



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

Facultad de Ciencias Económicas y de Administración

Trabajo de investigación para la obtención del título de
Licenciado en Economía

UTILIZACION DE DERIVADOS FINANCIEROS EN LA PRODUCCIÓN DE SOJA URUGUAYA

*Investigación a nivel agregado de estrategias de cobertura de riesgo
precio en la producción de soja de Uruguay en los años 2005 a 2010.*

Autores:

CAPANO ORSETTI, LAURA
FORT BESSONART, ESTEBAN
PAVLOFF MARRONI, ANGEL

Tutor:

ING. AGR. GUTIÉRREZ, GONZALO

Co-tutor:

EC. PENA, ALEJANDRO

Montevideo-Uruguay

Febrero 2011

PÁGINA DE APROBACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE ADMINISTRACIÓN

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Trabajo de Investigación

Título

.....
.....

Autores

Capano Orsetti, Laura
Fort Bessonart, Esteban
Pavloff Marroni, Angel

Tutores

Ing. Agr.Gutiérrez, Gonzalo
EC. Pena, Alejandro

Carrera

Licenciatura en Economía

Calificación:

.....

Tribunal

Profesor.....
(Nombre y firma).

Profesor.....
(Nombre y firma)

Profesor.....
(Nombre y firma)

Fecha:

RESUMEN EJECUTIVO.

El siguiente trabajo busca replicar cuales hubieran sido los resultados en términos de riesgo y rendimiento del uso de estrategias de cobertura de riesgo precio en la producción de soja uruguaya para el período 2005-2010. Para la determinación de las estrategias seleccionadas se siguió un criterio de minimización de la varianza del rendimiento precio que deriva del uso de contratos a futuro. Se le adicionó a esta estrategia la venta de opciones put para cubrir los costos. La estimación de los ratios de cobertura de mínima varianza (RCMV) se realizó con el uso de modelos bivariantes con vector de corrección del error. Los resultados obtenidos fueron favorables a nivel de riesgo precio, mientras que a nivel de riesgo rentabilidad del proyecto en sí mismo no permiten validar la hipótesis de superioridad en términos de reducir volatilidad, en mayor medida que estrategias más simples, como cubrirse en un 100% con ventas a futuro, aunque si lo hacen en estos términos en comparación al proyecto sin cobertura. Por otro lado los rendimientos a nivel de variación de precios fueron positivos para las estrategias con cobertura, mientras que las tasas internas de retorno de estos proyectos fueron menores respecto al que no las usa.

Palabras claves: cobertura, minimización de varianza, futuros, opciones put, volatilidad, rendimiento, riesgo agropecuario, soja.

PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
RESUMEN EJECUTIVO.....	III
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	3
1. I JUSTIFICACIÓN: ¿POR QUÉ SOJA?	5
CAPÍTULO 2: OBJETIVO	10
CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO.	11
3. I. ANTECEDENTES.....	11
3. II. RIESGOS EN AGRICULTURA, SU GESTIÓN, Y LOS INSTRUMENTOS FINANCIEROS UTILIZADOS EN LA MISMA.	13
3. II. i - Riesgo en la Agricultura	14
3. II. ii - Fuentes y Clasificación de Riesgos	16
3. II. iii - Gestión o Administración de Riesgos	20
3. II. iv - Instrumentos Financieros para la Gestión del Riesgo Precio.	23
3. II. iv – a) Contrato Forward.....	25
3. II. iv – b) Futuros.	26
3. II. iv – c) Opciones	27
3. II. iv – d) Swaps.....	28
3. II. iv – e) Préstamos y Bonos indexados a Commodities	29
3. II. v - Uso de Instrumentos Financieros para la cobertura en Uruguay.....	30
3. III. SELECCIÓN DE PORTAFOLIO Y RATIO DE COBERTURA.	34
3. III. i - Teoría de Selección de Cartera - Minimización de Riesgo... 37	
3. III. i – a). Riesgo Medido por la Varianza: Ratio de Cobertura de Mínima Varianza.	38
3. III. i – b) Riesgo Medido por el Coeficiente de Gini Extendido. .. 39	
3. III. i – c) Momentos Parciales más Bajos (Lower Partial Moments).	39
3. III. ii - Teoría de Selección de Cartera - Maximización de Función Objetivo.	40
3. IV. FLUJO DE FONDOS Y TIR	41
CAPÍTULO 4: MODELO DE ANÁLISIS	43
4. I. PORTAFOLIO SPOT.....	43
4. II. CONTRATOS A FUTURO	44
4. II.i- Futuro vs. Forward	44
4. II.ii- Formación de los precios futuros.....	44
4. II.iii- Cobertura con futuros	45

4. III. COBERTURA CON OPCIONES	46
4. IV. PORTAFOLIO CON FUTUROS	47
4. V. PORTAFOLIO CON FUTUROS Y OPCIONES (PUT).....	48
4. VI. ESTRATEGIA 100% FUTURO	49
4. VII. FUNCIÓN DE UTILIDAD	49
4. VIII. FLUJO DE FONDOS Y TIR	51
CAPÍTULO 5: HIPÓTESIS	54
CAPÍTULO 6: ESTRATEGIA EMPÍRICA	56
6. I. ANÁLISIS DE SERIES Y ESTIMACIÓN DEL RCMV	56
6. I.i. Análisis de las series de precios.....	57
6. I. i a) - Precio futuro primera posición.....	58
6. I.i. b) - Precio spot	64
6. I.ii- Análisis de cointegración y estimación del VECM	66
6. I.iii- Ajuste del modelo para subperíodos y estimación del RCMV	68
6. II. ELECCIÓN DE OPCIONES PUT.....	71
6. III. SIMULACIÓN DE ESTRATEGIAS.....	74
6. IV- RENTABILIDAD Y RIESGO	75
6. IV.i- Precio.....	75
6. IV.ii-Flujo de fondos.....	76
CAPÍTULO 7: RESULTADOS.....	78
CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES	85
BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXO	92

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

El desarrollo que se observa en el cultivo de la soja en estos últimos años en Uruguay ha tenido consecuencias muy importantes en la estructura económica del país. De ser una producción marginal del subsector agrícola con apenas 10.000 hectáreas sembradas en el año 2000, ha conseguido posicionarse como el segundo producto más exportado en el último año, con una participación de más del 10% en el total de las exportaciones del país y más de 850.000 hectáreas sembradas en la zafra 2009-2010 [Capurro y otros (2010)].

La producción agrícola enfrenta una serie de riesgos, que en caso de materializarse, pueden afectar de forma considerable la liquidez e incluso la solvencia de la empresa agrícola. Entre los riesgos más importantes se destaca el riesgo precio de los commodities. Para la gestión de éste riesgo, se cuenta a nivel internacional con instrumentos financieros muy desarrollados (opciones, futuros, swaps, entre otros). El desarrollo de la producción de soja en Uruguay y la nueva forma de comercialización asociada han propiciado el uso de estos instrumentos en el país.

Específicamente para la soja, la existencia de relaciones estables entre los precios a futuro transados en algunas bolsas internacionales (como ser la Chicago Board of Trade) y los precios nacionales, explica la

utilización de los instrumentos financieros de estos mercados en Uruguay para la cobertura del riesgo precio.

De todas formas, el uso de estos instrumentos y su investigación tiene mucho potencial: más del 50% de los productores aún no los utilizan, y el desarrollo de investigaciones específicas para la realidad uruguaya es reducido.

El objetivo de este trabajo es medir, en términos de rentabilidad y riesgo que enfrenta el productor, el resultado de aplicar un criterio de minimización de riesgo precio para determinar y estimar una estrategia de cobertura óptima, que busca proteger el 100% de los costos operativos.

En base a lo anterior, nos hacemos la siguiente pregunta: ¿cuáles hubieran sido los resultados en términos de riesgo y rendimiento de haber utilizado estrategias de cobertura óptimas de riesgo precio en la producción de soja en Uruguay en los años 2005 a 2010?

Las hipótesis, en términos de precios y de rentabilidad de la inversión, se basan en que la aplicación de un ratio de cobertura de mínima varianza en la estrategia de cobertura, obtiene mejores resultados (en cuanto a riesgo y rendimiento) que la estrategia especulativa (venta 100% spot) y que la estrategia de venta 100% a futuro.

El trabajo se dividirá en 8 Capítulos. En el Capítulo 1 se justifica la elección del tema y en el Capítulo 2 se establecen los objetivos de la investigación. En el Capítulo 3 se desarrolla el marco teórico de la investigación y en el Capítulo 4 se describe el modelo de análisis a

utilizar. En el Capítulo 5 se establecen las hipótesis de la investigación y en el Capítulo 6 la estrategia empírica de la misma. Se finaliza exponiendo los resultados en el Capítulo 7 y las conclusiones de la investigación en el Capítulo 8.

1. I Justificación: ¿por qué soja?

La producción de soja a nivel mundial ha tenido una importante expansión en los últimos años, realidad que se replica claramente en Uruguay donde pasamos de una agricultura de invierno a una agricultura de verano, liderada principalmente por el crecimiento de la soja; éste cultivo ha sido el de mayor crecimiento en términos de área sembrada y producción en los últimos años [Capurro y otros (2010); Gutiérrez (2009)].

Desde finales de la década del sesenta un acuerdo comercial realizado con Taiwán propició cierto protagonismo del grano, alcanzando las 51.000 hectáreas sembradas. Sin embargo, en las décadas subsiguientes se observa una contracción significativa de esta área, y para finales de la década del noventa apenas llega a 10.000 hectáreas. [Capurro y otros (2010)].

Es a comienzos del nuevo siglo que su evolución en Uruguay alcanza máximos históricos, esto determina que los primeros años de la década se constituyan en punto de inflexión en relación al desarrollo del cultivo de soja. El área total sembrada pasa de 14.000 hectáreas en el

año 2000 a 850.000 hectáreas en la zafra 2009-2010 [Capurro y otros (2010)].

De acuerdo a la información divulgada recientemente en Uruguay XXI (2011), las exportaciones de soja alcanzaron los U\$S 706 millones y ocuparon el segundo lugar durante el año 2010, detrás de las ventas de carne bovina congelada, representando un 10,4% del total exportado en éste ultimo año. Adicionalmente, se registró un incremento del 55% en relación al total exportado en el 2009, más que duplicando el promedio de crecimiento registrado para el total de las exportaciones en el mismo período.

Gráfica 1.

Exportaciones de Soja en Uruguay



Elaboración propia en base a datos de Fuente: página DIEA-MGAP

Tal como se destaca en el trabajo de Capurro y otros (2010), diversos factores son los que explican el crecimiento exponencial

observado en el correr de una década. A nivel mundial se mencionan dos elementos que fueron clave para el crecimiento de la demanda de soja. En primer lugar el aumento de la demanda de grano para la elaboración de raciones asociadas a la producción intensiva de carne. Esto se profundiza luego de la crisis sanitaria europea surgida como consecuencia de la utilización de proteína animal en la alimentación del ganado, lo que provoca un desvío hacia demanda de proteínas de origen vegetal. En segundo lugar se destaca la expansión de la producción de biocombustibles, hecho que incrementa la demanda de oleaginosas, entre las que se encuentra la soja.

Por otro lado, al aumento ya identificado de la demanda se suman otros factores del lado de la oferta. La producción de soja se realiza con un paquete tecnológico de bajo costo y fácil implementación; la utilización de semillas transgénicas, glifosatos, sumado a al uso de la siembra directa representa una ventaja en relación a otros cultivos, así como un precio excepcionalmente bueno. Ambos factores, la demanda en ascenso y el bajo costo relativo de producción (que deriva en la elevada rentabilidad del cultivo de soja) en comparación al resto de los cultivos, explican en última instancia su evolución.

Por último, otro determinante de éste cambio fue la nueva modalidad de comercialización del grano y las herramientas disponibles para la gestión del riesgo precio [Gutiérrez (2009)]. Uno de los riesgos que enfrenta el productor es la incapacidad de saber cuál será el precio al

que se venderá la producción al momento de la cosecha. La nueva modalidad de comercialización a la que se hace referencia permite la posibilidad de venta anticipada, y de esta forma “fijar” el precio de la cosecha, protegiendo de las futuras caídas en el precio del cultivo [Gutiérrez (2008)].

Este último factor es fundamental, y surge de la necesidad administrar el riesgo precio implícito en el cultivo de soja dada la alta volatilidad que presenta el mismo [Gutiérrez (2009)]. Gutiérrez (2008) sostiene que existe una elevada correlación entre el Mercado a Término de la soja en la Chicago Board of Trade (CBOT) y el Mercado a Término de Buenos Aires (MATBA), y entre éste último con el precio spot de la soja en Uruguay, lo que permite que los productores uruguayos puedan utilizar estos mercados para cubrir su riesgo precio.

Cabe destacar que en Uruguay se han venido realizando coberturas de riesgo con variados mecanismos y en distintas dimensiones según el tipo de productor tanto para la soja como para el trigo, la cebada, el maíz, el sorgo y el girasol, siendo el uso de coberturas de riesgo precio para la soja el que lleva la delantera en cuanto a su dimensión [Gutiérrez (2009)].

Como resalta Alfaro y otros (2004), *“en relación a la agricultura, los diferentes estudios que tratan el tema riesgos coinciden en definir la variabilidad en el precio de los productos básicos como el principal factor de riesgo para la actividad, asignándole un papel secundario a otros*

determinantes de riesgo, como pueden ser el clima, factores institucionales, etc.” [Alfaro y otros (2004), pág. 7].

Dado lo expuesto, se justifica la importancia de analizar los resultados en términos de riesgo y rendimiento, de haber utilizado estrategias de cobertura de riesgo precio para la producción agregada de soja en Uruguay.

Capítulo 2: OBJETIVO

Los objetivos de esta investigación son:

En base a un criterio de minimización de riesgo precio, determinar y estimar una estrategia de cobertura óptima, que busque proteger el 100% de los costos operativos.

Analizar los resultados en términos de riesgo y rendimiento de los precios que enfrenta el productor, y del proyecto en sí mismo a nivel agregado, de haber utilizado la estrategia estimada.

Comparar estos resultados con los de la posición especulativa, que vende la cosecha sin cobertura alguna de riesgo precio, y con la estrategia de cobertura del 100% (venta a futuro por el 100% de la producción), la cual no tiene en cuenta la relación entre los precios futuros y spot.

Este estudio abarcará los períodos de zafra de la soja de los años 2005 al 2010, período que se considera significativo para el análisis del uso las coberturas de riesgo precio en el nuevo contexto productivo mencionado.

Capítulo 3: MARCO TEÓRICO.

3. I. Antecedentes.

Alfaro y otros (2004) investigaron el riesgo de la actividad pecuaria evaluando los diferentes instrumentos financieros aplicables al subsector, así como también la oferta y demanda de financiamiento del mismo. Este trabajo provee un marco de análisis para Uruguay que evalúa la utilización de los instrumentos derivados como forma de cobertura del riesgo precio del sector pecuario. En él se afirma que la agricultura tiene un mayor riesgo relativo con respecto a la ganadería en Uruguay.

Gutiérrez (2008) comprueba la viabilidad del uso de coberturas de riesgo precio en Uruguay para diferentes cultivos utilizando instrumentos financieras adquiridos en CBOT y MATBA.

Baillie and Myers (1991) estudiaron el comportamiento de los precios spot y futuro de seis commodities (carne, café, maíz, algodón, oro y soja). Su propósito era llegar a una buena estimación del ratio de cobertura con futuros, Ratio de Cobertura Óptimo (OHR por sus siglas en inglés) definido como el cociente entre covarianza condicional del futuro y el spot sobre la varianza condicional del futuro.

Utilizando un modelo GARCH Bivariante concluyen que, para el período de estudio (1982-1986), los OHR que varían con el tiempo son buenos para reducir la volatilidad de los precios de los commodities. Sin embargo, dentro de cada uno de los commodities las diferencias de

reducción de varianza son importantes, y la soja es la que tiene la mejor performance en términos de reducción de varianza, alcanzando un 57% menos de volatilidad de su precio. Además concluyen que para algunos commodities como la soja alcanza con modelar un OHR constante.

Bear, García y Sun, (1997) estudian la cobertura con futuros en la soja y en el maíz. Para ello trabajan con un modelo BGARCH, y con un modelo de coeficientes autorregresivos aleatorios para la estimación de los RCMV, obteniendo mejores resultados en el primero de estos. Destacan (aunque no hablan de causalidad) que una de las diferencias entre ambos modelos es que el BGARCH considera la distribución conjunta de los precios futuros y spot para su estimación.

Aragó (2000) investiga la cobertura con contratos de futuro sobre índices bursátiles, más precisamente sobre el IBEX-35. Utiliza un modelo GARCH Bivariante (BGARCH), al cual le incorpora un vector de corrección del error, para poder estimar un RCMV variante en el tiempo que incluya toda la información disponible al momento de cobertura.

Encuentra que el resultado acerca de la efectividad de utilizar un RCMV variante en el tiempo, tanto para series diarias como semanales, presenta grandes mejoras en términos de disminución de riesgo frente a la opción de no cobertura. Considera la viabilidad económica incorporando los costos y encuentra que, para el análisis de coberturas diarias, se da una mejoría con respecto al RCVM estático estimado por el Modelo de Corrección del Error (MCE) sólo en aquellos meses en que la

volatilidad en los mercados financieros, no ha sido “excesiva”, según plantea el autor.

Delgado y Lema (2000) encuentran sustento empírico, en el mercado argentino de trigo, para la relación teórica del precio spot mayor o igual a precio futuro, considerando intereses y costos de almacenaje.

Hsiang-Tai Lee y Jonathan Yoder (2007) incorporan al modelo bivalente heteroscedástico (BEKK-GARCH), la posibilidad de adaptarse a diferentes regímenes, extendiéndolo con una versión del modelo de cambio de régimen generalizado de Gray (versión bivalente), es decir un RS-BEKK-GARCH). Llegan a que incorporar el régimen “switching”, permite realizar coberturas más eficientes fuera de la muestra en la aplicación que realizan con el maíz y el níquel. Sin embargo la reducción de la varianza no es estadísticamente distinta entre ambos modelos.

3. II. Riesgos en Agricultura, su Gestión, y los Instrumentos Financieros utilizados en la misma.

Este trabajo aborda el riesgo que enfrenta el sector agropecuario; particularmente, el riesgo precio que afronta la producción sojera dentro del subsector agrícola del Uruguay.

La existencia de riesgos no es ajena al contexto de los productores agrícolas, por el contrario es una realidad que aceptan y hace que el productor deba administrar los riesgos como parte de la gestión integral del negocio agrícola [OCDE (2009)]. De esta manera se intentará definir

las principales fuentes de riesgo, haciendo hincapié específicamente sobre las herramientas e instrumentos disponibles y las diversas estrategias que permiten gestionar el riesgo precio en dicha actividad productiva.

En cuanto a las estrategias de gestión, se abordará su estudio desde la óptica de la Teoría de Selección de Portafolio y Ratios de Cobertura de Mínima Varianza, no descuidando los efectos de la estrategia de cobertura seleccionada sobre los flujos de fondos esperados. En este sentido, se realizara una comparación que tomara en cuenta ambas variables, riesgo y rentabilidad.

3. II. i - Riesgo en la Agricultura

Si bien todas las actividades económicas implican cierto nivel de riesgo, hay consenso a nivel académico acerca de que la agricultura es una actividad intrínsecamente riesgosa y que sus causas son diversas y complejas [Hardaker, Huirne, Anderson y Lien (2004); OCDE (2000); Harwood, Heifner, Coble, Perry y Somwaru (1999); Varganis, Larson y Anderson (2002)].

