso muy interesante que nos permite evaluar la eficiencia del instrumento de protección comparativamente utilizando mercados de futuros nacionales o internacionales.

Diferentes autores han demostrado que los mercados de futuros deben ser tan líquidos como sea posible, ya que esto permite mayor circulación de la información y por ende, mayor eficiencia (Avsar y Goss 1999; Chordia *et al.* 2008). En este sentido, los bajos niveles de interés abierto y volumen de negociación en los contratos de futuros de café de BM&FBOVESPA muestran en principio un mercado poco desarrollado y posiblemente sin suficiente información para asegurar una protección eficiente del riesgo de precios. Sin embargo, otras variables como la mayor homogeneidad del producto ofrecido en contrato de futuros nacional, en cuanto a la calidad y país de procedencia, así como la coincidencia entre el producto nacional y el producto subyacente del mercado de futuros, pueden tener un impacto favorable sobre la eficiencia funcional. En este sentido, al comparar la eficiencia de los futuros nacionales con los internacionales, se estaría evaluando conjuntamente la importancia de las variables mencionadas sobre la liquidez de los mercados. La variable liquidez que se mide por el volumen y el nivel de

negociación suelen ser al menos 20 veces mayor en los futuros de café de ICE. En este contexto se evalúa de manera independiente los precios que toman los contratos de futuros en los dos mercados, ICE y BM&FBOVESPA, como posibles referentes eficientes para las decisiones de los productores de café brasileños.

Considerando que el contrato de futuros de café arábica negociado en BM&FBOVESPA no es relevante a nivel internacional pero sí para los productores de café nacionales, es de gran importancia evaluar si protegerse con los contratos de futuros nacionales es más eficiente que protegerse con los contratos negociados en el mercado de referencia internacional. Tengamos en cuenta que aunque es posible que los productores de café de Brasil observen el comportamiento de los precios en los mercados de futuros, la participación activa dentro de los mercados como herramienta de protección del riesgo de precios es aún limitada (Da Silveira *et al.* 2014). Precisamente este tipo de investigaciones representa una gran aportación para los productores de *commodities*, porque brindan mayor conocimiento sobre las posibles ventajas protegerse del riesgo con las diferentes opciones que ofrecen los mercados de futuros.

2.3.1. Tres modelos para analizar la eficiencia funcional

En este estudio de caso se utilizaron métodos diferentes al análisis de pérdida social aplicado en la primera y segunda partes de la investigación. Utilizando tres diferentes métodos, se ha realizado una comparativa entre los contratos de futuros de café negociados en el mercado internacional de referencia (ICE) y en el brasileño (BM&FBOVESPA). De esta manera, se intenta medir la utilidad que proporcionan cada uno de estos mercados de futuros para los productores de café de cuatro diferentes regiones productoras.

El primer método de análisis mide el carácter predictivo de los contratos de futuros internacionales y nacionales respecto del comportamiento de los precios al contado de café en cada una de estas cuatro regiones de Brasil. Para ello se utilizó el coeficiente de Theil, que nos permite comprobar cuál de los contratos de futuros tiene mayor capacidad de predicción de los precios al contado en cada una de las regiones evaluadas. De esta manera se determina la calidad de la predicción según mercado y región productora.

El segundo método utilizado fue el Modelo de Corrección de Errores de Vectores Cointegrados (VECM)¹¹. Para poder utilizar este modelo debe realizarse la prueba de Dickey-Fuller o test de raíces unitarias (*unit root test*) para comprobar la no estacionariedad de los datos. Una vez realizada la prueba, si se comprueba que son no estacionarias, entonces debe realizarse la misma prueba a la primera diferencia de las series utilizadas. Si los resultados demuestran que las primeras diferencias son estacionarias, entonces podremos realizar la prueba de cointegración de Johansen. Si efectivamente las series presentan cointegración, entonces se podrá aplicar el modelo vectorial de corrección de errores. Ésta metodología ha sido utilizada en diferentes publicaciones como indicador de eficiencia de los mercados de futuros (Chowdhury 1991; McKenzie y Holt 2002; Wang y Ke 2005; Fortenbery y Zapata 2004). A través de este modelo se calcula la relación de causalidad a largo plazo entre los precios de café al contado de cada una de las regiones con cada uno de los contratos de futuros de café. Para cada una de las series de precios de café por región, se ha considerado por separado cada uno de los contratos de futuros para comprobar su eficiencia asumiendo que el otro no se encuentra disponible.

Desde el punto de vista del productor brasileño de café, sus costes y riesgos son asumidos en moneda local, mientras que tanto el contrato de futuros de café negociado en el mercado de futuros brasileño como el negociado en el ICE se encuentran denominados en moneda extranjera, en este caso el dólar. Por tanto, es patente que para el productor, aparte del mecanismo de gestión de riesgo del precio del producto es necesario utilizar un mecanismo de gestión de riesgo de tipo de cambio. En este contexto, el tercer método utilizado se basa en la propuesta de Nayak y Turvey (2000), que desarrollaron una metodología para evaluar la cobertura simultánea (*simultaneous hedge*), es decir, una estrategia que protege de manera simultánea diferentes tipos de riesgo, en este caso los dos que se acaban de mencionar. Este método fue aplicado en una investigación sobre gestión del riesgo de los productores de maíz en Ontario, Canadá, para el período 1975-1996, que buscaban protección frente al riesgo en bolsas de valores internacionales. En este artículo hemos utilizado una metodología similar, pero adaptando el modelo al propósito de nuestro trabajo. Omitiendo las variables del

¹¹ Sus siglas provienen de su nombre en inglés, *Vector Error Correction Model*.

mercado físico, como producción total, hectáreas e insumos utilizados en la producción, el modelo se ha adaptado para medir, en términos de reducción de varianza de precios, los resultados de utilizar un *hedge* simultáneo con contratos de futuros de café y de tipo de cambio (dólar/Real). Como nuestro propósito es comparar la protección a través de la reducción de varianza utilizando mercados de futuros nacionales o internacionales, se evalúan tres estrategias para la cobertura del riesgo de precios: la primera con futuros de café de BM&FBOVESPA, la segunda con futuros de café y futuros de tipo de cambio real/dólar de BM&FBOVESPA, y la tercera con futuros de café del ICE y futuros de tipo de cambio real/dólar de BM&FBOVESPA. De esta manera, la estrategia con mejores resultados en términos de reducción de varianza será considerada la más eficiente.

