



Universidad de Chile

Facultad de Economía y Administración

Escuela de Economía y Administración

Estudio Empírico de los Precios Futuros del Cobre

Seminario de Título INGENIERO COMERCIAL, Mención Economía

Eduardo Pérez Muñoz

Seminario de Título INGENIERO COMERCIAL, Mención Administración

Claudio López Mendoza

Profesor Guía: Jorge Gregoire Cerda

Santiago, Chile

Otoño 2008

Estudio Empírico de los Precios Futuros del Cobre

Autores:

Eduardo Pérez Muñoz

Claudio López Mendoza

Profesor Guía:

Jorge Gregoire Cerda

Abstracto

El presente seminario tiene como objetivo o finalidad, el estudiar y analizar las principales teorías que hay sobre Valoración de Contratos Futuros sobre Commodities (Teoría del Almacenamiento y Teoría de Premios por Riesgo), y las predicciones que estas hacen en cuanto al comportamiento de las variables explicativas que toman en consideración.

Para ello, tomamos una cantidad considerable de datos (precios diarios), sobre los contratos futuros del Cobre como commodity de referencia, comprendidas entre los años 1997 al 2008, para así poder llevar a cabo el testeo de las hipótesis planteadas por las teorías. Mostramos que medidas de precios, tales como la “base” de los futuros, varían en cuanto al comportamiento de las tasas de interés y variaciones de los inventarios, como también, esta contiene información para poder predecir cual será el precio spot futuro o bien determinar cual será el cambio en el precio spot entre periodos. Por otro lado evidenciamos que los retiros de inventarios, están relacionados positivamente con el Convenience Yield (CY), pero no hay evidencia suficiente sobre si estos varían para valores grandes de CY (comportamiento no lineal). Además estos “retiros” pueden predecir, significativamente, retornos existentes sobre futuros.

Acorde con la teoría, encontramos que el CY decrece a tasas crecientes en relación a los inventarios. Se documenta también, la heterocedasticidad que muestra la volatilidad del CY, la cual es altamente significativa y económicamente importante.

ÍNDICE

1. Introducción.....	4
2. Sección I:	
Marco Teórico.....	6
3. Sección II:	
Datos, Metodología y Resultados Esperados.....	20
4. Sección III:	
Resultados.....	32
5. Conclusiones.....	38

INTRODUCCIÓN

Los commodities difieren, esencialmente de otros activos financieros en que estos son producidos continuamente además de ser consumidos de manera inmediata (en procesos productivos), o bien ser almacenados en forma de inventarios para ser utilizada en períodos posteriores. Esto ha hecho que los mercados de contratos futuros, y por ende su valoración, sobre estos commodities jueguen un papel cada vez más importante en el desarrollo de la economía actual.

Las implicancias económicas y particulares de este tipo de activos, ha dado origen a distintas teorías relacionadas con su valoración (futuros sobre commodities) y la influencia que los inventarios juegan en dichas valoraciones. Las principales teorías que han surgido al respecto son la “Teoría del Almacenamiento”, sobre la cual hay un alto consenso y poca controversia en cuanto a lo que propone y lo que muestran sus predicciones. Entre sus pioneros se encuentran Kaldor (1939), Brennan (1958) y Working (1949). Esta explica, primordialmente que la diferencia entre precio y futuro del commodity, debe ser igual a los intereses que se dejan de ganar por el hecho de comprar el activo, más los costos asociados a almacenarlo y más un “retorno de conveniencia” (Convenience Yield) que surge sobre los inventarios.

Además, esta teoría postula distintos comportamientos o relaciones que surgen entre el Convenience Yield, que es una especie de “beneficio” que obtienen los propietarios del commodity por el hecho de que el activo (físico) en si posee valor, que es otra de las cosas que lo diferencia de los activos financieros, y los movimientos que tenga los inventarios del commodity en cuestión.

Por otro lado esta la “Teoría de Premio por Liquidez”, la cual es mucho más controversial que la primera y sobre la que se han obtenido resultados ambiguos y no muy concluyentes. Los principales estudios los han realizado Dusak (1973), Verdeen (1980), Fama y French (1988) entre otros.

Esta teoría básicamente plantea que los precios futuros pueden dividirse en un parte que contiene información sobre un premio esperado por riesgo y otra que predice o que contiene información sobre cual será el precio spot futuro.

En el presente seminarios, estudiaremos y analizaremos las principales predicciones que plantean dichas teorías, y para ello utilizaremos los precios futuros y spot del Cobre como commodity de referencia.

En la Sección I, examinaremos con mayor detalle la literatura desarrollada en lo que concierne a las teorías mencionadas y sus principales postulados. La Sección II presenta los datos a utilizar y la metodología a emplear en el estudio y testeo de las predicciones mencionadas. La Sección III, muestra los análisis y principales resultados obtenidos del estudio. Finalmente se presentan las conclusiones y sugerencias para futuros estudios relacionados con el tema.

SECCION I

MARCO TEÓRICO

Al momento de considerar cualquier contrato forward o futuro, es importante diferenciar entre activos para invertir y activos para el consumo. Esta distinción quiere decir que, la forma en que se valoran dichos contratos es distinta, ya que dependerá de si el activo en cuestión se tiene o posee con el propósito de sólo realizar una inversión, atractiva para un número significativo de inversionistas como por ejemplo el caso de los bonos y acciones, o para obtener activos con un objetivo de consumo, como por ejemplo para la producción de un bien final. El oro y la plata podrían estar considerados dentro de la categoría de activos de inversión, a menos que estos no sean necesariamente retenidos o usados como objeto específico de inversión, como se puede observar en los distintos usos industriales que se le da. Si bien los activos de inversión no tienen que ser utilizados u obtenidos exclusivamente con el objetivo o propósito de hacer inversiones, ellos sí tienen que cumplir o satisfacer con el requerimiento de que un número grande de personas o inversionistas lo tengan o posean únicamente con el fin y propósito de realizar inversión con ellos. Es así como esta clase de activos se separa o distingue de los activos de consumo, los cuales son obtenidos o usados primordialmente para su consumo, y no son destinados como medios de inversión. En esta categoría por ejemplo encontramos los commodities como es el caso de cobre, petróleo, etc.

Dado el contrato futuro que se quiera utilizar, para un activo de inversión (o también conocido como activo financiero) o de consumo, la valorización se verá afectada dependiendo del precio del contrato que pretendamos obtener. Para valorizar un contrato futuro de un activo financiero se utiliza el enfoque basado en el no-arbitraje la cual se obtiene, asumiendo previamente que no hay o son muy bajos los costos de transacción cuando se comercia. Los participantes del mercado o inversionistas pueden prestar y pedir prestado a la

misma tasa libre de riesgo y pueden tomar ventaja de las oportunidades de arbitraje en el momento que ocurre, una expresión general como la siguiente:

$$F(t, T) = S(t)e^{rT} \quad (1)$$

en donde $F(t, T)$, denota el precio del contrato futuro en el momento t , $S(t)$, denota el precio del activo subyacente del contrato futuro en el momento t y r denota la tasa de interés libre de riesgo expresada de forma compuesta continua para una inversión que madura en la fecha T , que es la misma fecha en que el contrato de futuro madura o es entregado. De no cumplirse dicha relación o igualdad cualquier inversionista estaría en condiciones de poder tomar ventaja y beneficiarse económicamente sin costo alguno mediante el arbitraje. Si bien este es el caso más general de valoración, el lado de derecho de la ecuación puede verse afectado por ejemplo si es que el activo en cuestión paga algún dividendo o bien tiene algún rendimiento expresado en forma de tasa etc., la idea principal que está detrás o bien dicha igualdad, siempre debería tender a cumplirse.

Ahora bueno, en el caso de los activos de consumo, como los commodities, surgen nuevas determinantes o variables que influyen en el valor que tomará dicho contrato y por ende que afectan a la ecuación (1); dichas variables no están presentes en los activos de inversión al momento de valorarlos y es lo que hace particular a los contratos futuros sobre commodities.

A modo de ejemplo Routledge, Seppi and Spatt (2000) listan o muestran una serie de diferencias que existen entre los futuros de commodities y otros de inversiones como se explicó anteriormente en el caso de acciones o bonos. La literatura respecto del tema muestra una serie de hechos y predicciones que se han dado con frecuencia para los commodities, entre estas podemos nombrar:

- Los precios de futuros de commodities están frecuentemente o generalmente por debajo de los precios spot, lo que implica que existan “retornos de conveniencia” (convenience yields) positivos.