Es sencillo asimilar intuitivamente algunas de las características que definen el nivel de exposición al riesgo de esta actividad. Basta con tener en cuenta que las decisiones que realiza el productor sobre qué y cómo producir se toman con mucho tiempo de antelación en relación al momento de la cosecha. Las variables que afectan el desempeño de la

producción y su valor son numerosas y cada una de ellas aporta incertidumbre sobre el resultado final a obtenerse y en definitiva sobre los ingresos a percibir por el productor.

La existencia de riesgo está íntimamente relacionada a la presencia de incertidumbre. Hay autores que señalan ciertas diferencias entre riesgo e incertidumbre. Knight (1921) establece que el riesgo implica el conocimiento de probabilidades numéricas objetivas y la incertidumbre no permite conocer dichas probabilidades, aunque se sostiene que esta distinción no es operativa [OCDE (2009)]. Pascale (2009) comparte estos contrastes entre ambos conceptos y sostiene que, a diferencia del riesgo, la incertidumbre implica que no se conoce la dimensión de los eventos futuros en relación a la inversión ni las probabilidades de ocurrencia de dichos eventos. Por otro lado, Hardaker et al (2004) define la incertidumbre como conocimiento imperfecto y al riesgo como la exposición a consecuencias económicas desfavorables inciertas.

Hay por lo tanto una relación entre ambos conceptos. El riesgo implica un conocimiento imperfecto sobre la ocurrencia o no de acontecimientos futuros, y por ende inciertos. La incertidumbre es necesaria para la existencia de riesgo, pero no suficiente, y su existencia no conduce ineludiblemente a una situación riesgosa [Harwood et al (1999)] y de esta manera, no toda incertidumbre implica riesgo. En este sentido, se define como riesgo a la incertidumbre que importa, aquella que afecta el bienestar de los individuos [Harwood et al (1999); y Bodie, Z.

y Merton R.C. (1998)¹]. El riesgo implica que no se es indiferente a los posibles resultados de un evento incierto [Hardaker y otros (2004)].

Tal como se destaca en estudios previos recientes hay muchos tipos de riesgo en la actividad agropecuaria y su clasificación no es uniforme [OCDE (2000); OCDE (2009)]. En este sentido, acotaremos el alcance del concepto tomando como base las finanzas, y definiremos el riesgo como la variabilidad de los rendimientos futuros de una inversión respecto a su valor esperado [Pascale (2009)].

3. II. ii - Fuentes y Clasificación de Riesgos

Tal como se destaca en el trabajo de la OCDE (2009) sobre la gestión de riesgo en la agricultura, y lo que se observa a medida que se realiza una revisión de la literatura sobre el tema, los riesgos en la actividad agrícola tienen diversas características, muchas de las cuales se comparten y entrecruzan siendo difícil realizar una clasificación homogénea. Ésta dependerá hasta cierto punto del propósito con que el riesgo es analizado en última instancia. Siguiendo este trabajo se presentan algunas de estas clasificaciones hechas por otros autores.

OCDE (2000) define dos grandes clasificaciones de grupos de riesgo:

¹ Citados en Financiamiento del Sector Agropecuario, Alfaro, D., Conti, C. y Troncoso, C. (2004).

- En primer lugar los riesgos comunes a todos los negocios o actividades de una economía: la situación familiar, la salud de los agentes, los accidentes, la situación macroeconómica, etc.
- En segundo lugar están los riesgos que son específicos del sector agropecuario:
 - Riesgos de producción (clima, plagas y enfermedades, cambios tecnológicos, etc.).
 - Riesgos ecológicos (cambio climático, manejo de recursos naturales escasos, etc.).
 - Riesgos de mercado (variabilidad de precios, calidad, relacionamiento con el resto de la cadena agroalimentaria, etc.).
 - Riesgos institucionales (cambios en las políticas agrícolas, regulaciones medioambientales, etc.).

Huirne et al (2000) y Hardaker et al (2004) realizan otra clasificación sobre los riesgos en la agricultura, también en 2 grupos.

- En primer lugar encontramos el riesgo del negocio propiamente dicho, que incluye (con una óptica similar a la de la OCDE del párrafo anterior): el riesgo de producción, de mercado e institucionales, y agregan dentro de esta clasificación los riesgos personales (divorcio, muerte, enfermedad, etc.) que para la OCDE eran comunes a todos los negocios o actividades.

- Por otro lado encontramos el riesgo financiero, que resulta de los distintos métodos de financiamiento del negocio agropecuario.

Algunas clasificaciones similares son encontradas en Musser y Patrick (2001) y también en Moschini y Henessy (2001).

Harwood et al (1999) identifica una serie riesgos que resumen en gran medida todas estas clasificaciones anteriores. En esta clasificación se destacan:

- Riesgo de producción o rendimiento (relacionado con el clima, las enfermedades y pestes, los cambios tecnológicos en la técnica y la genética, etc.).
- Riesgo Precio o de Mercado (riesgos asociados a cambios en los precios de la producción y los insumos una vez iniciado el proceso productivo).
- Riesgo Institucional (derivados de cambios en las políticas y regulaciones que afectan específicamente la agricultura).
- Riesgo Humano o Personal (son comunes a todos los negocios, como la muerte, el divorcio, la enfermedad, etc.).
- Riesgos Financieros (relacionado con las fuentes de financiamiento de la actividad).

Esta última clasificación es complementada en el citado trabajo de la OCDE por otra hecha por Holzman y Jorgensen (2001) que permite clasificar estos riesgos según el grado de alcance de dichos riesgos:

micro o idiosincráticos (que afectan a un individuo o productor particular), Meso (afecta a una comunidad o grupo de productores) y Macro o Sistémico (afecta a toda una región o país, existe un alto grado de correlación positiva entre los productores con relación a los riesgos de esta dimensión). Ver Cuadro 1.

Cuadro 1

Tipos de Riesgo	Micro	Meso	Macro o Sistémicos
Mercado/Precios		Cambios en los precios de la tierra, nuevos requerimientos de la industria alimenticia,	Cambios en los precios (inputs o outputs), política comercial, nuevos mercados, etc.
Producción	Granizo, heladas, pestes o enfermedades, riesgos personales (humanos)	Lluvias, deslizamientos de tierra, contaminación, etc.	Inundaciones, sequías, pestes o enfermedades, tecnología.
Financiero	Cambios en ingresos de otras fuentes (no agrícolas).		Cambios en las tasas de interés, valor de los activos, acceso al crédito.
Institucional/Legal	Responsabilidades	Cambios en políticas o Regulaciones.	Cambios en las políticas o regulaciones nacionales o regionales, leyes medioambientales, subsidios, etc.

Fuente: OCDE 2009 – Managing Risk in Agriculture: A Holistic Approach

Siguiendo a Alfaro y otros (2004), la literatura económica financiera llama a los dos primeros riesgos como fundamentales [Cordier (1999)]. Es más, al hablar de riesgo muchas veces nos limitamos a la incertidumbre respecto al ingreso esperado (o los retornos esperados) en la producción agropecuaria, que varían como consecuencia de fluctuaciones en la

producción y los precios [OCDE (2000)]. En este trabajo también se considera que los riesgos asociados a los rendimientos han tendido a ser controlados con los avances tecnológicos y científicos.

Con respecto a los precios, la volatilidad de los mismos es reconocida como un importante problema para el crecimiento y el desarrollo de los países en general y los ingresos de productores rurales en particular [Varangis y otros (2002)]. La desintegración de mecanismos de intervención del mercado de bienes primarios, como ser los “Acuerdos Internacionales de Commodities” (ICA`s por sus siglas en ingles) o políticas de intervención domésticas (sobre todo en países en desarrollo) [South Centre (2004)] aumentó la volatilidad del mercado con las consecuencias ya mencionadas que esto implica.

3. II. iii - Gestión o Administración de Riesgos

De acuerdo a la OCDE (2009) existe un Sistema de Gestión de Riesgo que es integrado por todas las variables relevantes para la reducción, control y regulación de riesgos. Este sistema está formado por tres grandes ejes que se retroalimentan: las fuentes de riesgo (ya mencionadas en la sección anterior de este trabajo), las estrategias del productor para lidiar con ellos y las políticas públicas existentes. Estos tres ejes, de acuerdo con la aproximación propuesta, deben analizarse en forma dinámica, simultánea e integral, y no mediante un análisis lineal de interacción unidireccional.

Continuando con éste análisis, las estrategias pueden subdividirse en tres categorías por su objetivo final:

- estrategias de prevención, su objetivo es reducir la probabilidad de ocurrencia del evento adverso;
- estrategias de mitigación, cuyo objetivo es reducir los potenciales impactos negativos en caso de que el evento adverso ocurra, y por último;
- estrategias de respuesta, que permiten lidiar con los impactos del evento riesgoso una vez ocurrido el mismo.

Las estrategias pueden tener cualquiera de estos tres objetivos mencionados, y además, pueden ser elaboradas e implementadas a distintos niveles en forma aislada o simultánea, haciendo uso de instrumentos y herramientas cuyos orígenes y características son diversos. Para poder apreciar esto, se reproduce el cuadro presentado por la OCDE (2009), basado en Holzmand y Jogersen (2001) y OCDE (2001), que resume un posible menú de estrategias e instrumentos de gestión de riesgo. Ver Cuadro 2.

La gestión de riesgos, a través del uso de herramientas de mercado, ha tomado un importante protagonismo en las últimas dos décadas, y parece que esta tendencia no hará más que fortalecerse de acuerdo a los acontecimientos de los últimos años que apuntan a una creciente liberalización del mercado de bienes agrícolas [ver Harwood et

al (1999); Varangis, Larson y Anderson (2002); South Centre (2004); OCDE (2000); OCDE (2009); Hardaker et al (2004)].

Cuadro 2

Estrategia de:	Productor/Comunidad	Mercado	Gobierno
Reducción / Prevención de Riesgo	Elección de Tecnología o Técnica.	Capacitación en Gestión de Riesgo	Políticas Macroeconómicas, Prevención de desastres (control de inundaciones, etc.), prevención de enfermedades en animales.
Mitigación.	Diversificación en la Producción y los Granos.	Futuros y opciones. Seguros Integración vertical Contratos de producción/comercialización. Inversiones financieras diversificadas. Otros trabajos	Sistema impositivo que suavice los ingresos. Políticas anti cíclicas.
Respuesta	Prestamos (diferentes orígenes)	Venta de activos, prestamos e ingresos extras de otras actividades.	Asistencia social y programas re respuesta a desastres. Programas de apoyo agrícola.

Fuente: OCDE 2009 – Managing Risk in Agriculture: A Holistic Approach.

En el contexto descrito hasta el momento, los derivados financieros como los futuros y las opciones se definen como instrumentos o herramientas de mercado que permiten mitigar los potenciales efectos negativos en caso de ocurrencia de un evento adverso, y son destacados

por varios autores como los elementos adecuados para lidiar con el riesgo precio, de carácter macro o sistémico.

Sin embargo, el uso de éste tipo de instrumentos de cobertura no es siempre la mejor opción, dado que existen diferentes situaciones en las cuales no es conveniente cubrirse. Por ejemplo, para el caso de un accionista de una empresa, cubrirse contra los riesgos de la misma puede implicar altos costos, siendo más conveniente optar por la diversificación comprando acciones de otras compañías. Asimismo, puede que la situación de una determinada industria en la cual no se realiza cobertura, haga poco conveniente cubrirse para una empresa en particular, ya que existe la posibilidad de que sus beneficios fluctúen más de lo que lo hacen los beneficios del resto de la industria [Hull (2002)].

3. II. iv - Instrumentos Financieros para la Gestión del Riesgo Precio.

Siguiendo el estudio realizado por la UNCTAD Secretaría (1998) se pueden clasificar dos formas de comercialización de instrumentos financieros de gestión de riesgo: instrumentos estandarizados e instrumentos “hechos a la medida” (Over The Counter, OTC)

Los primeros tienen prefijadas todas las especificaciones en cuanto a calidad, cantidad, fecha de entrega, y otros, con la salvedad de que el precio queda libre y se fijara de acuerdo a la oferta y la demanda. Este tipo de contratos se traza en las llamadas Bolsas de Comercio y en ellas

se concentran operaciones de agentes de todas partes del mundo, tanto aquellos que buscan cubrir sus riesgos, como especuladores que encuentran en estas bolsas la oportunidad de comprar o vender contratos sobre distintos tipos de commodities (productos básicos). El volumen de negocios pactados y la cantidad de agentes que participan brindan una importante liquidez al sistema (lo que permite encontrar casi siempre el contrato que se estaba buscando), y la misma contribuye a dar mayor transparencia al proceso de formación de precios.

Con respecto a los contratos hechos a la medida, las especificaciones del mismo son establecidas de acuerdo a las necesidades de las partes. La modalidad OTC es la que permite que dos agentes cualesquiera pacten directamente las condiciones del contrato que los une. Esta forma de comercialización tiene como ventaja que se adapta con mucha exactitud a las necesidades de ambos agentes, sin embargo, la falta de estandarización impide que sean negociables con facilidad en los mercados secundarios, restándoles liquidez. Además, entran en juego problemas como la asimetría de la información y la falta de transparencia en cuanto a la formación de precios, junto con riesgos de incumplimiento de alguna de las partes. Este último riesgo queda eliminado en el mercado estandarizado por las regulaciones que controlan el funcionamiento de las bolsas.

La elección de unos instrumentos no impide la utilización de los otros, y la decisión sobre que instrumento se utilizará dependerá de la

estrategia de cobertura que se pretenda desarrollar. Veamos a continuación una descripción general de cada uno de los instrumentos de mercado disponibles de acuerdo con Alfaro y otros (2004), UNCTAD (1998) y South Centre (2004).

3. II. iv – a) Contrato Forward

Es una forma simple de acordar entre dos agentes del mercado, la venta o la compra para cierto momento del tiempo (fecha de madurez del instrumento), de una cantidad del producto básico, a un precio futuro predeterminado.

Son instrumentos transados generalmente en el mercado OTC, y es una herramienta típica para la fijación de precios a nivel internacional [UNCTAD (1998); South Centre (2004)]. Esta situación se reproduce aquí en Uruguay, donde de acuerdo a estudios recientes sobre la producción de secano, se establece que ésta es una de las herramientas más utilizadas [Gutiérrez (2009)] para la fijación de precios.

Dado que es un contrato hecho a la medida que se ajusta a las distintas realidades, es preferido ante necesidades de cobertura muy específicas. Sin embargo, tal como se destacó antes, existen riesgos de incumplimiento (riesgo moral o de crédito) de la contraparte que no son menores y deben tenerse presentes.

Una ventaja importante es que, una vez que se acuerda el precio al que se realizará la transacción, éste no variará. Asimismo, la ausencia de riesgo precio implica que no se podrán obtener ganancias por

movimientos favorables del mercado; como es de esperar en las finanzas, se elimina el riesgo a cambio de rentabilidad [Pascale (2009)].

Como desventaja adicional, la falta de liquidez hace que la formación de los precios no sea transparente, jugando un papel fundamental la información que posean los agentes al momento de concretar el contrato. Aun así, al eliminar el riesgo precio, dan certeza a las instituciones financieras y muchas veces facilitan el acceso al crédito para iniciar el proceso productivo.

3. II. iv – b) Futuros.

Al igual que el forward, el contrato de Futuro es un acuerdo para comprar o vender cierto activo (producto básico) a una fecha futura, y su valor dependerá del valor del activo subyacente.

Los futuros, a diferencia de los contratos Forward, son contratos altamente estandarizados cuya única variable a ser determinada en el mercado es el precio (detalles en cuanto a la calidad, la cantidad y otros elementos ya están establecidos de antemano).

Si bien son una herramienta típica de fijación de precios, tiene como principal desventaja la necesidad de depositar un margen inicial² que garantiza el cumplimiento de la operación, además de que diariamente se liquidan ganancias o pérdidas (flujos diarios de transferencias) según corresponda a los movimientos observados en el mercado.

²Generalmente 5% o 10% del monto total de contrato – OCDE (2000).

Al ser comercializados generalmente en mercados formales como las Bolsas de Valores, y gracias a la liquidez que presenta su comercialización, es relativamente fácil deshacer o revertir una posición previa, permitiendo un amplio margen de maniobra a la hora de fijar las estrategias. Además, no implica la transferencia del bien subyacente. Como contracara, no hay disponibles contratos de futuros hechos a la medida.

Debe tomarse en cuenta en estos contratos, que el mercado en el cual se realiza la cobertura no siempre es el mismo mercado donde se realizara la venta del producto físico. De esta manera, puede haber una diferencia entre ambos precios que se denomina Base. La misma se define como la diferencia entre el precio disponible local y la posición a futuro que se selecciona como instrumento de cobertura.

3. II. iv – c) Opciones

Las opciones dan a su tenedor el derecho, pero no la obligación, de tomar una posición futura a cierto precio (precio Strike o de ejercicio) antes de ó en cierta fecha [Harwood (1999); South Centre (2004)]. Pueden ser comercializadas OTC o en mercados regulados (Clearing Houses – Bolsas), de esta forma es posible encontrar ciertos “trajes a medida” disponibles para necesidades de cobertura específicas.

Si bien su uso típico es establecer un techo o un piso para los precios, por sus características, estas herramientas permiten protegerse

de potenciales movimientos adversos del mercado, así como tomar ganancias ante movimientos favorables en los mismos.

La diferencia entre usar futuros y opciones es que con los primeros uno se encuentra frente a una obligación de cumplimiento, mientras que con las opciones cada agente se reserva el derecho a ejercer o no la misma. Además, si bien existe un desembolso inicial llamado “*margin CALL*” para obtener el contrato a futuro, se liquidan las ganancias y pérdidas diariamente y al vencimiento se devuelve el remanente (dado que es un depósito de garantía). Con las opciones existe un costo al inicio del contrato llamado “prima” que se desembolsa por única vez y depende del strike de la opción.

Existen dos tipos de opciones, CALL y PUT. La primera es una opción de compra, es decir da derecho a comprar un activo a cierto precio a determinada fecha, y la segunda es una opción de venta, da el derecho a vender. La flexibilidad en cuanto a ejercer el derecho de compra o venta dependerá del tipo de opción, americana o europea. La primera permite ejercer la opción en cualquier momento del tiempo hasta la fecha de vencimiento, la segunda solamente puede ejercerse en la fecha de vencimiento.

3. II. iv – d) Swaps

Los swaps son contratos privados, entre dos partes, para el intercambio de flujos de fondos conforme a formulas y condiciones

preestablecidas que dependen del valor de una o más variables subyacentes [Hull (2002)].

Son contratos hechos a la medida y que permiten realizar coberturas de precios en periodos largos; aun así, tienen presente el riesgo de incumplimiento. Es importante tener en cuenta que no implican el manejo físico del activo subyacente, sólo flujos de capital.

Los swaps pueden adaptarse indexándolos a un commodity, lo que permitiría acordar un flujo de pagos determinados (fijos) a cambio de una cantidad variable de dinero o viceversa. Esta cantidad variable estaría determinada por el valor de mercado de uno o varios commodities. Este tipo de contratos son provistos por bancos internacionales y permiten fijar precios en el mediano y el largo plazo. Es importante destacar que el mercado de este tipo de swaps no es muy activo [South Centre (2004)].

3. II. iv – e) Préstamos y Bonos indexados a Commodities

Estos instrumentos fueron creados con el propósito de facilitar el financiamiento, al mismo tiempo que permiten cubrirse de las fluctuaciones de los precios. Tanto los intereses como el capital, para el caso de los préstamos, como los intereses y el principal para el caso de los bonos, están atados al precio de mercado de uno o varios productos básicos.

Son suscriptos y otorgados por bancos internacionales y pueden ser una excelente fuente de financiamiento para países productores de productos básicos. Sin embargo, han tenido poco desarrollo y se

concentran principalmente en oro y petróleo, además de plata, níquel y cobre.

