

cuadernos de investigación

EFICIENCIA Y FUTUROS EN LAS BOLSAS DE METALES

Roberto Urrunaga Pascó-Font

Mario Aguirre Guardia

Alberto Huarote Sako



UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO
CENTRO DE INVESTIGACIÓN (CIUP)



consorcio
de investigación económica

Eficiencia y Futuros en las Bolsas de Metales

Serie: Cuaderno de Investigación No. 13

Roberto Urrunaga Pascó-Font

Mario Aguirre Guardia

Alberto Huarote Sako

EFICIENCIA Y FUTUROS EN LAS BOLSAS DE METALES



UNIVERSIDAD DEL PACIFICO
CENTRO DE INVESTIGACION (CIUP)



consorcio
de investigación económica

LIMA - PERU

1992

© Universidad del Pacífico
Centro de Investigación
Avenida Salaverry 2020
Lima 11, Perú

EFICIENCIA Y FUTUROS EN LAS BOLSAS DE METALES

Roberto Urrunaga Pascó-Font, Mario Aguirre Guardia y Alberto Huarote Sako

1a. Edición: Agosto de 1992

Esta publicación ha sido hecha con el auspicio del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID) y de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (ACDI).

BUP - CENDI

Urrunaga Pascó-Font, Roberto

Eficiencia y futuros en las bolsas de metales / Roberto Urrunaga Pascó-Font, Mario Aguirre Guardia y Alberto Huarote Sako. -- Lima : Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico, 1992.

/MERCADO DE METALES/ALUMINIO/COBRE/ESTAÑO/NIQUEL/PLOMO/ZINC/

38:622 (CDU)

Miembro de la Asociación Asociación Peruana de Editoriales Universitarias y de Escuelas Superiores (APESU) y miembro de la Asociación de Editoriales Universitarias de América Latina y el Caribe (EULAC).

El Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico no se solidariza necesariamente con el contenido de los trabajos que publica.

Derechos reservados conforme a ley.

INDICE

1.	Introducción	9
2.	Mercados a Futuro	11
2.1	Definición y Naturaleza de los Contratos a Futuro	12
2.2	Estructura y Funcionamiento de los Mercados a Futuro	14
2.3	La Función Económica de los Mercados a Futuro	17
3.	Eficiencia, Riesgo y Mercados a Futuro	20
3.1	Eficiencia	20
3.2	Inclusión del Riesgo	22
3.3	Eficiencia, Riesgo y Mercados a Futuro	23
3.4	Algunas Precisiones y Adaptaciones	25
4.	Información y Metodología	28
4.1	Metodología	28
4.2	Información	29
5.	Presentación de Resultados	31
5.1	Identificación de los Procesos que siguen las series	31
5.2	Estimación de los Parámetros	35
5.3	Comprobación de Diagnóstico	37
6.	Análisis de Eficiencia en las Bolsas de Metales	40
6.1	Formulación de Estrategias de Venta de los Productores	40
6.2	Predicciones de los Precios de los Metales	42
6.3	Retornos Excesivos por Especular: Ineficiencia	45
6.4	Eficiencia al Introducir los Contratos a Futuro	47
7.	Comentarios Finales	51
	Bibliografía	53
	Anexos	57

1. INTRODUCCION*

Un tópico muy investigado en la literatura económica ha sido el referido a la eficiencia de los mercados. Sin embargo estos estudios se han centrado básicamente en unos cuantos mercados (como los financieros), por lo que se ha producido un escaso desarrollo de investigaciones sobre el funcionamiento de las diversas Bolsas de Materias Primas No Perecibles y, en particular, sobre sus grados de eficiencia.¹

En un estudio anterior y tratando de llenar este vacío, el autor analizó el comportamiento de la Bolsa de Metales de Londres y mostró teórica y, sobre todo, empíricamente la existencia de ineficiencia en sus mercados, principalmente a partir de las actividades especulativas que podían realizar los productores de los metales.²

Sin embargo, una de las principales limitaciones de tal trabajo, que fue mencionada en su oportunidad, radicó en la no incorporación de los

contratos a futuro, modalidad que suele ser muy utilizada por los productores de los metales que participan en la bolsa. Por lo tanto, el presente estudio pretende cubrir tal déficit y contrastar los nuevos resultados con los que se obtuvieron anteriormente. La idea, entonces, es apreciar si con la inclusión de los mercados a futuro se elimina o aminora la ineficiencia del mercado de metales analizado, o si por el contrario los futuros acentúan tal ineficiencia.

Al igual que en el estudio anterior aquí se utiliza la técnica de Box y Jenkins (más conocida como técnica de series de tiempo) tanto para verificar que las series de precios de los metales no siguen un camino aleatorio (lo cual es una condición necesaria pero no suficiente para que exista ineficiencia) como para realizar predicciones de los precios que determinen si a los productores les conviene vender o acumular en un momento determinado. Esto último constituirá la estrategia

* Este trabajo se basó originalmente en la Tesis que presentó el autor para optar al grado de Master of Arts in Economics por la Georgetown University. El producto final es el resultado de las investigaciones efectuadas tanto en el proyecto interno 91-09 como en el taller del Sector Financiero del TADES.

1. Después de una revisión bibliográfica bastante exhaustiva uno de los pocos autores, por no decir el único, que ha estudiado la eficiencia de una bolsa de metales es Goss (1983 y 1981).

2. Ver Urrunaga (1991).

2 que será comparada con la 1 donde los productores no especulen y vendan toda su producción cada período.

Asimismo, se incluirá una tercera estrategia que seguirá la misma lógica que la estrategia 2, pero considerando además la posibilidad que los productores efectúen transacciones a futuro, al menos buscando realizar operaciones de cobertura para disminuir el riesgo de la alta volatilidad en los precios internacionales de sus productos.

Para mostrar que había un espacio para la especulación pero que éste no era lo suficientemente grande como para que participaran todos los agentes (productores y no productores) y eliminaran así la ineficiencia, en el estudio pasado se presentó un resultado que implicó un margen pequeño de utilidades de la estrategia 2 sobre la 1. Esta misma lógica es la que debiera encontrarse al comparar la estrategia 3 con la 1, siempre y cuando subsistiese la ineficiencia.

La organización de este documento es la siguiente. En la segunda sección (luego de esta introducción) se presenta el marco general de funcionamiento de los mercados a futuro, debido a que se entiende que es una modalidad o mecanismo relativamente desconocido en nuestro medio.

Luego, en la tercera sección se presenta el marco teórico relevante y que se refiere, principal-

mente, al concepto y al tratamiento que tradicionalmente se le ha dado a la eficiencia y al riesgo, discutiéndose además su relación teórica con la presencia de un contrato a futuro. En este punto además se precisarán y ampliarán algunos conceptos con el objeto de hacerlos más prácticos, adecuándolos a los fines del presente estudio.

En la cuarta sección se detalla cuidadosamente la metodología utilizada y se define la data empleada. Luego, en quinto término, se muestran los resultados obtenidos a raíz del análisis de series de tiempo sobre los precios de los seis metales escogidos (Aluminio, Cobre, Estaño, Níquel, Plomo y Zinc) y se realizan las respectivas comprobaciones de diagnóstico para validar los modelos adoptados.

El siguiente punto se refiere a la comparación de las tres estrategias supuestas que enfrentarían los productores con el objetivo de mostrar en términos prácticos la existencia de ineficiencia en las Bolsas de Metales; para finalmente arribar a las conclusiones y las limitaciones del estudio.

Con la finalidad de hacer un documento más didáctico y comparable se presentará gran parte de los resultados y del análisis efectuado en el trabajo anterior.³ Sin embargo, para no extenderse innecesariamente, se obviarán algunos comentarios, resultados y gráficos, por lo que continuamente se estará haciendo referencia a dicho estudio.

3. Ibid.

2. MERCADOS A FUTURO

Los contratos a futuro surgieron como una respuesta a la aparición de una marcada incertidumbre en los principales mercados mundiales debido a la amplia dispersión de los precios internacionales. El fin del acuerdo de Bretton Woods y la aparición del sistema de tipo de cambio libre en 1973 llevó a que se experimente un mayor riesgo cambiario. Asimismo, se apreció una marcada inestabilidad de las tasas de interés. En el mismo sentido, después de la crisis petrolera de 1973, se apreció una creciente volatilidad en los precios de las principales materias primas, destacando los casos del petróleo, los metales, el trigo y la soya, entre otros.

La necesidad de protegerse del riesgo cambiario motivó el desarrollo de los mercados a futuro de divisas en los principales centros bancarios (Nueva York, Londres). Posteriormente, en 1975, el Chicago Board of Trade propuso los principales contratos a futuros sobre los instrumentos financieros, como respuesta a la marcada inestabilidad de la tasa de interés.

El principal antecedente del mercado a futuro es el contrato de entrega diferida (cash

forward contract) que apareció a mediados del siglo pasado (1848) con la fundación del Chicago Board of Trade. Esta bolsa normalizó el comercio de granos para entrega futura. Previamente, el principio fundamental era que los contratos se efectuaban antes de la entrega del bien por las exigencias de ciclo productivo. Sin embargo, los altos costos de transporte y almacenamiento, y los altos márgenes que cobraban los intermediarios para protegerse de las fluctuaciones de precios desalentaron el comercio. La aparición del contrato a futuro resolvió esos problemas iniciales y dinamizó el comercio.

Actualmente se distinguen principalmente tres mercados a futuro: el de productos (metales, trigo, petróleo, azúcar, soya y otros), el de monedas extranjeras (libra esterlina, marco alemán, franco suizo, dólar canadiense, dólar americano, yen y otros) y el de instrumentos financieros (pagarés, bonos, certificados de ahorros, tasas de interés, índices bursátiles y otros). Cada mercado requiere condiciones especiales para su implementación, dependiendo del bien en cuestión⁴. El mercado a futuro más reciente es el de instrumen-

4. Un mayor detalle sobre las condiciones para que un bien sea transado en un contrato se puede encontrar en la sección 2.2.

tos financieros de renta fija cuyo precio es volátil porque depende inversamente de la tasa de interés. En este caso, los contratos a futuro constituyen una respuesta frente a la incertidumbre del mercado.

2.1 Definición y Naturaleza de los Contratos a Futuro

Los contratos a futuro son compromisos firmes de hacer o aceptar entrega de productos (o monedas extranjeras o instrumentos financieros) de una calidad o cantidad específica a un precio específico acordado en el momento del compromiso. Los contratos pueden ser tanto de compra como de venta. El agente que vende un contrato a futuro, es decir el que se compromete a entregar el bien transado, se dice que ha tomado una posición corta (short position). En cambio, el que ha comprado a futuro, se dice que ha tomado una posición larga (long position)⁵.

En general, sólo un pequeño porcentaje del total de contratos transados se realizan mediante entrega física en la fecha convenida; la mayoría de éstos se cancelan mediante la operación contraria al contrato original. Por ejemplo, si el 15 de mayo un agricultor vende a futuro, al 2 de junio, 300 TM de trigo, es muy probable que este contrato venza antes de esta fecha, al comprar el agricultor su contrato a futuro. La diferencia entre el precio inicial o precio de venta y el precio de la transacción representa la ganancia o pérdida total de la operación en el mercado a futuro.

De esta forma, en la bolsa se encuentran dos tipos de mercados: el mercado spot (al contado) y el mercado a futuro, que se equilibran por el libre juego de la oferta y la demanda. Un participante del mercado puede escoger vender su producción

en uno de estos mercados. Dependiendo de las expectativas sobre los precios spots y futuros, el productor colocará (o comprometerá) su producto en uno de estos mercados. Los agentes que han tomado una posición en el mercado a futuro tendrán diferentes expectativas sobre la evolución de los precios en el mercado spot. El que ha tomado una posición corta esperará que los precios spot bajen y el que ha tomado una posición larga esperará que los precios spot suban, buscando obtener ganancias en el mercado de futuros.

2.1.1 Distinción entre un Contrato a Futuro y un Contrato de Entrega Futura

Como se adelantó en la introducción, el principal antecedente del contrato a futuro es el contrato de entrega futura o diferida (forward contract) y en algunos medios suelen tomarse como sinónimos⁶. Con el propósito de aclarar conceptos, se señala que "un contrato forward es un contrato por el cual una persona se compromete a entregar un bien cualquiera en una fecha determinada y otra se compromete a pagar una determinada cantidad de dinero por ese bien"⁷. Por otro lado, el contrato a futuro obliga únicamente a su propietario a comprar una unidad de un activo o "commodity" específico a un precio dado en una fecha futura.⁸ Sin embargo, la diferencia fundamental es que los contratos forward son sólo contratos futuros hechos a la medida.⁹ Por ejemplo, en el Perú no existe ningún mercado a futuro, pero no impide que el Banco de Crédito tome un contrato a futuro a 1 mes de pesos chilenos con el Banco Edwards de Santiago. O que el Citibank de Nueva York haga un contrato a futuro de liras con el Citibank de Roma. Ambos casos representan contratos forward. Pero mientras que en el primer caso se está creando un mercado, en el segundo, se puede estar evitando costos de

5. Ver Kolb (1991).

6. En adelante, se hablará de contratos forward y contratos futuros cuando se quiera hacer referencia a un contrato de entrega diferida y a contratos en el mercado a futuro, respectivamente.

7. Tomado de Farren y Silva (1988), p. 61.

8. El contrato forward se negocia en el mercado forward y el contrato a futuro se negocia en el mercado a futuros y ambos mercados presentan características distintas en sus precios y en la mecánica de su operación. Para mayor detalle sobre la relación entre los precios futuros y forward ver Cox (1981) y Jarrow y Oldfield (1981).

9. Ver Brealey y Myers (1988).

transacción que implica concurrir a una bolsa de valores.

Por lo tanto, un contrato a futuro tiene un mayor grado de estandarización y presenta reglas claras de calidad y fechas de vencimiento, entre otras características. Un rasgo adicional es que se aprecia la existencia de una cámara de compensación, que asegura que se cumplan los acuerdos¹⁰. Es decir que, una vez realizada la transacción, la cámara de compensación se interpone entre vendedor y comprador, y de allí en adelante cada una de las partes involucradas en la transacción tiene que liquidar su posición frente a la cámara de compensación. De esta forma, se despersonaliza el mercado y se aminoran los riesgos de incumplimiento. En cambio, un contrato forward es un contrato en donde únicamente intervienen las partes, y la base de este compromiso radica en la trayectoria del comprador y vendedor. Así, es un mercado de mayor dificultad de operación y expansión porque toma un mayor riesgo de incumplimiento.

Otra diferencia de un contrato a futuro con un contrato forward es la liquidez¹¹. Esta variable, como una proporción del monto negociado, es importante para la entrada o salida de los participantes del mercado. Un contrato a futuro implica una menor liquidez para quien participa en el mercado. En un contrato forward no hay movimiento de dinero hasta que la operación concluya, es decir la liquidez requerida se concentra al término del contrato. En contraste, con el contrato a futuro ocurre un movimiento continuo de dinero a lo largo del contrato, que le resta liquidez a los participantes.

Por último, la mayoría de los contratos futuros no terminan con la entrega física del bien en contraste con la mayoría de los contratos forward.

2.1.2 Relación entre los Precios Spot y Futuros al Inicio y al Final del Contrato

Cuando un contrato se negocia a un precio futuro superior al precio futuro más cercano se

dice que el contrato tiene un contango (carga de porte). La situación inversa recibe el nombre de backwardation.