Los datos fueron obtenidos de diferentes fuentes. Los precios diarios al contado de las cuatro regiones brasileñas, Cerrado Minas Gerais (CE), Sul de Minas (SU), Mogiana (MO) y Zona da Mata (ZM), fueron obtenidos de la base de datos del Centro de Estudios Avanzados en Economía Aplicada (Cepea/Esalq)¹². Para convertir los precios al contado de cada región de real a dólar, se utilizó la tasa de cambio PTAX800 del Banco Central de Brasil¹³. Los precios diarios de los contratos de futuros de café y del tipo de cambio real/dólar de primer vencimiento fueron obtenidos de BM&FBOVESPA¹⁴. Los precios diarios de los contratos de futuros de café de primer vencimiento negociados en el ICE de fueron descargados de la base de datos de *Bloomberg*[®].

2.3.2. Análisis empírico

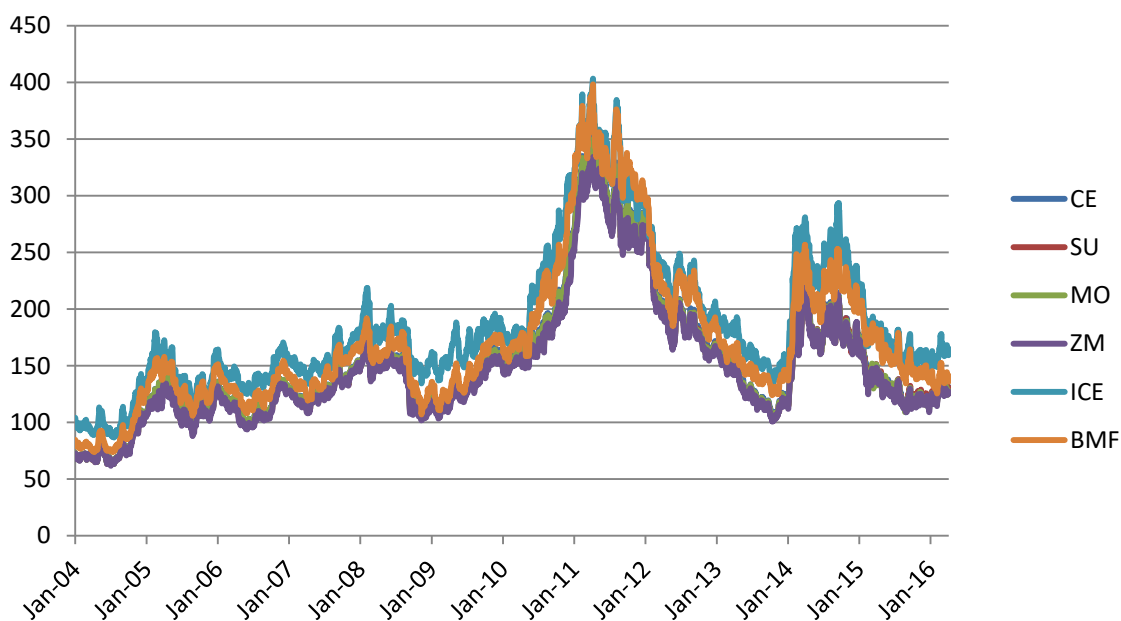
El análisis fue realizado con datos históricos desde enero de 2004 hasta abril de 2016. Todas las series fueron homogeneizadas para precios por saco de 60 kilogramos y omitiendo días feriados que no coincidían, para finalmente obtener 2.945 observaciones. La figura 2.6 muestra la evolución de los precios del café al contado según regiones y de los contratos de futuros según mercado. Podemos observar el similar

¹² Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA. Indicadores de precios. Disponible en: <http://cepea.esalq.usp.br> (Última consulta: 23/05/2016).

¹³ Banco Central do Brasil (BCB). Sistema Gerenciador de Séries Temporais: dólar comercial de venda, Sisbacen PTAX800. Disponible en: <http://www.bcb.gov.br> (Última consulta: 23/05/2016).

¹⁴ BM&FBOVESPA. Sistema de Recuperação de Informações. 2012. Disponible en: <http://www.bmf.com.br> (Última consulta: 23/05/2016)

comportamiento de estos mercados, pudiendo predecir la existencia de una alta correlación entre los precios durante el período estudiado.



*CE: Cerrado Minas Gerais; SU: Sul de Minas; MO: Mogiana; ZM: Zona da Mata; BMF: BM&BOVESPA

Figura 2.6. Precios diarios al contado del café según regiones, y precios de los contratos de futuros de café a un mes en el ICE y BM&FBOVESPA

Fuente: CEPEA, BM&FBOVESPA, *Bloomberg*®

El análisis sólo se concentrará en los contratos de primer vencimiento (a un mes) por dos motivos. En primer lugar, debido a que los mercados brasileños presentan bajos niveles de volumen de negociación e interés abierto en contratos de vencimientos superiores a un mes. En segundo lugar, cuando los productores brasileños de café quieren protegerse en los mercados de futuros por un período más largo se mueven de unos a otros, pero siempre con contratos a un vencimiento, y muy rara vez se protegen con contratos con vencimientos más distantes (Tonin *et al.* 2016).