3. II. v - Uso de Instrumentos Financieros para la cobertura en Uruguay.

Tal como destaca el trabajo de Alfaro y otros (2004), en Uruguay no hay un mercado de capitales desarrollado, y esto es una de las principales limitantes a nivel nacional para el desarrollo de un mercado local de instrumentos financieros, ya sea forwards, futuros, opciones, swaps o bonos y préstamos indexados. El mercado de valores carece de profundidad y desarrollo; en este sentido, no existe una Bolsa de commodities. Además, en comparación con otros mercados de referencia, el mercado de commodities en el Uruguay tiene menor liquidez, por lo que la información que se obtiene de este mercado pierde relevancia. Muestra de esto es el poco usufructo que se puede hacer de las series de precio spot disponibles de soja de la Cámara Mercantil. A pesar de esto, el uso de instrumentos derivados en Uruguay es una realidad³.

El enorme dinamismo que se ha observado en el comercio internacional de este grano ha permitido la creación de mercados de instrumentos financieros derivados muy importantes a nivel mundial, en los cuales se han desarrollado mercados de futuros que absorben eficientemente dicha dinámica permitiendo su utilización como

³De acuerdo a lo que se concluye de la Encuesta Agrícola DIEA, 2009.

herramientas de cobertura frente al riesgo precio. La creciente globalización financiera permite acceder a estos mercados con facilidad desde cualquier parte del mundo. A modo de ejemplo se destacan las siguientes bolsas de comercio: CBOT (Chicago Board of Trade), NYCE (New York Commodity Exchange), LIFFE (London International Futures and Options Exchange), SICOM (Singapore Commodity Exchange), BMF (Bolsa de Mercadorias y Futuros de Brasil), ROFEX (Mercado a Término de Rosario), entre muchas otras.

Es importante tomar en cuenta en este punto las consideraciones que se realizan al respecto de estos mercados. Gutiérrez (2009) señala la preferencia por la utilización del CBOT como mercado de cobertura en nuestro país frente a los mercados de futuros existentes en la región. Esto se explicaría por diversas razones: en primer lugar la enorme liquidez que ofrece este mercado, en segundo lugar, la Bolsa de Comercio de Buenos Aires y la Bolsa de Rosario, si bien cuentan con un volumen aceptable de de operaciones, sufren distorsiones importantes como consecuencia de cambios en la política agrícola Argentina. Por otro lado, la bolsa Brasileña (BMF) tiene los contratos denominados en reales, lo que agrega el riesgo del tipo de cambio.

De acuerdo a los que sostiene Gutiérrez (Anuario OPYPA, 2009; FAO, 2009) la agricultura de secano en Uruguay ha tenido cambios profundos, destacándose el aumento del área sembrada, el incremento de la producción de algunos granos (especialmente en soja y trigo), el

cambio en los actores vinculados al proceso productivo y comercial, cambios en la forma de comercialización y la gestión del riesgo, y la organización general del negocio agrícola.

Específicamente en cuanto a las herramientas de comercialización como forma de manejo del riesgo precio, el cambio es notorio. Durante la década de 1990 las posibilidades de cobertura en el mercado uruguayo eran casi nulas. La cebada era el único cultivo que contaba con cierta contención, a través del precio piso fijado en el contrato de siembra. Sin embargo el riesgo era absorbido por la industria, en la medida que era ésta quien fijaba dicho precio. A nivel más general, y ante la volatilidad de los precios que recibe el productor y la escasez de herramientas de mercado, éste recurría a la diversificación de producción como forma de protección.

El cambio se da a comienzos de la primera década de este siglo, a medida que el cultivo de soja toma un papel preponderante en la agricultura del Uruguay. [Gutiérrez (2009), Capurro y otros (2010)]. Comienza a generalizarse el uso de instrumentos de cobertura, y no solo el uso del forward, pues la alta correlación entre los mercados de futuros que se pueden tomar como referencia y el precio local de exportación permite el uso de instrumentos más complejos para la cobertura del riesgo precio.

En la encuesta agrícola de invierno 2009 de DIEA se realizó un cuestionario sobre el uso de mecanismos de cobertura en la agricultura

uruguaya. En el mismo, se indagó sobre las condiciones de acceso al crédito de los productores y los requerimientos que les exigen para obtener el mismo. Se desprende de este cuestionario que un 22% de los productores utilizan financiamiento externo, y éstos representan más del 50% del área sembrada.

A la vez, casi la mitad de estos productores tienen como exigencia la cesión del seguro sobre riesgo climático y la venta forward de la cosecha (“opción combinada” en la terminología de la encuesta). Las demás condiciones exigidas sobre estos productores se reparten equitativamente entre “cesión seguro contra riesgo climático” y “venta forward exclusiva” y en una proporción casi inexistente (sólo a 28 productores de 406) la “cobertura con opciones”.

De esta encuesta se desprende que de 713 productores que sembraron soja, un 24% realizan cobertura con forwards, un 23% realizan cobertura con futuros y sólo 0,42% (3 productores) utilizan opciones sobre futuros. En conjunto, casi un 50% de la producción sojera en Uruguay se realiza bajo alguna forma de manejo de riesgo precio (que representa el 77% del área sojera sembrada). Es importante destacar que la soja es el cultivo con mayor proporción (en términos de área sembrada) que cuenta con manejo del riesgo precio, seguida por el trigo y la cebada. Ver Cuadro 3.

Cuadro 3

Area sembrada por productores con cobertura de riesgo-precio, según mecanismo principal utilizado. Año agrícola 2008-2009						
Mecanismo principal de cobertura de riesgo	Superficie sembrada por cultivo (miles de ha)					
	SOJA	TRIGO	CEBADA	MAÍZ	SORGO	GIRASOL
TOTAL (miles de ha)	578	544	140	87	68	55
VTA FORWARD	152	86	42	2	1	1
CONTRATOS DE FUTUROS	298	153	23	3	2	1
OPCIONES SOBRE FUTUROS	5	0	0	0	0	0
	SOJA	TRIGO	CEBADA	MAÍZ	SORGO	GIRASOL
TOTAL EN %	79%	44%	46%	6%	4%	4%
VTA FORWARD	26%	16%	30%	2%	1%	2%
CONTRATOS DE FUTUROS	52%	28%	16%	3%	3%	2%
OPCIONES SOBRE FUTUROS	1%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia, en base a encuesta agrícola invierno 2009 DIEA -MGAP

3. III. Selección de Portafolio y Ratio de Cobertura.

Tal como sostiene Pascale (2009), al no ser posible determinar cuál va a ser el resultado en cuanto a la rentabilidad o retorno de una inversión en forma cierta, se puede afirmar que cada inversión tiene asociado determinado nivel de riesgo. Por otro lado es necesario diferenciar el riesgo presente en un proyecto de inversión específico, y el riesgo asociado a un portafolio, es decir a un conjunto de inversiones o cartera de inversiones.

Markowitz (1952), al desarrollar la Teoría de Selección de Portafolio incorpora los conceptos de riesgo y rendimiento dentro de una visión global de la inversión, justificando por medio de su análisis la necesidad de una adecuada diversificación de la cartera. Cada nueva

inversión que se realiza debe analizarse detenidamente, no solo estudiando su rendimiento y su riesgo, sino los efectos que tiene sobre el rendimiento y el riesgo de la cartera del inversor en su totalidad.

La “correcta diversificación” propuesta en su trabajo toma como pilar el análisis de la correlación (covarianza) entre los retornos esperados de los distintos activos (inversiones), y establece que a menor correlación⁴ de los rendimientos esperados mayores los beneficios de la diversificación. En este marco, se considera que un portafolio que obtenga a iguales o menores niveles de riesgo mayor rendimiento, ó a iguales o mayores niveles de rendimiento menor riesgo, es dominante en sentido de Markowitz.

Si bien el planteo de Markowitz surge como consecuencia del estudio de inversiones financieras en bonos, acciones y títulos, el mismo, puede ajustarse perfectamente al análisis de la cobertura del riesgo precio con derivados financieros en la producción agropecuaria. El análisis que se presenta a continuación, puede interpretarse como una adaptación que incorpora la idea de la “adecuada diversificación” propuesto por Markowitz en la utilización del mercado de futuros para la cobertura del riesgo precio, básicamente, incorporando el concepto de Ratio de Cobertura.

⁴Se recuerda que la correlación varía entre -1 y 1, y el planteo es comprar activos cuya correlación con el resto de la cartera sea cercana a -1, o vender valores cuya correlación con el resto de la cartera sea cercana a 1 (como es el caso de la venta a futuros con el objetivo de cobertura).

Tal como presenta Aragón (2000) en su revisión de teorías sobre cobertura con contratos de futuros, “*estos instrumentos financieros existen porque permiten cubrir el riesgo de forma eficiente*”. Este autor plantea el valor del ratio de cobertura como la relación entre la posición a tomar en el mercado de futuros dada la de contado, y estudia las diversas formas de estimarlo. Establece que el valor del ratio dependerá en primera instancia del enfoque teórico o modelo con la que se enfrente el problema. Así es que destaca tres modelos de cobertura, cada uno centrado en distintos objetivos:

- a. Tradicional o “Naive”. Su objetivo es disminuir el riesgo, y propone tomar una posición de la misma magnitud pero de signo contrario a la del activo riesgoso. No toma en cuenta el riesgo base, aunque se sostiene por el autor que el mismo es acotado. Una postura de estas características disminuiría el riesgo de la cartera cubierta respecto a la de contado, sin embargo no se detiene a analizar los efectos de la estrategia de cobertura sobre la rentabilidad, lo que no es neutral para un productor agropecuario.
- b. Maximización de Beneficio. El objetivo no se limita a la reducción del riesgo, sino también la mejora del beneficio por medio de la utilización de coberturas de carácter selectivo, es decir, que se realizan cuando se espera que la evolución de la base sea favorable al inversor. En este enfoque entran diversos elementos como ser el tamaño de la base, las expectativas en relación a su evolución futura,

las preferencias del inversor y su grado de aversión al riesgo. Tal como destaca el autor esta es una aproximación que en definitiva especula sobre la evolución de la base, y no un modelo de gestión de riesgo propiamente dicho.

c. Teoría de Selección de Cartera. El objetivo es distribuir la cartera entre distintas oportunidades de inversión de manera que su composición permita maximizar el rendimiento dado un nivel de riesgo, o minimizar el riesgo para un nivel de rendimiento dado. Se basa en un análisis de Media-Varianza y toma en cuenta ambos elementos, riesgo y rendimiento.

Continuando con la óptica con que se elabora la presente tesis, se toma como punto de partida la Teoría de Selección de Portafolio de Markowitz mencionada con anterioridad y su adaptación para el análisis de coberturas con contratos de futuros en base a la revisión⁵ propuesta en el trabajo de Aragón.

Dentro de esta teoría podemos encontrar dos grandes aproximaciones:

3. III. i - Teoría de Selección de Cartera - Minimización de Riesgo

Dentro de esta aproximación la medición del riesgo es un aspecto clave, pero para poder minimizar el riesgo, es necesario cuantificarlo. Se presentaran brevemente los tres métodos de medición presentes en el

⁵Johnson (1960), Stein (1961) y Ederington (1979).

trabajo de Aragón: varianza, coeficiente medio de gini extendido y momentos parciales más bajos. Es importante destacar que cada uno de estos métodos, a su vez, determinara un ratio de cobertura distinto.

3. III. i – a). Riesgo Medido por la Varianza: Ratio de Cobertura de Mínima Varianza.

Tal como se adelantó se parte de un inversor averso al riesgo, su objetivo será entonces minimizar el riesgo (medido por la varianza del rendimiento) de la posición cubierta. La varianza, dependerá del rendimiento de contado y de futuro durante el periodo, así como del Ratio de Cobertura seleccionado para la cartera del inversor. Una vez realizado el programa de minimización propuesto, de las condiciones de primer orden se obtendrá el valor del ratio que minimiza la varianza del rendimiento (riesgo) de la posición cubierta. Este ratio se define como el Ratio de Cobertura de Mínima Varianza (RCMV).

Como destaca Aragón (2000), de acuerdo con lo señalado por Ederington (1979), la expresión del RCMV que se obtiene del programa de minimización *“se corresponde con la pendiente de la recta de regresión por MCO entre los cambios de los precios (o rendimientos) al contado respecto de los de futuro”*, siempre y cuando se esté frente a series de precios homoscedásticas y no cointegradas.

3. III. i – b) Riesgo Medido por el Coeficiente de Gini Extendido.

Hodgson y Okunev (1992) y Kolb y Okunev (1992), amplían el análisis original de Media-Gini (MG) desarrollado por Cheung et al. (1990), y presentan como medida de dispersión el coeficiente de Media-Gini Extendido (MGE).

Yitzhaki (1983) define el coeficiente MGE de manera que éste dependerá del grado de aversión al riesgo del inversor. Como resultado de este enfoque, podrá establecerse la superioridad estocástica de un proyecto de inversión frente a otro (proporciona soluciones eficientes desde el punto de vista del dominio estocástico), independientemente de la función de distribución de los rendimientos analizados.

3. III. i – c) Momentos Parciales más Bajos (Lower Partial Moments).

Esta medida de dispersión se propone como alternativa, de manera de minimizar el riesgo de las pérdidas y no el riesgo total. Dado que supone concentrarse en el llamado “downside risk”, Bawa (1975 y 1978) propone la utilización de los Momentos Parciales más Bajos (Lower Partial Moments - en adelante LPM) para su medición.

Para su cálculo, solo se toman en cuenta los valores que estén a la izquierda de un valor objetivo (“c”) de la distribución del rendimiento. Por lo que se buscará un ratio de cobertura que minimice este indicador, el cual será la solución de minimización de riesgo para esta aproximación.

3. III. ii - Teoría de Selección de Cartera - Maximización de Función Objetivo.

Esta aproximación tiene como objetivo la maximización de una función de utilidad, o función objetivo, que considere conjuntamente el efecto de la cobertura sobre la rentabilidad y el riesgo de la cartera cubierta.

En primer lugar es importante definir un nuevo concepto, el Ratio de Cobertura Optimo, definido como “*el número de contratos de futuros que deberá mantener un inversor para maximizar una determinada función objetivo*” [Aragó (2000)]. De esta manera, el objetivo de esta aproximación será alcanzado en la medida que se encuentre este ratio óptimo.

Como se puede apreciar, el concepto de Ratio de Cobertura Optimo y el de Ratio de Cobertura de Mínima Varianza (RCMV), definido en el apartado anterior como el ratio que minimiza la varianza de la cartera, difieren. Además, ambos surgen como consecuencia de programas de optimización distintos. Sin embargo, bajo determinadas condiciones estos conceptos son equivalentes, lo que justifica el uso del RCMV como aquel que simultáneamente minimiza la varianza de la cartera cubierta y maximiza la función objetivo.

Tal como destaca Aragó (2000), Beninga et al (1983, 1984) establece las condiciones suficientes para que se cumpla esta igualdad, independientemente de la función de utilidad del agente, estas son:

- Inseguridad del precio del contrato de futuro, o sea, que este siga una martingala. Esto es que $E_{t-1}(F_t)=F_{t-1}$, o lo que es lo mismo, $E(R_f)=0$.
- Correlación nula entre el precio del futuro (F_t) y el término error (e_t) de la regresión:

$$P=\alpha+\beta F_t+e_t$$

Heaney y Poitras (1991), llegan a la conclusión de que, sin importar los supuestos que se consideren, bajo la hipótesis de que el mercado de futuros es eficiente, el RCMV es también el Ratio de Cobertura Óptimo, aquel que maximiza la utilidad del inversor, independientemente de la expresión utilizada para modelizar sus preferencias.

3. IV. Flujo de fondos y TIR

Para el análisis de los proyectos de inversión, como lo es la producción de soja, se utiliza la herramienta de los flujos de fondos. Ésta, con un criterio basado en el movimiento de caja, considera los ingresos y egresos de disponible según el tiempo en que son realizadas, y en base al concepto de Valor Tiempo del Dinero permite estimar diferentes parámetros para evaluar la viabilidad del proyecto.

Ante la presencia de incertidumbre, toma especial relevancia la discusión sobre el Valor Tiempo del Dinero. Se entiende que se prefiere tener una suma de capital hoy a tenerla en el futuro, no sólo por las posibilidades de invertir ese dinero y rentabilizarlo, sino porque la falta de certeza sobre el flujo de fondos esperado inclina las preferencias hacia el

presente (aún sin tomar en cuenta la inflación). La preferencia se da por razones de riesgo y rentabilidad. [Pascale (2009)]

De acuerdo a la teoría financiera, una de los parámetros más utilizados para el análisis de las inversiones, es el Valor Presente Neto (VPN) del Flujo de Fondos Esperado resultante de cada una de las opciones de inversión. Los flujos de fondos descontados admiten evaluar distintas inversiones, y la tasa a la que se descuenta permite incorporar el concepto de incertidumbre, o sea del riesgo, al ajustar (aumentar) su valor en la medida que el flujo incorpore (mayor) incertidumbre. Sin embargo la determinación de ésta tasa no es trivial, por lo cual, para la presente investigación se va a preferir utilizar el criterio de la TIR.

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se considera como el rendimiento promedio de la inversión, y la misma deriva de despejar aquella tasa de descuento que hace que el VPN se iguale a cero, según la siguiente ecuación:

$$\frac{\Sigma F_t}{(1+i)^t}$$

Capítulo 4: MODELO DE ANÁLISIS

4. I. Portafolio spot

Se entiende que el valor del portafolio de la inversión del productor de soja se comporta según la siguiente ecuación:

$$1) P_t = Q * S_t - CT$$

donde P_t es el valor del portafolio en el período t , Q es la producción total, S_t es el precio spot en el momento t y CT son los costos totales de la producción.

En estos términos el valor del portafolio por unidad de activo es:

$$2) p_t = \frac{P_t}{Q} = \frac{Q * S_t - CT}{Q} = S_t - \frac{CT}{Q}$$

Los rendimientos del portafolio con respecto al tiempo se pueden expresar como:

$$3) Rp_t = \frac{dP_t}{P_t} = \frac{Q * dS_t}{Q * S_t - CT} = \frac{dp_t}{p_t} = \frac{dS_t}{S_t} = Rs_t$$

A esto se llega asumiendo $CT=0$ para concentrarse en el análisis puro de los precios⁶. Por lo tanto, se pueden expresar los rendimientos de precio como:

$$4) Rp_t = Rs_t$$

⁶se retomarán los costos distintos de 0 en el apartado de análisis del flujo de fondos

donde la volatilidad de este rendimiento puede expresarse como:

$$5) \sigma^2 R p_t = \sigma^2 R s_t$$

En adelante, se trabajará con la raíz cuadrada de esta expresión, o sea, con el desvío estándar.

4. II. Contratos a futuro

4. II.i- Futuro vs. Forward

Como se aclaró anteriormente, una de las principales diferencias entre los contratos futuros y los contratos forward es el compromiso en éste último de la entrega del subyacente en unidades físicas. Debido a esto, un riesgo muy importante que se toma es el de no llegar a producir las cantidades comprometidas en el contrato.

Por consiguiente, dado que en la presente investigación la producción es una variable exógena, no se considera oportuno el uso de este tipo de contratos para las estrategias simuladas.

4. II.ii- Formación de los precios futuros

En los contratos a futuro en commodities para el consumo (como la soja), las condiciones de arbitraje son distintas a las de los commodities de inversión (como la plata y el oro). Esto es debido a que tanto los particulares como las empresas pueden ser reacios a vender el producto y comprar contratos a plazo pues estos no pueden consumirse.

Esto implica que no exista ningún mecanismo de mercado que modifique la siguiente expresión:

$$6) F_0 \leq (S_0 + U) * e^{rT}$$

donde F_0 es el precio del futuro al momento 0, S_0 es el precio spot al momento 0, U es el valor actual de todos los costos de almacenamiento previstos durante la vida del contrato a futuro, r es la tasa de interés libre de riesgo, y T es el tiempo hasta la fecha de entrega del contrato a futuro⁷.