A medida que se acerque la fecha de vencimiento del contrato, el incentivo por arbitraje terminará y el precio efectivo se asemejará al precio futuro. Sin embargo, las diferencias de precios muy pocas veces llegarán a igualarse por los costos de transacción. Si se aprecia que el precio futuro la mayoría de las veces no es un predictor eficiente de los precios spot, entonces la motivación principal de establecer un contrato a futuro no es la predicción propiamente dicha sino la fijación de un precio.

El contango refleja las cargas financieras en las que se incurre para financiar la adquisición del producto hasta el mes de entrega. Los contratos con periodos más largos también reflejan periodos de financiamiento más prolongados. En condiciones normales de mercado, cuando existe una oferta adecuada, el precio futuro del producto debe ser igual al precio spot más el contango. Los mecanismos del mercado van a llevar a que el contango se aproxime mucho a la tasa de interés. Si el contango es superior que la tasa de interés, entonces los agentes se verán motivados a comprar el metal físico y vender contratos a futuros, ganando finalmente la diferencia entre el cargo de porte y la tasa de interés. En cambio, cuando el contango sea inferior a la tasa de interés, entonces se venderá el físico y se comprará el contrato a futuro, colocándose el remanente en otras alternativas más rentables. Como efecto neto, se verá que el contango tenderá a igualar a la tasa de interés. De esta forma, se aprecia que el contango inicial es un premio por entrega futura.

La diferencia entre el precio futuro y el precio spot es la prima por riesgo en que se incurre para evitar movimientos bruscos de precios. De esta forma el que transa en un mercado a futuro no obtendrá las ganancias extraordinarias que tendría ante un movimiento favorable de los precios en el mercado spot, pero tampoco tendrá las pérdidas extraordinarias si sucediera un movimiento adverso en los precios.

10. Este concepto se desarrolla con mayor amplitud en la sección 2.2.

11. Ver Jarrow y Oldfield (1981).

Sin embargo, como se adelantó al empezar esta sección, existe una situación inversa al contango y que es el backwardation. La teoría del "normal backwardation", propugnada originalmente por Keynes, explica el predominio de un spread negativo por el cual los negociadores están dispuestos a pagar a los especuladores para protegerse ellos mismos del riesgo de la fluctuación del valor de sus inventarios; por lo tanto, los agentes participantes estarían pagando un seguro con la finalidad de conseguir mayor certidumbre en sus funciones de utilidad.

Uno de los sustentos de la teoría del "normal backwardation" radica en que los precios futuros son sesgados y este sesgo es precisamente el que lleva a un aumento de los spreads¹². Dado que en mercados organizados el precio spot es determinado por la oferta y demanda de los inventarios del bien cuando la oferta spot es inelástica, cualquier cambio en la demanda tiene un inmediato impacto sobre el precio futuro. El precio futuro, por otro lado, es determinado por los flujos de oferta tan largos como el tiempo de producción requerido¹³. De esta manera, las consideraciones de demanda tendrán un menor impacto sobre los precios futuros aún para los contratos de corta maduración. Para los contratos de entrega más distante los precios estarán fuertemente afectados por los costos esperados de producción bajo el nombre de precio normal (normal price). El precio normal refleja particularmente los costos salariales, de aquí que cuando los costos monetarios salariales se espera que se sean estables, el precio normal se mantendrá estable. En la medida en que la masa de salarios disminuya, el precio normal estará en backwardation.

Por otro lado, el arbitraje, que envuelve las ventas simultáneas de contratos de spot y de contratos a futuro, presenta limitaciones porque los inventarios almacenados en un centro apropiado de transacción son limitados. Esto último impone un límite a la venta de contratos a futuros, lo que origina un cuello de botella en el precio

spot que hace superior al precio spot esperado. Finalmente, cuanto más grande son los inventarios, más largos son los periodos que se requiere para ser absorbidos, de aquí que se tendrá que el precio spot del momento será menor que el precio spot esperado¹⁴.

En ese sentido, la teoría del "normal backwardation" al asumir el precio futuro sesgado estaría involucrando un premio al riesgo. Por lo tanto, la crítica aquí nace del hecho que si los precios futuros son sesgados a la baja y están en el límite incluyendo todos los cargos adicionales, superiores a los asumidos por Keynes, existiría un desbalance en las operaciones de cobertura corta y larga. Es decir, siempre sería atractivo una venta especulativa. (long speculation).

2.2 Estructura y Funcionamiento de los Mercados a Futuro

2.2.1 Condiciones para que un Bien sea transado en un Mercado a Futuro

Las condiciones fundamentales para efectuar una transacción en un mercado a futuro son las siguientes:

- i) que el producto sea homogéneo. Es decir, que cada contrato se refiera a una cantidad determinada del producto, el cual debe ser de una calidad homogénea;
- ii) que el producto sea ampliamente conocido;
- iii) que el precio del bien sea altamente fluctuante. Las funciones de oferta y demanda deben ser variables y de difícil predicción;
- iv) que halla una amplia concurrencia de compradores y vendedores. Este supuesto persigue aspirar a la eficiencia de la competencia perfecta. De esta forma, un solo agente no tendrá el poder de manipular el precio según sus intereses;

12. Ver Williams (1989).

13. Ver Choksi (1984).

14. Ibid.

- v) que exista una amplia difusión de información. Este requerimiento es importante para que los agentes tomen decisiones adecuadas y también para que no se generen rentas por acceso privilegiado a la información¹⁵;
- vi) que el almacenamiento y la entrega del bien sea posible bajo los términos del contrato;
- vii) que el activo sea suficientemente líquido, y
- viii) que exista un elemento especulativo presente en el mercado, el cual recogerá las posiciones iniciales de los coberturadores¹⁶.

2.2.2 Los Agentes o Participantes

En los mercados a futuro se distinguen tres agentes principales: los coberturadores, los especuladores y los corredores.

a) Los coberturadores

Se denominan coberturadores (*hedgers*) a los que prefieren protegerse de las fluctuaciones de los precios por su natural aversión al riesgo. Están conformados mayormente por quienes se dedican a la producción directa de los bienes en cuestión (como productores de materias primas). La fijación de un precio en el mercado a futuro por parte del coberturador se denomina cobertura.

b) Los especuladores

Los especuladores son aquellos agentes que deciden tomar riesgos con el fin de procurarse ganancias extraordinarias en la predicción de los precios. Los especuladores cumplen una función importante para proporcionar liquidez al mercado. Uno de los principales incentivos para especular en el mercado es el reducido monto requerido para ingresar en el mercado.

Si bien algunos autores sostienen que la principal preocupación del especulador será contar

con un modelo eficiente de predicción de precios, en la práctica las ganancias no son sistemáticas o por lo menos el arbitraje no permite que lo sean. El especulador sólo actuará en determinados periodos, por lo que habrán especuladores que tomen posiciones muy cortas o por horas llamados "scalpers", o posiciones diarias como los "day traders" o aquellos como los "position traders" que mantienen un contrato futuro por semanas o meses¹⁷. Nótese que a diferencia de un productor o comerciante, el especulador no cobertura, es decir, siempre está al descubierto, lo cual hace que la ganancia o pérdida se encuentre explícitamente en el mercado de futuros.

c) Los corredores

Los corredores son los encargados de realizar las transacciones. Los interesados en transar a futuro tendrán que buscar su intermediación. En la práctica, los corredores son los que sirven de nexo entre los contratantes y la cámara de compensación. Los corredores cobran una comisión sobre el volumen transado.

2.2.3 Los Mecanismos Institucionales

a) La cobertura

Como se vio en el acápite anterior, en el mercado concurren coberturadores y especuladores. La interacción entre ambos lleva a que el riesgo se transfiera desde los que desean evitarlo a los que desean asumirlo.

La participación de los especuladores lleva a que el mercado se desarrolle, que cumpla con la estabilidad de precios y que tienda a un mercado competitivo. La base de la cobertura radica en que los precios spot y futuros tienden a converger a medida que se acerca la fecha de vencimiento del contrato¹⁸. Si bien es posible que dichos precios se muevan en dirección contraria, el riesgo asocia-

15. Ver Farren y Silva (1988).

16. Ver Veljanovski (1986).

17. Ver Kolb (1991).

18. Esta evidencia se basa en la observación de los precios del oro y de la plata. Sin embargo como señala Kolb (1991), la evidencia sobre la evolución de los precios, en general, es múltiple y diversa.

do a esa relación es menor al riesgo de actuar sin cobertura.

La cobertura involucra tomar una posición en el mercado a futuros y una posición opuesta en el mercado spot. La base de estas posiciones en el mercado spot y futuro radica en que una pérdida en un mercado debe ser compensada por una ganancia en el otro mercado. Por ejemplo, si un productor de cobre estima que su producción en julio de 1992 será de 1000 libras a un costo de \$0.95/libra y desea realizar una operación de cobertura hoy, 1o de mayo, tomará una posición corta (venta de un contrato) en el mercado a futuros. Supóngase que el precio spot hoy es \$1.00/libra mientras que el precio a futuro hoy (al 1o de agosto) es \$1.10/libra. Si el precio spot en julio es \$0.90/libra el productor de cobre perderá \$0.05/libra al vender su producto en el mercado spot. Sin embargo, al recomprar su contrato a futuro ganará \$0.20/libra, con lo que obtendrá una ganancia total de \$0.15/libra.

Sin embargo, la cobertura puede desarrollarse también con el fin de financiar el proceso productivo. Por ejemplo, un agricultor desea financiar su campaña de trigo. Para este propósito puede vender su cosecha a futuro únicamente transando en el mercado a futuro. En este caso, el mercado a futuro es un sustituto del mercado spot para financiar su proceso productivo. Implícitamente, el vendedor está "apostando" a que el precio descenderá. Literalmente está "hipotecando su cosecha". El riesgo que absorbe es mayor que si tuviera el físico hoy para cubrirse en el mercado spot. Si los precios subieran, el productor perdería en el mercado a futuro y no podría balancear este resultado con el mercado spot. Esta forma de cobertura recibe el nombre de cobertura anticipada (anticipatory hedging) y ocurre cuando se usa el mercado futuro como un sustituto del mercado spot¹⁹.

b) La Cámara de Compensación

La cámara de compensación (Clearing House) es uno de los componentes más importan-

tes para el establecimiento de los mercados a futuro. Sus objetivos son los siguientes:

- i) iniciar las transacciones a futuro, y
- ii) asegurar el cumplimiento de los contratos, pues desempeña el rol de ser la contrapartida de los que transan a futuro. Es decir, adopta la posición de un comprador para cada vendedor y de un vendedor para cada comprador.

Si un productor desea colocar su producción a futuro su preocupación inicial será ir donde un corredor. Con él se acordará el volumen transado y el mes de entrega, entre otras consideraciones. Posteriormente este corredor buscará a otro que desee comprarle un contrato a futuro con las características mencionadas y se llenará una tarjeta. Las tarjetas se registran dos veces, una vez por el corredor que vende y otra por el corredor que compra. Dichas tarjetas se envían a la cámara de compensación y se concilia la transacción. En ese momento, si existiera alguna divergencia se decide por un comité de arbitraje. A partir de ese momento, las futuras decisiones de los contratantes serán canalizadas a la cámara de compensación por los corredores.

c) Los márgenes

En el momento que los corredores concilian la transacción con la cámara de compensación, ésta exige a las partes que hagan un depósito. La cámara de compensación se encargará de invertir el depósito en instrumentos financieros. El depósito inicial recibe el nombre de margen. A partir de ese momento, el margen puede aumentar o disminuir en la medida que así lo sugiera la evolución de los precios spot.

Los cambios en los márgenes están asociados al reconocimiento de ganancias o pérdidas diarias. En el momento en que un productor vende a futuro su principal preocupación consistirá en seguir la evolución de los precios spots. A medida que el precio spot se eleva, significará una pérdida en el mercado spot para el productor. El corredor

19. Ver Kolb (1991).

realiza un seguimiento diario; en la medida que el precio spot está subiendo a un nivel superior al precio futuro pactado el productor está incurriendo en una pérdida parcial. Si el saldo del productor arroja una pérdida acumulada, el corredor pedirá al productor que deposite un margen adicional en la cámara de compensación. En ese momento, el productor tiene la opción de mantenerse en el mercado y dar el margen adicional que le piden o retirarse del mercado, ordenando a su corredor que compre un contrato a futuro y liquide su posición.

El reconocimiento de las ganancias y pérdidas diarias con el establecimiento de los márgenes adicionales tiene por objeto cubrir a la cámara de compensación de un posible desfaldo de sus clientes. Si el reconocimiento de ganancias o pérdidas no fuera diario sino al final del contrato, el monto puede ser tan grande que puede llevar a no pagar a los que han incurrido en pérdidas²⁰.

Este mecanismo constituye uno de los principales incentivos de los mercados a futuro. Los márgenes pequeños llevan a que las barreras a la entrada y a la salida sean mínimas y que el mercado tienda a alcanzar una situación competitiva.

d) Límites de precios en los mercados a futuros

El límite de los precios conjuntamente con los márgenes cumplen un rol importante para proveer de liquidez y seguridad al mercado.²¹

Los límites de precios tienen por finalidad estabilizar los precios de las transacciones. Este instrumento lleva a que los precios sólo puedan caer dentro de los límites del precio de referencia del día anterior (settlement price). Si el precio fuera superior a los límites establecidos, se parali-

zan las transacciones hasta que se mueva el precio en el rango permitido; en caso contrario se espera al día siguiente, cuando el precio reflejará el cambio brusco del día anterior.

Operativamente, el precio de referencia es un promedio de los precios registrados en el cierre. Una de las razones fundamentales para la existencia del límite de precios radica en evitar el pánico y la especulación de los altos movimientos de los precios²². También se cita como una razón adicional, la reducción de los costos de ajuste de los portafolios. Por último, se arguye que una de las bondades de este sistema es la autoregulación de los contratos que evita incurrir en otros costos como las sanciones legales²³.

2.3 La Función Económica de los Mercados a Futuro

En el mundo académico y empresarial se ha generalizado que la función de los mercados a futuro es casi exclusivamente reducir o transferir riesgo. Sin embargo, existen otras formas de percibir la función que desarrollan los mercados a futuro. Una de ellas es como la de un mercado de préstamos de bienes (loan commodities). A continuación, se efectúa una discusión de ambas funciones.

2.3.1 Futuros y Aversión al Riesgo

Una teoría basada en la aversión al riesgo es la teoría de portafolio de cobertura en la cual los inversionistas seleccionan una determinada cartera de valores para reducir la variancia de la tasa de retorno del íntegro de su portafolio. Así, los negociadores estarán dispuestos a usar mercados a futuro para alcanzar la mejor combinación de variabilidad en la tasa promedio de sus retornos. Cuánto se use los mercados a futuro va a depender de las preferencias de los individuos a

20. Kolb (1991) cita el trabajo de Kane (1980) "Market Incompleteness and Divergences Between Forward and Futures Interest Rates", quien afirma que la buena calidad de las garantías de la cámara de compensación es suficiente para que los precios de los contratos futuros y forwards difieran. El reconocimiento de pérdidas y ganancias diarias también cumple un rol importante en la divergencia de los precios.

21. Ver Farren y Silva (1988) y Brennan (1986).

22. Ver Farren y Silva (1988).

23. Ver Brennan (1986).

tomar riesgo. Por lo tanto esta teoría mantiene que a mayor riesgo la firma estaría empleando más mercados a futuros.