Los tres métodos aplicados en este último artículo muestran que los mercados de futuros nacionales permiten a los productores de café protegerse efectivamente del riesgo de precios. Más importante, los dos primeros métodos muestran que los mercados de futuros nacionales funcionan mejor que los internacionales para la protección del riesgo de los productores de café brasileños, lo que muy probablemente se debe a la heterogeneidad de las calidades aceptadas en los contratos de futuros de

café del ICE, que como se ha dicho antes, admite varias calidades de cafés que vienen de 20 países diferentes.

La investigación demostró que los precios futuros de BM&FBOVESPA fueron mejores predictores del precio de café brasileño al contado que los precios de futuros del ICE, lo que muy probablemente se debe al hecho de que los productores brasileños utilizan los mercados de BM&FBOVESPA como su referente de precios al contado a la hora de tomar sus decisiones de producción. La efectividad de este predictor varía según las regiones, aunque con pequeñas diferencias: se observó que los mejores resultados se encontraron para el Cerrado Minas Gerais, mientras que el peor índice de Theil estuvo en Zona Mata.

El análisis de cointegración de los precios de café al contado con los precios de los contratos de futuros de café de BM&BOVESPA mostró la existencia de cointegración en las cuatro regiones estudiadas. Sin embargo, en cuanto la cointegración de los precios regionales con los precios de futuros de café del ICE, sólo tres de las regiones la presentan. Para todas las regiones los resultados indican que la cointegración entre los precios de café al contado con los precios de los futuros de café de BM&FBOVESPA es mucho más fuerte que con los precios de futuros del ICE.

Los resultados obtenidos con el VECM mostraron que para todas las regiones analizadas, cuando la media del precio al contado del café se encuentra muy por encima del nivel de los precios de los futuros, los precios al contado se reducen en torno al nivel de precios futuros de BM&FBOVESPA. Y al mismo tiempo que los precios al contado se están ajustando, la media de los precios de los futuros de café de BM&BOVESPA se ajusta en torno a ese nivel. Sin embargo, esta interdependencia entre los precios de los futuros y los precios al contado sólo fue significativa para las regiones de Cerrado Minas Gerais, Sul de Minas y Mogiana. Por lo que el comportamiento de los precios futuros no depende de los precios al contado de Zona da Mata, pero sus precios al contado si dependen del comportamiento de los precios futuros. Con la excepción de Zona da Mata se demuestra la existencia de una relación de interdependencia en el comportamiento de los precios futuros y al contado, demostrando nuevamente la eficiencia de los mercados de futuros.

Al aplicar la VECM utilizando los precios del café regionales al contado y de los contratos de futuros de ICE, los resultados fueron muy diferentes. En ninguna de las cuatro regiones se encontró existencia de interdependencia entre los precios. No obstante, se hallaron resultados significativos que demuestran dependencia de los precios al contado del café de las regiones de Cerrado Minas Gerais, Sul de Minas y Mogiana en los precios de los contratos de futuros de ICE. En estas tres regiones, cuando la media del precio de café al contado es muy alta, esta desciende hacia el nivel de precios futuros de café del ICE aunque de manera más lenta que con los de BM&FBOVESPA. Con ello se demuestra que la relación de causalidad y dependencia existente con los futuros del ICE es más débil que la existente con los futuros nacionales.

Como se observa, los resultados obtenidos con los primeros dos métodos evaluados muestran que los mercados de futuros nacionales resultan ser mucho más eficientes que los internacionales para las necesidades de cobertura de riesgo de los productores de café brasileños.

En cuanto a la eficiencia comparativa de protegerse del riesgo utilizando contratos de futuros de tipo de cambio real/dólar negociados en BM&BOVESPA simultáneamente con los contratos de futuros de café de BM&BOVESPA o del ICE, los resultados fueron menos concluyentes que con los anteriores métodos. Se encontró que incrementar la cartera de los productores de café brasileños a través de la protección simultánea en el mercado de futuros de café y en el mercado de futuros de tipo de cambio real/dólar es más eficiente que sin recurrir a los futuros de tipo de cambio. Sin embargo, no existe resultados concluyentes que demuestren que protegerse con los futuros de café de BM&BOVESPA sea mejor que utilizar los negociados en el ICE. Por tanto, el principal hallazgo con el tercer método ha sido demostrar que el *hedge* simultáneo es una herramienta superior para la protección del riesgo de precios, de gran utilidad para los agentes que operan en la industria del café.

3. Conclusiones Globales

El trabajo de investigación realizado para esta tesis doctoral se centra en un estudio de eficiencia funcional de diferentes mercados de futuros de *commodities* que son producidas y consumidas en todo el mundo. La relevancia de entender el funcionamiento y comportamiento de los mercados de futuros internacionales aumenta con el desarrollo de las relaciones internacionales, cada vez más complejas y excluyentes de sectores marginados dentro de las relaciones comerciales y de producción. Este análisis de eficiencia es un acercamiento a la comprensión de la utilidad de una herramienta relativamente sencilla para la canalización y obtención de información sobre las variaciones que afectan a los mercados físicos de esos productos. Como los productores, consumidores o gobiernos pueden utilizar los mercados de futuros como referencia y canal de información del comportamiento de los mercados físicos, se ha podido evaluar la utilidad de participar en la compra y venta de contratos de futuros de *commodities* para protegerse del riesgo de variación de los precios.