- “Retornos de Conveniencia” (Convenience Yields; CY) están negativamente correlacionados con los inventarios, Brennan (1958) testea para una serie de commodities agrícolas. Rabinowitz (1995) relaciona la variación del CY con la volatilidad de los precios.
- El CY marginal sobre los inventarios disminuye a una tasa decreciente. Fama y French (1988) testan esta hipótesis indirectamente usando variaciones en los precios spot y futuro.
- Bassembinder (1995) por otro lado muestra que existe reversión a la media en los precios spot de commodities. Cassaus y Collin-Dufresne (2004) muestran que esta reversión se debe en parte a la covarianza entre el premio por riesgo con los precios y debido a la relación positiva entre el CY y el precio spot, dando una mayor importancia el segundo hecho.
- Por otro lado otra característica importante del comportamiento de los commodities es que la correlación que hay entre los precio spot y los CY dista de ser constante debido a la dependencia con los inventarios, como muestra Seppi y Spatt (2000).

Estas son algunas de las características, por listar unas pocas que se darán en estos contratos de futuros sobre commodities, las cuales no se manifestarán o aparecerán en otro tipo de futuros sobre activos financieros o de inversión.

Entrando en mayor profundidad sobre el como están valorados estos precios futuros, surgen básicamente dos teorías; una más controversial que la otra. Primero tenemos la Teoría del Almacenamiento (Theory of Storage) de Kaldor (1939), Working (1948), Brennan (1958) y Telser (1958) y la teoría o punto de vista alternativo es la del Premio por Riesgo y Poder Predictivo que se muestra y estudia por ejemplo en Verdeen (1980), Dusak (1973) Fama y French (1987), Fama (1984). La Teoría del Almacenamiento es altamente aceptada y estudiada en la literatura financiera como los autores citados anteriormente, pero la segunda es mucho más controversial y hay poco acuerdo sobre si es que empíricamente o en forma más aplicada y práctica, se cumple las predicciones que esta plantea.

Centrémonos por un momento en la Teoría del Almacenamiento para luego continuar y explicar con más detalle el segundo enfoque.

La particularidad, como habíamos planteado con anterioridad de los precios de contratos de futuros sobre commodities, están determinados por una relación parecida a la ecuación (1) salvo que ahora surgen nuevas variables que determinan e influyen en la determinación del precio de dicho contrato, obteniendo así una expresión general como la siguiente:

$$F(t, T) = S(t)e^{(r+u-cy)T} \quad (2)$$

en donde surgen básicamente dos nuevas variables que no se daban en el caso (1); por un lado tenemos u que corresponde al Costo Marginal de Almacenamiento, cy que corresponde al Retorno de Conveniencia (Conveniente Yield) nombrado con anterioridad.

El costo de almacenamiento se refiere o puede entenderse como un “ingreso negativo” por el hecho de que al estar tratando ahora con commodities, como cobre por ejemplo, el material en si es guardado o “almacenado” de ahí su nombre, en stocks para su consumo futuro si es que este no llega a ser necesitado de forma inmediata, y el hecho de tener que almacenarlo o guardarlo acarrea un costo económico de por si, costo que no se da para el caso de activos financieros los cuales se ocupan esencialmente para la inversión y no necesitan ser stockeados físicamente como es el caso de las acciones o bonos. El hecho de que sea marginal indica que este costo puede ser constante a lo largo del tiempo y ser expresado como un porcentaje del precio del activo subyacente en cuestión. En el caso de los commodities se ha visto que tienden a cumplir con esta característica de ser mas o menos constantes en el tiempo, sobre todo en el corto plazo, Liu y Tang (2008) y

además tienden a ser costos mas bien bajos, como por ejemplo el caso del cobre, Fama y French (1988).

La variable o concepto de Retorno de Conveniencia (Convenience Yield), es más abstracto y complejo que el caso del Costo marginal de Almacenar el commodity, y tiene la particularidad de solo darse para el caso de estos activos destinados al consumo.

Como vimos en el comienzo de esta sección, la forma en que estaban determinados los precios de los contratos futuros, se daba básicamente por el enfoque de no arbitraje, lo que hacia en teoría que las ecuaciones (1) y (2) tendieran a cumplirse, ya que de no ser así, existirían posibilidades de llevar a cabo estrategias por parte de los agentes y obtener así beneficio o ganancias económicas. Teniendo esto cuenta consideramos la siguiente ecuación:

$$F(t, T) \leq S(t)e^{(r+u)T} \quad (3)$$

según el enfoque explicado anteriormente, al no cumplirse la igualdad, se podrían obtener ganancias seguras mediante el uso de una estrategia de arbitraje y así, al cada vez mas agentes darse cuenta de dichas oportunidades; se llegaría finalmente a restaurar la igualdad o el equilibrio respectivo. Si bien esto tendería a lograrse en los activos de inversión principalmente, este argumento no puede utilizarse o no es valido para el caso de los commodities, ya que los particulares o empresas que tienen el producto en stocks o existencias lo tienen debido a su valor de consumo propiamente tal, no debido a su valor de inversión. Estos agentes son reacios a vender el producto o commodity y comprar contratos a plazo dado que estos últimos no pueden “consumirse”; por lo tanto este argumento nos lleva a ver que no hay ningún efecto o incentivo que lleve a que la desigualdad de la ecuación (3), llegue a un equilibrio o se transforme en una igualdad. En general, como enuncia Pyndick (1993), el valor que tiene el dueño del producto o stock, surge debido a la capacidad que tiene de poder suavizar la producción evitando que existan problemas de suministros

o escasez de dicho producto, facilitando así los programas de producción y de ventas. Los “beneficios” obtenidos por este concepto se llaman o suelen llamarse Rendimientos o retornos de Conveniencia (Conveniente Yield).

Por lo tanto matemáticamente el retorno de conveniencia se podría expresar de la siguiente forma:

$$F(t, T)e^{cyT} = S(t)e^{(r+u)T} \quad (4)$$

lo que muestra que el Rendimiento de Conveniencia simplemente mide en que valor el lado izquierdo de la ecuación en (3) es menor que el lado derecho y además refleja el hecho que para los activos de inversión este rendimiento es cero, lo que dejaría una ecuación como la planteada inicialmente para este tipo de productos. Por otro lado se ha estudiado y abordado cada vez con más intensidad en la literatura sobre el comportamiento que presenta este CY, y que cosas son las que influyen en su determinación, tema que abordaremos mas adelante.

La Teoría del Almacenamiento como habíamos enunciado anteriormente, es el modelo mas tradicional y estudiado en cuanto al como se comportan los precios futuros de commodities. Según esta teoría, como muestran Kaldor (1939), Working (1958), Telser (1958) entre otros, predice que el retorno de comprar un commodity en el tiempo en que uno se encuentre, $S(t)$ y venderlo para entrega en alguna fecha futura, $F(t, T)$, usando contratos a futuros por ejemplo, es igual o equivalente a los intereses, que se dejan de ganar o el costo de oportunidad de comprar el commodity y no invertir ese dinero como alternativa, $S(t)r(t, T)$, más el Costo Marginal de Almacenamiento, $u(t, T)$ y menos el Retorno de Conveniencia o Conveniente Yield, $cy(t, T)$, conceptos que ya fueron introducidos en la parte previa y que volveremos a tomar con mas detalle.

Matemáticamente esta expresión se deriva de la ecuación (2), tomando logaritmos a ambos lados de la ecuación nos quedaría:

$$\text{Log } F(t,T) / S(t) = r(t,T) + u(t,T) - cy(t,T) \quad (5)$$

En donde:

$$\text{Log } F(t,T) / S(t) \approx F(t,T) - S(t) / S(t) \quad (6)$$

Que corresponde o se denomina “la Base” en la literatura financiera.

Una forma mas detallada de ver de donde se deriva o surge esta teoría es la siguiente. El hecho de que haya un curva de futuros con pendiente positiva es consistente con la existencia de un precio futuro esperado que premie a los poseedores del inventario por el costo que se incurre en mantenerlos, donde se encuentran asimilados también los costos de bodegaje, los seguros y los intereses que se dejan de ganar por el capital invertido, etc. Este enlace o “link” entre ambos precios es lo que se conoce como “cost of carry arbitrage” o arbitraje de costo de mantenimiento. Es por esto, que surgió la duda del por qué los agentes mantenían inventarios cuando en teoría se esperaba que el precio spot de los commodities disminuyera. La explicación a este problema vino por, Kaldor (1939), en donde planteo la idea de este Convenience Yield, que era una especie de ganancia que tenían los dueños de los commodities físicos, ganancia que no podían tener los tenedores de los contratos futuros sobre dichos commodities; de esta forma se restauraría o alcanzaría la igualdad antes expresada en la ecuación (4). Esto llevo a conocerse posteriormente como la teoría del almacenamiento dicha previamente.