El mayor postulado del análisis de portafolio, que no es cuestionado aquí es que entre activos con igual retorno promedio, la gente preferirá aquellos retornos que estén sujetos a menor riesgo. Por supuesto, un retorno esperado más alto induciría a la gente a tener un activo más riesgoso. La disyuntiva entre riesgo y retorno induce a la gente a combinar algunos activos dentro de un portafolio, porque se sabe que una combinación de activos será menos riesgosa que un solo activo. Bajo estas condiciones si un individuo acude a los mercados a futuro es porque desea obtener un rendimiento superior al promedio, ya que está incorporando más riesgo a su cartera al incorporar un contrato futuro. De acá se desprende que los agentes económicos acuden a los mercados a futuro por mayor rentabilidad y no para evitar riesgo.

Una mayor discusión sobre la relación entre futuros y riesgo, que refuta el análisis anterior, se representa en el siguiente capítulo.

2.3.2 Futuros como Mecanismo de Financiamiento

La mayoría de análisis hecho por los académicos gira en función a la perspectiva de la aversión al riesgo. Para tal análisis se cuenta con la teoría del normal backwardation y con la teoría del portafolio de cobertura. Al decir de algunos autores, estas dos teorías basadas en la aversión al riesgo se equivocan al suponer que los mercados a futuros son fundamentalmente mercados aislados, lo que conformaría un mercado implícito.²⁴ Tales autores presentan la decisión de usar contratos futuros como una idea tardía más que como una parte integral de la decisión de tomar la posición de un bien físico.

Es así que alternativamente, se ha llegado a sostener que los mercados a futuros se comportan más como mercados de crédito que como un

instrumento para reducir el riesgo diversificable. El supuesto principal es que los mercados a futuros son mercados implícitos de créditos²⁵. Un mercado implícito se puede definir como aquel que se da como resultado de dos mercados explícitos que no se articulan eficientemente a través de una institución; es decir, la noción que está detrás de este concepto es la de integrar algunos precios en una sola cotización.

De aquí se desprende que los contratos a futuros estarían fluctuando en función a distintos factores como el transporte, los costos de almacén y el costo de oportunidad del dinero de conseguir el bien en otros mercados, factores que conforman el diferencial (spread) de la entrega inmediata y la entrega futura del bien transado.

Para plantear mejor la idea se tiene la siguiente ecuación:

$$PEI + PCA + PGC - PCO = PEF \quad (1)$$

donde:

PEI = Precio de entrega inmediata

PCA = Costos de almacén

PGC = Gastos de transporte seguros y otros gastos corrientes

PCO = Valor de dinero en el tiempo que para este caso podemos asumirlo como la tasa de interés.

PEF = Precio de entrega futura

Tal ecuación formula la relación de equilibrio para el mercado implícito del crédito.

Sin embargo, si definimos

$$PL = PCO - PCA - PGC \quad (2)$$

donde:

PL = Costo o ganancia del préstamo

se tiene que *PL* cubre todos los cargos implícitos para formar el spread entre el precio spot y futuro, el mismo que puede ser negativo o positivo.

24. Ver Williams (1989).

25. Ibid.

Finalmente, de (1) y (2) tenemos:

$$PL = PEI - PEF \quad (3)$$

Dado que *PL* es el margen (spread) definido anteriormente, éste va a constituir el determinante para tomar un crédito. Es importante aclarar esta relación ya que de considerarse explícitos los mercados de entrega inmediata y futura, el mercado de créditos queda implícito. De esta manera, un participante de los mercados a futuro que quisiera prestarse el bien para "mejorar" sus servicios de almacenaje y costo del dinero, podría manipular esta relación. Es decir, el individuo tomará prestado el bien, comprándolo en el mercado de entrega inmediata para venderlo en entrega futura. Tales resultados transaccionales son comunes en los mercados a futuro, a través de la operación de cobertura de posición corta (venta del contrato a futuro).

PL va a ser negativo o positivo dependiendo de la posición de cobertura que se elija. Si se tiene una operación de cobertura de posición corta *PL* se refiere al costo del crédito. De manera inversa, si se tiene una posición de recompra del acuerdo, *PL* es un rendimiento.

En esta concepción de préstamo de mercancías, si bien un acuerdo de recompra es una operación de cobertura, debe entenderse mejor como un método de tomar prestado bienes en retorno por una cantidad de dinero. Por lo tanto, una operación de cobertura de posición corta es un compromiso de deuda que debe cumplirse. De esta manera, considerar aisladamente la venta de un contrato futuro por parte de un coberturador, es representar completamente mal una operación.

La mejor forma de coberturar eficientemente es trabajar con los mercados de spot y de futuro simultáneamente ya que provee un ingenioso método para que una parte pueda acordar con otra

parte recomprar su posición, sin tener que negociar con una parte opuesta aislada como ocurre con los mercados forward.

Por ejemplo, en la Bolsa de Metales de Londres, sus participantes generalmente buscan postergar previamente sus entregas prometidas, particularmente cuando las ofertas para entrega inmediata son escasas. Así, ellos compran algún metal para entrega inmediata y simultáneamente venden a futuro. Estas dos transacciones son por supuesto idénticas a una operación de cobertura de posición corta.

Un negociador que ha programado hacer una entrega puede postergarla con la doble transacción de comprar en spot y vender a futuro. A esta transacción se le llama "tomar prestado del mercado". También, algunas veces los negociadores toman la doble transacción opuesta a la anterior, vendiendo en entrega inmediata mientras compran a futuro. Así, al aceptar una entrega posterior a la programada, estos negociadores ejecutan una acción de "prestarle al mercado"

Finalmente, para que los mercados a futuro alcancen a funcionar como un mercado implícito de créditos, deben cumplirse las siguientes condiciones:

- a) un préstamo (concesión o solicitud) de bienes fungibles como granos y metales;
- b) un acuerdo de recompra es exactamente como un préstamo en sus resultados, y
- c) una operación de cobertura es, en efecto, un acuerdo de recompra.

Debe quedar claro que las dos operaciones (la de coberturar en corto como la del acuerdo de recompra) constituyen una operación de cobertura que tienen el efecto de tomar prestado un bien mientras se preste dinero.

3. EFICIENCIA, RIESGO Y MERCADOS A FUTURO

3.1 Eficiencia

La noción de eficiencia ha sido aplicada principalmente en la literatura financiera²⁶, específicamente en el ámbito de los mercados de capitales, en la cual se han distinguido básicamente tres dimensiones de tal concepto:

- a) **Eficiencia Operacional:** Se refiere a la performance de la función de intermediación del mercado al mínimo costo posible; es decir, implica el uso de la mejor tecnología disponible para minimizar el costo de producción por unidad (por transacción).
- b) **Eficiencia de Precios:** El punto básico es si los precios reflejan completamente toda la información disponible todo el tiempo. Según este concepto los precios representan la mejor estimación del valor intrínseco de las acciones y cualquier nueva información relevante es imputada rápida y confiablemente en dichos precios.
- c) **Eficiencia Distributiva:** Se refiere a la función del mercado de asignar los limita-

dos recursos financieros a las mejores oportunidades de inversión, que son aquellas que permiten al inversionista alcanzar el nivel más alto de utilidad de su consumo permanente.

El objetivo de esta sección no es detallar cada una de estas tres dimensiones de eficiencia sino más bien centrarse un poco en el estudio de la segunda (léase eficiencia de precios) debido a que comúnmente se ha afirmado que es la más relevante, lo cual explicaría el porqué de haber sido la más profusamente tratada.

Siguiendo esta línea Copeland y Weston sostienen que para describir un mercado de capitales eficiente es útil contrastarlo con un mercado de capitales perfecto, donde las condiciones necesarias para el cumplimiento de este último son:²⁷

- i) que el mercado esté libre de fricciones; es decir que no existan costos de transacción o impuestos, que todos los activos sean perfectamente divisibles y comerciables y que no hallan regulaciones restrictivas;

26. Algunos artículos importantes al respecto son Fama (1970), Grossman y Stiglitz (1982), Rosenberg y Rudd (1982), Romero-Vega (1985), Latham (1986), West (1986) y Copeland y Weston (1988).

27. Ver Copeland y Weston (1988).

- ii) que exista competencia perfecta en los mercados de bienes y de valores. En el mercado de bienes esto significa que todos los productores ofrezcan bienes y servicios al costo medio mínimo y en el mercado de valores implica que todos los participantes sean tomadores de precios;
- iii) que el mercado sea eficiente informativamente; es decir que la información esté libre de costo y sea recibida simultáneamente por todos los individuos, y
- iv) que todos los individuos sean maximizadores racionales de su utilidad esperada.

La eficiencia del mercado de capitales es mucho menos restrictiva que la noción de un mercado de capitales perfecto. Esto quiere decir que se pueden relajar varios de los supuestos anteriores y aún contarse con un mercado de capitales eficiente. Lo importante para lograr esto último es que los precios reflejen completamente toda la información relevante disponible, es decir que el mercado cuente al menos con eficiencia de precios.

Así por ejemplo, la eficiencia subsistirá a pesar de existir competencia imperfecta en el mercado de bienes. Si una firma puede obtener beneficios monopólicos en el mercado de bienes, el mercado de capitales eficiente determinará el precio de la acción de dicha firma, el cual reflejará completamente el valor presente del flujo anticipado de los beneficios monopólicos. De aquí habrán ineficiencias distributivas en el mercado de bienes pero aún continuará existiendo eficiencia en el mercado de capitales.

También habrá un mercado de capitales eficiente aún cuando los mercados no estén libres de fricciones (por ejemplo, si existen comisiones de corretaje) y la adquisición de información implique algún costo.

Ahora bien con el objeto de definir qué tipo de información es la relevante en la afirmación "todos los precios reflejan completamente toda la

información relevante". Fama ideó tres tipos de eficiencia:²⁸

- a) **Eficiencia Débil:** El set de información relevante se restringe a la información pasada y será imposible para los agentes predecir precios futuros a partir de los precios pasados de tal forma de rendirles retornos excesivos.
- b) **Eficiencia Semi-fuerte:** Además de lo anterior, la información actual debe ser pública.
- c) **Eficiencia Fuerte:** Ningún individuo puede ganar retornos excesivos usando cualquier información, ya sea que se encuentre pública o se obtenga producto de algún acceso monopólico.

En los primeros tests empíricos que se desarrollaron para comprobar la existencia o no de eficiencia de precios, los investigadores se basaban en el llamado modelo de camino aleatorio, el cual sostiene que la distribución completa de probabilidades de cambios en los precios futuros es independiente de los cambios pasados y es idéntica de período a período.

Como la hipótesis de camino aleatorio fue considerada entonces muy restrictiva (como efectivamente lo es) y a partir del hecho que los inversionistas no estarían dispuestos a colocar fondos cuando los retornos fuesen negativos, los investigadores empezaron a decir que los retornos esperados del modelo de eficiencia de precios seguirían un proceso estocástico conocido como submartingala²⁹. Este proceso no implica que los precios siempre subirán ni que los retornos obtenidos por los inversionistas nunca serán negativos; es más, los precios y retornos esperados y efectivos pueden diferir. Pero en un mercado con eficiencia de precios las diferencias esperadas entre los precios y los retornos efectivos y los precios y los retornos esperados serán cero.

Claramente el proceso submartingala es mucho menos restrictivo que el camino aleatorio

28. Ver Fama (1970).

29. Si se asume que el retorno esperado es cero este proceso será una martingala. Ver West (1986).

dado que permite que la distribución de probabilidades de cambios en los precios futuros dependa de las distribuciones de los cambios en los precios pasados, a la vez que implica que el valor esperado de los cambios futuros sea independiente de los cambios pasados. Debe precisarse que, según lo anterior, el rechazo de la hipótesis de camino aleatorio no significa necesariamente que el mercado en cuestión sea ineficiente, debido a que esta eficiencia requiere sólo que el retorno medio esperado no esté correlacionado con el set de información corriente, mientras que un modelo de camino aleatorio requiere que la distribución completa de retornos no esté correlacionada con ese set de información³⁰.

3.2 Inclusión del Riesgo

Ante la interrogante de si existe alguna manera para que los inversionistas traten de mejorar sus resultados esperados, la mayoría de lo escrito acerca de inversión en un mercado eficiente conduciría a sospechar que la respuesta es negativa. Esto porque la impresión sería que en un "juego limpio" o "apuesta justa" no haría ninguna diferencia qué valor o acción se compra. Sin embargo esto no es así, ya que aún en mercados eficientes hay diferencias inmensas entre los valores, principalmente en cuanto se refiere a sus tasas de retorno esperadas, debido a la incertidumbre involucrada en los futuros estados de la naturaleza.

La evidencia sobre cómo operan los mercados de valores indica que para mejorar los retornos esperados los inversionistas deben estar dispuestos a asumir más riesgo; es decir, "no hay merienda gratis". Esta relación básica puede expresarse como una curva de pendiente positiva pero que parta del eje de las ordenadas (retorno esperado) donde dicho punto de intersección estará determinado por el retorno libre de riesgo. Luego a medida que un inversionista esté dispuesto a aceptar mayores riesgos los retornos esperados serán superiores, de tal manera que para un nivel dado de riesgo el retorno esperado sea igual al retorno libre de riesgo más el premio por riesgo,

dependiendo este último de la pendiente de la curva.

Sin ánimo de entrar en una discusión más profunda que no es relevante para los fines del presente documento, debe precisarse que los mayores retornos esperados estarán en función del mayor grado de riesgo sistemático existente en un portafolio y no del grado de riesgo total, ya que este último abarca también el riesgo diversificable, el cual es peculiar a un valor dado y, como su nombre lo indica, puede ser diluido por los inversionistas que mantienen portafolios diversificados, por lo que el mercado de valores no ofrecerá mayores retornos a los inversionistas por asumir este riesgo.

Al tratar con el riesgo generalmente se suele referir al grado de aversión al mismo. Al respecto se afirma que un individuo es adverso al riesgo si está poco dispuesto a aceptar cualquier "apuesta justa". Si se considera una apuesta que tiene un retorno positivo h_1 con probabilidad p y un retorno negativo h_2 con probabilidad $(1-p)$, tal apuesta será realmente justa cuando su saldo esperado sea cero:

$$p h_1 + (1-p) h_2 = 0$$

De la definición de aversión al riesgo estricta se tiene:

$$U(W_0) > p U(W_0+h_1) + (1-p) U(W_0+h_2)$$

donde W_0 es la riqueza inicial. Usando la definición de "apuesta justa" la anterior desigualdad puede reescribirse como:

$$U[p (W_0+h_1) + (1-p) (W_0+h_2)] > p U(W_0+h_1) + (1-p) U(W_0+h_2)$$

lo cual demuestra que la aversión al riesgo implica una función de utilidad cóncava. De la misma manera se puede mostrar que individuos con indiferencia al riesgo e individuos amantes del riesgo contarán con funciones de utilidad rectas y convexas, respectivamente.

30. Precisamente por constituir un camino aleatorio el caso más estricto posible de eficiencia, su cumplimiento en un mercado garantizará la existencia de eficiencia débil. Ver Goss (1983).

Una buena medida de la intensidad de la aversión al riesgo de un individuo, para pequeños riesgos y para un nivel dado de riqueza, viene dada por el coeficiente de aversión absoluta al riesgo $R_A = -U''(\cdot)/U'(\cdot)$, también llamado coeficiente de Arrow-Pratt. Mientras más alta sea la aversión absoluta al riesgo de un individuo mayor será el mínimo premio al riesgo requerido para inducir la inversión total en el activo riesgoso.