Por este motivo, se puede afirmar que los mercados de futuros pueden influir en el bienestar social tanto a través de la vía privada como de la pública. Cuando decimos que pueden incrementar el beneficio privado, nos referimos a que pueden reducir el riesgo de las empresas, cooperativas, comerciantes, consumidores, o productores que utilicen los mercados de futuros como instrumento de protección. Se ha puesto de manifiesto que puede ser una fuente de información que reduce el riesgo de manera eficiente, aumentado el beneficio privado y por consiguiente incrementando el bienestar social. Como recurso público, estos mercados pueden ser utilizados por los gobiernos para proteger a los productores y consumidores de la variabilidad de los precios internacionales de los productos que les afectan. Por otro lado, las políticas monetarias y fiscales pueden ser más eficaces si se utiliza en su elaboración toda la información disponible, lo que se traduce en un aumento del excedente social. Es imprescindible que la información sobre los mercados físicos de estos productos sea recogida y publicada de manera eficiente, ya que el paso de una situación de información insuficiente a otra de eficiencia informativa generará un aumento en el bienestar social.

El indicador SL se ha mostrado como una medida consistente que puede ser utilizada para estimar cuantitativamente la pérdida social asociada a la utilización de los precios de los contratos de futuros como estimadores de los precios al contado, lo que se fundamenta en conceptos y herramientas relacionadas con la teoría del excedente social. De manera rigurosa y práctica permite evaluar comparativamente la eficiencia funcional de los distintos contratos de futuros, así como la evolución de su eficiencia a lo largo del tiempo; además, ayuda a relacionar los hechos económicos relevantes con la evolución de los mercados.

Con la aplicación del modelo de análisis basado en la pérdida social a 18 contratos de futuros, con seis vencimientos cada uno, y a diferentes intervalos temporales, se ha mostrado en primer lugar que los valores del indicador SL son mayores en todos los casos cuanto más lejano es el vencimiento, confirmando que los mercados de futuros reducen su capacidad de predicción cuanto más lejano es el vencimiento.

En la primera parte de la investigación se estudiaron seis productos energéticos y tres agrícolas, y se concluyó que en general los contratos de futuros energéticos tenían mejores indicadores de eficiencia funcional que los contratos agrícolas estudiados. Esos resultados plantearon la necesidad de profundizar en el comportamiento de la eficiencia de los contratos de futuros agrícolas para determinar a través de un análisis más amplio su eficiencia funcional en contraste con los resultados de eficiencia obtenidos de los contratos energéticos.

La anterior conclusión nos condujo a la segunda parte de la investigación, en la que se cuantificó la eficiencia funcional de los contratos de futuros de un grupo más numeroso de *commodities*. Se seleccionaron 12 de los productos agrícolas más negociados a nivel global y se calculó el índice SL para cuatro períodos diferentes. Al incluir nueve contratos agrícolas más se concluyó que la eficiencia funcional es bastante similar a la de los productos energéticos e incluso mejor en algunos casos. Un claro ejemplo son los resultados del indicador SL obtenidos en los contratos de productos pecuarios. Los resultados muestran que las particularidades de cada producto agrícola pueden ser determinantes en la eficiencia relativa de sus contratos de futuros. En el caso de los productos pecuarios, que no habían sido estudiados en la primera parte de la

investigación, se comprobó que varios de los correspondientes contratos de futuros pueden ser bastante más eficientes que los contratos de futuros energéticos.

En el análisis comparativo de eficiencia funcional antes y después del boom de precios de los alimentos examinado en la segunda parte de la investigación, se ha podido concluir que los contratos de futuros de *commodities* son una herramienta eficiente para la cobertura del riesgo de precios incluso en períodos de mayor inestabilidad. Los resultados más eficientes fueron obtenidos para el período 2008-2015, demostrando que el desarrollo y el aumento de la liquidez en los mercados de futuros contribuyeron positivamente a la mejora de la eficiencia funcional de los contratos de futuros agrícolas, mientras que el incremento de precios y de su inestabilidad a nivel internacional no afectó negativamente a la eficiencia funcional de los contratos de futuros.

Durante el período 1975-2015, el grupo de contratos de futuros agrícolas más eficiente fue el de productos pecuarios, seguido por el grupo de productos suaves y por el de granos y semillas oleaginosas, aunque en el período 2008-2015 estos últimos experimentaron un notable crecimiento en su eficiencia funcional para todos los vencimientos. Una explicación del buen desempeño de los contratos de productos pecuarios es que esta industria en comparación con las otras dos funciona de manera diferente. Los productos suaves y los de granos y semillas oleaginosas tienen una dependencia directa de las estaciones y de la variabilidad de las cosechas, que constituye un elemento determinante en la eficiencia funcional de sus contratos de futuros. Además, algunos productos de la industria pecuaria cuentan con características que facilitan un mayor desarrollo de los futuros correspondientes. Este es el caso del cerdo magro, que resultó ser el contrato de futuros más eficiente de toda la muestra, probablemente debido a los avances técnicos y organizativos logrados en la industria porcina desde 1997. En cambio, los futuros de trigo, maíz, zumo de naranja y cacao fueron los menos eficientes de los productos estudiados, lo que puede asociarse a la existencia de períodos con costes de almacenamiento relativamente más altos. En 2008-2015 tanto los futuros del grupo de productos suaves como los del grupo de granos y semillas oleaginosas incrementaron su eficiencia funcional respecto al grupo de productos pecuarios, pero durante el período total fue este último el más eficiente de los tres grupos de contratos de futuros.

La investigación realizada en la tercera parte de esta tesis ha permitido obtener resultados sobre la eficiencia funcional relativa de los contratos de futuros para un sector de productores agrícolas específico, en diferentes regiones de un mismo país. Se trata de un estudio que se acerca de manera aplicada a la utilidad de los contratos de futuros como herramienta de cobertura del riesgo de precios.