Otra de las predicciones que postula esta teoría es la de la relación negativa o decreciente a tasas decrecientes que existe o que hay entre el CY y los inventarios (figura 1); Brennan (1958), Tesler (1958), por ejemplo comenzaron a estudiar sobre esta relación en una serie de commodities agrícolas, encontrando resultados económica y estadísticamente significativos de que se cumplía dicha relación.

Fama y French (1988) enfatizaron que este concepto o idea de un Convenience Yield Marginal decreciente sobre los inventarios fue desarrollado básicamente para explicar el comportamiento estacional (seasonal behaviour) que tenían o presentaban los precios, tanto spot como futuros de los commodities agrícolas.

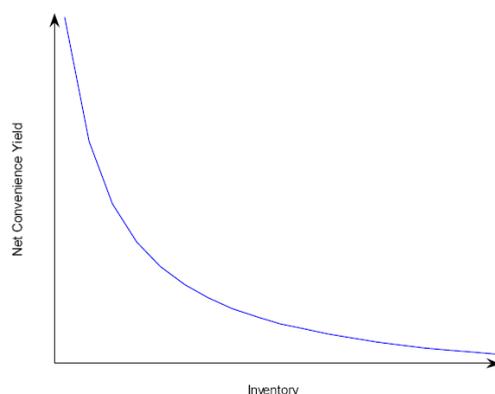


Figura 1

Distintos estudio han sido bastantes informativos en cuanto al tema, por ejemplo Dincerler y Khokher (2005) llevan a cabo un exhaustivo estudio sobre distintas relaciones que surgen en cuanto al comportamiento del Convenience Yield , para una serie de commodities industriales como el petróleo, gas natural y el cobre. Estos últimos muestran un CY marginal tendiente a decrecer monotonicamente respecto al inventario no así para el petróleo; o bien también, documentan evidencia de que los “retiros de inventarios” (withdrawals) no están relacionados monotonicamente al Convinience Yield, pero sí muestran gran poder en predecir los retornos sobre futuros, tema que se vera con mayor detalle cuando toquemos la segunda teoría sobre precios de futuros. Otro

resultado importante que documentan tiene relación con la correlación precio spot-CY, la cual también varía con la relativa escasez del producto o commodity en cuestión.

Liu y Tang (2007) también estudian otras propiedades dinámicas de esta variable (CY) centrándose básicamente en el comportamiento de la volatilidad de este. Documentan esencialmente que dicha volatilidad es heterocedástica para los commodities industriales tales como el petróleo; por lo que un mayor nivel de CY estaría usualmente asociado a un mayor nivel o más alta volatilidad, particularidad que caracteriza a este tipo de productos y que es consistente y acorde con la Teoría del Almacenamiento.

Otras de las implicancias de esta teoría, y que es estudiada por Fama y French (1987), sobre una serie de commodities tanto agrarios, animales, madereros etc, es la de que controlando tanto por la variación del Costo Marginal de Almacenamiento y el CY marginal, de un periodo determinado de tiempo, $T-t$, la base asociada a cualquier commodity almacenado o stockeado debería variar en una relación “uno a uno” con la tasa de interés asociada a ese mismo periodo de tiempo, relación que se deriva directamente de la ecuación (5).

Recapitulando tenemos que los commodities, ya desde tiempos de Keynes (1923), varios académicos ya estudiaban las propiedades y comportamiento estocásticos de los precios futuros sobre commodities, precios que vinculaban o actuaban como enlace entre dos mercados, el “efectivo” (cash) o financiero y el mercado físico o de inventarios del producto propiamente tal. Al existir inventarios de un producto, este caso commodities, trae consigo la posibilidad, en teoría, de poder mantener una producción constante y regular durante un periodo en que hay escasez de un commodity en particular o en caso contrario poder tomar ventaja de un aumento en la demanda y del precio sin necesidad de tener que recurrir o volver a revisar el esquema de producción que ya se tenía planificado previamente, Gorton y Hayashi (2007).

Pindyck (2001), plantea que en un mercado competitivo de commodities, el CY debería ser igual a la utilidad marginal de tener una unidad mas de inventario, por lo que como habíamos visto antes el inventario es un determinante clave de cual (posible valor) y como será (volátil o no) el CY en el futuro. Cabría esperar que si el nivel de inventario es bajo, la volatilidad del precio spot y el nivel del CY deberían ser altos y viceversa. De esta manera el CY debería tener una correlación positiva con los precios y volatilidades spot de los commodities.

Otro tipos de modelos, que no serán objeto de este seminario pero que merece la pena mencionarlos, toman un enfoque o una aproximación sobre el CY, que no se basa tanto en describir este “beneficio” ni a tratar de aproximar funciones no lineales a los datos obtenidos de este, sino que da una valoración o modelamiento más económico; dicha valoración es derivada básicamente de la flexibilidad de que se puede dar a la producción, Liu y Tang (2008).

Estos tipos de modelos, son los basados en Opciones (Option Bases Models), desarrollados por Keinkel, How y Hughes (1990), Milonas y Thomadakis (1997) entre otros, los cuales intentan explicar este Retorno de Conveniencia en términos de una opción que el productor, es decir quien mantiene la posesión física del commodity, posee. Esta opción correspondería a una “Put” sobre el commodity almacenado, que les da la posibilidad o el derecho de vender dicho producto al costo marginal de producción en algún tiempo futuro. La combinación de esta opción “put” con el activo subyacente respectivo (stock) genera o crea una opción call cuyo valor es creciente en el precio de commodity, lo que es parecido al los efectos que hay sobre el CY explicados en la literatura o teorías anteriores anteriores.

Ya introducido los aspectos mas relevantes de esta primera teoría nos enfocaremos, en la segunda enunciada previamente, la cual es mas controversial y discutida que la primera.

Esta teoría o enfoque alternativo (Premio por Riesgo y Poder Predictivo) llamada también Teoría de “backwardation” normal, postula o parte de la idea principal de que los mercados de futuros simplemente lo que hacen, es actuar como un mecanismo de transferencia de riesgo. En este mecanismo los

inversionistas, que están dispuestos a enfrentar dicha incertidumbre (aversos al riesgo) deberían ganar un “premio” por el hecho de estar soportando o asimilando dicho riesgo; riesgo el cual los productores de commodities no quieren o no esta dispuestos a enfrentar recurriendo a estrategias de cobertura con futuros.

En otras palabras lo que simplemente hace este enfoque es comparar los precio futuros de commodities con los precios spot futuros esperados de los mismos.

La controversia en cuestión, se centra primordialmente en que si los precio futuros contienen o no algun premio esperado o tienen algun poder en predecir los precio spot futuros; “por el lado de que, en adición a las expectativas del mercado sobre cual será el precio spot, los precios de los contratos futuros potencialmente podrían contener algun premio por riesgo como una forma de compensar o bien como un seguro en contra de dicha incertidumbre, pero ahora ver, si estos precios también incluyen o traen consigo “premios por riesgos” ha sido donde se ha concentrado mayormente la discusión entorno al tema”, Gorton y Hayashi (2007).

Matemáticamente podemos expresar esta idea de la siguiente forma:

$$F(t,T) - S(t) = E_t [S(T) - S(t)] + E_t [P(t,T)] \quad (7)$$

en donde el lado izquierdo de la ecuación representa “la base” antes mencionada, en la teoría del almacenamiento, la cual puede ser expresada como la suma de un “premio por riesgo esperado” más el cambio esperado en el precio spot futuro.

El premio esperado por riesgo está definido como el sesgo o desviación del precio futuro como un estimador del precio spot futuro:

$$E_t [P(t,T)] = F(T,t) - E_t [S(T)] \quad (8)$$

en donde $E_t P(t,T) \geq 0$, según inicialmente había postulado Keynes (1928), lo que implicaría que el precio futuro está establecido de tal manera que este, estaría descontado por el precio spot futuro esperado en la fecha T, es decir a la fecha en que el contrato futuro madura. Keynes y Hicks (1939) fueron los primeros en ver este “premio” como un resultado de las fuerzas de oferta y demanda por posiciones de venta (corta) y de compra (larga) en el mercado de futuro, las cuales denominaron como “presiones de cobertura”. Por ejemplo en el caso de que la demanda por cobertura sobrepasara a la oferta de inversionistas que desearan asumir el riesgo, haría que este “premio” terminara o resultara siendo positivo. Lo que se concluye de esta teoría es que da por establecido o asumido que las agentes o productores que buscan cubrirse de la incertidumbre del mercado, exceden a los inversionistas o agentes aversos al riesgo que están dispuestos a tolerar dicho riesgo, por lo que terminan “ofreciéndoles” un premio a estos últimos.