Otra medida que suele utilizarse es la aversión relativa al riesgo $R_R = -[U''(\cdot)/U'(\cdot)] W_0$, que representa la elasticidad de la utilidad marginal de la riqueza con respecto a la riqueza y que implica que mientras más rápido caiga la utilidad marginal mayor será la aversión al riesgo. Mientras una función de utilidad con R_A constante implicará que un individuo ranqueará los proyectos de igual forma no importando su nivel de riqueza, en cambio una función de utilidad con R_R constante significará que un individuo será menos adverso a los proyectos riesgosos conforme más riqueza posea³¹.

Tradicionalmente el riesgo ha sido estudiado en la literatura financiera mediante el enfoque de la utilidad esperada y a través de los modelos de formación de precios de los activos, como el CAPM de Sharpe y Lintner y el APM de Ross. No es del caso explayarse en la revisión de tal literatura, pero es importante indicar que han sido empleadas las más variadas funciones de utilidad esperada, como por ejemplo: la Cuadrática Cóncava (que implica R_A constante) que permite plantear la demanda por un activo riesgoso como una función de sólo la media y la varianza del retorno del portafolio, la cual fue adoptada por Hirshleifer (1988); la "Narrow Power Utility Function"³² (que implica R_R constante) adoptada por Hansen y Singleton (1983) y Mehra y Prescott (1985); y la de Especificación Recursiva de Epstein (1988), que es una modificación del modelo de Lucas que busca aislar los roles jugados por el grado de aversión al riesgo y por el grado de sustitución intertemporal en la determinación de los precios

de los activos, con la finalidad de mejorar los malos resultados encontrados en la mayoría de estudios previos.

3.3 Eficiencia, Riesgo y Mercados a Futuro

En general puede afirmarse que los precios de las principales materias primas (tales como los metales) son más volátiles que los precios de los bienes manufacturados. Por otra parte se tiene que una industria necesita estabilidad en el valor de las materias primas básicas para operar eficientemente, ya que históricamente los precios volátiles han afectado adversamente las labores de producción y de distribución al interior de las economías

En este sentido se sostiene que los mercados futuros activos disminuyen estos problemas, pues proveen una manera conveniente de transferir el riesgo inherente en el precio del commodity desde el ámbito empresarial hacia el ámbito financiero donde el riesgo puede ser manejado más eficientemente.³³

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, las personas que usan futuros en el ámbito empresarial para disminuir el riesgo se llaman "hedgers" (coberturadores), para quienes los futuros proveen una forma de seguro contra pérdidas no anticipadas. Por su parte las personas que comercian con futuros y no efectúan operaciones comerciales normales son los especuladores, quienes aceptan el riesgo que los empresarios no quieren tomar.

De esta manera el mercado funciona con el sector empresarial realizando sus operaciones de negocios y compensando sus posiciones futuras, buscando que coberturarse y desplazar el riesgo, y con el sector financiero tomando una posición futura especulativa y diversificándose, aceptando y manejando el riesgo.

Una creencia mantenida comúnmente es que un mercado a futuro no es sino una forma social-

31. Esto último implica R_A decreciente. Ver Layard y Walters (1978), p. 361.

32. Definición tomada de Huang (1986).

33. Ver Bear (1986).

mente aceptable de efectuar apuestas y correr riesgos. Este punto de vista sostiene que los mercados futuros son especulativos, por lo que el comportamiento del precio spot de mercado es más volátil con futuros que sin ellos. Debido a que esta volatilidad induce asignaciones intertemporales de recursos subóptimas, esta teoría predice que los mercados futuros inducen ineficiencias que de otro modo no estarían presentes.

Sin embargo, otros autores sustentan la eficiencia de los mercados a futuro.³⁴ Así, Hicks argumenta que la presencia de estos mercados sirve para mejorar las fuentes potenciales de desequilibrio y/o ineficiencia. Dicho autor sostiene que la operación de un mercado a futuro sirve para hacer los planes y precios futuros directamente observables, tal que el comercio a través del mercado spot logra un equilibrio eficiente. Grossman, por su parte, afirma que en una economía que cuenta exclusivamente con mercados spots es necesario reproducir varias veces las situaciones en un modelo de expectativas racionales para adquirir información. En cambio en una economía que cuenta además con mercados futuros se aminora la necesidad de reproducción de los eventos, debido a que los comerciantes aprenden sobre los precios de mañana observando directamente los precios futuros de hoy para las transacciones de mañana.

Implícito en las ideas de Hicks y Grossman está el hecho que los mercados futuros publicitan la información privada que existe en una economía, de tal manera que los mercados se equilibrarán más fácilmente y la asignación resultante será más eficiente, comparada con la asignación que se diese si solo ocurriese un comercio spot.

Ya que se ha mencionado la hipótesis de expectativas racionales, es recomendable precisar que tal hipótesis generalmente va de la mano con la hipótesis de mercados eficientes. Como ya se explicó anteriormente, si un mercado es eficiente los cambios en los precios de ese mercado debe-

rían seguir aproximadamente un camino aleatorio. Si los cambios en precios no están relacionados a los precios pasados, puede suponerse entonces que todas las fuerzas conocidas para afectar los precios ya han sido incorporadas en la determinación de los precios de mercado. De esta manera los precios eficientes son los precios de equilibrio condicionados a toda la información disponible cuando los precios son establecidos. Por lo tanto, una prueba del uso eficiente de la información en el mercado es una prueba de expectativas racionales.³⁵

Si bien se sostiene que, independientemente de la existencia o no de mercados a futuro, las predicciones de un modelo de equilibrio con expectativas racionales son relativamente seguras, el hecho es que la presencia de mercados a futuro incrementa la velocidad con la que la información sobre las condiciones futuras de la demanda y de la oferta se incorpora en las decisiones tomadas en los mercados spot, tal que aumenta la velocidad con la que se logra el equilibrio eficiente en dicho modelo. Mientras este ajuste más rápido puede hacer subir la varianza de los precios spot de mercado en su movimiento hacia el equilibrio, esta mayor varianza refleja la ganancia de eficiencia debido a la mejor información. Por eso cualquier intervención gubernamental en los mercados a futuro para estabilizar los precios puede impedir el cumplimiento del mecanismo por el que estos mercados mejoran la asignación de recursos.³⁶

La contribución de los mercados a futuro no se circunscribe tan solo a lo mencionado anteriormente. También contribuyen a mantener un sistema de mercados spot competitivo y ordenado, a través del favorecimiento de la eficiencia en las labores de transporte, acumulación, producción y comercio en tales mercados. Debido a que los futuros permiten hacer conocer a todas las personas la estructura de precios corrientes y lejanos, tienden a igualar las fuerzas negociadoras al interior de una industria. Lo anterior disminuye

34. Ver Forsythe, Palfrey y Plott (1984). Dichos autores presentan las ideas de Hicks y Grossman.

35. Ver Kantor (1979).

36. Ver Forsythe, Palfrey y Plott (1984).

las necesidades de regulación y favorece las economías de escala operativas. En todo caso, los académicos suelen concordar en que la información que proveen los precios futuros por sí mismos es una justificación suficiente para la existencia de los mercados futuros.

3.4 Algunas Precisiones y Adaptaciones

3.4.1 Aversión al Riesgo

En este trabajo se adoptará el supuesto de individuos adversos al riesgo, aunque también se presentarán resultados referentes a la indiferencia al riesgo con el objeto de ampliar el análisis.

Luego de haber evaluado las ventajas y desventajas de diferentes funciones de utilidad que implican un cierto grado de aversión al riesgo, se optó por asumir una función que exhibe aversión relativa constante tal como la utilizada por Hansen y Singleton (1983). Varias razones determinaron tal elección entre las que se pueden mencionar el asegurar que el proceso de los retornos de equilibrio sea estacionario³⁷, por su rol predominante en muchos estudios teóricos no sólo de precios de activos sino también de consumo intertemporal y equivalencia ricardiana, y porque es consistente con las propiedades de una función de utilidad (teniendo como argumento la riqueza o el consumo) y con la intuición: la utilidad marginal es positiva y decrece a medida que aumenta la riqueza (el consumo), el R_A disminuye a mayor riqueza (consumo) y el R_r es constante.

A continuación se supondrá una economía de un sólo bien y donde los agentes (tanto los productores de metales como los no productores) serán idénticos. De esta manera el individuo representativo maximizará el valor esperado de su función de utilidad:

$$E_0[\Sigma \beta^t U(c_t)] \quad 0 < \beta < 1$$

donde dicha función de utilidad mostrará aversión relativa al riesgo constante, tal como:

$$U(c_t) = c_t^\alpha / \alpha \quad \alpha < 1$$

donde:

$$U'(c_t) = c_t^{\alpha-1}$$

$$U''(c_t) = (\alpha-1)c_t^{\alpha-2}$$

por lo que:

$$R_A = (1-\alpha)/c_t$$

$$R_r = 1-\alpha$$

En este punto no se considera necesario explicitar la restricción presupuestaria relevante debido a que la metodología de este trabajo no implica maximizar función alguna ni realizar cálculos de variable endógena alguna, sino efectuar un análisis de series de tiempo de los precios de los metales, incluyendo la aversión al riesgo medida en términos de tasa de descuento.³⁸

Debido a que en la mayoría de estudios que incluyen riesgo éste ha sido calculado como un parámetro, el grado de aversión al riesgo de un productor importante de un "commodity" no ha sido medido en términos de tasa de descuento.³⁹ Por lo tanto y como se describirá más adelante en el presente documento se optará por utilizar tasas de riesgo arbitrarias que impliquen diferentes niveles de aversión.

3.4.2 Eficiencia Fuerte

Anteriormente se mencionó la existencia de dos grupos de agentes que podrían especular en las Bolsas de Metales: los productores de metales y los no productores. Los agentes especuladores no productores puede asumirse que suelen participar en las Bolsas de Valores (BV) y por lo tanto para intervenir en las Bolsas de Metales (BM) tendrían que realizar las siguientes operaciones:

37. Ver Mehra y Prescott (1985), p. 150.

38. La función de utilidad se ha incluido y discutido con la finalidad exclusiva de justificar teóricamente la incorporación al riesgo en el presente estudio.

39. Este parámetro generalmente ha sido estimado sobre la base del famoso β del modelo CAPM y que se refiere a la relación dada por la covarianza entre el retorno de un activo financiero riesgoso y el retorno del mercado, dividida por la varianza del retorno del portafolio de mercado.

- a) vender valores en BV para obtener dinero y realizar b);
- b) comprar metales en BM;
- c) vender metales en BM;
- d) comprar valores en BV para reinvertir su dinero.

Cada una de las anteriores transacciones implica un pago por parte de los especuladores no productores por concepto de comisión a los corredores. En cambio los especuladores productores sólo deben realizar un pago por concepto de comisión de venta al corredor al transar sus productos en las Bolsas de Metales. Los costos mínimos asociados a estas operaciones son aproximadamente 0.125% para las transacciones b) y c) y 0.25% para las correspondientes a los incisos a) y d)⁴⁰.

Ahora bien, según la definición de eficiencia fuerte toda la información debe estar disponible y ningún individuo debe tener mayores retornos esperados producto de algún acceso monopólico a cierta información. Este concepto puede ser ampliado para fines prácticos de este estudio de tal manera que además ningún individuo obtenga mayores retornos producto de enfrentar costos de transacción preferenciales.

Por todo lo anterior una primera aseveración importante es la no existencia de eficiencia en estos mercados en su sentido fuerte.

3.4.3 Eficiencia Semi-Fuerte

Uno de los pocos estudios respecto a la eficiencia de las Bolsas de Metales lo constituye el trabajo de Goss (1983). Dicho autor demostró que la Bolsa de Metales de Londres no es un mercado eficiente en su forma semi-fuerte en cuanto a la determinación de los precios futuros del cobre, estaño, plomo y zinc; es decir que tales precios futuros no "reflejarían completamente" la informa-

ción públicamente disponible, la cual está representada por los errores de predicción pasados tanto propios como de los metales relacionados (que son los tres restantes). La metodología empleada fue regresionar el error de predicción corriente de un metal contra los errores de predicción recientes para el mismo metal y para los relacionados, testeando la hipótesis nula para los coeficientes de regresión estimados separada y conjuntamente. Mientras los tests individuales están predominante pero no inequívocamente en favor del no rechazo de la hipótesis de eficiencia, los tests conjuntos casi invariablemente conducen a rechazar tal hipótesis.

Por lo tanto, partiendo del no cumplimiento de la eficiencia fuerte y semi-fuerte en la Bolsa de Metales de Londres, en este estudio se buscará verificar la existencia o no de eficiencia débil aplicando la metodología que se describirá oportunamente⁴¹.

3.4.4 Rasgos Característicos de los Mercados de Materias Primas

A continuación se enumeran las características más saltantes de los mercados de materias primas, con la intención de aclarar su comportamiento y su relación con los mercados a futuro.⁴² Estas características serán retomadas posteriormente para justificar el planteamiento de las diversas estrategias a seguir por parte de los productores.

- i) El precio para entregas futuras más distantes generalmente es menor al precio para entregas futuras más cercanas (incluyendo el precio para entrega inmediata; léase, el precio spot corriente), una vez que se han descontado los costos habituales de almacenar las mercaderías y los costos de oportunidad (tasa de interés). Los márgenes entre estos precios frecuentemente son tan pequeños que no alcanzan para cubrir los costos

40. La primera cifra fue proporcionada por CODELCO Chile, mientras que la segunda se obtuvo de la Bolsa de Comercio de Chile y se refiere al caso inglés para grandes operaciones hasta el 27 de Octubre de 1986. Luego el Big Bang determinó que las comisiones se hicieran negociables entre los brokers y los clientes.

41. De ahora en adelante cada vez que se haga referencia al concepto de eficiencia, éste deberá entenderse como en su forma débil.

42. Ver Williams (1987).

anteriores, lo que constituye el fenómeno de "backwardation" ya explicado.

- ii) Los productores rutinariamente mantienen inventarios a pesar que los márgenes al vender a futuros no son lo suficientemente rentables. Este monto de inventarios es sensible a tales márgenes: en la medida que tales márgenes estén muy por debajo de los costos de almacenar las mercaderías, el monto de inventarios será menor.
- iii) Los poseedores de las materias primas toman posiciones en los contratos a futuros en conjunto con sus posiciones en los mercados spot o de efectivo. En particular, los productores con un inventario de su insumo venden frecuentemente un contrato a futuro. Al respecto se reconoce que el patrocinio

de los poseedores de los "commodities" es esencial para el éxito de un mercado a futuro, pero hay menos acuerdo acerca de las razones por las cuales incurren en costos para comerciar los contratos a futuro, como los derechos de corretaje.

- iv) Los comerciantes de una materia prima en particular mantienen, como grupo, una posición no balanceada en los mercados a futuro, posición que es usualmente corta en términos netos. Las posiciones de los especuladores (muchos de los cuales son profesionales especializados en un mercado a futuro particular) tampoco están balanceadas. El principal misterio de los mercados a futuro es qué es lo que induce a los especuladores, como un grupo, a tomar habitualmente la posición larga riesgosa.