En el segundo apartado de nuestra investigación se cuantificó la eficiencia funcional de los contratos de futuros de café negociados en el ICE. Si bien no fueron los contratos más eficientes de la muestra, presentaron un indicador SL relativamente bueno. Otros trabajos habían comprobado anteriormente la existencia de eficiencia funcional en los contratos de futuros de café internacionales para los productores de Honduras. En este contexto, se consideró relevante analizar específicamente el caso de los productores de café de Brasil. Como Brasil cuenta con su propio mercado de futuros de café en Sao Paulo, el estudio incluyó la comparación de eficiencia funcional entre un contrato de futuros de café nacional y uno internacional, algo que antes no había sido realizado desde este enfoque.

Recordemos que en la tercera parte de esta tesis se aplicaron tres métodos de análisis de la eficiencia funcional, y todos ellos avalan la hipótesis de los mercados de futuros de café de BM&FBOVESPA como funcionalmente eficientes para que los productores brasileños de este producto puedan protegerse del riesgo de precios. En cuanto a la comparación entre los contratos de futuros nacionales de BM&FBOVESPA y los negociados en el ICE, se encontró que los dos primeros métodos, el del coeficiente de Theil y el de VECM, mostraron una mayor eficiencia funcional de los contratos de futuros nacionales para los productores de café brasileños. Este hecho, que obviamente no puede explicarse por las diferencias de liquidez de los dos mercados, muy probablemente se encuentra ligado a la heterogeneidad de calidades aceptadas para entrega en el contrato de futuros de café del ICE, que incluyen varias calidades de café procedentes de 20 países diferentes. Esta heterogeneidad puede ser determinante en la distorsión de la información y por tanto, generar una menor eficiencia en comparación con los contratos negociados en Brasil.

Observando más detalladamente los resultados de los tres métodos utilizados, el coeficiente de Theil demostró que los precios futuros de BM&FBOVESPA fueron mejores predictores del precio de café brasileño al contado que los precios de los futuros del ICE. Un factor relevante que puede explicar esto es que la producción de café es en su mayoría realizada por pequeñas explotaciones que pertenecen a cooperativas que venden gran parte de su producto dentro de Brasil, lo que lleva a que los productores brasileños utilicen los contratos de futuros de BM&FBOVESPA como su referente de precios al contado a la hora de tomar sus decisiones de producción. Sin embargo, la efectividad de este predictor de precios varía de acuerdo a la región, aunque con pequeñas diferencias: los mejores resultados se encontraron para la producción de Cerrado Minas Gerais, mientras que el peor índice de Theil correspondió a Zona Mata. En cualquier caso, la diferencia de efectividad a favor del predictor nacional con respecto al internacional demostró ser bastante alta.

En el análisis de cointegración realizado para el VECM, los resultados demostraron que la integración tendencial entre los precios de café al contado en todas las regiones y los precios futuros de BM&FBOVESPA es mucho más fuertes que la obtenida con los precios de futuros del ICE.

Los resultados obtenidos por el método basado en VECM, mostraron que en todas las regiones existe dependencia de los precios del café al contado en los precios de los contratos de futuros de BM&FBOVESPA. También se encontró que, con la excepción de Zona da Mata, existe una relación de interdependencia en el comportamiento de los precios futuros y al contado. Esto quiere decir que en todas las regiones, excepto en la región de Zona da Mata, el comportamiento de los precios futuros dependen de los precios al contado y sus precios al contado también dependen del comportamiento de los precios futuros. Con ello se demuestra nuevamente la eficiencia de los mercados de futuros BM&FBOVESPA.

Con los contratos de futuros de ICE también se encontraron resultados significativos a partir del análisis del VECM, pero sólo en tres de las regiones. En Cerrado Minas Gerais, Sul de Minas y Mogiana, el modelo demostró dependencia de los precios del café al contado en los precios de los contratos de futuros de ICE. Sin embargo, de acuerdo a las

cifras halladas, este ajuste es mucho menor con los precios del ICE que con los de BM&FBOVESPA, demostrando que la relación de causalidad con los precios de los futuros de ICE es más débil, y por tanto, que la eficiencia de los mercados de futuros nacionales es mayor. Por último, en ninguna de las cuatro regiones se encontró existencia causalidad de los precios al contado en los futuros del ICE, por lo que tampoco existe de interdependencia, demostrando nuevamente la menor eficiencia de los futuros del ICE.

Con el tercer método aplicado, el de *hedging* simultáneo, los resultados sobre la eficiencia de los mercados de futuros nacionales sobre los internacionales fueron menos concluyentes que con los anteriores métodos.

El primer hallazgo mostró que incrementar la cartera de herramientas de los productores de café brasileños a través de la protección simultánea en el mercado de futuros de café y en el mercado de futuros de tipo de cambio real/dólar es más eficiente que sin el mercado de tipo de cambio. Sin embargo, con el método de *hedging* simultáneo no se demuestra que protegerse con los futuros del café de BM&BOVESPA sea mejor que utilizar los del ICE. Por tanto, la principal conclusión derivada del tercer método ha sido demostrar que el *hedge* simultáneo es una herramienta superior para la protección del riesgo de precios, de gran utilidad para los agentes que operan en la industria del café.

Como se observa, los resultados obtenidos en esta tercera parte de la investigación con los dos primeros métodos permiten concluir que los contratos de futuros nacionales son mucho más eficientes desde el punto de vista funcional que los contratos negociados en el mercado de futuros situado fuera de Brasil para las necesidades de cobertura de riesgo de los productores de café brasileños.