4. II.iii- Cobertura con futuros

El valor de un contrato a futuro vendido se puede expresar como:

$$7) Vf_t = Pf_0 - Pf_t$$

donde Pf_0 es el precio al que se vende a futuro y Pf_t es el precio a futuro en el momento t.

El análisis de esta ecuación implica que si el precio del futuro al momento t sube, el valor del contrato cae, y si el precio del futuro baja, el valor del contrato aumenta. Dado que el precio a futuro con el cual se realiza la cobertura está correlacionado en forma positiva con el precio spot del subyacente, este comportamiento implica que cuando el subyacente pierde valor (baja su precio), la cobertura en futuros lo

⁷ Para profundizar en el desarrollo de este análisis ver Hull (2002).

recupera (tomando valor) y viceversa, por lo que el futuro es una estrategia lineal.

Desde otro punto de vista, el hecho de incorporar una posición corta (vendida) en un valor cuya correlación es alta y positiva con el principal, redundará en que la volatilidad del portafolio en su conjunto sea menor a la simple suma de las volatilidades aisladas.

4. III. Cobertura con opciones

El valor de una opción PUT comprada se puede expresar como:

$$8) \quad V_{Put} = \text{máx}(0, K - F_t) - P$$

siendo V_{Put} el valor de un PUT, K el strike de la opción, F_t el valor del precio a futuro en el momento t y P el valor de la prima para cada opción.

El análisis de esta ecuación implica que el valor de esta opción está acotado a un mínimo, que es el valor de su prima ($-P$) y un máximo ($K-P$). A diferencia del valor de los futuros, el valor de esta opción no representa una ecuación lineal y mientras no se activa ($F_t > K$) no afecta la volatilidad del portafolio.

Este tipo de coberturas son idóneas para asegurar un precio de venta que cubra los costos asociados a la producción, a la vez que permite no renunciar a las ganancias que provoca la suba de precios.

4. IV. Portafolio con futuros

El valor del portafolio incorporando futuros se puede expresar como:

$$9) P_t = Q * [S_t + (PF_0 - PF_t) * h]$$

donde h es el porcentaje de la producción cubierta con futuros⁸ (ratio de cobertura).

La rentabilidad de este portafolio se puede expresar como:

$$10) R_{pt} = R_{st} - h * R_{ft}$$

donde R_{ft} es la variación porcentual del precio futuro.

La varianza del rendimiento del portafolio queda determinada como:

$$11) \sigma^2_{R_{pt}} = \sigma^2_{R_{st}} + h^2 * \sigma^2_{R_{ft}} - 2\sigma_{R_{st},R_{ft}} * h$$

En adelante se trabajará con la raíz cuadrada de esta expresión, es decir con su desvío estándar como medida alternativa de riesgo.

Para determinar el ratio de cobertura h que optimiza la ecuación anterior se hallan las condiciones de primer orden (CPO) igualando a 0 la primera derivada con respecto a h :

CPO:

$$2h * \sigma^2_{R_{ft}} - 2\sigma_{R_{st},R_{ft}} = 0$$

$$12) h^* = \frac{\sigma_{R_{st},R_{ft}}}{\sigma^2_{R_{ft}}} = \rho * \frac{\sigma_{R_{st}}}{\sigma_{R_{ft}}}$$

⁸ $h=Q_0/Q$, siendo Q_0 la cantidad de producción cubierta.

donde ρ representa el coeficiente de correlación lineal. Dado que la segunda derivada de la función objetivo es positiva, se determina que h es el ratio de cobertura de minimiza varianza (RCMV).

De la ecuación 12 se desprende que si ρ es igual a la unidad y las desviaciones típicas de ambos rendimientos son iguales, el RCMV es igual a uno (100% de cobertura).

Sustituyendo la solución óptima en la función objetivo la varianza del portafolio puede expresarse de la siguiente manera:

$$\sigma^2_{R_{pt}} = \sigma^2_{R_{st}} + \left(\rho * \frac{\sigma_{R_{st}}}{\sigma_{R_{ft}}}\right)^2 * \sigma^2_{R_{ft}} - 2\sigma_{R_{st},R_{ft}} * \left(\rho * \frac{\sigma_{R_{st}}}{\sigma_{R_{ft}}}\right)$$

13) $\sigma^2_{R_{pt}} = \sigma^2_{R_{st}}(1 - \rho^2)$

Esto implica que, por definición la cobertura reduce la volatilidad del rendimiento del portafolio, salvo en el caso en que ρ sea igual a cero, situación en la cual no vale la pena cubrirse porque la volatilidad del portafolio permanecería incambiada.

4. V. Portafolio con futuros y opciones (PUT)

Hasta aquí se ha seguido el planteo de Aragón (2002) realizado para coberturas sobre índices bursátiles, sin embargo para el caso que ocupa ésta investigación (cobertura de la producción de soja), es necesario considerar los costos que implica la producción. Es por esto que en este punto se plantea, como estrategia óptima alternativa, la

compra de una opción PUT que cubra el 100% de los costos de producción no cubierta con futuros, es decir $1 - h^*$. Cumpliendo de esta manera con uno de los objetivos planteados.

El portafolio con futuros y opciones (PUT) quedaría como:

$$14) P_t = Q * \{S_t + (PF_0 - PF_t) * h + [\text{máx}(0, K - F_t) - P] * (1 - h)\}$$

La diferencia de éste portafolio con el que incluye sólo futuros es que si bien se incrementan los costos y en condiciones normales la volatilidad es la misma, en condiciones de mercado extremas de grandes caídas de precios, esta estrategia asegura el 100% de los costos operativos incurridos para el 100% de la producción.

4. VI. Estrategia 100% Futuro

Como forma de comparación, distinta de la estrategia 100% spot, se replicará una estrategia “naive” que cubra el 100% de la producción a futuro, es decir aquella en la que h es igual a 1.

$$15) P_t = Q * [S_t - (PF_0 - PF_t)]$$

4. VII. Función de utilidad

Se considera que el productor busca la cobertura que maximice su utilidad. Para determinar la función de utilidad seguimos el trabajo de Levy y Markowitz (1979) en el cual se plantea que no importa qué función de

utilidad cuadrática se considere, con todas se llega al mismo resultado óptimo, planteamos:

$$\begin{aligned}
 U(R_{t+1}) &= E_t(R_{t+1}) - \lambda \sigma^2_{R_{t+1}} = \\
 16) &= E_t(R_{s,t+1}) - h_t [E_t(R_{f,t+1})] - \lambda [\sigma^2_{R_{s,t+1}} + h_t^2 \sigma^2_{R_{f,t+1}} - 2h_t \sigma_{R_f, R_s; t+1}]
 \end{aligned}$$

donde $E_t()$ es el operador de esperanza, y λ es el coeficiente que representa la aversión al riesgo del productor.

Para determinar el ratio de cobertura h que optimiza la ecuación anterior se hallan las condiciones de primer orden (CPO) igualando a 0 la primera derivada con respecto a h :

$$\text{CPO)} - [E_t(R_{f,t+1})] - \lambda [2h_t \sigma^2_{R_{f,t+1}} - 2\sigma_{R_f, R_s; t+1}] = 0$$

$$17) h^*_t = - \frac{[E_t(R_{f,t+1})]}{2\lambda \sigma^2_{R_{f,t+1}}} + \frac{\sigma_{R_f, R_s; t+1}}{\sigma^2_{R_{f,t+1}}}$$

Tal como señala Aragó (2000), basándose en Anderson y Danthine (1980 y 1981), la primera parte de la expresión recoge el componente especulativo, mientras que la segunda parte recoge el componente de cobertura, el cual coincide con el RCMV.

Si consideramos que el precio futuro es una “martingala”, por consiguiente la primera diferencia de su logaritmo (rendimientos) será un ruido blanco y su esperanza igual a 0. Esto nos indica que el componente

especulativo desaparece y el ratio de cobertura que maximiza la utilidad (óptimo), coincidirá con el RCMV (h de la EC. 12) previamente detallado.

En principio, se considera como estrategia óptima de cobertura aquella que utiliza el RCMV para determinar el porcentaje del portafolio a cubrirse con futuros.

En el siguiente apartado se expondrá otra aproximación de estrategia óptima la cual considera para su determinación, además, los costos operativos del proyecto.

4. VIII. Flujo de fondos y TIR

Dado que estas estrategias de administración de riesgo precio se enmarcan en un proyecto de inversión, se considera acertado tomar en cuenta la inversión en su conjunto, lo cual se estudia mediante la construcción de un flujo de fondos para cada zafra.

El propósito del uso de flujos de fondos es a términos comparativos de las distintas estrategias aplicadas, por lo que se prescinde de consideraciones tales como: impuestos, amortizaciones, depreciaciones y valor residual. Por lo tanto, la formulación algebraica del flujo de fondos en este trabajo obedecerá a:

$$FF_t = -CO_t - CF_t + Q_t * PS_t$$

Los costos operativos (CO) se obtienen de la multiplicación de la cantidad de hectáreas sembradas por el costo de producción por

hectárea.

Los costos financieros (CF) incluyen los costos de compra, venta y mantenimiento de los futuros y opciones. Es decir, el desembolso del margen inicial en los futuros, y el pago de prima por la compra de opciones. En el caso del margen inicial, se asumió que el mismo es el 5% de la cantidad de contratos multiplicada por el precio futuro del momento de la venta. Además se asume que cuando el depósito de garantía se hace cero, éste se repone hasta igualar su valor inicial.

La prima a pagar por la compra del PUT se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Costo PUTS} = (1 - RCMV) * NC * \rho * 136 / 2,7216$$

donde $(1 - RCMV)$ es el porcentaje que no se cubre con futuros, NC es el número de contratos, ρ es el valor de la prima en *cents/bushells* al momento de cierre del día en el que se compra el PUT, 136 se refiere al número de toneladas por contrato y 2,7216 es el ratio de conversión de *cents/bushells* a U\$/toneladas.

El valor de la venta final se calcula como el producto del precio spot al momento de la venta (PS_t) y la producción del período (Q_t) es el resultado de las toneladas cosechadas, resultantes de las hectáreas sembradas por el rinde.

Para responder la pregunta inicial se analizará el resultado en términos de riesgo y rendimiento del flujo de fondos de las diferentes

estrategias de cobertura.

El rendimiento será estimado como el promedio de las tasas internas de retorno (TIR) de cada flujo de fondos en cada zafra para cada estrategia. Siguiendo la metodología propuesta por Pascale (2009)⁹, el riesgo será estimado como el desvío estándar de las TIR estimadas; para ello se simulan los datos de los precios spot y futuro. Esto se logra aleatorizando la variación porcentual de los precios, suponiendo una distribución normal (con media igual a la variación porcentual del precio en el periodo y desvío igual a la desviación típica de éste último, escalado por la raíz del número de semanas del intervalo), y se construye una serie con 10.000 repeticiones con el promedio de las tasas internas de retorno de las 5 zafra para cada estrategia.

Del estudio de estas series se obtendrá la desviación típica estimada, considerada en esta investigación como el subrogante cuantitativo del riesgo.

⁹Planteada originalmente por Hertz (1964).

Capítulo 5: HIPÓTESIS

En base a las relaciones previamente planteadas entre las variables, y a los aspectos teóricos citados, se plantean las siguientes hipótesis:

Sobre el riesgo precio:

- La **hipótesis 1** afirma que el desvío estándar de la variación porcentual de los precios resultante tanto de la aplicación de RCMV para la venta futuro, como del complemento de ésta con la venta de opciones PUT, serán menores a la variación porcentual de la estrategia puramente especulativa (100% spot).
- La **hipótesis 2** afirma que el desvío estándar de la variación porcentual de los precios resultante tanto de la aplicación de RCMV para la venta futuro, como el complemento de ésta con la compra de opciones PUT, serán menores a la variación porcentual de la estrategia de cobertura 100% futuro.

Estos planteos se desprenden directamente de utilizar estrategias de cobertura cuyo objetivo es minimizar el riesgo precio.

Sobre el riesgo de la rentabilidad del proyecto:

- La **hipótesis 3** plantea que la desviación estándar (estimada) de las TIR, que resultan de aplicar las estrategias

de venta futuro RCMV, y su complemento con la compra de opciones PUT, es menor que la desviación estándar (estimada) de la TIR resultante del flujo de fondos con la estrategia puramente especulativa (100% spot).

- La **hipótesis 4** es que las desviación estándar (estimada) de las TIR, que resultan de aplicar las estrategias de venta futuro RCMV, y su complemento con la compra de opciones PUT, es menor que la desviación estándar (estimada) de la TIR resultante del flujo de fondos con la estrategia de cobertura 100% futuros.

Estos planteos se desprenden de asumir que existe una relación directa entre minimizar el riesgo precio (el riesgo del “portafolio financiero”) y minimizar el riesgo de la inversión en su conjunto (el riesgo del “portafolio real”).

Capítulo 6: ESTRATEGIA EMPÍRICA

Este capítulo se divide en 4 apartados, en el primero se analizan las series de precios y se estima el RCMV para cada intervención en el mercado. En el segundo se explica cómo se eligen las opciones PUT que se comprarán para cubrir la parte restante de la cosecha. En el tercero se busca replicar las estrategias con los porcentajes de futuros y opciones determinados anteriormente para cada momento de intervención. En el cuarto se exponen los resultados de los diferentes flujos de fondos resultantes de aplicar las diferentes estrategias, y se explicitan las tasas de riesgo y rentabilidad obtenidas para cada una de las mismas.

6. I. Análisis de series y estimación del RCMV

El apartado se estructura de la siguiente manera: primero se analiza el orden de integración de las series de precios y se discute sobre la posibilidad de que las mismas sigan una caminata aleatoria. Tal como lo plantea Samuelson (1965), la serie puede diferir de este proceso un tanto rígido, sin que ello afecte la incapacidad de tomar ganancias seguras (mayores a la obtenida en una inversión libre de riesgo). Luego se analizan ambas series en conjunto, se estudia la existencia de cointegración según Johansen (1988), lo cual estaría en concordancia con la relación entre el precio futuro y spot de un commodity de consumo

según plantea Hull (2002). A continuación se modelizan ambas series incorporando el vector de corrección del error, dado que la no inclusión de éste término generaría una sub estimación del RCMV [Lien (1996)].

Siguiendo la metodología propuesta por Aragón (2000), para replicar cual hubiera sido el RCMV para cada intervención en el mercado, desde un punto de vista *ex-ante*, se determinan ventanas móviles de 60 semanas que finalizan en el momento en la cual se desea realizar la intervención; para estas ventanas se re-estima el modelo determinado en la serie completa, y se extrae la matriz de varianzas y covarianzas de los rendimientos no esperados, para estimar el RCMV.

6. I.i. Análisis de las series de precios.

A continuación se analiza la series de precios futuro primera posición y spot de la soja, frecuencia semanal, extraída del CBOT y MATBA¹⁰ respectivamente, período septiembre del 2004 a julio del 2010.

Bachelier (1900), plantea en una primera aproximación teórica que los movimientos de las series financieras siguen una “caminata aleatoria” (random walk); mas adelante Osborne (1959), introduce el concepto de “movimiento Browniano”. Todas estas, aproximaciones que buscan explicar que en la bolsa no se puede prever hoy lo que va a pasar

¹⁰ Se utilizará esta serie de precios spot en lugar de la serie de precios spot de la Cámara Mercantil de Uruguay por la crítica mencionada anteriormente realizada en el marco teórico. Esta se entiende como un buen proxy para Uruguay en base a Gutiérrez (2008)

mañana. Mas allá de estas aproximaciones matemáticas y estadísticas, Working (1949), en busca de introducir una explicación racional a este movimiento aparente, introduce las expectativas al análisis, tratando de introducir un criterio que permita prever si las fluctuaciones que se ven en el mercado son excesivas o si responden a los fundamentos de la economía. Sin embargo no es hasta 1965 que Samuelson define un modelo concreto dando forma a estas ideas, asumiendo homogeneidad en las expectativas. Samuelson (1965) plantea la posibilidad de que exista cierta estructura diferente a caminatas aleatorias y que sin embargo en promedio no sea posible ganar en forma segura. [Hyme (2003)].

Siguiendo los planteamientos citados, buscaremos estimar las series de rendimientos con caminatas aleatorias, en un principio, sabiendo que puede existir cierta estructura que nos desvíe de esta primera aproximación. En concreto, buscaremos la existencia de un rendimiento constante de largo plazo y de estacionalidad, testeando significación de variables ficticias mensuales.

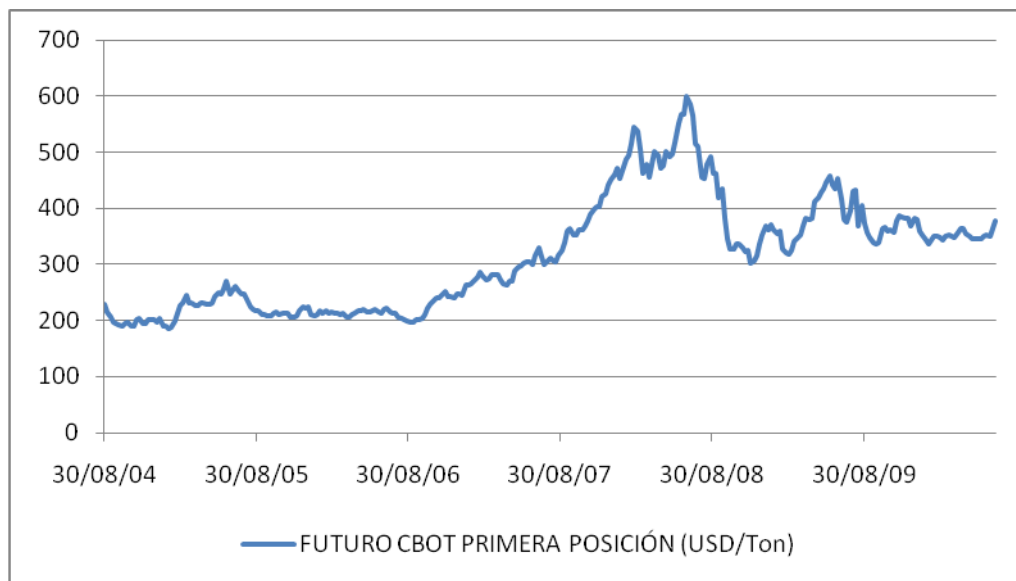
6. I. i a) - Precio futuro primera posición

En primera instancia se observa el gráfico de la serie de precios. Del análisis visual, se cree factible no rechazar la presencia de al menos

una raíz unitaria, esto implicaría que la serie no sería estacionaria¹¹, lo cual va en línea con el planteo de una caminata aleatoria.

Gráfica 2.

Serie de precio futuro primera posición.



Elaboración propia en base a datos de CBOT

El estudio del correlograma¹² de la serie en niveles nos permite observar la correlación que existe entre el precio en un periodo y los anteriores, en éste caso se interpreta que la correlación entre un precio y el inmediato anterior no parecería ser distinta de 1, y a su vez la correlación parcial con los rezagos siguientes no parecería distinta de 0, esto es indicio de que el último precio refleja toda la información

¹¹ Definiendo la misma en sentido débil, la cual se caracteriza por una media constante (que no varía en el tiempo), una varianza constante y finita y una covarianza constante para cada intervalo.