Si bien se podría pensar, estas dos teorías no se oponen, es decir no son mutuamente excluyentes como muestran Fama y French (1987); aquí se plantea que la visión que tienen ambas teorías sobre el comportamiento de “la base” no compiten unos con otros, es decir son solo alternativas. Por ejemplo la variación en el premio esperado de la ecuación (7) o el cambio esperado en el precio spot futuro se puede traducir en una variación en la tasa de interés, CY o el Costo Marginal de Almacenamiento de la ecuación (5). Suponiendo el caso de un commodity agrícola, se da la particularidad de que la base casi siempre es negativa antes de una cosecha cuando el precio futuro es para ser entregado después de la cosecha. En el caso de la Teoría del Almacenamiento, la base puede ser negativa porque los inventarios son muy bajos lo que hace que el CY termine siendo mucho mayor que los intereses y los costos de almacenamientos; en cambio en términos del segundo enfoque, esta resulta siendo negativa porque se espera que el precio spot caiga cuando puede por ejemplo que un cosecha termine aumentando los inventarios. De misma manera ocurrirá si la base resulta ser positiva, en donde los costos de almacenamiento y los intereses van a sobrepasar al CY, cuando los inventarios son altos ante periodos de cosecha, según la primera teoría y podría explicarse

también en términos de un aumento de los esperado de los precios spot suficientes para inducir el almacenamiento de las cosechas.

Fama y French (1987-88) realizaron también un análisis sobre la variación de este “premio por riesgo” en donde estudiaron el efecto que podía tener la información contenida en “la base” sobre el cambio en los precios spots futuros y sobre el cambio en este premio por riesgo, concluyendo básicamente en que la base sólo aportaba información concerniente a cuál serían los movimientos en el precio spot futuro esperado. Una serie de otros estudios se han llevado a cabo tratando de precisar o medir este premio por riesgo sobre distintos futuros de commodities individuales, los cuales han obtenido resultados no muy concluyentes y más bien mixtos. Por ejemplo Nash (2001) Gorton y Rounwenhorst (2006), Erb y Harvey (2006) evidencian sobre una relación, aunque mas bien débil, entre la base y el “premio por riesgo” de futuros. Otros como en Bodie y Rosanky (1980) proveen evidencia de que consistente con la idea que tenían Keynes y Hicks, los inversionistas in futuros de commodities históricamente, en promedio, han recibido o ganado un “premio” por asumir ese riesgo antes mencionado.

Otros intentos se han hecho también por tratar de reconciliar ambas teorías por ejemplo Jagannathan (1985), Nielsen y Schwartz (2004), Gorton y Hayashi (2007), en donde se postula o sugiere que para poder encontrar alguna posible vinculación o nexo entre ambos enfoques, y este premio por riesgo se debería considerar componentes sistemáticos del riesgo que están correlacionados con la variación de los inventarios.

La idea Keynesiana como habíamos dicho, de que los precios futuros son una estimación sesgada hacia debajo de los precios spot futuros precedieron a la teoría del almacenamiento; y pocos estudios potenciaban la intersección de ambos enfoques. Brennan sugirió que los especuladores se tornaban altamente precavidos de mantener stocks, por lo que agrego un factor de ajuste de riesgo al “Cost of Carry” o costo de mantenimiento que se explico anteriormente. Sin embargo es plausible que el aumentar los niveles de inventarios, en teoría, se podría producir una disminución en el “premio” de los futuros al verse disminuido el riesgo esperado o los niveles de aversión al mismo.

Por ejemplo en Hodges y Ribeiro (2004) y Dincerler Khokher (2005) es aparente, que cuando la oferta es baja o esta deprimida, los stocks van a ser retirados de los almacenes, para su consumo; por lo que es plausible y evidenciado que en tales periodos aumentaran estos niveles de aversión al riesgo induciendo a los agentes racionales el demandar un mayor “premio” o seguro. Así, esto indicaría que este seguro o premio por riesgo estaría positivamente relacionado con los retiros de inventarios.

Destacados los aspectos más importantes, de ambas teorías, y sus principales predicciones y consecuencias se procederá en la siguiente sección, a la explicación de la metodología que vamos a emplear en este seminario, para ir testando y comprobando en que medida se van cumpliendo estas distintas hipótesis estudiadas en la literatura financiera.

SECCION II

DATOS, METODOLOGIA y RESULTADOS ESPERADOS

Para testear las hipótesis planteadas en la sección anterior nos basaremos o estudiaremos el commodity cobre. Primero describiremos la fuente de los datos, para luego seguir con la metodología a emplear.

DATOS

La información que nosotros vamos a utilizar corresponde esencialmente a la del mercado del cobre, usada en varios estudios previos sobre el tema. Los datos obtenidos los extrajimos directamente de la página Web de la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO; www.cochilco.cl), la cual contaba con los registros históricos de dicho metal, los que corresponden a los transados en la Bolsa de Metales de Londres (LME).

De esta bolsa, tomamos observaciones diarias correspondientes a al Precio Spot, Precio Futuro a 3 meses e Inventario (stock) del commodity en cuestión. La fecha tomada en consideración para el estudio, es la comprendida entre Abril-1997 hasta Enero-2008, (correspondiente a un total de 3900 observaciones aproximadamente), lo que nos permite contar con una base de datos lo suficientemente amplia y así no tener problemas de perder grados de libertad en el momento de realizar estimaciones. Los precios spot y futuro del commodity se encuentran expresados en Centavos de Dólar por Libra mientras que los inventarios están expresados en toneladas, por lo que llevamos a cabo la conversión necesaria de los inventarios, requerida para tener consistencia en los resultados obtenidos (1Ton=2203Lb). Todos los precios (spot y fututos) e inventarios corresponden a los valores oficiales determinados y registrados a la fecha de cierre correspondiente en dicha bolsa (LME).

En cuanto a la tasa de interés, estos fueron obtenidos desde la Reserva Federal Norteamericana (USA Federal Reserve Board;

www.federalreserve.gov) para el mismo periodo comprendido entre Abril-1997 hasta Enero-2008. Dicha serie de tasas de interés (USD), corresponden a la tasa que paga un bono del Tesoro Norteamericano para un periodo de 3 meses; dicha tasa, es la observada o proveniente de los mercados secundarios, donde se transan estos bonos. Los mercados secundarios son los mercados en donde los activos financieros, en este caso los bonos, que fueron emitidos y comercializados en los mercados primarios se revenden al público en general. Aquí es donde finalmente se establece el precio definitivo del activo en cuestión.

La estadísticas descriptivas principales, para los precios (spot, futuro y tasa de interés) e inventario se encuentran registradas en la tabla 1. Lo más importante es destacar, como señalaron Deaton y Laroque (1992), que los precios de los commodities se caracterizan primordialmente por ser, altamente volátiles, tener una “skewness” alta y positiva, además de una “kurtosis” significativa. Además los precios de los commodities tiende a mostrar “picos” o saltos infrecuentes hacia arriba mas que hacia abajo.

Al ver los datos resaltan estas características para el caso del cobre, en donde los precio futuros y spot (ver figuras 1 y 2), muestran ser altamente volátiles, con un coeficiente de variabilidad (CV) de aproximadamente de 69% para ambos precios. Por otro lado también resalta el hecho de que esta serie de precios presentan una coeficiente de asimetría de 1,5 y uno de kurtosis de 3,6 aproximadamente, tendido a ser mas bien una distribución asimétrica y leptocurtica”, lo que lo aleja mucho de un comportamiento “normal”. Para corroborar esto también se presenta el test de Jarque-Bera (1980), el cual testea si la serie de precios sigue o no una distribución o comportamiento normal En todo los casos se rechaza la hipótesis nula de normalidad con una probabilidad de 0% (p-value).

La figura 3 muestra la relación existente entre el precio spot y el precio futuro para el commodity en cuestión. Se observa una relación casi lineal entre el precio futuro y el precio del activo subyacente (Cobre) tendiendo a aumentar el spread, si bien no tanto, a medida que este aumenta. Esta relación esta acorde con la observada en otros estudios y con el comportamiento de este tipo de commodities industriales.