También se encontró que la utilización de una estrategia conjunta de protección puede generar beneficios adicionales en países productores que suelen vender la mayoría de su producción en una moneda distinta de la nacional. En estos casos, se ha mostrado que la protección frente al riesgo es mucho mayor cuando se utilizan estrategias de protección más amplias que incluyen la utilización de contratos de futuros de *commodities* simultáneamente con contratos de tipo de cambio. De manera análoga,

cualquier producto que esté ligado a otro requerirá una protección conjunta frente al riesgo de precios. Ese es el caso de la producción industrial de ganado, que debe contar con grandes cantidades de maíz o trigo como input productivo, aunque la evolución de precios desfavorable opera en dirección opuesta en el producto final y en el caso de las materias primas consumidas en el proceso. Este sería un tema de investigación para ampliar en el futuro.

Una amplia línea de investigación en esta área sigue siendo necesaria. Utilizando el indicador SL pueden realizarse estudios que expliquen su evolución en el tiempo a través de las variaciones de variables como el interés abierto, el volumen de negociación y la volatilidad de los precios. Durante el desarrollo de esta tesis se realizó un trabajo en el que tratamos de explicar el valor del indicador SL de un grupo de futuros energéticos a partir del interés abierto, volumen de negociación y la volatilidad de los precios energéticos, pero la falta de resultados concluyentes aconsejó no incluirlo en este trabajo de investigación.

De la misma forma podrían realizarse análisis análogos para contratos de futuros de cualquier tipo de *commodities*, como los metales o los productos financieros. El indicador SL tiene la misma utilidad para evaluar la eficiencia de los mercados de los contratos forward negociados en los mercados físicos (Stein 1981). Como vemos esta metodología tiene gran utilidad, es de fácil aplicación y comprensión por la sencillez de sus resultados, que plasman en un indicador el comportamiento del mercado que se quiera analizar.

En cuanto a los otros tres métodos aplicados en el resto de la investigación también dejan por delante un amplio horizonte de investigación. El mismo análisis puede ser aplicado para una gran cantidad de *commodities* producidas en Brasil y que cuentan con contratos de futuros nacionales e internacionales, como la soja, el vacuno y el trigo, entre otros. Sin necesidad de realizar la comparativa entre contratos de futuros nacionales e internacionales, la propuesta realizada en esta investigación resulta de gran utilidad a nivel microeconómico para cualquier productor de *commodities* que necesite evaluar sus estrategias de protección de riesgo, y a nivel macroeconómico para

cualquier país *commodity* dependiente que necesite protegerse del riesgo de precios por medio de una participación más activa en los mercados de futuros.

4. Bibliografía

- Agmon, T., & Amihud, Y. (1980). The forward exchange rate and the prediction of the future spot rate: Empirical evidence. *Journal of banking & finance*, 5(3), 425-437.
- Alexander, V. J., Musser, W. N., & Mason, G. (1986). Futures Markets and Firm Decisions Under Price, Production, and Financial Uncertainty. *Southern Journal of Agricultural Economics*, December, 39-50.
- Anderson, K., Cockburn, J., & Martin, W. (2010). *Agricultural Price Distortions, Inequality, and Poverty*. (K. Anderson, J. Cockburn, & W. Martin, Edits.) World Bank.
- Ano-Sujithan, K., Koliai, L., & Avouyi-Dovi, S. (2013). *Does Monetary Policy Respond to Commodity Price Shocks?* Tech. rep., Paris Dauphine University.
- Atkin, M. (1989). *Agricultural Commodity Markets. A Guide to Futures Trading*. (Routledge, Ed.) Routledge.
- Avsar, S. G., & Goss, B. A. (1999). *Efficiency and liquidity in the electricity market: a preliminary analysis*. unpublished.
- Avsar, S. G., & Goss, B. A. (2001). Forecast errors and efficiency in the Us electricity futures market. *Australian Economic Papers*, 40:4, 479-499.
- Baffes, J., & Dennis, A. (2013). Long-Term Drivers of Food Prices. *Policy Research Working Paper*, 6455, 1-35.
- Bond, G. E. (1984). The Effects of Supply and Interest Rate Shocks in Commodity Futures Markets. *American Journal of Agricultural Economics*, 66:3, 294-301.
- Bowman, C., & Husain, A. M. (2004). *Forecasting Commodity Prices: Futures Versus Judgment*. unpublished.
- Brooks, R. D. (1989). A Social Loss Approach to Testing the Efficiency of Australian Financial Futures. *Monash University Dept. of Economics, Working Paper*.

- Carlton, D. W. (1984). Futures markets: Their purpose, their history, their growth, their successes and failures. *Journal of Futures Markets*, 4:3, 237-271.
- Carter, C. A., & Mohapatra, S. (2008). How Reliable Are Hog Futures as Forecasts? *American Journal of Agricultural Economics*, 90:2, 367-378.
- Chari, V. V., & Jagannathan, R. (1990). The simple analytics of commodity futures markets: do they stabilize prices? Do they raise welfare? *Federal Reserve Bank of Minneapolis, Quarterly Review*, 14, 1-13.
- Chordia, T., Roll, R., & Subrahmanyam, A. (2008). Liquidity and Market Efficiency. *Journal of Financial Economics*, 87, 249–268.
- Chowdhury, A. R. (1991). Futures Market Efficiency: Evidence from Cointegration Tests. *The Journal of Futures Markets*, 11:5, 577-589.
- Conning, J., & Udry, C. (2007). Rural Financial Markets in Developing Countries. *The Handbook of Agricultural Economics*, 3, 2857–2908.
- Consuegra, M., & Garcia-Verdugo, J. (2015). A Proposal to Measure the Functional Efficiency of Futures Markets. En J.-P. Bourguignon, R. Jeltsch, A. A. Pinto, & M. Viana (Edits.), *Dynamics, Games and Science: International Conference and Advanced School Planet Earth, DGS II, Portugal, August 28--September 6, 2013* (págs. 201-213). Cham: Springer International Publishing. Obtenido de http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-16118-1_11
- Crowder, W. J., & Hamed, A. (1993). A cointegration test for oil futures market efficiency. *The Journal of Futures Markets*, 13, 933-941.
- da Rocha, W. A., Caldarelli, C. E., Rocha, C. M., & Martines-Filho, J. G. (2010). The dynamic hedging effectiveness for soybean farmers of Mato Grosso with futures contracts. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 12(1), 34-45.
- da Silveira, R. L., Maia, A. G., Júnior, J. C., & Saes, M. S. (2014). Influence of farmers' behavioral attitudes on hedging decisions. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 27(3), 355-365.