¹² Ver anexos

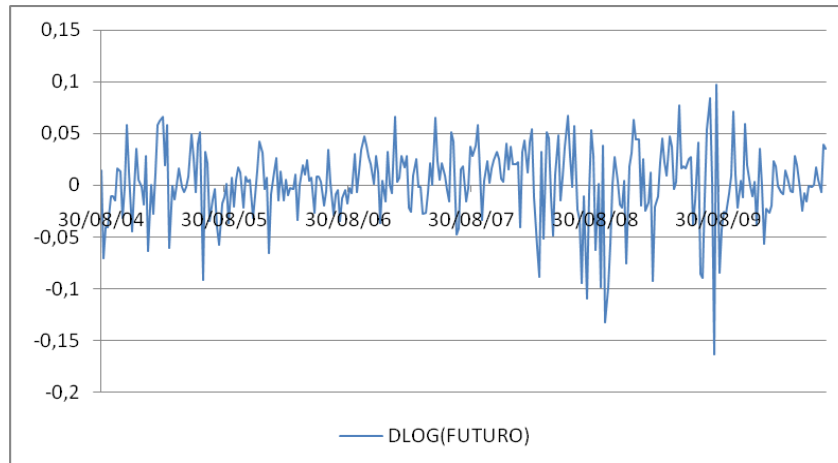
disponible. El test Q sugerido por Box y Jenkins (1970) planteado por Box Pierce (1970), nos permite verificar que la correlación asociada al primer rezago es diferente de cero.

Para analizar la existencia o no de raíz unitaria, es decir contrastar si la correlación entre la realización y el primer retardo es igual a uno, se siguen los planteos desarrollados por Dickey (1976), Fuller (1976) y Dickey-Fuller (1979, 1981), el contraste que proponen en su corrección paramétrica aumentada (Test ADF). De esta manera, no es posible rechazar en un test aumentado (ADF), con una especificación de constante y tendencia, a un porcentaje significativo (5%) la existencia de raíz unitaria¹³.

Previamente a la realización de la primera diferencia se aplica una transformación logarítmica. Se sigue esta metodología de trabajo no sólo por la conveniencia para la interpretación de los resultados¹⁴, sino también como filtro de la heteroscedasticidad de la serie asociada al nivel de la media.

¹³Ver anexos.

¹⁴La primera diferencia del logaritmo neperiano de la serie, puede ser interpretada como la variación porcentual de la misma.

Gráfica 3.**Serie de precio futuro primera posición en logaritmos**

Elaboración propia en base a datos de CBOT

La serie transformada evidencia características de estacionariedad en media. De rechazarse la presencia de al menos una raíz unitaria, estaríamos en condiciones de catalogar a la serie en niveles como integrada de orden uno ($I(1)$)¹⁵. Las series integradas son un caso particular de las series no estacionarias, siguiendo a Granger (1986), se dice que una serie es integrada de orden uno, cuando es necesario diferenciarla una vez para convertirla en estacionaria.

¹⁵A la vista el gráfico también denota una característica peculiar de las series financieras, no parece mostrar una constancia en la volatilidad que se mantenga en el período de estudio, es más, se perciben ciertos agrupamientos de similar volatilidad por períodos. Lamentablemente en este trabajo no se levantara este supuesto y trabajaremos suponiendo homoscedasticidad de las series.

La convergencia de la función de correlación, según se aprecia en el correlograma¹⁶, denota estacionariedad en media. Siguiendo nuevamente a Dickey y Fuller, se testea la presencia de raíz unitaria, con una especificación sin constante y sin tendencia, y se rechaza con una significación del 5%. Podemos catalogar que la serie de precios futuros primera posición es I (1).

Como planteamos, una hipótesis de partida coherente sobre el comportamiento de las series financieras es la de paseo aleatorio. Este será el punto de partida en la modelización. Sin embargo, como se analizan varios años se incluyen variables ficticias que buscan captar el efecto diferencial de los meses en el comportamiento de los rendimientos semanales.

Para ello se definieron las variables ficticias, DF, DM, DA, DY, DJU, DJL, DAG, DS, DO, DN, DD. Estas se “activan” (toman valor 1) cuando la observaciones corresponden al mes que la variable ficticia representa, y cero en otro caso. Notar que no se define variable para el mes de enero, lo cual implica que el valor que tomen los coeficientes asociados a estas variables es la diferencia entre el mes que representan y el mes de enero, cuyo valor corresponde al valor de la constante.

Esta estructura de partida se corrige por puntos atípicos, es decir aquellas innovaciones bruscas que no se comportan de forma similar al

¹⁶Ver anexos

resto de las innovaciones. Si se identifican, Box y Tiao (1975) sugieren usar análisis de intervención (con variables ficticias) para modelizarlas.

Un punto muy importante a tener en cuenta que marca la continuidad del análisis, es el supuesto de trabajo que se realiza sobre los momentos de segundo orden. Si bien el análisis empírico rechaza la homoscedasticidad de la series, el modelo multivariante a utilizar mas adelantes asume este supuesto¹⁷, por lo cual las series univariantes se modelan en medias únicamente. Esto implica asumir el uso de coberturas estáticas.

Si bien no es el objetivo del trabajo explicar el comportamiento de la serie de precios se destaca que trabajando a un 10% de significación, tanto los meses de febrero como mayo presentan en promedio un rendimiento mayor al de enero en 1,5% y 1,2% respectivamente, el rendimiento del resto de los meses no es distinto de enero (ni distinto de cero). Notar la significación de una media móvil positiva de orden uno, lo cual implica que una innovación en una semana influye en igual dirección en el rendimiento esperado de la semana siguiente en un 26% de su magnitud. Se intervinieron 9 semanas, una fue considerada impulso y 8 fueron consideradas cambios de nivel¹⁸ negativos (asociadas en su mayoría a la crisis financiera 2008-2009).

¹⁷Esto implica que las estimaciones de los coeficientes realizadas serán poco robustas

¹⁸En la serie de precios, lo que implica modelar un impulso en la serie en diferencias.

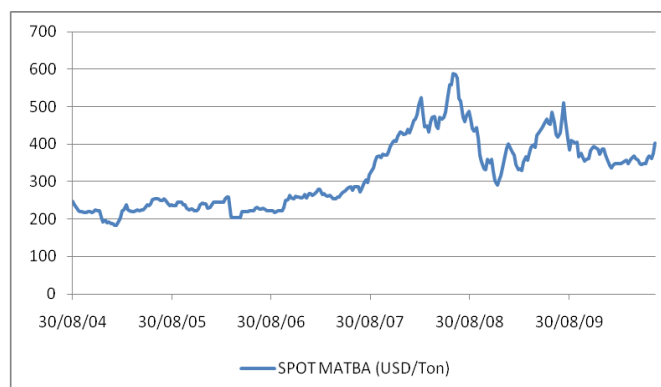
6. I.i. b) - Precio spot

De forma similar al análisis de la serie de precios futuro, se estudia la serie de precios spot. Nuevamente partimos de la hipótesis teórica de que el último precio resume toda la información existente en el mercado, pero como ya se destacó, y como de hecho sucedió en el caso de los precios futuros, no se descarta la existencia de cierta estructura sin que esto implique incoherencia con lo esperado.

A efectos expositivos presentamos el gráfico de la serie a modelar. Nuevamente se estudia el correlograma de la serie en niveles, y se realiza el test ADF en el cual no se rechaza una raíz unitaria, con una especificación con constante y tendencia, al 5% de significación¹⁹.

Gráfica 4

Serie del precio spot



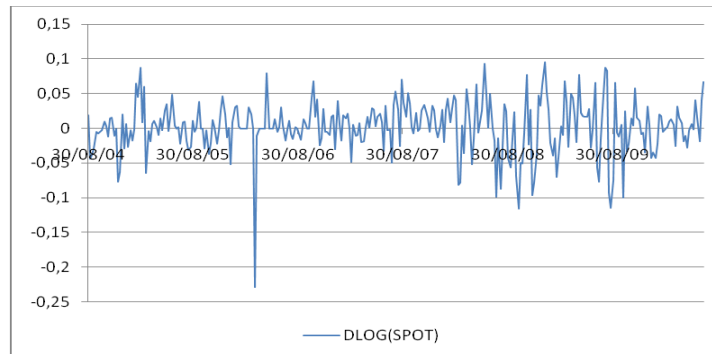
Elaboración propia en base a datos de MATBA

¹⁹Salidas en el anexo

Se estudia el correlograma de la primera diferencia de la transformación logarítmica, y se realiza un test ADF sin constante y sin tendencia. En el correlograma se aprecia la estacionariedad de la serie en media y en el test ADF se rechaza la existencia de raíz unitaria al 5%²⁰. Podemos catalogar que la serie de precios futuros primera posición, es integrada de orden uno (I (1)).

Gráfica 5

Serie de precios spot en logaritmos



Elaboración propia en base a datos de MATBA

Para modelar la serie se siguió la misma metodología utilizada para el caso anterior, se incluyeron variables ficticias para capturar el efecto diferencial de los meses, y se intervinieron atípicos. Finalmente se

²⁰Salidas en el anexo.

incorporó (tal como lo sugería la inspección visual del correlograma²¹), una media móvil de orden uno.

Se reitera que si bien no es el objetivo del trabajo explicar el comportamiento de la serie de precios se destaca que trabajando a un 10% de significación, tanto los meses de junio, agosto y noviembre presentan en promedio un rendimiento semanal mayor a enero en 1,2%, 1,6% y 1,3% respectivamente. Por otro lado octubre presenta un rendimiento semanal en promedio menor en 1,5% a enero. El rendimiento semanal promedio del resto de los meses es indistinto a enero y éste es indistinto a cero. Notamos la significación también para este caso de una media móvil positiva de orden uno, lo cual implicar que una innovación en una semana influye en igual dirección, en el rendimiento esperado de la semana siguiente, en un 23% de su magnitud. Se intervinieron las observaciones de 7 semanas, las cuales fueron consideradas cambios de nivel negativo²².

6. I.ii- Análisis de cointegración y estimación del VECM

El concepto de series cointegradas fue desarrollado por Engel y Grangel en “Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing” (1987) (Anchuelo A. (1993)).

²¹Ver anexos

²²Cambio de niveles en la serie de precios, lo que implica modelar un impulso en la serie en diferencias.

Se dice que las variables que componen un vector X_t están cointegradas de orden d, b [CI (d, b)] si todas ellas son integradas de orden d y existe un vector A distinto de cero tal que el producto de X_t y A es integrado de orden $d-b$ con b mayor a 0. El vector A se denomina vector de cointegración.

El concepto en la literatura de cointegración implica que si dos series están cointegradas, se observa una relación lineal entre ambas que se ha mantenido en un período prolongado.

En lo que nos ocupa, utilizamos este concepto como relación de equilibrio de largo plazo de ambas series. Siguiendo a Hull (2002), se espera que se cumpla una relación entre el precio spot y el precio del contrato a futuro. Es esta relación teórica que inspira testear la cointegración entre ambas series.

Para el contraste de cointegración se utiliza la metodología propuesta por Johansen (1988). Utilizando este test se detecta una relación de cointegración, CI (1,1). La mejor especificación para el vector de cointegración utilizando el criterio de mínimo Schwarz es: sin constante y sin tendencia²³.

El teorema de representación de Granger (1983), prueba que si dos variables están cointegradas C (1,1), pueden ser representadas mediante un Modelo de Corrección del Error. A continuación se estima esta especificación para el logaritmo de las series de precios. Como ya se

²³Salidas en el anexo

mencionó, la estimación de las series sin incorporar éste vector de relación de largo plazo subvalúa la estimación del RCMV (Lien D. (1996)).

Se estimó del modelo bivariado incorporando el vector de corrección del error especificado anteriormente (VEC), así como las variables ficticias para cada uno de los meses, también se intervinieron las observaciones atípicas según la metodología ya expuesta. Si bien no es el propósito de la estimación explicar la relación entre las variables, sino tenerlas en cuenta para la buena estimación del RCMV, se destaca la relación de largo plazo precio spot igual a precio futuro. Sin embargo, el ajuste de las series ante desvíos de esta relación de largo plazo no es fuerte, siendo significativo únicamente para el caso de los precios spot. Por otro lado, solo el mes de agosto parece ser significativamente diferente del resto de los meses (y a cero) en un 1,4% positivo para la serie de precios spot.

6. I.iii- Ajuste del modelo para subperíodos y estimación del RCMV

Como el propósito de la simulación de estrategias es replicar las decisiones que hubiera tomado el productor con la información disponible hasta el momento de intervención, se re estima el modelo VEC, para cada momento de intervención.

Se utilizan ventanas móviles de 60 semanas que finalizan en la fecha de intervención. Con esta metodología se busca capturar la información más relevante e influyente para el período en el que se mantendrá fija la cobertura. Una vez estimados los modelos²⁴, se utilizó la matriz de varianzas y covarianzas de los residuos para estimar el RCMV. Se presentan a continuación los resultados:

²⁴Las salidas y los test de los 20 modelos estimados no se adjuntan en el presente trabajo por razones de extensión, pero pueden ser solicitados a los autores.

Cuadro 4

10/10/05	RCMV	59,56%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000826568	0,000703501		
	LOG(FUTURO)	0,000703501	0,001181247		
13/03/06	RCMV	67,30%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000753424	0,000666636		
	LOG(FUTURO)	0,000666636	0,000990544		
09/10/06	RCMV	67,50%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000557472	0,000270376		
	LOG(FUTURO)	0,000270376	0,000400544		
12/03/07	RCMV	88,94%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,001046037	0,00030045		
	LOG(FUTURO)	0,00030045	0,000337816		
15/10/07	RCMV	51,87%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000393196	0,000328072		
	LOG(FUTURO)	0,000328072	0,00063253		
17/03/08	RCMV	60,83%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000426273	0,000355489		
	LOG(FUTURO)	0,000355489	0,000584434		
13/10/08	RCMV	74,24%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,001374328	0,001573046		
	LOG(FUTURO)	0,001573046	0,002118904		
16/03/09	RCMV	73,78%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,001861056	0,001686562		
	LOG(FUTURO)	0,001686562	0,002285834		
12/10/09	RCMV	55,78%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,002203394	0,001662835		
	LOG(FUTURO)	0,001662835	0,00298125		
15/03/10	RCMV	76,81%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,001749848	0,001465872		
	LOG(FUTURO)	0,001465872	0,001908418		
20/01/06	RCMV	59,29%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,00088825	0,000604333		
	LOG(FUTURO)	0,000604333	0,00101925		
15/05/06	RCMV	55,72%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000573802	0,000350542		
	LOG(FUTURO)	0,000350542	0,000629133		
15/01/07	RCMV	72,27%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000674415	0,000365452		
	LOG(FUTURO)	0,000365452	0,000505678		
14/05/07	RCMV	46,13%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000401294	0,000196026		
	LOG(FUTURO)	0,000196026	0,000424959		
14/01/08	RCMV	38,23%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000256325	0,000177904		
	LOG(FUTURO)	0,000177904	0,000465327		
12/05/08	RCMV	82,06%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,000699547	0,000624581		
	LOG(FUTURO)	0,000624581	0,000761136		
19/01/09	RCMV	77,07%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,001825243	0,00150099		
	LOG(FUTURO)	0,00150099	0,001947577		
18/05/09	RCMV	76,28%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,001821283	0,001599369		
	LOG(FUTURO)	0,001599369	0,002096827		
18/01/10	RCMV	72,23%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,001854786	0,001588062		
	LOG(FUTURO)	0,001588062	0,002198662		
17/05/10	RCMV	80,71%			
	LOG(SPOT)		LOG(FUTURO)		
	LOG(SPOT)	0,001667676	0,001383357		
	LOG(FUTURO)	0,001383357	0,001714047		

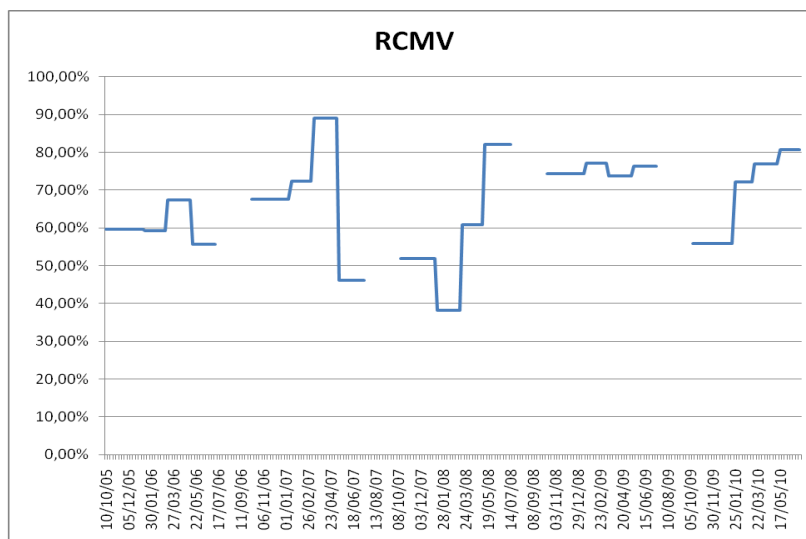
Elaboración propia en base a datos CBOT y MATBA

En la gráfica siguiente se aprecia la evolución de los RCMV para cada año. Se puede observar que éste no es fijo y que su comportamiento no se homogéneo en los periodos considerados, motivo por el cual resulta coherente reestimar el modelo para cada periodo de intervención. Esto implica que la relación entre los momentos de segundo orden de los

precios no es constante, es decir, el riesgo relativo entre ambos mercados varía.

También resulta interesante destacar que el ratio de cobertura (RCMV) en ningún momento toma valores cercanos a cero, por lo cual siempre hubiera sido posible reducir la volatilidad del portafolio, utilizando cobertura con futuros. Por otro lado, tampoco iguala la unidad, lo que implica que para ninguna intervención, la estrategia “naive” fue óptima.

Gráfico 6



Elaboración propia en base a datos de CBOT y MATBA

6. II. Elección de opciones PUT

En esta sección se describirá como fue el proceso de elección de opciones PUT con los que se operaron las coberturas de precios. Se

analizaron las opciones PUTS que se comercializaron en la bolsa de Chicago en cada mes desde enero 2006 hasta mayo 2010²⁵.

La primer parte del análisis de las opciones PUT a elegir se realizó midiendo: por un lado, la desviación del precio a futuro al momento de intervención con respecto al precio al que se activa cada opción; y por otro lado, el precio mínimo que cubre cada opción PUT. Este análisis se hace para cada opción al momento de intervención.

Para medir la variación necesaria se halló el porcentaje que debería variar el precio del futuro para poder activarse la opción, según la siguiente fórmula:

$$V = \frac{S - \rho - PF}{PF}$$

donde S es el strike de la opción, ρ el valor de la prima, y PF el precio a futuro.

Mediante el uso de modelos Garch²⁶ se estima la volatilidad condicional semanal de la serie del precio a futuro al día de intervención²⁷.

De esta forma se puede hallar cuánto implica la variación necesaria en

²⁵Estos datos se obtuvieron desde un servidor web: www.barchart.com

²⁶ Propuesto por Bollerslev(1986) como alternativa al modelo ARCH propuesto por Engle(1982)

²⁷Las salidas y los test de los 20 modelos estimados no se adjuntan en el presente trabajo por razones de extensión, pero pueden ser solicitados a los autores.

términos de desvíos del precio de la serie (para la volatilidad del momento), según la siguiente fórmula:

$$\text{nro desvíos} = \frac{V}{\sigma_t * \sqrt{s}}$$

donde σ_t es la desviación condicional estimada para el momento t, la cual es escalada multiplicando por la raíz del número de semanas (s) que faltan para que finalice la opción²⁸.

Por otro lado, la siguiente variable a analizar es el precio mínimo que cubre la opción, con la siguiente fórmula:

$$\text{Precio mínimo} = S - p$$

donde S es el strike de la opción y p es la prima de la misma.

Se filtran aquellas opciones cuyo su precio mínimo es mayor al costo por tonelada estimado²⁹ de la producción de soja.