Para el caso de los inventarios (ver figura 4), también presentan ser altamente volátiles con un coeficiente de variabilidad de un 70% aproximadamente. Al igual que los precios spot y futuro, la serie de estos datos se comporta de forma no normal, con un coeficiente de asimetría de 0,33 y uno de kurtosis de 1,6. Para el test de Jarque-Bera presenta un p-value de 0%, rechazando así la hipótesis de normalidad. Para el caso de la serie correspondiente a la tasa de interés (ver figura 5), tenemos un comportamiento parecido en cuanto al comportamiento no normal, pero con una variabilidad menor, en relación al resto de los precios. Coeficiente de variabilidad de 45% aproximadamente.

Las estadísticas concernientes, al test o prueba de raíz unitaria, para los precios e inventario, se presentan en la tabla 2. Para llevar a cabo esta prueba usamos el test de Dickey-Fuller aumentado (1979, 1981) y el test de Phillips-Perron (1988) para tener otro punto de comparación y estar mas seguro de los resultados. Al usar el Test DFA, se suple una de las deficiencias que trae el Test de Dickey-Fuller (versión no aumentada) el cual necesariamente asume de que el proceso generador de datos es AR(1) bajo la hipótesis nula. De no ser así, entonces la autocorrelación en el termino de error sesgara el test.

Para poder solucionar este problema utilizamos el test DFA el cual es idéntico al DF sin aumentar o estándar pero se construye en el contexto de una regresión del siguiente tipo:

$$\Delta y_t = \rho y_{t-1} + \sum_{j=1}^j \gamma_j \Delta y_{t-j} + \mu_t$$

en donde la selección de rezago j debe asegurar de que el término de error se distribuye como ruido blanco. El test de Phillips y Perron (1988) proponen y desarrollaron una forma o teoría más comprensiva de la prueba sobre la raíz unitaria no estacionaria. Este test es similar al ADF y llevan a resultados similares, pero la diferencia radica en que este toma en cuenta o considera la correlación serial de los residuos y la heterocedasticidad de los mismos. Este test de PP, tiende a producir resultados más poderosos, pero está sujeto si a un mayor número de posibles distorsiones, por ejemplo es más sensible a posibles mal especificaciones del modelo a estimar. Es por eso que probamos con estos dos test para evitar problemas.

Los resultados muestran que los niveles de las series de precios spot, futuros, los inventarios y las tasas de interés son no estacionarias, al no rechazar la hipótesis nula de no estacionariedad. Al seguir con el test ahora aplicado a la primera y segunda diferencia, si se rechaza la hipótesis nula, en ambos tests, lo que nos lleva a ver que estas series son integradas de orden uno o que tienen una raíz unitaria. (Ver tabla 3 y valores t críticos).

A partir de los datos obtenidos, se obtiene la “Base”, el Convenience Yield o Retorno de Conveniencia (CY), la variación de los inventarios, denominada “DELTAINV”, la retiros (withdrawals) de inventarios “WINV”, la “Base1” correspondiente a $F(t,T) - S(t)$, la “Base2” representada por $F(t,T) - S(T)$, y finalmente “Deltaspot” ($S(T) - S(t)$); todas estas variables serán utilizadas y explicadas en la metodología, sección que viene a continuación. Las principales estadísticas descriptivas se observan en la tabla 3, en donde se observa que todas las variables resultan tener un comportamiento no normal, con un alto coeficiente de asimetría y una kurtosis marcada, tendiendo a ser mas bien “leptocurticas”, (se rechaza la hipótesis nula del test de Jarque-Bera).

Por otro lado, estas variables resultan ser, como cabía esperar, estacionarias en sus respectivos niveles, en donde se rechazan las hipótesis nulas, de la no estacionariedad, tanto del test de DFA como también el de PP. (ver tabla 4 y los valores t críticos). En el caso de las variables relacionadas con el inventario (DELTAINV y WINV) no se presentan tablas, ya que se deduce de la primera diferencia de la variable inventarios mostrada en la tabla 3.

METODOLOGIA Y RESULTADOS ESPERADOS

En la presente sección, se mostrarán y explicarán los distintos métodos y ecuaciones que se ocuparan para llevar a cabo el testeo de las hipótesis explicadas en la sección anterior. Para llevar a cabo esto, subdividiremos el análisis en 3 partes. La primera estará relacionada con una de las implicancias de la Teoría del Almacenamiento (TA), en donde plantea la relación existente entre la base, la tasa de interés y los inventarios. Por otro lado también se testean las hipótesis planteadas por la teoría del premio por riesgo y capacidad de predecir precios futuros; como también lo relacionado con a la rentabilidad de los futuros frente a cambios de los inventarios. La segunda estará relacionada con otra de las predicciones de este teoría (TA), que involucrará el comportamiento del Convenience Yield (CY) frente a los inventarios.

Finalmente la tercera parte estará vinculada con el comportamiento dinámico del CY en donde se testearán propiedades de su volatilidad.

Parte 1:

Como habíamos explicado anteriormente el análisis lo dividiremos en 3 partes. En la presente, explicaremos las regresiones que llevaremos a cabo, concerniente con la base, la tasa de interés y los inventarios como también las que están relacionadas por el lado del premio por riesgo y capacidad de predicción.

Basándonos en la metodología usada por Fama y French (1987;1988), usáramos básicamente tres ecuaciones:

$$\Delta Base = \alpha_1(T, t) + \beta_1 \Delta R(t, T) + \beta_2 \Delta Inv(t, T) + e(T, t) \quad (10)$$

$$S(T) - S(t) = \alpha_2 + \beta_3 F(t, T) - S(t) + u(t, T) \quad (11)$$

$$F(t, T) - S(T) = \alpha_3 + \beta_4 F(t, T) - S(t) + o(t, T) \quad (12)$$

La ecuación 10, lo que representa básicamente es intentar ver el impacto que tiene sobre la base, tanto la tasa de interés, como también los inventarios (Stocks). El hecho que se coloquen los “deltas” para representar cambios, es para poder tomar en consideración el orden de integración de la tasa de interés, y así poder tener resultados consistentes al momento de realizar la regresión. El hecho de que se utilice esta variación del modelo tradicional de Fama-French no produce cambio alguno en los valores que deberíamos esperar de los parámetros.

Al ver la relación presente en la ecuación 10, por inspección se ve que nos debiese dar un valor para el parámetro β_1 , cercano a 1, es decir una relación uno a uno entre la base y la tasa de interés, $\frac{\delta Base}{\delta R} \approx 1$.

Shocks de demanda positivos y shocks de oferta negativos lleva a que haya una reducción de los inventarios y también que haya un aumento de los precios spots, reflejando la escasez del commodity en dichos mercados. El precio de los precios futuros también aumentará pero no tanto como el spot. Los futuros reflejan las expectativas sobre cual será el precio spot futuro e incluyen también las expectativas de que los inventarios serán repuestos a través del tiempo, lo que hará que el precio spot retorne por ende a sus precios “normales”. Segundo el premio por riesgo también debería aumentar. Ambos efectos producirán que el el spread entre precio futuros y spot se eleve o aumente, llevando a una relación inversa entre la base y los inventarios. En el caso de nuestra ecuación, este efecto debería reflejarse en que el parámetro

β_2 , tomase un valor negativo. $\frac{\delta Base}{\delta inv} \leq 0$.

La ecuaciones 11 y 12, tienen que ver con la Teoría de Backwardation o Premio por riesgo, explicada en la sección previa, las cuales están basadas en Fama (1984). La ecuación 11 trata de evidenciar que el si es que la base observada en t , tiene o contiene información acerca de cual será el cambio en el precio spot de t a T (este cambio corresponde a la variable “DELTA SPOT”, que es cuando madura el precio futuro. Esto es lo mismo que ver si es que el precio futuro tiene poder en predecir cual será el precio spot futuro. La ecuación 12, evidencia si es que la base observada en t , contiene información sobre cual será el “premio” que se dará o realizara en T . La variación predecible en los premios realizados es evidencia de que hay premios esperados que varían con el a través del tiempo.

Dada la estructura o el como están planteadas estas ecuaciones, tenemos que al sumar el premio con el cambio el los precios spot da como resultado

$F(t,T) - S(t)$, lo que corresponde como habíamos visto anteriormente a la base. Dado esto la suma de $\beta_3 + \beta_4$ debiese ser igual a uno mientras que la suma de los interceptos, $\alpha_2 + \alpha_3$, debería ser igual cero. El que la suma de los parámetros, betas, sea 1 significa que la regresión destina o localiza la variación de la base al premio esperado, al cambio esperados los precios spots o bien a una mezcla de ambos. Por otra parte el que estos parámetros tomen valores positivos estaría indicando que la base efectivamente tiene o contiene información respecto a si puede predecir ya sea el precio futuro spot o bien sobre el premio realizado en dicha fecha.