4. INFORMACIÓN Y METODOLOGÍA

4.1 Metodología

Como se mencionó anteriormente una manera de mostrar la posible existencia de eficiencia débil en un mercado en términos estadísticos es mediante una serie de información que se comporte como un camino aleatorio. Para estudiar tal comportamiento en una serie existen diferentes metodologías, escogiéndose en este trabajo un análisis de series de tiempo, también conocido como técnicas de Box-Jenkins.

Una buena justificación para la utilización de esta metodología puede encontrarse en Pindyck y Rubinfeld⁴³, quienes sostienen lo siguiente:

"Generalmente se elegirá un modelo de series temporales en aquellos casos en que se posee poca información acerca de los determinantes del comportamiento de la variable que nos interesa, pero en cambio se poseen suficientes datos para construir un modelo de series temporales de considerable magnitud."

Además la estimación de los parámetros en los modelos de series temporales suele realizarse en base al método de máxima verosimilitud, donde la ventaja de adoptar tal procedimiento es que los estimadores resultantes son estadísticamente eficientes en grandes muestras.⁴⁴

Si bien una ventaja para elegir las técnicas de Box y Jenkins es el hecho de contar con un gran número de observaciones disponibles para este trabajo, la principal razón para escoger tal metodología y no un modelo estructural, por ejemplo, se debe precisamente a que lo relevante en este estudio no es explicar el comportamiento de los precios en términos de otras variables sino más bien situarse en el contexto de la definición de eficiencia débil mencionada anteriormente, donde lo importante es tomar en cuenta el esquema de los movimientos pasados en los precios para predecir sus movimientos futuros.

Ahora bien para realizar un análisis de series de tiempo se requieren, antes que nada,

43. Ver Pindyck y Rubinfeld (1980), p. 479.

44. Tomado de Harvey (1981).

series estacionarias, lo cual implica el cumplimiento de las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} E(z_t) &= E(z_{t+m}) \\ V(z_t) &= V(z_{t+m}) \\ \text{Cov}(z_t, z_{t+1}) &= \text{Cov}(z_{t+m}, z_{t+m+1}) \end{aligned}$$

donde z_t es una variable aleatoria, $E(\cdot)$ representa el valor esperado de la variable en cuestión, $V(\cdot)$ denota su varianza y $\text{Cov}(\cdot)$ su covarianza.

Sin embargo, como en economía generalmente es difícil encontrar series estacionarias, es una práctica común realizar transformaciones como primeras o segundas diferencias para lograr la estacionariedad. Para analizar esta característica se cuenta con las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial y con los correlogramas, donde estos últimos son los gráficos de ambas funciones de autocorrelación. En la medida que los coeficientes de estas funciones estén cercanos a la unidad y que los puntos en el correlograma tarden en caer a la banda que denota los intervalos de confianza, se dirá que dicha serie no es estacionaria y, por lo tanto, tendrá que sufrir transformaciones.⁴⁵

Recién una vez que se haya cumplido el requisito de estacionariedad puede pasarse a verificar si una serie sigue un comportamiento de camino aleatorio, lo cual, en caso afirmativo, implicaría la existencia de eficiencia estadística. En caso contrario corresponde identificar el proceso autoregresivo (AR) y/o de media móvil (MA) que sigue tal serie, no pudiendo afirmarse categóricamente la existencia de ineficiencia estadística por la razón mencionada en la sección precedente.

Debido a lo anterior y como desde un principio lo que se pretendía era ser concluyente, en el estudio anterior (varias veces citado) se optó por tomar una medida práctica de ineficiencia, la cual consistía en la posibilidad por parte de algún productor de obtener mayores beneficios esperados a través de la realización de actividades especulativas, como acumular inventarios en algunos perío-

dos para venderlos cuando él creyera que el precio de su producto sería mayor. Allí se mostró un conjunto de resultados que permitan concluir que efectivamente existía un cierto grado de ineficiencia en la Bolsa de Metales de Londres. En todo caso, en el sexto capítulo del presente documento se presenta un resumen de la discusión entre las dos estrategias de venta de los metales analizadas, una de las cuales permite la especulación vía la acumulación mientras que la otra implica vender en cada período el íntegro de la producción correspondiente a tal período.

Ahora bien, como una de esas estrategias implica comparar precios efectivos en cada momento en el tiempo versus precios esperados en el futuro, se necesitan realizar predicciones de dichos precios, para lo cual se utilizaron los parámetros previamente estimados por series de tiempo para los procesos ARMA univariados identificados en cada caso.

Obviamente el actual análisis no se limita a lo anterior, e incluye un aporte fundamental cual es la incorporación de los contratos a futuro a los que puede acogerse un productor que busque la protección contra cierto riesgo (léase, coberturarse) y/o que busque simplemente una forma de financiar sus operaciones. Para tal efecto, en el sexto capítulo se efectúan nuevos cálculos de las ganancias que obtienen los productores utilizando la estrategia 2 pero completada ahora con el resultado de las operaciones realizadas en el mercado a futuro, lo cual constituye la estrategia 3. Se busca apreciar de esta manera si los mercados a futuro permiten incrementar las ganancias extraordinarias (lo que profundizaría la ineficiencia del mercado) o si más bien provocan una reducción en tales ganancias, lo que implicaría una disminución del grado de ineficiencia y, quizás, el logro de la eficiencia al menos en su sentido débil.

4.2 Información

Las series estudiadas originalmente se refieren a los precios spot promedio semanales en

45. La banda que denota los intervalos de confianza está comprendida por los valores $\pm 2/\sqrt{T}$, donde T corresponde al número de observaciones de la serie.

dólares de varios metales comerciados en la Bolsa de Metales de Londres, a saber: Aluminio, Cobre, Estaño, Níquel, Plomo y Zinc. Tales series fueron obtenidas a partir de la revista semanal "Metal Week", realizando las conversiones de moneda pertinentes (en los casos en los que los precios estaban fijados en unidades distintas a dólares) tomando los tipos de cambio promedio semanales publicados por la misma revista. Por último, con el fin de obtener series de precios reales, las series nominales se deflactaron por el Índice de Precios al por Mayor (IPM) semanal de Estados Unidos, obtenido este último a partir del IPM mensual publicado por la revista "International Financial Statistics" del FMI.

La muestra escogida para realizar la modelación y las estimaciones se refiere al período comprendido entre la primera semana de 1980 y la semana que termina el 10 de Mayo de 1985, lo cual da un total de 280 observaciones. Además se tomaron observaciones fuera de la muestra a partir de la semana que empieza el 11 de Mayo de 1985 para todos los metales llegando en algunos casos hasta fines de 1989. Así, para las series de precios del Níquel (Cash), Plomo (Cash) y Zinc (HG Cash) las observaciones llegan hasta la semana que termina el 22 de Diciembre de 1989 (241 datos). En cambio las series correspondientes al Aluminio (Cash), Cobre (Cathode Cash) y Estaño (HG Cash) se quiebran la semana que termina el 23 de Diciembre de 1988 (189 observaciones), el 30 de Diciembre de 1988 (190 observaciones) y el 25 de Octubre de 1985 (24 observaciones), respectivamente.

Debe precisarse que, además, se tomaron las series referidas a los precios futuros (a 3 meses) para los mismos metales y para el mismo período, con la finalidad de realizar un análisis similar al de los mercados spot. Es decir en los siguientes capítulos se presenta también un análisis de la eficiencia de los precios futuros, pero además se efectúan comparaciones de los patrones de comportamiento para apreciar qué tan bien o qué tan mal se aproximan los precios futuros a los precios spot efectivos ocurridos a los tres meses.

Por otra parte también se ha trabajado con precios spot diarios, aunque solo para el año 1990, con la finalidad de trabajar con datos más reales, verdaderamente observados (ya que los precios semanales son un promedio ex-post, al cual no se efectúan las transacciones efectivas). La idea es ver si los resultados son muy distintos respecto a la eficiencia, de tal manera de concluir si es que efectivamente existe una cierta ineficiencia per sé en el mercado, o si ésta es producto de los cálculos efectuados con precios que no han sucedido en la práctica. Los datos tomados como muestra para realizar las estimaciones se refieren a los precios comprendidos en el período que va desde el 27 de Diciembre de 1989 hasta el 31 de Agosto de 1990, con lo que se tiene un total de 172 observaciones. De esta manera los datos fuera de la muestra utilizados para efectuar las predicciones resultan de los precios ocurridos el resto del año, totalizando 82 observaciones.

5. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Identificación de los Procesos que Siguen las Series

Como ya se mencionó oportunamente lo primero que se requiere para aplicar las técnicas de Box y Jenkins es contar con series estacionarias.

Las funciones de autocorrelación y de autocorrelación parcial de las series originales de todos los metales mostraron coeficientes cercanos a la unidad, lo que va en contra del cumplimiento de las condiciones explicitadas en el capítulo precedente y por lo tanto conlleva procesos no estacionarios.⁴⁶ Un hecho que refuerza la conclusión anterior es que los puntos de los correlogramas de las series de precios originales de los seis metales tardaron en caer a la banda de confiabilidad.⁴⁷

Por lo tanto el primer paso que hubo de realizarse fue el obtener primeras diferencias para cada una de las series. Una inspección visual de

los correspondientes correlogramas permite apreciar claramente la consecución de la estacionariedad buscada. (Ver el anexo A).

El segundo paso consistió en comprobar la hipótesis de ruido blanco para cada una de las series de precios, para apreciar la existencia o no de eficiencia estadística. Al respecto, una forma de verificar tal hipótesis es mediante la aplicación del Test Q de Box y Pierce:

$$Q = T \sum r_j^2 \sim X^2 (k-p-q)$$

donde k es el número de rezagos de la función de autocorrelación (r_j), mientras que p y q denotan el orden de la parte autoregresiva (número de parámetros AR) y de la parte media móvil (número de parámetros MA), respectivamente.

Este test sirve para verificar si la suma de las autocorrelaciones de los residuos es estadísticamente diferente de cero.⁴⁸ En la medida que los valores Q calculados sean mayores a los valores

46. Este comportamiento fue una constante para las diversas series de precios: los spot diarios y promedio semanales y los futuros promedio semanales.

47. Urrunaga (1991) presenta los gráficos que evidencian tal comportamiento para los precios spot promedio semanales.

48. Para mayores detalles consultar Harvey (1981) y Nelson (1973).

críticos de la distribución chi-cuadrado planteada líneas arriba al 90% o 95%, no se podrá aceptar la hipótesis de autocorrelación nula, con lo cual la serie involucrada no constituirá un ruido blanco.

Cuadro 1
HIPÓTESIS DE RUIDO BLANCO
(Precios spot promedio semanales)

Metal	K	Q Calculado	Q 90%	Q 95%
Aluminio	10	18.8	15.99	18.31
	20	31.7	28.41	31.41
	30	45.8	40.26	43.77
Cobre	10	64.0	15.99	18.31
	20	76.1	28.41	31.41
	30	94.7	40.26	43.77
Estaño	1	9.2	2.71	3.84
	5	12.5	9.24	11.07
	9	15.2	14.68	16.92
Níquel	1	4.5	2.71	3.84
	9	17.0	14.68	16.92
	20	28.6	28.41	31.41
Plomo	10	45.0	15.99	18.31
	20	63.2	28.41	31.41
	30	70.0	40.26	43.77
Zinc	10	25.9	15.99	18.31
	20	37.0	28.41	31.41
	30	45.4	40.26	43.77

En el Cuadro 1 se puede apreciar que en prácticamente todos los casos los valores críticos de la distribución chi-cuadrado son menores a los valores calculados del Test Q, rechazándose entonces un comportamiento de camino aleatorio, en lo que a precios spot promedio semanales se refiere.

Respecto a los precios spot diarios y a los precios a futuro (a 3 meses) promedio semanales, se reproduce en general el comportamiento anterior (ver el Cuadro 2). Sin embargo, es importante notar que los precios spot diarios del zinc constituyen la única excepción al mostrar un claro comportamiento de camino aleatorio, lo que estaría implicando su eficiencia al menos en el período de estudio.

Cuadro 2
HIPÓTESIS DE RUIDO BLANCO
(Otras Series de Precios)

Metal	K	Q Calculado	Q 90%	Q 95%
Precios a Futuro Promedio Semanales				
Aluminio	1	5.17	2.71	3.84
	4	12.72	7.78	9.49
	11	22.13	17.28	19.68
Cobre	1	5.31	2.71	3.84
	4	18.04	7.78	9.49
	15	26.35	22.31	25.00
Estaño	1	7.64	2.71	3.84
	4	11.17	7.78	9.49
	15	22.67	22.31	25.00
Níquel	1	7.49	2.71	3.84
	5	17.37	9.24	11.07
	16	31.14	23.54	26.30
Plomo	2	7.16	4.61	5.99
	4	12.31	7.78	9.49
	15	31.82	22.31	25.00
Zinc	1	9.42	2.71	3.84
	4	17.94	7.78	9.49
	14	26.69	21.06	23.68
Precios Spot Diarios				
Aluminio	1	3.50	2.71	3.84
Cobre	1	3.40	2.71	3.84
Estaño	30	53.03	40.26	43.77
Níquel	5	13.57	9.24	11.07
Plomo	30	53.03	40.26	43.77
Zinc	30	23.07	40.26	43.77

Otra manera de comprobar la hipótesis bajo estudio es a través de la observación de los correlogramas. En la medida que varios puntos sobresalgan de los límites de confiabilidad, éstos serán estadísticamente diferentes de cero al 95% de confianza e implicarán por lo tanto autocorrelaciones no nulas. Como se puede apreciar en el anexo A los correlogramas de las series estacionarias de los seis metales muestran varios rezagos de las funciones de autocorrelación estadísticamente distintos de cero, rechazándose entonces nuevamente la independencia estadística, con lo cual se

deja abierta la posibilidad de existencia de ineficiencia en las Bolsas de Metales.⁴⁹

En este momento se considera necesario hacer una salvedad a lo que se ha pretendido en el análisis. Según los textos de series de tiempo es muy difícil escoger la caracterización más apropiada de una serie simplemente observando los correlogramas de las funciones de autocorrelación y de las funciones de autocorrelación parcial, y más bien suelen encontrarse varias especificaciones que podrían representar bien el comportamiento de dicha serie, donde es posible que, inclusive después de la comprobación de diagnóstico, subsistan más de uno de los modelos considerados, por lo cual debería discriminarse según su capacidad predictiva.⁵⁰ Sin embargo como aquí no se ha pretendido teorizar sobre series de tiempo ni hallar el mejor modelo teórico específico para cada metal, sino tan sólo obtener buenas predicciones a muy corto plazo para plantear una estrategia que permita apreciar la existencia de un cierto grado de ineficiencia en la Bolsa de Metales de Londres (dado el inmenso trabajo que representa por sí mismo el hecho de trabajar con seis metales) se ha optado únicamente por utilizar la especificación que marginalmente haya sido superior después de realizadas las estimaciones.

Una vez precisado lo anterior el siguiente paso fue modelar la dependencia estadística de cada una de las series de precios de los metales, las que permitieron realizar las predicciones que se utilizan en el siguiente capítulo para mostrar la existencia de ineficiencia en estos mercados en términos prácticos y de manera categórica, sin considerar las operaciones en los mercados a futuro.

De esta manera lo que se hizo fue especificar el proceso ARMA que seguía cada una de las series de precios. En términos estrictos en este documento debe hablarse de procesos ARIMA(p,d,q)⁵¹, ARI o IMA, más que de ARMA, AR o MA, debido a que, como se recordará, todas las series originales de los precios de los metales hubieron de ser diferenciadas una vez ($d=1$) para convertirlas en estacionarias.