La elección de la opción a utilizar deriva de ordenar las mismas según los siguientes criterios (en este orden de importancia):

- se filtran aquellas opciones cuyo precio mínimo es mayor al costo por tonelada de la producción de soja
- menor prima

²⁸Esto es apropiado si los precios siguen un proceso de caminata aleatorio ya que la varianza de éste sobre S semanas es igual a S veces la varianza semanal. Dado que este factor es muy alto se utiliza la raíz.

²⁹Del costo por hectárea y de la información del rinde por año se estima el costo por tonelada (costo por hectárea/rinde)

-menor número de desvíos (luego de filtrar los desvíos menores a valor absoluto de 3,5)³⁰. Del orden resultante se elije la primera.

En el siguiente cuadro se detallan las opciones PUT elegidas para cada día de intervención:

Cuadro 5

2005-2006	strike	prima	2008-2009	strike	prima
15/10/2005	no hay		15/10/2008	no hay	
20/01/2006	480	1	20/01/2009	660	6
17/03/2006	480	1	17/03/2009	660	5
19/05/2006	500	1	19/05/2009	no hay	
2006-2007	strike	prima	2009-2010	strike	prima
16/10/2006	440	2	15/10/2009	640	1
19/01/2007	560	1	20/01/2010	720	1
16/03/2007	620	1	17/03/2010	740	1
18/05/2007	660	1	19/05/2010	760	2
2007-2008	strike	prima			
15/10/2007	700	1			
18/01/2008	920	20			
21/03/2008	760	1			
16/05/2008	880	1			

Elaboración propia en base a datos de www.barchart.com

6. III. Simulación de estrategias.

Se entiende que las siembras se realizan en octubre de cada año y la producción es vendida en julio del siguiente, como las ventas de los contratos a futuro se realizan a los meses de enero, marzo, mayo y julio, las fechas de intervención se fijan para octubre, enero, febrero, marzo y

³⁰Dado que se considera que 3,5 desvíos para series volátiles es una medida aceptada.

mayo. En todos los casos se realiza la cobertura en la semana inmediata al 15 de cada mes.

Para la estrategia RCMV se vende a futuro primera posición en el porcentaje del RCMV, y para la estrategia de RCMV+PUT además se compran oportunamente las opciones PUT elegidas en el punto dos, en el porcentaje $(1 - \text{RCMV})$.

En paralelo también se realizó la estrategia “naive”, la cual consiste en la venta a futuro por el 100% de la producción.

El resultado de estas estrategias son series de los precios semanales que enfrentan los productores para cada zafra. Estas series son el *input*, para calcular el rendimiento precio promedio resultante de cada estrategia, así como el desvío asociado. También son utilizadas para estimar el flujo de fondos realizado.

6. IV- Rentabilidad y Riesgo

6. IV.i- Precio

Luego de la simulación de las estrategias se hallan los valores de riesgo y rentabilidad de precio.

Por cada estrategia hallada se tiene un precio semanal logrado, ya sea el precio formado por 100% spot, el precio formado por la estrategia RCMV, RCMV+PUT ó 100% Futuro.

De la serie de precios resultante de cada una de estas se halla la rentabilidad semanal como el logaritmo neperiano del cociente del precio en t y t-1, de la forma:

$$\ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right)$$

y la rentabilidad de la zafra se halla como el promedio de las rentabilidades semanales para cada estrategia para cada año.

Para hallar el riesgo se utiliza el promedio de la desviación estándar de la serie de rentabilidades de precios para cada estrategia por año.

6. IV.ii-Flujo de fondos

En este apartado se analizará la rentabilidad del proyecto en sí mismo y el riesgo asociado en cada año de zafra (período octubre-julio) para cada una de las estrategias realizadas, según la fórmula detallada en el modelo de análisis.

Los datos sobre hectáreas sembradas, rinde por hectárea, costos por hectárea y toneladas cosechadas por zafra fueron obtenidos de DIEA y se adjuntan en el siguiente cuadro:

Cuadro 6

Años	Hc Sembradas	Rinde	Costo/Há	Toneladas	Nro Contratos
2005/2006	309.100	2,044	292	631.800	4.646
2006/2007	366.500	2,128	333	779.912	5.735
2007/2008	461.900	1,673	377	772.759	5.682
2008/2009	577.800	1,780	421	1.028.484	7.562
2009/2010	863.200	2,112	473	1.823.078	13.405

Elaboración propia. Fuente: DIEA

Tal como fue descrito en el modelo de análisis, de estos datos del cuadro se obtienen la inversión inicial y la venta final, componentes del flujo de fondos. De la serie de precios futuros de primera posición obtenida de CBOT y de la serie de precios spot obtenida de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires se obtienen los precios futuros para cada momento de intervención. Del cuadro de PUTS elegidos se obtiene el costo de las opciones.

Luego se halla la tasa de descuento que hace que el flujo de fondos sea cero y se comparan estas TIR para la evaluación del rendimiento de las estrategias.

Para la evaluación del riesgo se realizan las simulaciones, se toma como dato fijo el precio spot y futuro del primer día en el que se empieza a cubrir (mediados de octubre de cada año), se simula la variación de los precios de octubre a enero, de enero a marzo, de marzo a mayo y de mayo a julio³¹.

Las salidas de la simulación son estimaciones del promedio de las TIR por estrategia.

³¹En el anexo se adjunta cuadro con los datos usados.

Capítulo 7: RESULTADOS

Con respecto al riesgo precio, se destaca que la variación porcentual promedio del rendimiento por zafra con respecto al precio spot (para el periodo de estudio considerado) es de 18,14%. Y la desviación típica asociada a éste fue de 20,99%. En términos de precio los resultados mencionados implican que una variación promedio de U\$S 60,06 por tonelada con una desviación típica de U\$S 65,88 por tonelada.

A nivel agregado, considerando la cosecha de cada uno de los subperíodos, la ganancia promedio por zafra que se obtiene por variaciones asociadas al precio asciende a U\$S 50.222.046, con una desviación estándar de U\$S 65.788.202. Para comprender cabalmente la relevancia de estos resultados, la pérdida que implicaría una caída de dos desvíos estándar sería de U\$S 81.354.358, lo que representa un 0,3% del PIB aproximadamente³².

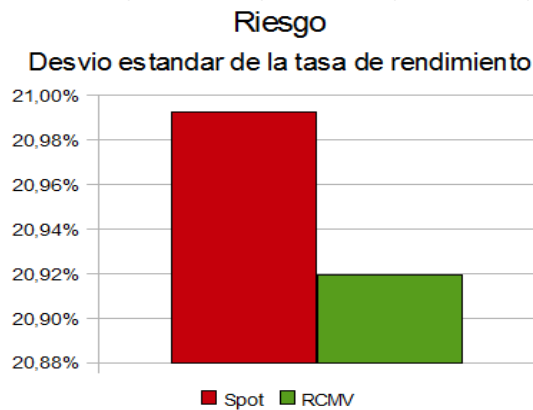
Los resultados de aplicar una estrategia de cobertura de riesgo precio en base a estimaciones de coberturas de mínima varianza (RCMV) con información ex-ante son los siguientes: una variación porcentual promedio del rendimiento por zafra de 20,27%, y una desviación típica asociada a este rendimiento promedio de 20,92%. En comparación con la posición sin cobertura esto implicaría una mejora en el rendimiento

³²Calculado sobre el promedio del PIB (corriente) del periodo considerado.

relativo de 117,6 pb³³, y una reducción de la volatilidad relativa de 3,5 pb. Estos resultados permiten validar la hipótesis número 1. Ambos valores de volatilidad se presentan a efectos comparativos en la gráfica 5.

Gráfica 5

Elaboración propia en base a datos de CBOT y MATBA



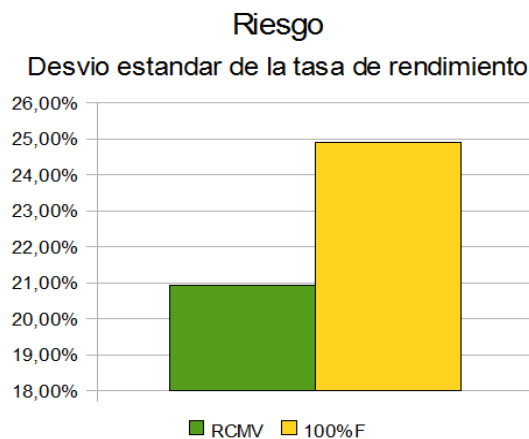
En términos de precio los resultados mencionados implican una variación promedio de U\$S 66,90 (U\$S 6,83 de diferencia) por toneladas con una desviación típica de U\$S 65,52 (U\$S 0,36 de diferencia) por tonelada. Considerando el volumen de producción a nivel agregado, el rendimiento precio promedio fue de U\$S 54.517.829 (U\$S 4.295.783 de ganancia respecto a la no cobertura) con una desviación estándar de U\$S 64.539.449 (con una diferencia de U\$S 1.248.753 con respecto a la no cobertura). En el escenario de pérdida de 2 desvíos planteado anteriormente, la perdida se reduciría en U\$S 6.793.289.

³³Puntos Básicos.

Con el fin de contrastar la estrategia de cobertura considerada óptima, comparamos con los resultados de una estrategia más “*simple*” o “*naive*”, cobertura del 100%, la cual no tiene en cuenta la información introducida en el modelo.

De esta manera la variación porcentual en promedio de los precios, resultante de la estrategia “*naive*”, fue de 21,27%, esto es un incremento relativo de 54,2 pb, respecto a aplicar RCMV. Ahora bien, en términos de desvíos, el resultado fue 189,6 pb relativos sobre la estrategia óptima, lo cual implica que los mejores resultados en cuanto a reducción de volatilidad los sigue manteniendo la estrategia que utiliza RCMV. Estos resultados están a favor de la hipótesis numero 2. Se expone el resultado en la siguiente gráfica:

Gráfica 6



Elaboración propia en base a datos de CBOT y MATBA

Con respecto a la estrategia planteada como óptima, que además de la venta de futuros en el porcentaje de mínima varianza efectúa la compra de opciones PUT por el complemento (no cubierto), de tal manera que sea capaz de cubrir los costos en un 100%; el resultado no difiere del de la estrategia sin opciones, dado que éstas últimas en ningún momento toman valor distinto de cero en el período estudiado³⁴.

El siguiente paso es analizar cómo afectan estos resultados al negocio en su conjunto, esto implica analizar la tasa interna de retorno promedio entre las zafras.

Para el caso de la estrategia 100% spot, para el período de estudio se obtuvo una TIR promedio en las 5 zafras de 136,31%. Comparando éste valor con las rentabilidades asociadas a las estrategias con cobertura, encontramos que el mismo está 4,5 pb por encima del resultado obtenido al aplicar RCMV, 12,8 pb por encima de aplicar 100% futuros y 25,0 pb por encima de la estrategia que combina RCMV y compra de opciones PUT. El detalle se expresa en el siguiente cuadro:

³⁴Los cuadros resultados referentes a los precios se muestran en los cuadros del Anexo.

Cuadro 7

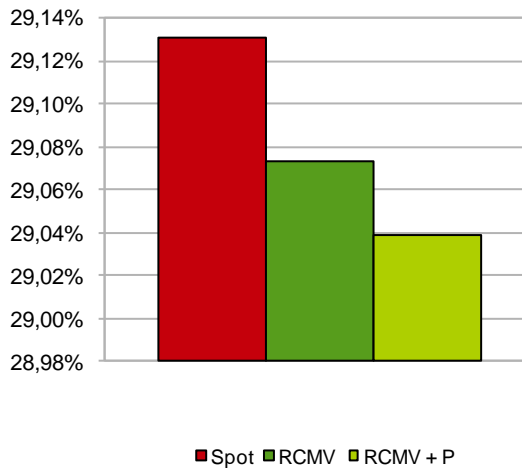
TIR			
Spot	RCMV	100%F	RCMV + PUT
89,25%	89,22%	88,87%	88,64%
118,91%	118,25%	117,41%	117,39%
251,12%	249,88%	248,09%	242,48%
118,73%	118,44%	117,78%	117,50%
103,55%	103,53%	103,03%	103,03%
136,31%	135,86%	135,03%	133,81%

Elaboración propia en base a datos de CBOT y MATBA

Por otro lado, en lo que respecta a la volatilidad de las TIR obtenidas, las 10.000 simulaciones de los flujos de fondos arrojaron un desvío estándar de 29,13% para la posición 100% spot. El uso de estrategias de cobertura, obtuvo una reducción relativa de 2 pb para el caso de la estrategia que aplica los RCMV para la venta a futuro y una reducción relativa de 3,2 pb para la estrategia que combina RCMV y compras de opciones PUT. Esto implica validar la hipótesis 3, se exponen estos resultados gráficamente.

Gráfica 7

Riesgo

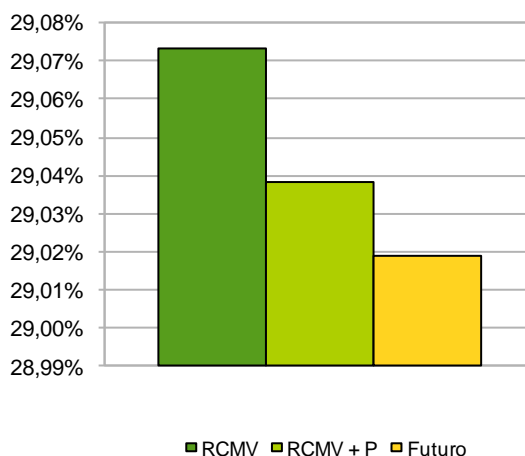


Elaboración propia en base a datos de CBOT y MATBA

En el caso de la estrategia de venta 100% futuro, llama la atención que en términos de volatilidad la disminución fue algo mayor que para el uso de RCMV, en términos relativos 1,9 pb menos y al compararla con la estrategia que incorpora opciones PUT, obtiene una reducción relativa de 0,7 pb. Por lo tanto no puede validarse la hipótesis 4, dado que ésta plantea que ambas estrategias superasen a la 100% futuro.

Gráfico 8

Riesgo



Elaboración propia en base a datos de CBOT y MATBA

En el cuadro siguiente pueden apreciarse los ratios descriptivos de las distribuciones simuladas para las tasas de rentabilidad promedio.

Cuadro 8

Datos	Spot	RCMV	RCMV + P	Futuro
Nro. Iteraciones	10000	10000	10000	10000
Mínimo	0,471891781	0,470520635	0,496345928	0,468668
Promedio	1,275869203	1,273400631	1,297538671	1,270703612
Máximo	2,515048274	2,513244482	2,552996409	2,51012972
Mediana	1,256611038	1,253444742	1,277796055	1,250416454
Varianza	0,084863558	0,08452565	0,084323157	0,084208631
Desvío Estándar	29,13%	29,07%	29,04%	29,02%
Rango	2,043156493	2,042723847	2,05665048	2,04146172
Curtosis	0,124735999	0,126583845	0,132743799	0,127203747
Coef. de Asimetría	0,409405539	0,409742823	0,416389898	0,409864512
Coef. de Variación	0,228325524	0,228312242	0,223796411	0,228367364

Elaboración propia en base a datos de CBOT y MATBA

Capítulo 8: CONCLUSIONES

En primer lugar se destaca el buen desempeño del uso de los RCMV estimados, tanto frente a la posición 100% spot, como frente a la de 100% futuro. A nivel de precios, el desvío estándar obtenido es menor que el de una estrategia 100% spot, y tal como se espera, luego de pasar el nivel de cobertura óptimo comienza a incrementarse el riesgo, y la posición 100% futuro obtiene un riesgo promedio mayor a las anteriores. De esta manera son confirmadas las dos primeras hipótesis de la investigación.

Este resultado nos permite concluir que en Uruguay, la administración del riesgo precio con derivados financieros hubiera sido viable en términos de cumplir el objetivo planteado de reducir el riesgo precio en el periodo considerado; pero a su vez, que el buen desempeño de la cobertura depende de la selección de la misma, dado que la cobertura “*per se*” no es adecuada, lo cual se evidencia en los resultados de cubrirse en un 100%.

Aquí debemos destacar, que los resultados fueron obtenidos en base a un modelo cuyo objetivo era minimizar varianza, el cual no replica los posibles resultados obtenidos por un “trader” profesional, cuyas decisiones se basan en indicadores técnicos de mercado, lo cual le permitiría obtener mejores resultados, por ejemplo, ayudando a mitigar las pérdidas en escenarios de suba cuando se tienen futuros vendidos.

También es relevante destacar que si bien el rendimiento esperado de los precios no es distinto de cero, una visión ex-post permite comprobar que el pasaje de una posición 100% spot a la sugerida por el RCMV, no solo mejora reduciendo el riesgo, sino que también mejora incrementando el retorno asociado al precio; por lo que podemos concluir que el portafolio óptimo es dominante, en términos de Markowitz.

En cuanto al desempeño de las estrategias de cobertura, evaluando el proyecto en sí mismo, se encuentra que éstas mejoran el nivel de riesgo asociado a la posición 100% spot. Es relevante ver cómo, al incorporar el resultado de las estrategias a nivel de precios a los flujos de fondos (es decir tomando en cuenta los tiempos en que realmente se producen movimientos de dinero, y los costos asociados a los instrumentos utilizados) los niveles de riesgo asociados al retorno varían.

Se interpreta que la relación entre optimizar la volatilidad de un flujo de precios, y optimizar la volatilidad de un flujo de fondos no evidencia ser directa en el caso particular de los datos estudiados. Una estrategia de 100% venta de futuros pasa de ser la de mayor riesgo precio, a superar a la estrategia tanto de RCMV como la de RCMV + PUT en reducción de riesgo cuando se analiza los desvíos de la tasa interna de retorno.

Se interpreta que es esta misma falta de relación directa, entre optimizar variación de precios y optimizar variación de rentabilidad del

proyecto, la que permite que una estrategia que, a priori, podría tomarse como redundante en el marco de minimización de varianza, reduzca más el riesgo que su análoga en términos de RCMV. Nos referimos a la estrategia RCMV+PUT, que incorpora el hecho de que se está trabajando sobre un proyecto de inversión real (cubre los costos operativos) y no solamente en un portafolio financiero.

También es destacable el hecho de que el promedio de las TIR simuladas de esta última estrategia sea el mayor que se obtuvo con respecto a las restantes. Superó en 2,17%, 2,41% y 2,68% al rendimiento de las estrategias spot, RCMV y 100% futuros respectivamente.

Con respecto al promedio de las TIR obtenido para cada estrategia (con los precios efectivos, no simulados), los resultados de las estrategias con cobertura reflejan una reducción de las mismas, asociadas a inversiones más seguras.

Debe tenerse en cuenta que estas conclusiones se toman en el marco de un análisis histórico, por lo cual dependen en cierta medida del período seleccionado. El mismo podría complementarse con ejercicios de simulación, donde se suponga un modelo de variación de los precios y de éste se analice el comportamiento de la estrategia óptima.