Otra de las implicancias que presenta esta teoría viene por el lado del impacto que tiene los “retiros” del inventario sobre la rentabilidad de los futuros, la cual testaremos corriendo la siguiente regresión:

$$RentF(t) = \alpha_4 + \delta_l \Delta Inv_{t-l} + g_i(t) \quad (13)$$

en donde la rentabilidad de los futuros (lado izquierdo) que corresponde a la variación porcentual de los precios futuros, se intenta explicar por los retiros de los inventarios rezagados en algún periodo $t-l$ (lado derecho), el cual corresponde a la diferencia entre el inventario o stock del periodo t , menos el inventario o stock del período $t+1$.

Por este lado, de la predictibilidad del retorno y los inventarios, esperaríamos obtener una relación directa entre ambos, lo que estaría capturado en el parámetro δ_l . Al igual se podrá ver si es que retiros pasados o rezagados en más años tiene algún efecto, que se transmite entre periodos, sobre los retornos de algún periodo presente.

Esperamos que este parámetro sea positivo, para el primer rezago, por lo que se verá, si a partir del segundo rezago dicho efecto se mantiene o tiene influencia en resultados presentes.

Esto básicamente, a que es posible, que un aumento en los retiros de inventarios, es decir que estos disminuya, repercuta en los niveles de aversión al riesgo o bien en el riesgo esperado por parte de los especuladores, haciendo que estos aumenten, implicando por lo tanto que se “demande” un mayor “premio” sobre los futuros. El efecto contrario ocurriría si es que se da una

aumento en los niveles de inventarios. $\frac{\delta Rent}{\delta \Delta Inv_{t-1}} \geq 0$

Parte 2:

Pasando a otro tema, si bien manteniéndonos dentro de la Teoría del Almacenamiento, nos centraremos ahora en las relaciones que se dan entre el Retorno de Conveniencia y los inventarios. Para testear dichas relaciones nos basaremos en las siguientes ecuaciones:

$$\Delta CY_i = \alpha_5 + \beta_5 \Delta Inv_i + \beta_6 \Delta Inv_i^2 + k_i(t) \quad (14)$$

$$\Delta Inv_{t-1}^i = \alpha_6 + \beta_7 CY_i + \beta_8 CY_i^2 + h_i(t) \quad (15)$$

La ecuación 14, intenta evidenciar la relación que hay entre el Convenience Yield y los inventarios, en donde se agrega el término cuadrático para testear también por las no linealidades que puedan existir. De la misma manera, en la ecuación 15 se intenta ver el impacto que tiene, el valor que tome el Convenience Yield, ya sea uno bajo (termino lineal) o muy alto (termino exponencial), sobre los retiros de los inventarios, variable que ya fue definida previamente. Este retorno de conveniencia se calculó a partir de la metodología usada en Dincerler y Khokher, quienes lo estiman como el negativo de la base ajustada por interés, es decir:

$$CY_t = - Base_t - R_t$$

Dentro de las relaciones existentes entre el CY y los inventarios podemos esperar dos efectos principalmente, representados por los parámetros β_5 y β_6 respectivamente. Ambos tiene que ver con lo que predice la Teoría del Almacenamiento explicado en la sección teórica. El primero tiene que ver con el hecho de capturar el impacto negativo que tiene los niveles de inventario sobre el CY, mientras que el segundo apunta a evidenciar el que los CY decrecen a tasas marginales crecientes respecto de los inventarios. Por lo que esperamos un valor negativo para el primer parámetro mientras que uno positivo para el segundo. $\frac{\delta CY}{\delta inv} \leq 0$ y $\frac{\delta^2 CY}{\delta inv^2} \geq 0$.

Los retiros de inventario, traen consigo asociado un costo, el que si bien es menor que el incurrido en extraer las reservas de subsuelo, igual se encuentra presente. Por lo tanto, un aumento en la demanda por ejemplo, elevaría al CY hasta que cierto punto fuese alcanzado, en donde haría que los stocks fuesen retirados para alivianar el problema de escasez. Por otro lado los CY pueden ser deprimidos o bien pueden disminuir producto de la relativa abundancia lo que hace que el mantener inventarios sea menos beneficioso. Esto quiere decir que cuando el aumento o la abundancia alcanza un nivel crítico los niveles de stock o inventario serán retirados lo que quiere decir, que se “pagaran“ sus costos de almacenamiento. Por lo tanto los stocks deberían ser retirados en ambos casos, cuando el CY es alto y muy bajo. Esto se vera reflejado en que ambos parámetros, β_7 y β_8 , debiesen ser positivos.

$$\frac{\delta \Delta Inv}{\delta CY} \geq 0 \text{ y } \frac{\delta^2 \Delta Inv}{\delta CY^2} \geq 0$$

Parte 3:

Finalmente, manteniéndonos siempre sobre el Convenience Yield, se estudian propiedades dinámicas de este, en donde nos centraremos en el comportamiento de su volatilidad. Para testear dicho comportamiento seguiremos la metodología planteada en Liu y Tang (2007), quienes proponen las siguientes ecuaciones:

$$CY_t = \alpha_7 + \beta_9 CY_{t-1} + l_t \quad (16)$$

$$l_t^2 = \alpha_8 + \beta_{10} CY_{t-1} + g_t \quad (17)$$

$$|l_t| = \alpha_9 + \beta_{11} CY_{t-1} + s_t \quad (18)$$

Las ecuaciones 17 y 18 examinan o ven si es que la volatilidad del Retorno de Conveniencia en el momento t , puede ser explicada por el mismo retorno pero en $t-1$, estas regresiones son la de Breusch-Pagan and Glejser test para la heterocedasticidad respectivamente.

Por otro parte se testea, con el fin de ver si es que la heterocedasticidad que se detecta en los commodities es universal, y ver que esta no proviene precisamente producto de los inventarios, sino de la relación que surge entre el CY y estos. Las ecuaciones para testear por la heterocadisticidad de los inventarios es la siguiente:

$$\Delta Inv_t = \alpha_{10} + \beta_{12} Inv_{t-1} + k_t \quad (19)$$

$$k_t^2 = \alpha_{11} + \beta_{13} Inv_{t-1} + a_t \quad (20)$$

$$|k_t| = \alpha_{12} + \beta_{14} Inv_{t-1} + b_t \quad (21)$$

en donde la idea es básicamente la misma que antes, solo que ahora es aplicada a los inventarios. Se utiliza esta relación lineal por ser considerada una aproximación de primer orden para cualquier relación compleja que se quiera estudiar, la cual es altamente confiable.

Según los estudios respecto a este tipo de commodities, la volatilidad de estos tiene un comportamiento heterocedástico, por lo que esperaríamos tener parámetros (β_9 , β_{10} y β_{11}) estadísticamente significativos y positivos.

Por otro lado, como también habíamos dicho anteriormente, esta heterocedasticidad no debiese provenir por el lado de los inventarios, por lo que esperaríamos que los parámetros, β_{12} , β_{13} y β_{14} , de las ecuaciones 19 a la 21, fuesen estadísticamente no significativos; esto quiere decir que los valores que tomasen estos parámetros se podrían considerar como cero.

SECCION III

RESULTADOS

En la presente sección se presentaran y analizaran los principales resultados encontrados de las regresiones estimadas en la sección previa. Para este efecto, iremos analizando las regresiones por partes, como lo hemos hecho hasta el momento.

Parte 1:

Los principales resultados se encuentran presentados en la tabla 5, en donde también se encuentran los principales tests (t, F, Durbin-Watson) asociados a las regresiones de esta parte

Al correr la regresión asociada a la ecuación (10), ver Panel A, encontramos que la relación existente entre la base y la tasa de interés no es la esperada de acuerdo a lo postulado por la teoría del almacenamiento y testeado también por Fama y French (1987); básicamente lo que se esperaba ver era una relación “uno a uno” entre ambas variables. Lo encontrado muestra que el parámetro asociado a dicha relación, β_1 , toma un valor de 0.24 aproximadamente, el cual es estadísticamente significativo sólo a un nivel del 10%, (p-value 0.062). Para ver si esta relación se da o no en todo el periodo tomado en consideración, corrimos la misma regresión pero ahora tomando en cuenta una muestra de nuestra población. En este caso encontramos que a partir de aproximadamente el mes de Mayo del 2002, se empieza a observar una relación inversa o negativa entre base y tasa de interés, la cual sería una posible razón de porque el parámetro comienza a disminuir y alcanzar un valor tan bajo al momento de considerar todos los datos. Antes de la fecha indicada, efectivamente se da un relación positiva o directa con valor cercano a 1 ($\beta_1=1,02$) y estadísticamente significativa (p-value 0), que estaría acorde lo planteado por la teoría.