Nuevamente la clave está en los correlogramas de las series diferenciadas una vez. La teoría sostiene que el orden de la parte autoregresiva de un modelo puede aproximarse por el número de rezagos que sobrepasen los límites de confiabilidad de la función de autocorrelaciones parciales, y a partir del cual dicha función decaiga exponencialmente⁵². En la medida que, una vez realizada la estimación de los parámetros AR, las primeras j autocorrelaciones de los residuos resulten ser grandes, corresponderá incluir parámetros MA

Respecto a los precios spot promedio semanales, los casos del Aluminio, Cobre, Plomo y Zinc son muy parecidos en cuanto a los procesos ARIMA que parecieran seguir las series de sus precios spot promedio semanales. Mientras el Cobre y el Zinc aparentemente implican procesos autoregresivos de orden 4, el Aluminio y el Plomo son posiblemente mejor explicados por modelos autoregresivos de orden 3 y 5, respectivamente.⁵³

Ahora bien, mientras en el caso del Cobre se observa un valor cercano a cero para el segundo rezago en el correlograma, en el caso del Zinc se observa dicho valor tanto para el segundo como para el tercer rezago. A su vez, el Cobre muestra un pico en el rezago 15 mientras que el Zinc lo

49. Estadísticamente hablando la independencia significa que las distribuciones de probabilidades para los cambios en los precios en cada momento en el tiempo no están relacionadas entre sí.

50. Ver Harvey (1981), Nelson (1973) y Pindyck y Rubinfeld (1980).

51. Por convención en un Modelo General Autoregresivo Integrado de Media Móvil suele utilizarse la nomenclatura (p,d,q), donde d representa el grado de homogeneidad del proceso, es decir el número de veces que hay que rebajar (diferenciar) una serie para llegar a un proceso estacionario.

52. Ver Nelson (1973), p. 89.

53. Para fines de notación, un proceso autoregresivo de orden 4 de las primeras diferencias de la serie original estará representado por ARI(4,1), proceso que corresponde a los casos del Cobre y del Zinc. Siguiendo esta metodología los procesos del Aluminio y del Plomo son ARI(3,1) y ARI(5,1), respectivamente.

muestra en el rezago 14, cada uno de los cuales podría interpretarse como un componente estacional que justificaría la inclusión de un parámetro AR estacional en cada modelo.

Por su parte en los casos del Aluminio y del Plomo todos sus parámetros AR (3 y 5, respectivamente) en apariencia son estadísticamente distintos de cero y, por lo tanto, deben ser estimados. Además, ambas series muestran picos en el décimo rezago (a parte de otros máximos y mínimos) por lo que se les incorporó un parámetro AR estacional a cada una de ellas.⁵⁴

Los casos del Estaño y del Níquel son muy parecidos entre ellos, aunque muy diferentes con respecto a los cuatro metales anteriores. Estos cuentan con las series que más se acercan (o menos se alejan) al comportamiento de camino aleatorio que garantiza la eficiencia estadística. Lo anterior se encuentra impreso en el Cuadro 1, en el que a propósito se presentaron menores rezagos para invalidar la hipótesis de ruido blanco para estos metales debido a que prácticamente a partir del décimo rezago ambas series presentan autocorrelaciones nulas.

Al parecer un modelo ARI(1,1) debiera capturar de la mejor manera posible las correlaciones observadas en cada una de estas dos series de precios, sin dejar de lado el componente estacional dado por el rezago 15 en el caso del Estaño y por el rezago 6 en el caso del Níquel.⁵⁵

Por lo tanto, a manera de resumen, las mejores especificaciones de los procesos que parecieran seguir las series de precios spot promedio semanales de los metales son las siguientes:

Aluminio:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)P_{t-2} + (\phi_3 - \phi_2)P_{t-3} - \phi_3 P_{t-4} + \epsilon_t + \phi_4 \epsilon_{t-10}$$

que se obtiene a partir de:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \phi_3 B^3) W_t = \epsilon_t (1 + \phi_4 B^{10})$$

donde $W_t = P_t - P_{t-1}$ y B es el operador de rezago;

Cobre:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-3} + (\phi_3 - \phi_2)P_{t-4} - \phi_3 P_{t-5} + \phi_4 P_{t-15} - \phi_4 (1 + \phi_1)P_{t-16} + \phi_1 \phi_4 P_{t-17} - \phi_2 \phi_4 P_{t-18} + \phi_4 (\phi_2 - \phi_3)P_{t-19} + \phi_3 \phi_4 P_{t-20} + \epsilon_t$$

que se obtiene a partir de:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^3 - \phi_3 B^4) (1 - \phi_4 B^{15}) W_t = \epsilon_t$$

Estaño:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-15} - \phi_2 (1 + \phi_1)P_{t-16} + \phi_1 \phi_2 P_{t-17} + \epsilon_t$$

que se obtiene a partir de:

$$(1 - \phi_1 B) (1 - \phi_2 B^{15}) W_t = \epsilon_t$$

Níquel:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \epsilon_t + \phi_2 \epsilon_{t-6}$$

que se obtiene a partir de:

$$(1 - \phi_1 B) W_t = \epsilon_t (1 + \phi_2 B^6)$$

Plomo:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} + (\phi_2 - \phi_1)P_{t-2} + (\phi_3 - \phi_2)P_{t-3} + (\phi_4 - \phi_3)P_{t-4} + (\phi_5 - \phi_4)P_{t-5} - \phi_2 P_{t-6} + \phi_6 P_{t-10} - \phi_3 (1 + \phi_1)P_{t-11} + \phi_3 (\phi_1 - \phi_2)P_{t-12} + \phi_6 (\phi_2 - \phi_3)P_{t-13} + \phi_6 (\phi_3 - \phi_4)P_{t-14} + \phi_6 (\phi_4 - \phi_5)P_{t-15} + \phi_5 \phi_6 P_{t-16} + \epsilon_t$$

que se obtiene a partir de:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \phi_3 B^3 - \phi_4 B^4 - \phi_5 B^5) (1 - \phi_6 B^{10}) W_t = \epsilon_t$$

Zinc:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-4} - \phi_2 P_{t-5} + \phi_3 P_{t-14} - \phi_3 (1 + \phi_1)P_{t-15} + \phi_1 \phi_3 P_{t-16} - \phi_2 \phi_3 P_{t-18} + \phi_2 \phi_3 P_{t-19} + \epsilon_t$$

que se obtiene a partir de:

$$(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^4) (1 - \phi_3 B^{14}) W_t = \epsilon_t$$

Respecto a las otras series de precios y para no extender demasiado el documento con análisis repetitivos, puede aplicarse el mismo procedimiento anterior para llegar a las siguientes modelaciones:

* Precios Spot Diarios

Aluminio:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \epsilon_t$$

54. En el caso del Aluminio finalmente se optó por un parámetro MA estacional.

55. Al igual que en el caso del Aluminio, con el Níquel resultó mejor trabajar con un parámetro MA estacional.

Cobre:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \epsilon_t$$

Estaño:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-5} - \phi_2 P_{t-6} + \epsilon_t$$

Níquel:

$$P_t = P_{t-1} + \phi_1 P_{t-5} - \phi_1 P_{t-6} + \epsilon_t - \phi_2 \epsilon_{t-4}$$

Plomo:

$$P_t = P_{t-1} + \phi_1 P_{t-4} - \phi_1 P_{t-5} + \epsilon_t - \phi_2 \epsilon_{t-11}$$

Zinc:

$$P_t = P_{t-1} + \epsilon_t \text{ (camino aleatorio)}$$

*** Precios a Futuro Promedio Semanales****Aluminio:**

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-5} - \phi_2 P_{t-6} + \phi_3 P_{t-11} - \phi_3 (1 + \phi_1)P_{t-12} + \phi_1 \phi_3 P_{t-13} - \phi_2 \phi_3 P_{t-16} + \phi_2 \phi_3 P_{t-17} + \epsilon_t$$

Cobre:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-4} - \phi_2 P_{t-5} + \epsilon_t - \phi_3 \epsilon_{t-15}$$

Estaño:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-5} - \phi_2 (1 + \phi_1)P_{t-10} + \phi_1 \phi_2 P_{t-17} + \epsilon_t$$

Níquel:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-6} - \phi_2 (1 + \phi_1)P_{t-7} + \phi_1 \phi_2 P_{t-8} + \epsilon_t$$

Plomo:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-4} + (\phi_3 - \phi_2)P_{t-5} - \phi_3 P_{t-6} + \epsilon_t$$

Zinc:

$$P_t = (1 + \phi_1)P_{t-1} - \phi_1 P_{t-2} + \phi_2 P_{t-4} - \phi_2 P_{t-5} + \epsilon_t - \phi_3 \epsilon_{t-14}$$

5.2 Estimación de los Parámetros

A partir de las ecuaciones planteadas líneas arriba se procedió a estimar los correspondientes

parámetros (ϕ_j) por máxima verosimilitud. Es conveniente recalcar que éstas no fueron las únicas especificaciones estimadas y más bien para cada metal se probaron alrededor de cinco modelaciones alternativas, manteniendo el patrón de la parte autoregresiva prácticamente invariable. Las diferencias radicaron más bien en los componentes estacionales, probándose distintos rezagos (en función a la existencia de varios picos en las funciones de autocorrelaciones parciales) tanto con parámetros estacionales AR como MA. Ahora bien para no extender innecesariamente el documento en análisis que no son los más relevantes, a continuación se presentan únicamente los resultados que brindaron las mejores estimaciones para cada metal⁵⁶. El Cuadro 3 muestra los valores de los parámetros de las series de precios spot promedio semanales, mientras que el Cuadro 4 muestra los valores correspondientes a las otras dos series de precios analizadas.

Cuadro 3
ESTIMACIONES DE LOS PARAMETROS
(Precios Spot Promedio Semanales)

Metal	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	ϕ_5	ϕ_6	R	t
Aluminio	.128 (2.1)	-.141 (2.4)	.137 (2.3)	-.159 (3.0)			.97	6.6
Cobre	.304 (5.7)	.202 (3.9)	-.350 (6.8)	.298 (6.0)			.20	10
Estaño	.186 (3.2)	.147 (2.6)					.05	15.4
Níquel	.112 (1.9)	-.159 (2.7)					.04	11.3
Plomo	.163 (3.0)	-.175 (3.3)	.238 (4.5)	-.220 (4.1)	.333 (6.2)	-.233 (4.2)	.18	12.3
Zinc	.192 (3.3)	-.198 (3.5)	-.216 (3.9)				.10	8.0

56. Debe mencionarse que en muchos casos las especificaciones alternativas para un metal dado arrojaron resultados igual de buenos, por lo cual las ventajas de una u otra modelación son prácticamente nulas.

Con los valores resultantes de las estimaciones de los parámetros de las ecuaciones W_t que se muestran en el Cuadro 3 pueden hallarse las especificaciones expandidas de los precios spot promedio semanales de los metales, a saber:

Aluminio:

$$P_t = 1.128 P_{t-1} - 0.269 P_{t-2} + 0.279 P_{t-3} - 0.137 P_{t-4} + \epsilon_t + 0.159 \epsilon_{t-10}$$

Cobre:

$$P_t = 1.304 P_{t-1} - 0.304 P_{t-2} + 0.202 P_{t-3} - 0.551 P_{t-4} + 0.350 P_{t-5} + 0.298 P_{t-15} - 0.389 P_{t-16} + 0.091 P_{t-17} - 0.060 P_{t-18} + 0.165 P_{t-19} - 0.104 P_{t-20} + \epsilon_t$$

Estaño:

$$P_t = 1.186 P_{t-1} - 0.186 P_{t-2} + 0.147 P_{t-15} - 0.174 P_{t-16} + 0.027 P_{t-17} + \epsilon_t$$

Níquel:

$$P_t = 1.112 P_{t-1} - 0.112 P_{t-2} + \epsilon_t + 0.159 \epsilon_{t-6}$$

Plomo:

$$P_t = 1.163 P_{t-1} - 0.338 P_{t-2} + 0.413 P_{t-3} - 0.458 P_{t-4} + 0.553 P_{t-5} - 0.333 P_{t-6} - 0.233 P_{t-10} + 0.271 P_{t-11} - 0.079 P_{t-12} + 0.096 P_{t-13} - 0.107 P_{t-14} + 0.129 P_{t-15} - 0.077 P_{t-16} + \epsilon_t$$

Zinc:

$$P_t = 1.192 P_{t-1} - 0.192 P_{t-2} - 0.198 P_{t-4} + 0.198 P_{t-5} - 0.216 P_{t-14} + 0.258 P_{t-15} - 0.041 P_{t-16} - 0.043 P_{t-18} + 0.043 P_{t-19} + \epsilon_t$$

Por su parte, los procesos ARIMA especificados para las series de los precios spot diarios y de los precios a futuro promedio semanales son los siguientes:

* Precios Spot Diarios

Aluminio:

$$P_t = 0.86 P_{t-1} + 0.14 P_{t-2} + \epsilon_t$$

Cobre:

$$P_t = 0.87 P_{t-1} + 0.13 P_{t-2} + \epsilon_t$$

Estaño:

$$P_t = 0.81 P_{t-1} + 0.19 P_{t-2} - 0.17 P_{t-5} + 0.17 P_{t-6} + \epsilon_t$$

Níquel:

$$P_t = P_{t-1} + 0.25 P_{t-5} - 0.25 P_{t-6} + \epsilon_t + 0.15 \epsilon_{t-4}$$

Plomo:

$$P_t = P_{t-1} + 0.31 P_{t-4} - 0.31 P_{t-5} + \epsilon_t + 0.21 \epsilon_{t-11}$$

Zinc:

$$P_t = P_{t-1} + \epsilon_t \text{ (camino aleatorio)}$$

* Precios a Futuro Promedio Semanales

Aluminio:

$$P_t = 1.25 P_{t-1} - 0.25 P_{t-2} + 0.14 P_{t-5} - 0.14 P_{t-6} + 0.16 P_{t-11} - 0.20 P_{t-12} + 0.04 P_{t-13} - 0.02 P_{t-16} + 0.02 P_{t-17} + \epsilon_t$$

Cobre:

$$P_t = 1.24 P_{t-1} - 0.24 P_{t-2} - 0.23 P_{t-4} + 0.23 P_{t-5} + \epsilon_t - 0.27 \epsilon_{t-15}$$

Estaño:

$$P_t = 1.19 P_{t-1} - 0.19 P_{t-2} + 0.11 P_{t-15} - 0.13 P_{t-16} + 0.02 P_{t-17} + \epsilon_t$$

Níquel:

$$P_t = 1.14 P_{t-1} - 0.14 P_{t-2} + 0.13 P_{t-6} - 0.15 P_{t-7} + 0.02 P_{t-8} + \epsilon_t$$

Plomo:

$$P_t = 1.17 P_{t-1} - 0.17 P_{t-2} - 0.13 P_{t-4} + 0.28 P_{t-5} - 0.15 P_{t-6} + \epsilon_t$$

Zinc:

$$P_t = 1.23 P_{t-1} - 0.23 P_{t-2} - 0.16 P_{t-4} + 0.16 P_{t-5} + \epsilon_t + 0.16 \epsilon_{t-14}$$

Como se puede apreciar los modelos recién presentados no coinciden necesariamente con los primeros, lo cual puede desprenderse de los gráficos que muestran la evolución de los precios spot versus la de los precios a futuro, tanto semanales como diarios. (Ver el anexo B).