Para concluir, queda pendiente investigar si el uso de modelos más complejos, como lo son aquellos que llegan a coberturas dinámicas utilizando modelos GARCH bivariantes y “switching models”, podrían tener mejores resultados en términos de volatilidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro. D, Conti, C, Troncoso. C (2004). "Financiamiento del sector agropecuario: Alternativas existentes vs nuevas oportunidades". Publicación en pagina web del IECON (www.iecon.ccee.edu.com.uy)
- Anchuelo A. (1993) "Series Integradas y Cointegradas: Una Introducción" Revista de Economía Aplicada, 1, 151 - 164
- Anderson, R. y Danting, J.P. (1980) "Hedging and Join Production: theory and illustration". The Journal of Finance. 5, 487-501.
- _____(1981) "Cross Hedging". Journal of Political Economy. 61, 1182-1196.
- Aragón (2000). "Cobertura dinámica sobre con contratos de futuros sobre índices bursátiles" Tesis Doctoral.
- Bachelier, L. (1900). "Theorie de la Speculation ", Tesis doctoral en " Sciences Mathematiques", publicada en Annales de l'Ecole Normale Supérieure , tomo 17, 21-86.
- Bawa, S (1975). "Optimal rules for ordering uncertain prospects". Journal of financial economics, 2, 95-121.
- _____(1978). "Safety first, stochastic dominance and optimal portfolio choice" Journal of financial and quantitative analysis, 13, 255-271
- Bear, Garcia. Sun, (1997) Estimation of Time-Varying Hedge Ratios for Corn and Soybeans BGARCH and random coefficient approaches, OFOR Paper Number 97-06
- Beninga S, Eldor, R, Zilcha, I (1983). "Optimal hedging in the futures market under price uncertainty" Economics Letters 13, 141-145.
- Bollerslev, T (1986) "Generalized Autorregresive Conditional Heteroskedasticity" Journal of Econometrics, 31, 307-327.
- Box G, y Tiao C.(1957) " Intervention Analysis with Applications to Economic and Environmental Problem", Journal of American statistical Association 70,70-79
- Box G, Pierce D. (1970) "Distribution of Residual Autocorrelations in Autorregressive-Integrated Moving Average Time Series Models" Journal of the American Statistical Association, 65, 1509-1526
- Box G., Jenkins G. (1970) Time Series Analysis Forecasting and Control, San Francisco: Holden-Day
- Baillie y Myers (1991). "Bivariate Garch Estimation of the optimal commodity futures hedge".
- CME Group. "25 Proven strategies for trading options on CME Group futures".
- Capurro y otros (2010). "Complejo Agroindustrial de la Soja", Ciclo IRA,

UDELAR, Facultad de Agronomía.

- Cheung, C.S, Kwan,C, y Yip, PC (1990). “The hedging effectiveness of options and futures. A mean-gini approach”. The Journal of futures markets. 10,61-73
- Cordier (1999). “Importance of commodities risk management for producers of the european union” en “New Strategies for changing commodity economy, the use of modern financial instruments, ed.cnu.ced, Ginebra”.
- Dickey D y Fuller W. (1979) “Distribution of the estimations for autorregresive time series with unit root” Journal of American Statistical Association 47,427-431
- Delgado G. y Lema D. (2000) “Eficiencia en el mercado de commodities agrícolas: La paridad entre precio spot y futuro de trigo en Argentina 1995-2000 ” pagina web Instituto de Economía y Sociología-INTA <http://www.inta.gov.ar/ies/info/informacion.htm>
- Dickey, D.A. (1976): Estimation and Hypothesis Testing in Nonstationary Time Series, Tesis Doctoral no publicada, Iowa State University
- Dickey, D.A. y Fuller, W.A. (1981): “Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with a Unit Root”, *Econometrica* 49, págs. 1057-1072.
- DIEA. “Encuestas Agrícolas”
- Engle, R.F. y Granger, C.W.J. (1987): “Cointegration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing”, *Econometrica* 55, págs. 251-276.
- Engle, R. F. (1982) “Autorregresive conditional heteroskedasticity with estimates o the Variance of United Kingdom Inflation, *Econometrica*, 50 (4) , 987- 1007.
- Ederington, L (1979). “The hedging performance of the new futures markets” *The journal of finance* 34,157-170.
- Fuller, W.A. (1976): *Introduction to Statistical Time Series*, New York, Wiley.
- Gilbert, C.L. (2003). “Tendencias y Volatilidad en Precios de los Commodities Agrícolas”. Version revisada de documento preparado para el simposio “State and Research of Future Directions in Agricultural Commodity Markets and Trade”.
- Granger, C.W.J. (1986): “Developments in the Study of Cointegrated Economic Variables”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 48, págs. 213-228. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1468-0084.1986.mp48003002.x/abstract>

- Gutierrez, G. (2008). "Análisis de la base de comercialización e implicancias para el uso de mercados de futuros como herramienta de cobertura de soja en el Uruguay".
- Gutierrez, G (2009). "Análisis de las cadenas basadas en la producción de granos de secano para la definición de lineamientos de políticas específicas". FAO.
- Gutierrez, G (2010). "Mercados de futuros y opciones. Una alternativa posible para Uruguay?". www.ilca.org.uy.
- Gutierrez, G (2009). Anuario OPYPA, "Crecimiento y nuevas formas de gestión en la agricultura".
- Hardaker, Huirne, Anderson y Lien (2004). "Copying with risk in agriculture"
- Harwood, Heifner, Perry, Coble y Somwaru (1999). "Managing risk in farming: concepts, research and analysis".
- Heaney, J y Poitras, G (1991) "Estimation of the optimal hedge ratio, expected utility, and ordinary least squares regression". The journal of futures markets. 11, 603-612
- Hertz, D.B (1964). "Risk analysis in capital investment", Harvard Business Review.
- Hull J. (2002), "Introducción a los mercados de futuros y opciones" 4ta edición, editorial Pearson..
- Hurne, Meuwissen, Hardacker y Anderson (2000). "Risk and risk management in agriculture: an overview and empirical results".
- Holzman and Jorgensen (2001). "Social risk management: a new conceptual framework for social protection, and beyond".
- Hyme, P (2003). "La teoría de los mercados de capitales eficientes. Un Examen crítico" Cuad. Econ., July/Dec. 2003, vol.22, no.39, p.57-83
- Johansen (1988) "Statistical analysis of cointegration vector" Journal of economic dynamic and Control. 12, 231-254
- Johnson, L (1960). "The theory of hedging and speculation in commodity futures". Review of economic studies 27, 139-151.
- Knight (1921). "Risk, uncertainty and profit"
- Lien (1996) "The effect of cointegration relationship on futures hedging: A Note" The Journal of the Futures Market. 13, 909-920
- Lee y Yoder (2007) A Markov Regime Switching BEKK-GARCH hedging model
- Markowitz, H (1952). "The Journal Of finance", 7, 1, 77-91
- Musser y Patrick (2001). "How much does risk really matter to farmers"
- Moschini y Henessy (2001). "Uncertainty, risk aversion, and risk management for agriculture producers".

- Osborne, M.F.M. (1959). "Brownian Motion in the Stock Market", *Operations Research*, v. 7, 145-173.
- OCDE (2009). "Managing risk in agriculture. A holistic approach"
- OCDE (2000). "Income risk management in agriculture"
- Pascale (2009). "Decisiones financieras".
- Samuelson (1965). "Proof that properly anticipated price fluctuates randomly". Extracted from PCE full text, published by ProQuest information and learning company.
- South Centre (2004). "Commodity Market Stabilisation and Commodity Risk Management: Could the Demise of the Former Justify the Latter"
- Stein, J.L. (1961). "The simultaneous determination of spot and futures price". *American Economic Review*, 5, 112-1025.
- Uruguay XXI (2011). "Informe de comercio exterior, exportaciones e importaciones de Uruguay".
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD 1998). "A Survey of Commodity Risk Management Instruments".
- Varangis, Larson y Anderson (2002). "Agriculture markets and risk: management of the latter, not the former".
- Working, H. (1949). "The Investigation of Economic Expectations", *American Economic Review*, v. 39, 150-166.
- Yitzhaki S. (1982) "Stochastic dominance, mean variance and gini's mean difference". *American Economic Review*. 72, 178-185

Anexo

Salidas de modelización univariante de las medias de las series de precios futuro.

Correlograma 1
Pecios Futuro

Sample: 30/08/2004 12/07/2010
Included observations: 307

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.989	0.989	303.16	0.000	
2	0.975	-0.121	598.96	0.000	
3	0.960	-0.050	886.73	0.000	
4	0.945	-0.018	1166.3	0.000	
5	0.929	-0.034	1437.3	0.000	
6	0.914	0.069	1700.8	0.000	
7	0.901	0.017	1957.3	0.000	
8	0.887	-0.016	2206.9	0.000	
9	0.871	-0.120	2448.5	0.000	
10	0.855	0.005	2681.9	0.000	
11	0.838	-0.029	2907.0	0.000	
12	0.820	-0.065	3123.2	0.000	

Test ADF 1

Null Hypothesis: FUTURO has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 1 (Automatic based on SIC, MAXLAG=15)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-1.904394	0.6498
Test critical values:		
1% level	-3.988233	
5% level	-3.424530	
10% level	-3.135321	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(FUTURO)
Method: Least Squares
Date: 08/02/11 Time: 23:55
Sample: 30/08/2004 12/07/2010
Included observations: 307

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
FUTURO(-1)	-0.021234	0.011150	-1.904394	0.0578
D(FUTURO(-1))	0.139181	0.057012	2.441244	0.0152
C	4.658578	2.613048	1.782814	0.0756
@TREND(30/08/2004)	0.015908	0.012428	1.279964	0.2015
R-squared	0.028013	Mean dependent var	0.491484	
Adjusted R-squared	0.018389	S.D. dependent var	13.47092	
S.E. of regression	13.34649	Akaike info criterion	8.033327	
Sum squared resid	53972.99	Schwarz criterion	8.081885	
Log likelihood	-1229.116	F-statistic	2.910810	
Durbin-Watson stat	2.016703	Prob(F-statistic)	0.034745	

Pecios Futuro

Correlograma 2

Diferencia del logaritmo del precio Futuro

Sample: 30/08/2004 12/07/2010
Included observations: 307

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.138	0.138	5.8964	0.015	
2	0.057	0.039	6.9172	0.031	
3	0.027	0.014	7.1428	0.067	
4	0.036	0.029	7.5542	0.109	
5	-0.059	-0.071	8.6407	0.124	
6	-0.056	-0.043	9.6122	0.142	
7	-0.001	0.017	9.6124	0.212	
8	0.080	0.086	11.630	0.169	
9	-0.011	-0.027	11.666	0.233	
10	-0.012	-0.016	11.712	0.305	
11	0.083	0.082	13.944	0.236	
12	-0.018	-0.047	14.047	0.298	

Test ADF 2

Diferencia del logaritmo del precio Futuro

Null Hypothesis: DLOG(FUTURO) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=15)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-15.18771	0.0000
Test critical values:		
1% level	-2.572516	
5% level	-1.941860	
10% level	-1.616008	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(DLOG(FUTURO))
Method: Least Squares
Date: 09/02/11 Time: 00:17
Sample: 30/08/2004 12/07/2010
Included observations: 307

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLOG(FUTURO(-1))	-0.859109	0.056566	-15.18771	0.0000
R-squared	0.429814	Mean dependent var	-1.77E-05	
Adjusted R-squared	0.429814	S.D. dependent var	0.047302	
S.E. of regression	0.035718	Akaike info criterion	-3.823065	
Sum squared resid	0.390390	Schwarz criterion	-3.810926	
Log likelihood	587.8405	Durbin-Watson stat	2.008761	

Modelo 1
Diferencia del logaritmo del precio
Futuro

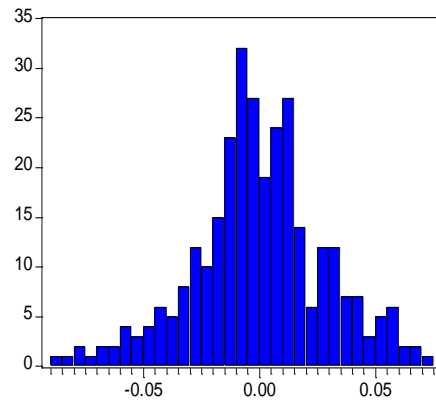
Sample (adjusted): 6/09/2004 5/07/2010
Included observations: 305 after adjustments
Convergence achieved after 10 iterations
Backcast: 30/08/2004

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DF	0.014680	0.007489	1.960183	0.0510
DM	0.001588	0.007061	0.224947	0.8222
DA	0.000744	0.007204	0.103325	0.9178
DY	0.011846	0.007092	1.670333	0.0960
DJU	0.009262	0.007279	1.272383	0.2043
DJL	0.001685	0.007741	0.217632	0.8279
DAG	-0.001248	0.007892	-0.158104	0.8745
DS	-0.010963	0.007322	-1.497249	0.1354
DO	0.007386	0.007241	1.020033	0.3086
DN	0.009786	0.007186	1.361792	0.1743
DD	0.007081	0.007070	1.001557	0.3174
D(DAM=17082009)	-0.137036	0.017996	-7.614769	0.0000
DAM=29092008	-0.145020	0.030020	-4.830812	0.0000
DAM=4082008	-0.100994	0.029210	-3.457471	0.0006
DAM=6102008	-0.090078	0.030053	-2.997290	0.0030
DAM=16022009	-0.099789	0.028811	-3.463626	0.0006
DAM=15092008	-0.106223	0.028960	-3.667918	0.0003
DAM=6072009	-0.075817	0.029042	-2.610590	0.0095
DAM=21072008	-0.087204	0.028950	-3.012242	0.0028
DAM=27062005	-0.114110	0.028859	-3.954037	0.0001
MA(1)	0.257468	0.058480	4.402634	0.0000
R-squared	0.376072	Mean dependent var	0.001510	
Adjusted R-squared	0.332133	S.D. dependent var	0.036099	
S.E. of regression	0.029501	Akaike info criterion	-4.142403	
Sum squared resid	0.247171	Schwarz criterion	-3.886251	
Log likelihood	652.7165	Durbin-Watson stat	2.010007	
Inverted MA Roots	-0.26			

Histograma 1
Residuos Modelo 1

Series: Residuals
Sample 6/09/2004 5/07/2010
Observations 305

Mean	-0.000125
Median	-0.000866
Maximum	0.072306
Minimum	-0.085601
Std. Dev.	0.028514
Skewness	-0.159138
Kurtosis	3.366438
Jarque-Bera	2.993789
Probability	0.223824

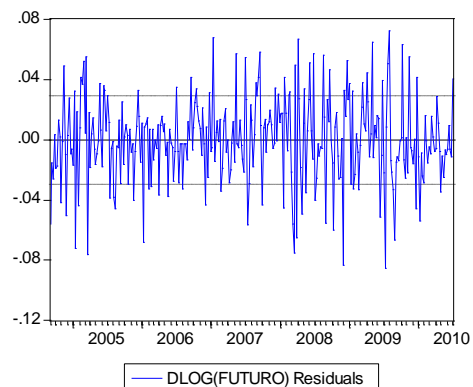


Correlograma 3
Residuos Modelo1

Sample: 6/09/2004 5/07/2010
Included observations: 305
Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1 -0.015 -0.015 0.0670			
		2 -0.048 -0.048 0.7687 0.381			
		3 -0.033 -0.035 1.1143 0.573			
		4 0.056 0.052 2.0778 0.556			
		5 -0.085 -0.087 4.3403 0.362			
		6 -0.117 -0.117 8.6103 0.126			
		7 0.071 0.064 10.176 0.117			
		8 0.016 -0.001 10.258 0.174			
		9 -0.082 -0.079 12.400 0.134			
		10 -0.036 -0.029 12.814 0.171			
		11 0.109 0.079 16.579 0.084			
		12 -0.026 -0.037 16.792 0.114			

Gráfico 1
Residuos Modelo1



Salidas de modelización univariante de las medias de las series de precios spot.

Correlograma 4
Pecios Spot

Sample: 30/08/2004 12/07/2010
Included observations: 307

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.987	0.987	302.15	0.000	
2	0.969	-0.223	594.18	0.000	
3	0.951	0.066	876.63	0.000	
4	0.935	0.027	1150.5	0.000	
5	0.920	0.020	1416.4	0.000	
6	0.906	0.010	1675.1	0.000	
7	0.892	0.007	1926.8	0.000	
8	0.877	-0.071	2170.7	0.000	
9	0.862	0.058	2407.5	0.000	
10	0.849	-0.008	2637.4	0.000	
11	0.833	-0.067	2860.0	0.000	
12	0.816	-0.078	3074.1	0.000	

Test ADF 3
Pecios Spot

Null Hypothesis: SPOT has a unit root
Exogenous: Constant, Linear Trend
Lag Length: 1 (Automatic based on SIC, MAXLAG=15)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-2.651624	0.2578
Test critical values: 1% level	-3.988233	
5% level	-3.424530	
10% level	-3.135321	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(SPOT)

Method: Least Squares
Date: 09/02/11 Time: 19:14
Sample: 30/08/2004 12/07/2010
Included observations: 307

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
SPOT(-1)	-0.031927	0.012041	-2.651624	0.0084
D(SPOT(-1))	0.299571	0.054970	5.449684	0.0000
C	6.483185	2.804512	2.311698	0.0215
@TREND(30/08/2004)	0.026744	0.012891	2.074541	0.0389
R-squared	0.100411	Mean dependent var	0.517316	
Adjusted R-squared	0.091504	S.D. dependent var	13.87048	
S.E. of regression	13.22066	Akaike info criterion	8.014382	
Sum squared resid	52960.11	Schwarz criterion	8.062940	
Log likelihood	-1226.208	F-statistic	11.27348	
Durbin-Watson stat	1.937934	Prob(F-statistic)	0.000000	

Correlograma 5
Diferencia del logaritmo del precio Spot

Sample: 30/08/2004 12/07/2010
Included observations: 307

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.253	0.253	19.855	0.000	
2	0.012	-0.055	19.901	0.000	
3	-0.070	-0.064	21.439	0.000	
4	-0.057	-0.023	22.443	0.000	
5	-0.028	-0.010	22.690	0.000	
6	-0.058	-0.059	23.765	0.001	
7	0.055	0.085	24.724	0.001	
8	-0.025	-0.070	24.915	0.002	
9	-0.057	-0.045	25.962	0.002	
10	-0.001	0.034	25.962	0.004	
11	0.077	0.073	27.878	0.003	
12	0.032	-0.022	28.215	0.005	

Test ADF 4

Diferencia del logaritmo del precio Spot

Null Hypothesis: DLOG(SPOT) has a unit root
Exogenous: None
Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=15)

	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-13.53325	0.0000
Test critical values: 1% level	-2.572516	
5% level	-1.941860	
10% level	-1.616008	

*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation
Dependent Variable: D(DLOG(SPOT))

Method: Least Squares
Date: 10/02/11 Time: 00:31
Sample: 30/08/2004 12/07/2010
Included observations: 307

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DLOG(SPOT(-1))	-0.744216	0.054992	-13.53325	0.0000
R-squared	0.374422	Mean dependent var	-8.30E-05	
Adjusted R-squared	0.374422	S.D. dependent var	0.046238	
S.E. of regression	0.036571	Akaike info criterion	-3.775844	
Sum squared resid	0.409267	Schwarz criterion	-3.763704	
Log likelihood	580.5920	Durbin-Watson stat	1.957166	

Modelo 2

Diferencia del logaritmo del precio Spot

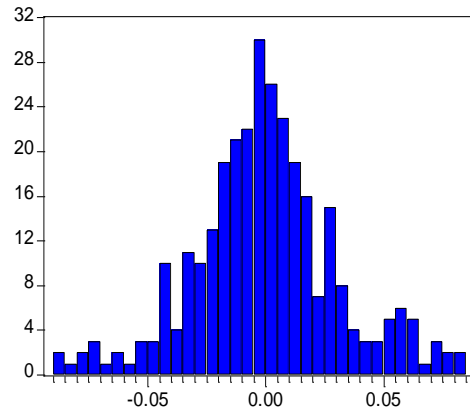
Sample: 30/08/2004 5/07/2010
 Included observations: 306
 Convergence achieved after 10 iterations
 Backcast: 23/08/2004