Por otro lado consideramos también, la posibilidad de que el hecho de tener los inventarios en la ecuación, como variable explicativa, de alguna manera le podría estar quitando poder a la estimación de β_1 , ósea el impacto de la tasa de interés sobre la base, lo que en definitiva estaría provocando que este tomara un valor tan bajo.

Corrimos una regresión auxiliar (A1), del mismo tipo que la ecuación (10) solo que ahora consideramos la relación entre la tasa y los inventarios.

$$\Delta R(t, T) = \theta_1(t, T) + \theta_2 \Delta Inv(t, T) + \iota(T, t) \quad (A1)$$

En dicha regresión, encontramos que efectivamente hay una relación inversa entre ambas variables, pero estadísticamente es altamente no significativa (ver test t o p-value), en otras palabras podríamos considerar este el parámetro θ_2 , igual a cero. Esto nos lleva a ver que la relación existente entre la tasa de interés y la base se puede deber solo al efecto que hay entre ellas y no producto de que los inventarios jueguen algún papel sobre la tasa de interés.

En cuanto al parámetro β_2 , (ecuación 10), este resulta ser negativo, y altamente significativo (p-value 0), lo que estaría reflejando la relación inversa que existe entre la base y los inventarios; esto estaría en concordancia con lo planteado en la Teoría del Almacenamiento y cuya razón fue explicada anteriormente.

En relación a esta misma hipótesis, realizamos dos regresiones anexas (A2 y A3) para tener una mayor certeza sobre el resultado anterior. Estas intentan corroborar el hecho que la variación en los precios spots es mucho mayor a la que sufren los precios futuros ante una misma variación de los inventarios, lo que explicaría en definitiva el porque de la disminución de la base, que fue lo estudiado en la ecuación anterior.

Ambos resultados resultan ser estadísticamente significativos bajo un nivel del 95% de confianza, lo que nos lleva a reforzar los resultados encontrados con anterioridad.

$$\Delta S(t) = \theta_3 + \theta_4 \Delta Inv(t, T) + \iota(t) \quad (A2)$$

$$\Delta F(t, T) = \theta_5 + \theta_6 \Delta Inv(t, T) + \xi(t) \quad (A3)$$

Por el lado de las ecuaciones (11) y (12), ver Panel B, relacionadas con la teoría de premio por liquidez, las estimaciones muestran que la base tiene poder en predecir cual será el cambio en el precio spot de t a T , o en otro sentido, la base tiene puede predecir cual será el precio futuro, no así para cuales serán los premios por liquidez que se realizaran en T . El parámetro asociado a la primera ecuación (β_3), toma un valor de 1.16 y es altamente significativo (p-value 0), además cabe destacar que el coeficiente de determinación R^2 y R^2 ajustado toman valores del 98% aproximadamente, lo que muestra que la base explica en gran mayoría la variación en los precios spots. Para el caso de la ecuación (12), el coeficiente de dicha relación es negativo y estadísticamente no significativo aun nivel del 95% de confianza, lo que implicaría que la base no tiene poder o información alguna sobre cual serian los premios esperados a través del tiempo.

Los resultados concernientes a la ecuación (13), ver Panel C, muestran que la relación entre los premios o la rentabilidad de los futuros y los retiros en los inventarios es consistentemente positiva y estadísticamente significativa a un nivel del 5%, solo para el caso del primer rezago. A partir ya del segundo y tercero los parámetros si bien son positivos, dejan de ser estadísticamente significativos por lo que estos no deberían tener o ejercer influencia alguna sobre cuales serán los retornos presentes. Estos resultados sugieren entonces, que la escasez actual y futura pueden afectar los premios por riesgo, en donde en periodos de relativa abundancia acompañado de una demanda baja,

provocara que los inventarios aumenten (dado que hay un excedente del commodity en cuestión), causando finalmente que este (premio) se vea disminuido.

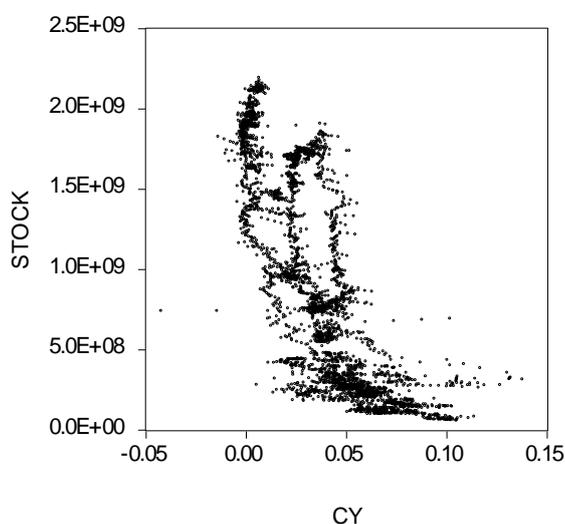
Parte 2:

Los principales resultados se encuentran presentados en la tabla 6, en donde también se encuentran los principales tests (t, F, Durbin-Watson) asociados a las regresiones de esta parte.

El panel A, muestra que la relación entre la variación de los inventarios y la del Convenience Yield, es negativa y estadísticamente significativa, relación o efecto que esta capturado por el por el parámetro asociado a la variable no exponencial (lineal).

Por otro lado, como también postula la Teoría del Almacenamiento, encontramos que efectivamente el CY cae a una tasa creciente a medida que la variación del inventario aumenta. Esto esta reflejado en que el coeficiente o parámetro que acompaña al término cuadrático es positivo y estadísticamente significativo.

Esto también se ve reflejado gráficamente, con nuestra data utilizada, en donde la pendiente de la relación estudiada es cada vez mas alta o mayor mientras mas bajo es el inventario y viceversa.



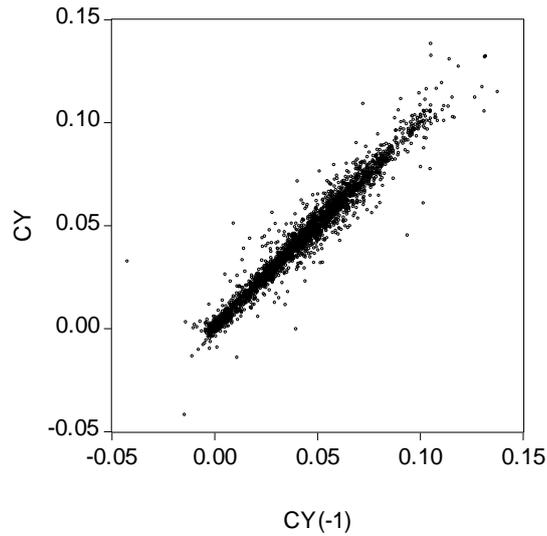
Por otro lado, relacionado con la ecuación (15), las estimaciones muestran que efectivamente, ver panel B, durante periodos de relativa escasez, en donde el precio spot como el Convenience Yield son altos, los stocks del commodity (cobre), serán retirados de los inventarios con objeto de poder aminorar y aplacar la escasez. Para este caso tenemos un coeficiente o parámetro positivo y estadísticamente significativo a un nivel del 5%. Sin embargo, no ocurre lo mismo para el caso en donde el CY se ve disminuido por la relativa abundancia de los stocks y por ende los inventarios.

Esto corresponde o es capturado por el término cuadrático, cuyo coeficiente es negativo, pero no es estadísticamente significativo. Por un lado el mantener inventarios mucho más grandes, hace que estos se tornen mucho menos valiosos, hasta que en cierto punto los costos de mantenerlos superan los beneficios representados por el CY. El hecho de que el parámetro sea negativo, evidencia lo contrario a lo que la teoría dice, llevando a pensar que los costos de almacenamiento en el fondo, son relativamente muy pequeños o bajos para el cobre. Sin embargo, al no ser distinto de cero estadísticamente hablando, implica que no existe relación alguna entre los retiros de los inventarios y este término cuadrático.