De esta manera, al apreciarse que los precios a futuro promedio semanales del Estaño, Níquel y Zinc siguen un comportamiento muy similar al de sus precios spot promedio semanales correspondientes, no debería de llamar la atención que los respectivos modelos de series de tiempo

sean aproximadamente los mismos. En el otro extremo se tienen los casos del Aluminio y del Plomo, donde el patrón de comportamiento de sus precios a futuro difiere sustancialmente del correspondiente a sus precios spot, por lo que las modelaciones con claramente diferenciables. (Ver el Cuadro 4).

Cuadro 4
ESTIMACIONES DE LOS PARÁMETROS
(Otras Series de Precios)

Metal	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4	R^2	F
Precios a Futuro Promedio Semanales						
Aluminio	0.25 (3.4)	0.14 (2.4)	0.16 (3.3)		0.09	13.32
Cobre	0.24 (4.2)	-0.23 (-4.5)	0.27 (4.4)		0.13	20.44
Estaño	0.19 (3.0)	0.11 (2.0)			0.04	10.03
Níquel	0.14 (2.3)	0.13 (2.3)			0.03	9.00
Plomo	0.17 (2.9)	-0.13 (-2.3)	0.15 (2.9)	-0.12 (-2.0)	0.05	4.82
Zinc	0.23 (3.9)	-0.16 (-2.9)	-0.16 (-2.6)		0.09	14.10
Precios Spot Diarios						
Aluminio	-0.14 (-1.9)				0.02	
Cobre	-0.13 (-1.8)				0.02	
Estaño	-0.19 (-2.7)	-0.17 (-2.2)			0.06	10.95
Níquel	0.25 (3.3)	-0.15 (-1.9)			0.07	12.67
Plomo	0.31 (4.2)	-0.21 (-2.6)			0.13	24.75

Asimismo, el patrón de comportamiento de los precios spot diarios de los metales es distinto a los anteriores y podría adelantarse que sería diferente al de los precios a futuro diarios, simplemente a través de la inspección visual de los gráficos correspondientes. (Ver el anexo B.2). De esta manera, podría plantearse que el estaño sería uno de los metales donde habría semejanzas entre los modelos ARIMA de los precios spot y de los precios a futuro, mientras que el zinc sería uno de los que podría mostrar modelaciones muy distintas. Al respecto, quiere precisarse que para no hacer más extenso el estudio, no se han modelado los precios a futuro diarios. En todo caso, los resultados de la estimación de las series de precios spot diarios se presentan en el Cuadro 4.

Finalmente, a partir de la gran mayoría de los resultados anteriores, es bueno precisar una característica común del comportamiento de las series de precios de los seis metales, cual es la aparente no relevancia de la parte media móvil en la generación de cada una de sus observaciones. Este hecho ($q=0$) se originaría a raíz de la obtención de autocorrelaciones nulas de los errores en los primeros rezagos luego de haber realizado las estimaciones de los parámetros AR, ya que la teoría de series de tiempo dice que la función de autocorrelación asociada con la parte de media móvil de un proceso ARMA o ARIMA se hace igual a cero para $k > q$, dado que el proceso MA tiene una memoria de sólo q periodos.

5.3 Comprobación de Diagnóstico

Después de identificar un proceso de series de tiempo y de estimar sus parámetros debe realizarse una comprobación para verificar si la especificación inicial era o no correcta, más aún teniendo en cuenta que los estadísticos tradicionales de las regresiones simples no juegan un rol tan importante en esta oportunidad.

Como los errores tipo y los estadísticos t para los parámetros estimados se calculan a partir de la última linealización de la ecuación no lineal.

57. Tomado de Pindyck y Rubinfeld (1980), p. 536.

tienen tan sólo un significado limitado.⁵⁸ El Coeficiente de Regresión y el estadístico F se calculan de la misma manera y además están influenciados por el número de veces que debe rebajarse la serie para lograr su estacionariedad. Debido a lo anterior no debe rechazarse necesariamente una ecuación de series de tiempo con un R² pequeño ya que, a pesar de este último "inconveniente", es posible que tenga una elevada capacidad predictiva.

Por lo tanto la comprobación de diagnóstico sugerida consistirá básicamente en la utilización de otros elementos, a saber: la observación de los valores de las autocorrelaciones de los errores y la aplicación del test Q de Box y Pierce explicitado con anterioridad.

En la medida que los coeficientes de las autocorrelaciones de los errores sean cada uno menores en valor absoluto al valor crítico dado por $2/\sqrt{T}$ y que los Q estadísticos sean menores a los valores críticos de la distribución chi-cuadrado al 90% o 95%, se podrá decir que los residuos siguen un comportamiento de ruido blanco, por lo cual la modelación escogida habrá sido la apropiada.

Observando el Cuadro 5 se aprecia nítidamente que todos los coeficientes de las autocorrelaciones de los errores son mucho menores en valor absoluto que el valor crítico representado por 0.1195 y que los valores obtenidos para el Test Q son menores a los valores críticos de la distribución chi-cuadrado al 95%, todo lo cual permite afirmar que los residuos de cada serie tienen autocorrelaciones estadísticamente no distintas de cero. Más aún repitiendo el Test Q para el 90% de significancia también resultan

valores estimados menores a los críticos (a excepción del caso del cobre con k=20) incrementando así la confiabilidad de la aseveración anterior.

Cuadro 5
COMPROBACIÓN DE DIAGNÓSTICO
(Precios Spot Promedio Semanales)

Metal	K	Autocorr. errores	Q Calculado	Q 90%	Q 95%
Aluminio	10	-0.042	3.69	10.64	12.59
	20	0.070	13.14	23.54	26.30
	30	0.026	25.69	35.60	38.90
Cobre	10	-0.044	9.28	10.64	12.59
	20	-0.085	26.14	23.54	26.30
	30	-0.017	33.93	35.60	38.90
Estaño	10	-0.010	8.21	13.36	15.51
	20	-0.024	13.57	25.99	28.87
	30	-0.024	21.59	37.90	41.30
Níquel	10	-0.020	4.99	13.36	15.51
	20	-0.027	13.76	25.99	28.87
	30	0.069	20.03	37.90	41.30
Plomo	10	0.071	4.29	7.78	9.19
	20	0.045	18.54	21.06	23.68
	30	0.047	24.10	33.20	36.42
Zinc	10	-0.019	6.40	12.02	14.07
	20	0.049	10.45	24.80	27.60
	30	-0.048	17.04	36.70	40.10

Por lo tanto se puede concluir que la modelación estimada de cada metal es la correcta y se confirma la hipótesis que las series originales no constituyan un camino aleatorio.

Lo mismo sucede con los precios spot diarios y con los precios a futuro promedio semanales, tal como se deduce del Cuadro 6.⁵⁹

58. En series temporales suelen encontrarse modelos no lineales a los cuales hay que aplicarles un proceso iterativo general de estimación no lineal, utilizando el desarrollo de las series de Taylor. Ver Pindyck y Rubinfeld (1980), pp.546-550.

59. Mientras el valor crítico para los precios a futuro promedio semanales también es 0.1195 debido a que su muestra es la misma que la de los precios spot promedio semanales, el valor crítico para los precios spot diarios es 0.1525.

Cuadro 6
COMPROBACIÓN DE DIAGNÓSTICO
(Otras Series de Precios)

Metal	K	Autocorr. Errores	Q Calculado	Q 90%	Q 95%
Precios a Futuro Promedio Semanales					
Aluminio	4	0.01	2.38	2.71	3.84
	11	-0.02	5.58	13.36	15.51
	20	0.08	11.41	24.77	27.59
Cobre	9	-0.03	10.40	10.64	12.59
	15	-0.10	18.54	18.55	21.03
	20	0.10	21.74	24.77	27.59
Estaño	4	-0.06	1.81	4.61	5.99
	15	0.02	10.68	19.81	22.36
	20	-0.07	12.96	25.99	28.87
Níquel	5	0.10	5.94	6.25	7.81
	16	-0.12	13.01	21.06	23.68
	20	-0.07	16.08	25.99	28.87
Plomo	5	0.01	3.68	2.71	3.84
	15	0.03	11.68	17.28	19.68
	20	0.08	19.84	23.54	26.30
Zinc	4	-0.03	3.15	2.71	3.84
	14	0.03	0.03	15.99	18.31
	20	0.03	15.80	24.77	27.59
Precios Spot Diarios					
Aluminio	30	0.06	25.59	39.09	42.56
Cobre	30	-0.15	34.33	39.09	42.56
Estaño	30	0.10	30.29	37.92	41.34
Níquel	5	-0.08	2.91	6.25	7.81
Plomo	30	-0.01	36.24	37.92	41.34

6. ANÁLISIS DE EFICIENCIA EN LA BOLSA DE METALES

6.1 Formulación de Estrategias de Venta de los Productores

En la sección anterior quedó en evidencia la existencia de dependencia estadística, lo cual es una característica común de toda serie de tiempo. A pesar de este hecho matemático pudiera haber sucedido en la práctica una dependencia irrelevante, por lo que se hacía necesario elaborar un análisis más categórico y práctico. En este sentido se realizó un análisis comparativo entre dos estrategias alternativas a seguir por un determinado productor para cada uno de los metales mencionados, haciendo uso de los modelos identificados y estimados previamente.

La estrategia 1 era bastante sencilla pues implicaba que al productor no le importaría el futuro y vendería cada unidad producida semanalmente al precio de mercado prevaleciente en cada semana. Esta alternativa no significaba necesariamente que el productor que la siguiese fuese poco inteligente sino que, por el contrario, sería el camino lógico y racional a seguir si el

mercado fuese eficiente, ya que la mejor predicción del precio futuro sería el precio actual

Por otro lado, la estrategia 2 era más realista ya que incluía las predicciones de los productores de metales, lo cual creaba un espacio para la acumulación de inventarios.⁶⁰ Esta alternativa consistía en la comparación, por parte de un productor cualquiera, del precio de mercado vigente en una semana dada con los precios proyectados a corto plazo, de tal manera de decidir si es que vendía o acumulaba su producción de dicha semana. En la medida que el precio actual fuese menor (mayor) que algún (todos los) precio(s) proyectado(s) el productor decidiría acumular (vender) en tal semana.

La interrogante que surgía inmediatamente era y es ¿para qué predecir precios si para ello se cuenta con un mercado a futuro, el cual especifica los precios para los siguientes períodos? El punto aquí es que si los precios a futuro fueran efectivamente buenos predictores de los precios spot a regir en fechas posteriores, el mercado spot sería

60. Una justificación para la acumulación de stocks por parte de los productores puede encontrarse en la sección 3.4.4, en la segunda característica relevante de los mercados de materias primas.

eficiente pues impediría obtener ganancias extraordinarias, dado que la información es pública y está disponible para quien desee utilizarla. Sin embargo, una muestra nítida de la pobre capacidad predictiva de los precios a futuro se obtiene de su comparación con los precios spot que efectivamente ocurrieron al término del período. Los gráficos del anexo C son elocuentes al respecto, por lo que hay un espacio para efectuar predicciones distintas a los precios a futuro.

Ahora bien, para hacer comparables los precios prevalecientes y esperados en distintos períodos, estos debieron homogeneizarse incluyéndose, entre otros, los siguientes costos: costo de oportunidad del dinero (que involucra una cierta tasa de descuento), prima por riesgo y costo de almacenamiento.

Algunos supuestos simplificadorios adoptados desde el estudio previo se refirieron a los costos de almacenamiento igual a cero (debido a que en general han demostrado ser muy pequeños, por lo que no afectarían mayormente los resultados) y al horizonte de predicción igual a 4 semanas porque se asumió que los grandes productores de los metales (que tradicionalmente han sido empresas estatales) sólo estarían dispuestos a especular a muy corto plazo (1 mes).⁶¹

A su vez, con la finalidad de no complicar el cálculo de las ganancias obtenidas según cada estrategia, se supuso que cada productor elaboraba semanalmente una unidad de su mercancía, por lo cual los ingresos semanales resultaban simplemente de multiplicar el precio vigente por el número de unidades vendidas (donde éstas últimas fueron iguales a 1 para la estrategia 1 y a n para la estrategia 2).⁶² De aquí los ingresos totales (que resultaron de la suma descontada de los ingresos semanales) sirvieron para determinar cuál de las dos alternativas era la más beneficiosa y para

calcular las tasas de ganancia que determinaron si existía o no un espacio para especular.

El análisis de las estrategias anteriores, que arrojó como resultado la existencia de cierto grado de ineficiencia débil en la Bolsa de Metales de Londres, no consideró la modalidad de los contratos a futuro a la que podían recurrir (como efectivamente lo hacen) los productores de los metales. Por lo tanto, con la finalidad de superar tal limitación, en el presente estudio se ha incorporado la cuantificación y el análisis de una nueva estrategia, muy parecida a la número 2 anterior, pero tomando en cuenta los contratos a futuro a 3 meses.

Muy resumidamente, esta estrategia consiste en que al inicio del período de análisis el productor evalúa si le conviene vender su metal en esa semana o si le conviene acumular stocks, siendo el criterio de decisión el anteriormente detallado. Si el productor inicialmente vende su producto es porque está anticipando que el precio spot actual es mayor que los sucesivos precios spot, por lo que no requiere participar en ese momento en el mercado a futuros. Lo importante es que tarde o temprano predicirá aumentos en los precios, con lo que decidirá acumular inventarios durante algún período. Si el productor decide, entonces, no vender su producto, le convendrá vender un contrato a futuro (a 3 meses) al precio futuro correspondiente fijado en la bolsa en ese instante, porque al predecir que su precio spot va a subir sabe que está corriendo un riesgo, el cual desearía evitarlo coberturando su posición.⁶³

Es así que, cuando el productor prevea que su precio spot ya no será creciente, y anticipe en su lugar que el precio actual superará a los precios que vengan, lo racional será vender el producto en ese momento y, por lo tanto, recomprar el contrato a futuro. Sólo volverá a vender otro contrato a

61. Esto implica que en el momento t lo relevante era comparar el precio efectivo en t con los precios proyectados para los períodos $t+1$, $t+2$, $t+3$ y $t+4$.

62. n era 0 cuando el productor decidía no vender y era igual al número de unidades acumuladas más la producida durante la semana en la cual el productor decidía vender.

63. Una justificación para este comportamiento por parte de un productor puede encontrarse en la sección 3.4.4, en la tercera característica relevante de los mercados de materias primas.

futuro cuando decida acumular nuevamente su producto.

La lógica de lo anterior radica en que al ser adverso al riesgo, el productor busca disminuir los resultados extremos. De esta manera, si el precio (spot) de venta del metal resultase siendo menor a los precios (spot) ocurridos en los períodos de acumulación, el productor habría incurrido en una pérdida en el mercado spot; sin embargo, el hecho de contar con los contratos a futuro le habría permitido a ese productor obtener una ganancia en el mercado a futuros al momento de recomprar sus contratos a ese menor precio (spot), lo que le habría servido para compensar sus pérdidas en el mercado spot. Lo anterior implica que tienen que existir otros agentes, en particular los especuladores, que estén dispuestos a participar en los mercados a futuro tomando la posición contraria a la de los productores.⁶⁴

Por otra parte, si lo que hubiese sucedido fuese un precio (spot) de venta final mayor a los precios (spot) ocurridos durante los períodos de acumulación, el productor habría obtenido una ganancia en el mercado spot, aunque a costa de una pérdida en el mercado a futuros al recomprar los contratos a un precio mayor. Así, mientras que con la primera alternativa no se pierde (o se atenúa la probabilidad de pérdida), con la segunda alternativa se deja de ganar tanto como se hubiera ganado sin la presencia de futuros.