- Eugenio Bobenrieth, B. W., & Zeng, D. (2012). Stocks-to-Use Ratios as Indicator of Vulnerability to Spikes in Global Cereal Markets. *Paper presented at the Second Session of the Agricultural Marketing Information System, Global Food Market Group. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, October 3.*
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance, 25(2)*, 383-417.
- Feder, G., Just, R. E., & Schmitz, A. (1980). Futures Markets and the Theory of the Firm Under Price Uncertainty. *The Quarterly Journal of Economics, 94(2)*, 317-328.
- Fortenbery, R. (2009). Discussion: Commodity Price. Discovery: Problems That Have Solutions or Solutions That Are Problems. *Journal of Agricultural and Applied Economics, 41(2)*, 393-402.
- Fortenbery, R., & Zapata, H. (2004). Developed speculation and underdeveloped markets-the role of futures trading on export prices in less developed countries. *European Review of Agricultural Economics, 31(4)*, 451-471.
- Fry, J. M., Lai, B., & Rhodes, M. (2011). *The interdependence of coffee spot and futures markets*. unpublished.
- Garcia, P., Irwin, S. H., & Smith, A. (2015). Futures Markets Failure? *American Journal of Agricultural Economics, 97:1*, 40-64.
- García-Verdugo, J. (1998). El mercado de futuros de cítricos de Valencia: valoración, evolución y perspectivas de futuro. *Economía Agraria, 183*, 115-152.
- García-Verdugo, J. (2000). *Los mercados de futuros petrolíferos: una revolución silenciosa en el sector energético*. (UNED, Ed.)
- García-Verdugo, J., & Consuegra, M. (2013). Estimating Functional Efficiency in Energy Futures Markets. *Economics and Business Letters, 2 (3)*, 105-115.
- Geman, H., & Eleuterio, P. V. (2015). Live Cattle as a New Frontier in Commodity Markets. *Journal of Agriculture and Sustainability, 7(1)*, 39-71.

- Gilbert, C. L. (2010). How to Understand High Food Prices. *Journal of Agricultural Economics*, 61(2), 398-425.
- Gülen, S. (1998). Efficiency in the crude oil futures market. *Journal of Energy Finance and Development*, 3, 13-21.
- Hong, B. G. (1989). *Speculation and Market Performance*. Ph.D. dissertation, Brown University.
- IFPRI, I. F. (2012). *2011 Global food policy report*. Report, International Food Policy Research Institute (IFPRI). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.2499/9780896295476>
- IFPRI, I. F. (2014). *2013 Global food policy report*. Report, International Food Policy Research Institute (IFPRI). Obtenido de <http://dx.doi.org/10.2499/9780896295629>
- IMF. (June de 2008). *Food and Fuel Prices-Recent Developments, Macroeconomic Impact, and Policy Responses*. Tech. rep., International Monetary Fund.
- Ivanic, M., & Martin, W. (2008). Implications of higher global food prices for poverty in low-income countries. *Agricultural Economics*, 39, 405-416.
- Johansen, S. (1991). Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica*, 59, 1551-1580.
- Johansen, S., & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 52, 169-210.
- Johnson, L. L. (1960). The theory of hedging and speculation in commodity futures. *The Review of Economic Studies*, 27(3), 139-151.
- Kawai, M. (1983). Spot and Futures Prices of Nonstorable Commodities Under Rational Expectations. *The Quarterly Journal of Economics*, 98:2, 235-254.

- Kawamoto, K., & Hamori, S. (2011). Market Efficiency Among Futures With Different Maturities: evidence from the crude oil futures. *The Journal of Futures Markets*, 31, No.5, 487-501.
- Kilian, L. (2009). Not All Oil Price Shocks Are Alike: Disentangling Demand and Supply Shocks in the Crude Oil Market. *American Economic Review*, 99, 1053-1069.
- Kristoufek, L., & Vosvrda, M. (2014). Commodity Futures and Market Efficiency. *Energy Economics*, 42, 50-57.
- Krugman, P. (2008). Grains Gone Wild. *Op-Ed, New York Times*, April 7.
- Kumar, B., & Pandey, A. (2013). Market efficiency in Indian commodity futures markets. *Journal of Indian Business Research*, 5:2, 101-121.
- Kumar, M. S. (1991). Forecasting Accuracy of Crude Oil Futures Prices. *International Monetary Fund Working Paper*.
- Ma, C. W. (1989). Forecasting Efficiency of Energy Futures Prices. *The Journal of Futures Markets*, 5, 393-419.
- Maddala, G. S. (1977). *Econometrics*. McGraw-Hill.
- Marcus, A. J., & Modest, D. M. (1984). Futures Markets and Production Decisions. *Journal of Political Economy*, 92, 409-426.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Maslyuk, S., & Smyth, R. (2009). Cointegration between oil spot and futures prices of the same and different grades in the presence of structural change. *Energy Policy*, 37, 1687-1693.
- McKenzie, A. M., & Holt, M. T. (2002). Market Efficiency in Agricultural Futures Markets. *Applied Economics*, 34:12, 1519-1532.
- Nayak, G. N., & Turvey, C. G. (2000). The Simultaneous Hedging of Price Risk, Crop Yield Risk and Currency Risk. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 48, 123-140.