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DF	0.006233	0.007781	0.801068	0.4238
DM	0.005571	0.007488	0.744066	0.4574
DA	0.003156	0.007709	0.409413	0.6825
DY	0.011483	0.007441	1.543251	0.1239
DJU	0.012805	0.007551	1.695772	0.0910
DJL	-0.000895	0.008017	-0.111591	0.9112
DAG	0.015753	0.008633	1.824847	0.0691
DS	-0.002509	0.007549	-0.332378	0.7398
DO	-0.014969	0.007422	-2.016807	0.0446
DN	0.013543	0.007695	1.759983	0.0795
DD	-0.001169	0.007422	-0.157557	0.8749
DAM=24112008	-0.101067	0.031696	-3.188588	0.0016
DAM=24082009	-0.110197	0.032805	-3.359201	0.0009
DAM=3042006	-0.227531	0.031636	-7.192222	0.0000
DAM=17082009	-0.120653	0.032625	-3.698192	0.0003
DAM=4082008	-0.089960	0.031753	-2.833155	0.0049
DAM=21072008	-0.091331	0.031441	-2.904872	0.0040
DAM=10032008	-0.074701	0.031323	-2.384817	0.0177
MA(1)	0.218630	0.058470	3.739194	0.0002
<hr/>				
R-squared	0.332762	Mean dependent var	0.001423	
Adjusted R-squared	0.290914	S.D. dependent var	0.037682	
S.E. of regression	0.031731	Akaike info criterion	-4.002973	
Sum squared resid	0.288966	Schwarz criterion	-3.771770	
Log likelihood	631.4548	Durbin-Watson stat	1.983695	
<hr/>				
Inverted MA Roots	-.22			

Histograma 2

Residuos Modelo 2

Series: Residuals	
Sample 30/08/2004 5/07/2010	
Observations 306	
Mean	0.000133
Median	-0.001453
Maximum	0.083754
Minimum	-0.088448
Std. Dev.	0.030780
Skewness	0.041077
Kurtosis	3.603378
<hr/>	
Jarque-Bera	4.727883
Probability	0.094049



Correlograma 6

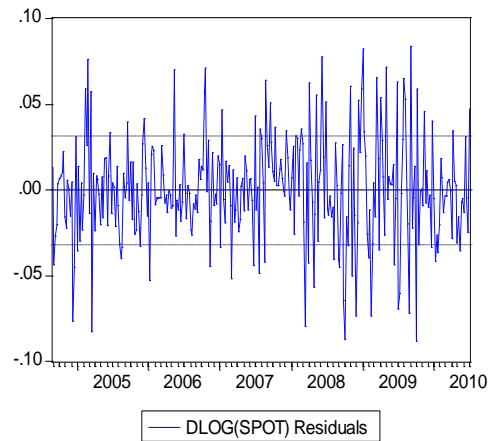
Residuos Modelo 2

Date: 11/02/11 Time: 11:31
 Sample: 30/08/2004 5/07/2010
 Included observations: 306
 Q-statistic probabilities adjusted for 1 ARMA term(s)

Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.004	0.004	0.0049
		2	0.029	0.029	0.2628 0.608
		3	0.015	0.015	0.3340 0.846
		4	-0.075	-0.076	2.0941 0.553
		5	-0.011	-0.012	2.1338 0.711
		6	-0.099	-0.095	5.1829 0.394
		7	0.034	0.039	5.5664 0.475
		8	-0.026	-0.027	5.7755 0.566
		9	-0.093	-0.095	8.5122 0.385
		10	-0.007	-0.021	8.5258 0.482
		11	0.046	0.057	9.2113 0.512
		12	-0.021	-0.032	9.3578 0.589

Gráfico 2

Residuos Modelo 2



Salidas tests de Johansen

Resumen:

Sample: 30/08/2004 5/07/2010
 Included observations: 305
 Series: LOG(SPOT) LOG(FUTURO)
 Exogenous series: DA DAG DD DF DJL DJU DM DN DO DS DY D(DAM=17...
 Warning: Rank Test critical values derived assuming no exogenous series
 Lags interval: 1 to 1

Selected (0.05 level*) Number of Cointegrating Relations by Model

Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Test Type	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Trace	1	1	1	1	1
Max-Eig	1	1	1	1	1

*Critical values based on MacKinnon-Haug-Michelis (1999)

Information Criteria by Rank and Model

Data Trend:	None	None	Linear	Linear	Quadratic
Rank or No. of CEs	No Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept No Trend	Intercept Trend	Intercept Trend
Log Likelihood by Rank (rows) and Model (columns)					
0	1335.526	1335.526	1335.886	1335.886	1336.047
1	1346.787	1347.982	1348.235	1350.377	1350.432
2	1347.043	1348.239	1348.239	1350.602	1350.602
Akaike Information Criteria by Rank (rows) and Model (columns)					
0	-8.731317	-8.731317	-8.720566	-8.720566	-8.708505
1	-8.778931	-8.780212	-8.775313	-8.782800*	-8.776603
2	-8.754383	-8.749108	-8.749108	-8.751487	-8.751487
Schwarz Criteria by Rank (rows) and Model (columns)					
0	-8.682526*	-8.682526*	-8.647380	-8.647380	-8.610923
1	-8.681349	-8.670432	-8.653336	-8.648624	-8.630230
2	-8.608010	-8.578340	-8.578340	-8.556323	-8.556323

**Test Especificación
sin constante y sin tendencia**

Sample (adjusted): 6/09/2004 5/07/2010
 Included observations: 305 after adjustments
 Trend assumption: No deterministic trend
 Series: LOG(SPOT) LOG(FUTURO)
 Exogenous series: DA DAG DD DF DJL DJU DM DN DO DS DY D(DA...
 Warning: Critical values assume no exogenous series
 Lags interval (in first differences): 1 to 1

Unrestricted Cointegration Rank Test (Trace)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Trace Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.071182	23.03501	12.32090	0.0006
At most 1	0.001680	0.512971	4.129906	0.5367

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

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

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

Unrestricted Cointegration Rank Test (Maximum Eigenvalue)

Hypothesized No. of CE(s)	Eigenvalue	Max-Eigen Statistic	0.05 Critical Value	Prob.**
None *	0.071182	22.52204	11.22480	0.0004
At most 1	0.001680	0.512971	4.129906	0.5367

Max-eigenvalue test indicates 1 cointegrating eqn(s) at the 0.05 level

* denotes rejection of the hypothesis at the 0.05 level

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

Unrestricted Cointegrating Coefficients (normalized by b*S11*b=I):

LOG(SPOT)	LOG(FUTURO)
-18.98841	19.05351
2.069212	-1.467354

Unrestricted Adjustment Coefficients (alpha):

D(LOG(SPOT))	0.008001	-0.000600
D(LOG(FUT...)	0.002357	-0.001181

1 Cointegrating Equation(s): Log likelihood 1346.787

Normalized cointegrating coefficients (standard error in parentheses)

LOG(SPOT)	LOG(FUTURO)
1.000000	-1.003429
	(0.00683)

Adjustment coefficients (standard error in parentheses)

D(LOG(SPOT))	-0.151923
	(0.03651)
D(LOG(FUT...)	-0.044758
	(0.03384)

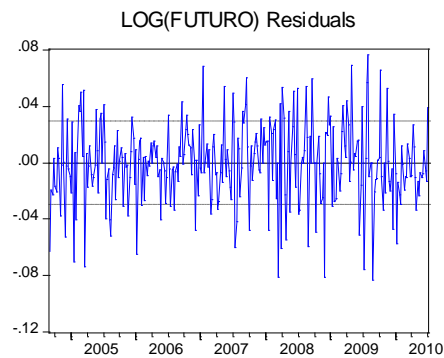
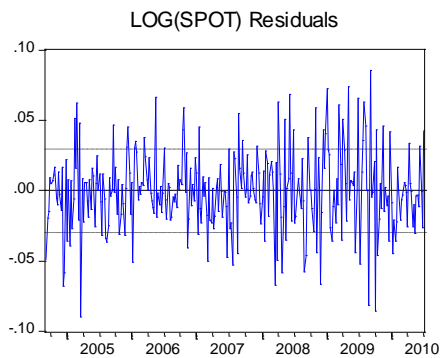
Salidas del VEC para todo el período

Sample (adjusted): 6/09/2004 5/07/2010
 Included observations: 305 after adjustments
 Standard errors in () & t-statistics in []

Cointegrating Eq:		CointEq1			
LOG(SPOT(-1))		1.000000	DN	0.010790 (0.00618) [1.74573]	0.006731 (0.00617) [1.09034]
LOG(FUTURO(-1))		-1.007024 (0.01252) [-80.4094]	DO	-0.003264 (0.00633) [-0.51538]	0.010522 (0.00633) [1.66341]
Error Correction:		D(LOG(SP...)	DS	0.003212 (0.00631) [0.50914]	-0.009073 (0.00630) [-1.44011]
		D(LOG(FU...)	DY	0.003954 (0.00630) [0.62774]	0.008015 (0.00629) [1.27398]
CointEq1		-0.075795 (0.03323) [-2.28112]	D(DAM=17082009)	-0.110516 (0.03101) [-3.56399]	-0.164354 (0.03097) [-5.30657]
D(LOG(SPOT(-1)))		0.136790 (0.06406) [2.13550]	DAM=29092008	-0.079162 (0.03004) [-2.63495]	-0.142034 (0.03001) [-4.73338]
D(LOG(FUTURO(-1)))		0.160526 (0.07131) [2.25103]	DAM=4082008	-0.101047 (0.03043) [-3.32106]	-0.109299 (0.03039) [-3.59659]
DA		-0.000901 (0.00646) [-0.13934]	DAM=6102008	-0.078736 (0.03116) [-2.52691]	-0.088475 (0.03112) [-2.84289]
DAG		0.014395 (0.00700) [2.05777]	DAM=16022009	-0.077572 (0.03032) [-2.55829]	-0.107261 (0.03029) [-3.54166]
DD		-0.001069 (0.00593) [-0.18039]	DAM=15092008	-0.016695 (0.03069) [-0.54389]	-0.089637 (0.03066) [-2.92382]
DF		0.006862 (0.00641) [1.07082]	DAM=24112008	-0.102825 (0.03040) [-3.38271]	0.000963 (0.03036) [0.03173]
DJL		0.001149 (0.00682) [0.16858]	DAM=24082009	-0.185743 (0.04591) [-4.04624]	-0.038131 (0.04585) [-0.83165]
DJU		0.006849 (0.00638) [1.07278]	DAM=3042006	-0.217990 (0.03109) [-7.01119]	-0.031903 (0.03105) [-1.02734]
DM		0.002572 (0.00604) [0.42593]	DAM=6072009	-0.071529 (0.03066) [-2.33278]	-0.094471 (0.03063) [-3.08474]

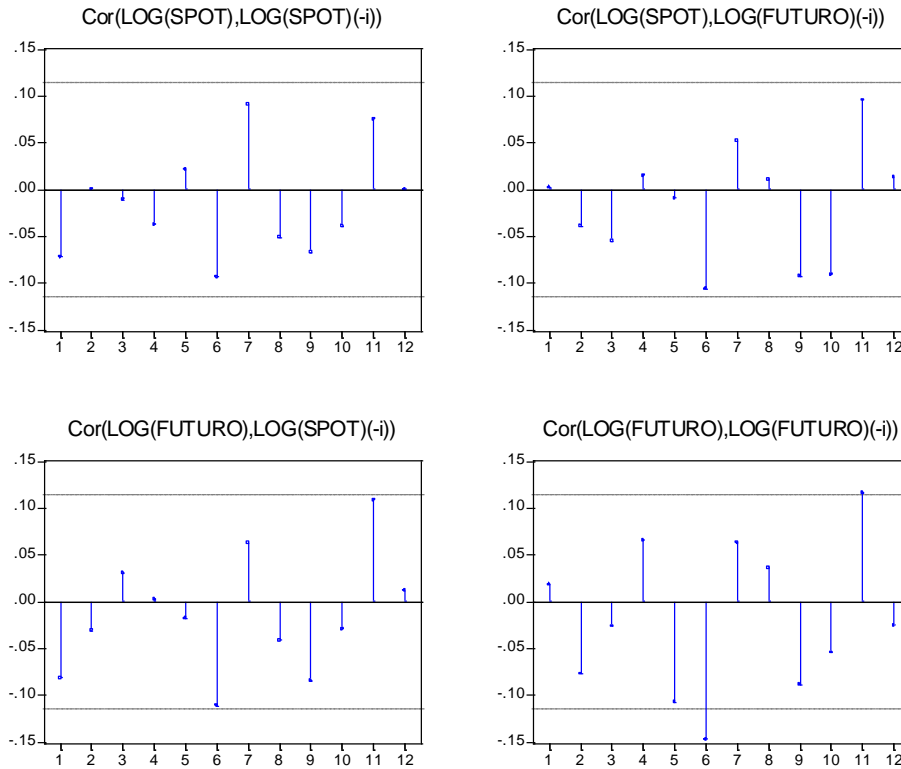
			Test Conjunto de Normalidad				
			Residuos del VEC				
DAM=21072008	-0.094039 (0.03035) [-3.09830]	-0.091976 (0.03032) [-3.03398]	VEC Residual Normality Tests Orthogonalization: Cholesky (Lutkepohl) H0: residuals are multivariate normal Date: 11/02/11 Time: 12:28 Sample: 30/08/2004 5/07/2010 Included observations: 305				
DAM=10032008	-0.093608 (0.03046) [-3.07350]	-0.064137 (0.03042) [-2.10842]					
DAM=27062005	-0.025096 (0.03014) [-0.83258]	-0.109648 (0.03011) [-3.64211]					
R-squared	0.437122	0.386578	Component	Skewness	Chi-sq	df	Prob.
Adj. R-squared	0.384479	0.329207	1	0.042544	0.092006	1	0.7616
Sum sq. resid	0.243597	0.243009	2	0.051278	0.133663	1	0.7147
S.E. equation	0.029601	0.029566	Joint		0.225669	2	0.8933
F-statistic	8.303488	6.738269	Component	Kurtosis	Chi-sq	df	Prob.
Log likelihood	654.9382	655.3062	1	3.090067	0.103092	1	0.7482
Akaike AIC	-4.117627	-4.120041	2	3.847651	9.131101	1	0.0025
Schwarz SC	-3.788288	-3.790702	Joint		9.234193	2	0.0099
Mean dependent	0.001366	0.001510	Component	Jarque-Bera	df	Prob.	
S.D. dependent	0.037730	0.036099	1	0.195098	2	0.9071	
Determinant resid covariance (dof adj.)	3.79E-07		2	9.264764	2	0.0097	
Determinant resid covariance	3.15E-07		Joint		9.459862	4	0.0506
Log likelihood	1417.658						
Akaike information criterion	-8.928905						
Schwarz criterion	-8.245832						

Gráficos 3 y 4
Residuos Modelo VEC



Correlograma 7, 8, 9, 10

Autocorrelations with 2 Std.Err. Bounds



Test de Exclusión de rezagos

Modelo VEC

Sample: 30/08/2004 5/07/2010
Included observations: 305

Chi-squared test statistics for lag exclusion:
Numbers in [] are p-values

	D(LOG(FU...	D(LOG(SP...	Joint
DLag 1	10.01678 [0.006682]	26.73530 [1.56e-06]	27.29966 [1.73e-05]
DLag 2	0.829155 [0.660619]	0.884572 [0.642566]	4.414819 [0.352768]
DLag 3	2.935602 [0.230432]	1.594932 [0.450469]	3.660995 [0.453824]
DLag 4	1.230379 [0.540538]	1.391858 [0.498611]	2.286055 [0.683309]
df	2	2	4

Cuadros de resultados de los precios

Años	Rendimiento				Riesgo			
	Spot	RCMV	100%F	RCMV+P	Spot	RCMV	100%F	RCMV+P
2005/2006	-3,1965%	-3,3237%	-3,4247%	-3,3237%	26,1132%	23,4018%	23,9500%	23,4018%
2006/2007	25,3877%	28,1986%	31,4728%	28,1986%	14,0951%	16,4379%	22,3207%	16,4379%
2007/2008	49,4660%	53,3150%	54,1554%	53,3150%	21,3860%	21,0258%	27,8295%	21,0258%
2008/2009	18,8963%	25,9008%	-3,4197%	25,9008%	28,9372%	31,3161%	34,7850%	31,3161%
2009/2010	0,1398%	-2,7324%	28,0728%	-2,7324%	14,4318%	12,4165%	15,5409%	12,4165%
Promedio	18,14%	20,27%	21,37%	20,27%	20,99%	20,92%	24,89%	20,92%

Años	Rendimiento				Riesgo			
	Spot	RCMV	100%F	RCMV+P	Spot	RCMV	100%F	RCMV+P
2005/2006	-7,62	-7,93	-8,17	-7,93	62,27	55,80	57,11	55,80
2006/2007	56,36	62,60	69,87	62,60	31,29	36,49	49,55	36,49
2007/2008	184,52	198,87	202,01	198,87	79,77	78,43	103,81	78,43
2008/2009	66,53	91,19	-12,04	91,19	101,89	110,26	122,48	110,26
2009/2010	0,52	-10,26	105,38	-10,26	54,17	46,61	58,34	46,61
Promedio	60,06	66,90	71,41	66,90	65,88	65,52	78,26	65,52

Años	Rendimiento				Riesgo			
	Spot	RCMV	100%F	RCMV+P	Spot	RCMV	100%F	RCMV+P
2005/2006	-4.815.548	-5.007.110	-5.159.368	-5.007.110	39.339.548	35.254.907	36.080.766	35.254.907
2006/2007	43.954.465	48.821.059	54.489.670	48.821.059	24.403.260	28.459.440	38.644.370	28.459.440
2007/2008	142.587.172	153.681.939	156.104.521	153.681.939	61.645.869	60.607.541	80.219.376	60.607.541
2008/2009	68.427.350	93.792.350	-12.383.282	93.792.350	104.787.851	113.402.296	125.963.627	113.402.296
2009/2010	956.791	-18.699.090	192.117.445	-18.699.090	98.764.483	84.973.061	106.354.590	84.973.061
Promedio	50.222.046	54.517.829	77.033.797	54.517.829	65.788.202	64.539.449	77.452.546	64.539.449

Cuadro para Simulaciones

	Precio SPOT	Precio Futuro	Var% SPOT	Var% Futuro	Desvío Spot	Desvío Futuro	Correlación
17/10/05	237,84	214,75					
16/01/06	230,18	208,56	-0,03	-0,02	9,1%	10,6%	84%
13/03/06	253,34	212,03	0,1	0,02	4,5%	4,3%	37%
15/05/06	220,24	220,18	-0,13	0,04	25,5%	5,1%	81%
10/07/06	230,2	221,38	0,05	0,01	3,6%	5,6%	81%
09/10/06	221,99	210,8					
15/01/07	267,17	262,47	0,2	0,25	9,6%	9,5%	50%
12/03/07	266,92	274,6	-0,10%	0,05	6,1%	5,3%	73%
14/05/07	265,98	287,94	-0,35%	0,05	5,0%	8,7%	82%
16/07/07	285,43	313,27	0,07	0,09	5,9%	5,8%	84%
15/10/07	373,02	361,07					
14/01/08	439,07	471,08	0,18	0,3	6,1%	4,8%	55%
17/03/08	445,72	463,39	0,02	-0,02	19,5%	18,6%	95%
12/05/08	470,83	500,15	0,06	0,08	10,9%	12,5%	95%
14/07/08	576,52	565,92	0,22	0,13	10,4%	11,6%	90%
13/10/08	352,09	326,5					
19/01/09	399,93	370,33	0,14	0,13	24,9%	12,9%	47%
16/03/09	353,27	340,35	-0,12	-0,08	12,1%	10,9%	82%
18/05/09	439,9	427,58	0,25	0,26	10,0%	7,7%	84%
13/07/09	424,71	380,03	-0,03	-0,11	16,7%	18,7%	98%
12/10/09	375,38	363,5					
25/01/10	343,72	342,65	-0,08	-0,06	12,8%	11,0%	81%
15/03/10	350,81	349,45	0,02	0,02	4,4%	5,7%	79%
17/05/10	347,06	345,68	-0,01	-0,01	6,5%	5,7%	83%
05/07/10	375,94	364,4	0,08	0,05	4,1%	3,4%	72%