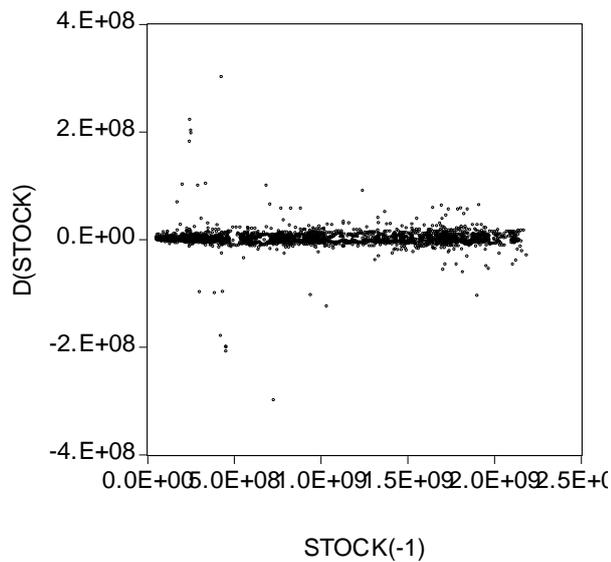
Parte 3

Los principales resultados se encuentran presentados en la tabla 7, en donde también se encuentran los principales tests (t, F, Durbin-Watson) asociados a las regresiones de esta parte.

El panel A, evidencia que efectivamente, un nivel alto de conveniencia predecirá o implicará una alta volatilidad del Convenience Yield, lo que queda reflejado en la significancia estadística que tienen los parámetros asociados a estas ecuaciones, a un nivel del 95% de confianza. Esto quiere decir por lo tanto, que dicha volatilidad del Convenience Yield es heterocedástica.



Por otro lado, el panel B, muestra la insignificancia estadística de los parámetros asociados a las ecuaciones (19), (18) y (21), a un nivel también, del 95% de confianza. Esto quiere decir, que la varianza o bien la volatilidad de los inventarios, para el caso del cobre, no dependen de manera lineal, de los niveles que hayan de estos mismos. También se confirma la hipótesis de que la heterocedasticidad en el commodity del cobre no es causada por la presencia de esta en los inventarios sino por la relación que se da entre estos y el Convenience Yield.



Resumen y Conclusiones

A lo largo de ese seminario hemos analizado y estudiado las principales características que surgen al momento de examinar el comportamiento de los precios futuros sobre el commodity Cobre. Esencialmente surgen dos posturas o visiones que intentan dar cuenta de este comportamiento, la Teoría del Almacenamiento, la cual explica que la variación de la “base”, que corresponde a la diferencia entre precio futuro y precio spot del commodity, debe ser igual a los intereses dejados de ganar producto de que se adquirió el producto, más los costos de almacenamiento y finalmente más un “retorno de conveniencia” o Convenience Yield. La otra teoría, mucho mas controversial, corresponde a la de Premio por Riesgo y Poder Predictivo, la cual plantea que los precios futuros contienen, un premio por riesgo por el hecho de asimilar, quien compra el futuro, la incertidumbre de cual será el precio en el futuro del commodity, además también de ese ser una estimación o predicción de la cual debería ser el precio spot futuro. La variación de ambos componentes, debería explicar la variación en la “base” de los futuros en cuestión.

Otro aspecto importante que surge al momento de considerar la valoración de futuros sobre commodities, es la idea o concepto de un “Convenience Yield. Este “retorno” es básicamente, un beneficio que perciben los tenedores o dueños del commodity, por solo el hecho de poseerlo físicamente, y ser capaces por ejemplo de poder suavizar la producción en momentos en que haya una escasez o bien un superávit en el mercado del commodity; esto quiere decir, que perciben un retorno, porque el producto en si mismo, posee valor, y no necesariamente por el hecho del “valor” adquirido en el mercado financiero como ocurre en los activos de inversión (acciones, bonos, etc). Estos commodities se puede ocupar directamente en algún proceso productivo, como el caso del cobre, cuya importancia ha sido clave en el desarrollo de la economía mundial y locales como el caso de Chile.

Con una extensa base de datos con información del Cobre diaria transada en la Bolsa de Metales de Londres (precios e inventarios:1997-2008) hemos podido documentar aspectos importantes sobre estas teorías y comportamiento de los precios futuros. Consistente con la Teoría del Almacenamiento, evidenciamos empíricamente que la “base” de futuros varía efectivamente con la variación de la tasa de interés y de los inventarios, cuyos resultados fueron significativos estadísticamente. Por otro lado y dentro de esta misma teoría, hemos documentado distintos aspectos del comportamiento del Convenience Yield, en cuanto a su relación con la variación de los inventarios (este decrece a tasas crecientes), como también sobre la dinámica de su volatilidad, la cual es heterocedástica, tanto estadística como económicamente significativa. Además el estado en que se encuentren los inventarios, es decir los retiros que hayan de estos, son informativos al momento de ver cual será la variación en el retorno sobre los futuros.

Finalmente, y de acuerdo a lo planteado con la segunda teoría, evidenciamos que la base efectivamente tiene poder o es informativa al momento de predecir cual será la variación del precio spot o bien que los precios futuros tienen poder para predecir cual será el precio spot futuro en el caso del cobre. Estos resultados son altamente significativos y estarían explicando en gran medida la variación que sufren los precios spots entre periodos. (98% aproximadamente).

Como recomendación para estudios futuros, cabría destacar el hecho de extender este análisis para otra serie de commodities, por ejemplo sobre otros metales, y ver si que estas relaciones se siguen cumpliendo con igual intensidad o significancia que para el cobre; de esta manera se podrá tener un mayor conocimiento sobre el comportamiento que sufren los precios sobre commodities los cuales a través del tiempo han mostrado ser altamente volátiles

REFERENCIAS

- Fama, E. and K. French. (1987). "*Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage*" Journal of Business.
- Fama, E. and K. French. (1988). "*Business Cycles and the Behaviour of Metals Prices*" Journal of Finance.
- Fama, E. (1984). "*Forward and Spot Exchange Rates*" Journal of Monetary Economics.
- Willam H. Greene. "*Análisis Econométrico*" 3ª Edición.
- Gujarati, Damodar N. "*Econometría*" 4ª Edición
- Johnston J and Dinardo J. "*Econometric Methods*" 4ª Edición.
- Working, H. (1949). "*The Theory of the Price of Storage*," American Economic Review.
- Brennan, M.J. (1958). "*The Supply of Storage*," American Economic Review.
- Kaldor, N., (1939). "*Speculation and Economic Stability*", Review of Economic Studies.
- Telser L.G. (1958). "*Futures trading and the sotrage of cotton an wheat*", Journal of Political Economy.
- Dusak, K., (1973). "*Futures trading and investor returns: An investigation of commodity market risk premiums*", Journal of Political Economy.
- Martin J. Neilsen and Eduardo Schwartz (2004). "*Theory of Storage and Pricing of Commodity Cliams*", Review of Deruvatue Research.
- Gary B. Gorton, Fumio Hayashi and K. Geert Rounwenhorst (2007). "*The Fundamentals of Commodity Futures returns*" Yale ICF Working Paper No. 07-08.
- Hodges, S., Ribeiro, D. (2004). "*Equilibrium Storage Model for Commodity Price Dynamics*" Competitive and Monopolistic Markets, working paper U. of Warwick.
- Routledge, B., D. Seppi, and C. Spatt, (2000) "*Equilibrium Forward Curves for Commodities*" Journal of Finance 55.

- Ng, V., Pirrong, C., *Fundamentals and Volatility: Storage, Spreads, and the Dynamics of Metals Prices*, 1994, *Journal of Business*, vol. 67.
- John C. Hull. "Options, Futures and Other Derivatives", 6ª Edición.
- Kantekin Dincerler, Zeigham Khokher and Timothy Simin (2005). "*An Empirical Analysis Of commodity Convenience Yields*" Working paper series. <http://www.ssrn.com/>
- Peng (Peter) Liu and Ke Tang (2007-2008). "*The Heteroskedasticity of the Commodity Convenience Yield*. Working paper series. <http://www.ssrn.com/>
- Pindyck, R. (2001), "*The Dynamics of Commodity Spot and Futures Markets: A Primer*" *The Energy Journal* 22.
- Jagannathan, Ravi (1985). "*An Investigation of Commodity Futures Prices Using the Consumption-Based Intertemporal Capital Asset Pricing Mode*," *Journal of Finance*, vol. 40.
- Ng, V.K. and S.C. Pirrong. (1994). "*Fundamentals and Volatility: Storage, Spreads, and the Dynamics of Metals Prices*". *Journal of Business*.
- Keynes, J. (1923). "*Some Aspects of Commodity Markets*", *Manchester Guardian Commercial*, Reconstruction Supplement 29, March.
- Keynes, J.M., 1930. "*A Treatise on Money*" vol.2 (Macmillan & Co. Ltd., London).