- Nicola, F. D., Pace, P. D., & Hernandez, M. A. (2016). Co-movement of major energy, agricultural, and food commodity price returns: A time-series assessment. *Energy Economics*, 57, 28-41.
- Norton, G., Alwang, J., & Masters, W. A. (2010). *Economic of Agricultural Development: World Food Systems and Resource Use*. (Routledge, Ed.) Routledge.
- Pennings, J. M., & Garcia, P. (2010). Risk and Hedging behavior: the role and determinants of latent heterogeneity. *Journal of financial research*, XXXIII(4), 373-401.
- Peroni, E., & McNown, R. (1998). Noninformative and Informative Tests of Efficiency in Three Energy Futures Markets. *The Journal of Futures Markets*, 18:8, 939-964.
- Pindick, R. S., & Rotemberg, J. J. (1988). The excess co-movement of commodity Prices. *NBER working paper series*, 2671.
- Pindyck, R. S., & Rotemberg, J. J. (December de 1990). The Excess Co-Movement of Commodity Prices. *The Economic Journal*, 100(403), 1173-1189.
- Pinstrup-Andersen, P. (2014). Contemporary food policy challenges and opportunities. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 58, 504–518.
- Rausser, G. C., & Carter, C. (1983). Futures Market Efficiency in the Soybean Complex. *The Review of Economics and Statistics*, 65(3), 469-478.
- Sanders, D. R., Irwin, S. H., & Merrin, R. P. (2010). The Adequacy of Speculation in Agricultural Futures Markets. Too Much of a Good Thing? *Applied Economic Perspectives and Policy*, 32, 77-94.
- Sandmo, A. (1971). On the Theory of the Competitive Firm Under Price Uncertainty. *The American Economic Review*, 61, 65-73.
- Stein, J. (1961). The Simultaneous Determination of Spot and Futures Prices. *American Economic Review*, 51, 1012-1025.
- Stein, J. (1979). Spot, Forward and Futures. *Research in Finance I*.

- Stein, J. (1980). The Dynamics of Spot and Forward Prices in an Efficient Foreign Exchange Market with Rational Expectations. *The American Economic Review*, 70(4), 565-583.
- Stein, J. (1981). Speculative Price: Economic Welfare and the Idiot of Chance. *Review of Economics and Statistics*, 63(2), 565-583.
- Stein, J. (1986). *The Economics of Futures Markets*. Basil Blackwell.
- Stein, J. (1991). An Evaluation of the Performance of Speculative Markets. *Commodity Futures and Financial Markets*, 153-178.
- Stein, J. (1992). Price discovery processes. *Economic Record*, 34, 34-45.
- Stevens, J. (2013). Testing the Efficiency of Futures Market for Crude Oil Using Weighted Least Squares. *Applied Economics Letters*, 20(18), 1611-1613.
- Switzer, L. N., & El-Khoury, M. (2007). Extreme Volatility, Speculative Efficiency, and the Hedging Effectiveness of the Oil Futures Markets. *The Journal of Futures Markets*, 27, 61-84.
- Theil, H. (1966). *Applied Economic forecasting*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam Chicago.
- Timmermann, A., & Granger, C. W. (2004). Efficient Market Hypothesis and Forecasting. *International Journal of Forecasting*, 20, 15-27.
- Tomek, W. G., & Kaiser, H. M. (2014). *Agricultural Product Prices*. Cornell University Press.
- Tonin, J., Perobelli, F., Martines, J., & Kairalla, J. (Junio de 2016). Exposição ao Risco Brasileiro Cambial e Estratégia de Hedge Simultâneo de Preços e Taxa de Câmbio nos Contratos Futuros de Soja e Café. *Exposição ao Risco Brasileiro Cambial e Estratégia de Hedge Simultâneo de Preços e Taxa de Câmbio nos Contratos Futuros de Soja e Café*. Obtenido de <http://resenhadabolsa.com.br/portfolio-items/exposicao-ao-risco-brasileiro-cambial-e-estrategia-de-hedge-simultaneo-de-precos-e-taxa-de-cambio-nos-contratos-futuros-de-soja-e-cafe/>

- Topik, S. (2015). In *Beyond Free Trade*. En P. M. UK (Ed.). Palgrave Macmillan UK.
- Turnovsky, S. J. (1983). The Determinants of Spot and Futures Prices with Storable Commodities. *Econometrica*, 51, 1363-1387.
- Wang, H. H., & Ke, B. (2005). Efficiency Tests of Agricultural Commodity Futures Markets in China. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 49, 125-141.
- Warr, P. (2014). Food insecurity and its determinants. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 58, 519–537.
- World Bank. (2007). *World Development Report 2008: Agriculture for Development*. Tech. rep., World Bank.
- World Bank. (2011a). Food Price Watch. *Food Price Watch*. Tech. rep., World Bank.
- World Bank. (2011). *Innovation in Disaster Risk Financing for Developing Countries: Public and Private Contributions*. Tech. rep., World Bank.
- World Bank. (2013). *World Development Report 2014: Managing Risk for Development*. Tech. rep., World Bank.
- Zapata, H., Fortenbery, R., & Armstrong, D. (2005). Price Discovery in the World Sugar Futures and Cash Markets: Implications for the Dominican Republic. *Agricultural & Applied Economics Staff Paper series. University of Wisconsin-Madison*, 469.
- Zheng, C. (2013). *Integration of Chinese agricultural commodity markets : a cointegration approach*. Master's thesis, The University of British Columbia.
- Zulauf, C. R., & Irwin, S. H. (1998). Market Efficiency and Marketing to Enhance Income of Crop Producers. *Review of Agricultural Economics*, 20(2), 308-331.