Es importante remarcar que la modalidad de futuros no obliga a hacer entrega física del bien en la fecha pactada, siempre y cuando el productor haya cambiado su posición para tal fecha.⁶⁵ Esto implica que el productor (vendedor del futuro) puede recomprar su contrato en cualquier momento durante los 3 meses de vigencia del mismo, pagando el precio spot de ese momento.

Un punto importante que se desprende de la estrategia anterior es que hay un límite implícito

al período de acumulación, el cual tiene un máximo de 12 semanas consecutivas, ya que el contrato a futuro que se vende tiene una maduración de 3 meses, por lo que sino se recompra antes de dicho término el productor tendrá que entregar su bien. Esto implica que es posible que en algún período el productor se arriesgue a esperar a último minuto para vender, esperando una recuperación de su precio que puede no ocurrir y, sin embargo, no le quedará más alternativa que vender a ese precio para que no le ejecuten su contrato.

Por último, otras razones para imponer un límite a la acumulación son las siguientes. Por un lado está el hecho que la demanda por el metal tiene que satisfacerse tarde o temprano, suponiéndose aquí que no puede esperar más de 3 meses. Por otra parte está el hecho que es muy costoso y riesgoso acumular demasiado tiempo o demasiada cantidad, escogiéndose entonces (también arbitrariamente) un máximo de 3 meses.

En las páginas siguientes se presentan los resultados obtenidos del estudio anterior que mostraban una cierta ineficiencia en la Bolsa de Metales de Londres y se comparan con los resultados obtenidos a partir de la utilización de las otras dos series de precios incorporadas en el presente estudio. Luego se presenta la nueva evidencia incorporando los mercados a futuro de los metales, tal que permita apreciar si estos últimos aminoran o acentúan el grado de ineficiencia inicial.

6.2 Predicciones de los Precios de los Metales

En esta parte del trabajo se presenta una descripción de los ingresos obtenidos según las distintas estrategias, los cuales servirán para mostrar (en la siguiente sección) la ineficiencia práctica planteada. A tal efecto hubo que realizar predicciones de los precios de cada uno de los metales a partir de las estimaciones realizadas anteriormente.

64. Una justificación para ello puede encontrarse en la sección 3.4.4, en la cuarta característica relevante de los mercados de materias primas.

65. Según cifras proporcionadas por Codelco-Chile, menos del 3% de todos los contratos a futuro negociados cada año resulta en entrega del producto adeudado, y más bien los productores suelen vender sus metales a sus clientes habituales fuera de las bolsas.

Antes de proseguir el análisis es conveniente recordar la delimitación del ámbito en el cual son confiables las predicciones que arrojan las técnicas de Box y Jenkins. Entre sus principales limitaciones para efectuar pronósticos se encuentran la escasa o nula utilidad para el largo plazo (ya que las predicciones tienden al valor medio constante de la serie cuando aumenta el período futuro) y el hecho que sólo captan tendencias pero no son capaces de predecir cambios bruscos. Como contrapartida la gran ventaja de su empleo se encuentra en el corto plazo (para un período futuro l , tal que l no sea mucho mayor que $p+q$ ⁶⁶) debido a que la parte AR de un modelo ARIMA tiene memoria infinita por lo que todas las observaciones pasadas tendrán algún efecto sobre la proyección, aunque este efecto disminuya conforme se retroceda más en el tiempo.

Debido a que el horizonte de predicción planteado en este estudio es precisamente de corto plazo (4 semanas) y el número de parámetros va desde 1 (en los casos de los precios spot diarios del Aluminio y del Cobre) hasta 6 (en el caso del precio spot promedio semanal del Plomo) se cuenta con la "bendición teórica" para continuar el análisis.

Las predicciones deben hacerse tanto dentro de la muestra como fuera de ella. Las que se

efectúen dentro de la muestra deben compararse con las observaciones efectivas, constituyendo la llamada simulación histórica que permita apreciar qué tan preciso es un modelo. Para evitar un análisis demasiado extenso sólo se han efectuado este tipo de predicciones para los precios spot promedio semanales. Ahora bien, como estas proyecciones se realizan utilizando los parámetros hallados con la información de todas las semanas de la muestra (información que no es conocida sino hasta el final del período) no son completamente válidas. Por lo tanto para validar dichos pronósticos tienen que realizarse predicciones fuera de esa muestra, de tal forma de apreciar si efectivamente tales parámetros representan bien el comportamiento de las series, con lo cual podría concluirse que estos serían constantes y conocidos por los productores desde un inicio.

Las proyecciones efectuadas dentro y fuera de la muestra resultaron muy parecidas a los datos reales cayendo siempre dentro de los límites del 95% de confianza, demostrando con ello que todos los modelos cuentan con una buena capacidad predictiva al menos en el muy corto plazo (1 mes).⁶⁷ A su vez, las proyecciones fueron lo suficientemente diferentes de los verdaderos datos como para permitir distintos resultados entre ambas estrategias, como se puede apreciar tanto en el Cuadro 7 como en el Cuadro 8.

66. Tomado de Pindyck y Rubinfeld (1980), p. 577.

67. Las predicciones dentro de la muestra se efectuaron sobre un total de 280 observaciones para cada metal, mientras que las proyecciones fuera de la muestra se realizaron sobre distintos períodos especificados en la sección que se refiere a la data.

Cuadro 7
PREDICCIONES E INGRESOS
(Precios Spot Promedio Semanales)

Metal	Tasa % Descuento	Ingr Dentro Sin Pred	Muestra Con Pred	Ingr Fuera Sin Pred	Muestra Con Pred
Aluminio	0.035	304892.4	306612.8	237258.1	242059.4
	0.57	304892.4	304762.8	237258.1	240597.7
	1	304892.4	304853.7	237258.1	239408.0
Cobre	0.035	374376.4	375264.0	261524.5	263789.4
	0.57	374376.4	375335.2	261524.5	262219.1
	1	374376.4	375964.5	261524.5	261984.8
Estaño	0.035	3126888.9	3130265.4	241710.2	243459.0
	0.57	3126888.9	3127602.4	241710.2	241710.2
	1	3126888.9	3127094.0	241710.2	241710.2
Níquel	0.035	1223470.9	1229160.5	1501153.4	1531418.9
	0.57	1223470.9	1224008.0	1501153.4	1503924.6
	1	1223470.9	1223635.2	1501153.4	1496846.7
Plomo	0.035	138331.7	137601.8	101555.5	102162.9
	0.57	138331.7	138833.0	101555.5	101406.9
	1	138331.7	138779.2	101555.5	101412.5
Zinc	0.035	182365.6	184261.4	188073.9	190153.4
	0.57	182365.6	182792.3	188073.9	188570.6
	1	182365.6	182639.8	188073.9	188540.5

Los ingresos "Sin Pred" (sin predicciones) se refieren a los valores presentes derivados de la aplicación de la estrategia 1, mientras que los ingresos "Con Pred" se refieren a los valores presentes obtenidos de la aplicación de la estrategia 2.⁶⁸

En el Cuadro 7 pueden apreciarse también las tres tasas de descuento que se utilizaron para hacer comparables los precios de distintos períodos y que denotan diferentes niveles de riesgo⁶⁹. Dichas tasas son semanales y se obtuvieron a partir de las tasas anuales de 1.83%, 34.23% y 67.63%, respectivamente. La primera tasa corres-

ponde a la tasa promedio real anual de los instrumentos emitidos por la Reserva del Tesoro de Estados Unidos, la cual se considera libre de riesgo, mientras que las últimas dos tasas se refieren a la suma de la primera más un factor de riesgo considerado arbitrariamente (32.4% y 65.8%, respectivamente)⁷⁰.

El hecho de haberse optado por tales tasas, las cuales incluyen tanto aversión como indiferencia al riesgo, se debe por una parte a que la gran mayoría de la literatura referente al riesgo se ha centrado precisamente en ambos tipos de comportamiento (aversión e indiferencia) y, por otra

68. La tasa de descuento relevante fue la de 0.035% semanal, es decir la tasa libre de riesgo, ya que el mayor o menor riesgo importa en las predicciones mas no en las actualizaciones.

69. De ahora en adelante se optará por referirse a la tasa de descuento como aquella que involucra no sólo el costo de oportunidad del dinero sino también la prima por riesgo. El costo de almacenamiento queda fuera debido a que anteriormente se asumió igual a cero. Por otra parte la tasa de 0.035% implica indiferencia al riesgo, mientras que las tasas de 0.57% y de 1% implican aversión al riesgo "mediana" y "grande".

70. Tales tasas arbitrarias fueron sugeridas por Jorge Friedman a través de un estudio preliminar que realizó con A. Calbacho (1983).

parte, a que no se han podido encontrar estudios que hayan empleado alguna medida alternativa de un porcentaje que implique cierto grado de aver-sión al riesgo, todo lo cual fue mencionado en su oportunidad.

Cuadro 8
PREDICCIONES E INGRESOS
(Otras Series de Precios)

Metal	Ingresos Fuera de la Muestra			
	Precios a Futuro Semanales		Precios Spot Diarios	
	Sin Pred	Con Pred	Sin Pred	Con Pred
Aluminio	217054.2	228254.7	132296.2	135112.6
Cobre	246156.6	249494.7	201450.6	200913.9
Estaño	198031.2	207758.4	437123.0	483345.1
Níquel	1402292.1	1454486.9	673533.8	668444.8
Plomo	96830.7	97786.0	54080.2	54165.9
Zinc	156108.9	158063.0		

Con fines de simplificación en el Cuadro 8 sólo se presentan los valores presentes de los ingresos para el caso de los productores indiferentes al riesgo, es decir aquéllos que descuentan sus predicciones a la tasa de descuento libre de riesgo.⁷¹ Como se puede apreciar resultan diferencias entre las dos estrategias, lo que permitirá efectuar cálculos de ganancias o pérdidas en la siguiente sección.

6.3 Retornos Excesivos por Especular: Ineficiencia

En el punto anterior se presentaron los ingresos totales que obtendría un productor de un determinado metal si siguiera una u otra estrategia, considerando diferentes actitudes frente al riesgo. A partir de tales ingresos en esta sección se calculan las ganancias y las tasas de retorno que permitirán mostrar la posibilidad de obtener beneficios mayores a los normales, debido a la existencia de un espacio para la especulación.

En el Cuadro 9 se presentan las estimaciones de las tasas de ganancias y de retorno que se obtuvieron dentro y fuera de la muestra para los precios spot promedio semanales. Por tasa de ganancia se entiende simplemente el exceso de

ingresos, en términos porcentuales, de la estrategia 2 (que permite especulación vía la acumulación) sobre la estrategia 1, donde los ingresos provenientes de ésta última serán tratados más adelante como el monto invertido para producir las utilidades de la estrategia 2. En general debieran esperarse mayores tasas de ganancias a medida que disminuye la importancia del riesgo para el productor debido a que el número de semanas que acumularía iría en aumento lo que le permitiría obtener mayores beneficios especulativos, siempre y cuando las predicciones sean en promedio las correctas.

Cuadro 9
RETORNOS ESPECULATIVOS
(Precios Spot Promedio Semanales)

Dentro de la muestra					
Metal	Tasa % Dscto.	Tasa % Ganancia	# Prom Sem Acum	Tasa de Retorno % Semanal	Tasa de Retorno % Anual
Aluminio	0.035	0.56	1.48	0.38	21.89
	0.57	-0.04	0.17	-0.25	-12.42
	1	-0.01	0.03	-0.38	-18.03
Cobre	0.035	0.24	1.89	0.13	6.74
	0.57	0.26	0.68	0.38	21.72
	1	0.42	0.33	1.30	96.03
Estaño	0.035	0.11	1.24	0.09	4.63
	0.57	0.02	0.11	0.21	11.76
	1	0.01	0.05	0.13	7.26
Níquel	0.035	0.47	1.26	0.37	21.14
	0.57	0.04	0.07	0.60	36.82
	1	0.01	0.02	0.62	37.55
Plomo	0.035	-0.53	2.22	-0.24	-11.66
	0.57	0.36	0.88	0.41	23.86
	1	0.32	0.51	0.64	39.42
Zinc	0.035	1.04	2.08	0.50	29.55
	0.57	0.23	0.51	0.46	26.70
	1	0.15	0.24	0.63	38.67
Fuera de la muestra					
Aluminio	0.035	2.02	2.78	0.72	45.46
	0.57	1.41	0.50	2.83	327.87
	1	0.91	0.18	5.10	1230.28
Cobre	0.035	0.87	2.02	0.43	24.91
	0.57	0.27	0.81	0.33	18.58
	1	0.18	0.53	0.33	18.74
Estaño	0.035	0.72	1.67	0.43	25.22
	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	1	0.00	0.00	0.00	0.00
Níquel	0.035	2.02	1.36	1.48	114.19
	0.57	0.18	0.30	0.61	37.28
	1	-0.29	0.13	-2.16	-67.91
Plomo	0.035	0.60	2.71	0.22	12.13
	0.57	-0.15	0.96	-0.15	-7.63
	1	-0.14	0.56	-0.25	-12.17
Zinc	0.035	1.11	1.71	0.65	39.77
	0.57	0.26	0.67	0.39	22.58
	1	0.25	0.34	0.73	46.27

71. Para los precios a futuro promedio semanales la tasa correspondiente es 0.035% semanal mientras que para los precios spot diarios se trabajó con la tasa de interés mensual de los bonos del Tesoro de Estados Unidos a 3 meses.

Por su parte, la tasa de retorno o de rentabilidad real fue calculada mediante la regla de tasa de interés compuesta, a saber:

$$S = P * (1 + i)^n$$

donde S es el valor obtenido al final del período; P es el valor inicial o la inversión; i es la tasa de interés efectiva y n es el período de tiempo (expresado en semanas) que dura la operación financiera. Despejando la tasa de interés resulta la fórmula finalmente utilizada:

$$i = \sqrt[n]{(S/P)} - 1$$

En el presente análisis S y P estarán representados por los ingresos obtenidos según las estrategias 2 y 1 respectivamente y n vendrá dado por el número promedio de semanas que hubo acumulación de stocks. Es decir, lo que se busca medir es la rentabilidad semanal y anual que implica la ganancia de la estrategia especuladora por sobre la alternativa sencilla luego de haber acumulado producción durante un cierto período de tiempo.

Los resultados recién presentados permiten corroborar lo esperado con respecto a las tasas de ganancia y al número promedio de semanas que se acumulan stocks. En todos los casos el período de acumulación es de mayor duración conforme se reduce la aversión al riesgo (reflejada en las tasas de descuento) lo cual provoca mayores beneficios especulativos en el mismo sentido. Al respecto las tasas de ganancia son mayores a medida que disminuye la tasa de descuento en todos los casos fuera de la muestra y en cuatro de los seis dentro de la muestra.

Respecto a los precios spot diarios y a los precios a futuro promedio semanales no se puede apreciar la lógica anterior, debido a que no se efectuaron descuentos de sus predicciones tomando en consideración las tasas de riesgo definidas previamente. Sin embargo, a continuación se presentan los resultados para el caso de indiferencia al riesgo con fines comparativos.

Cuadro 10
RETORNOS ESPECULATIVOS
(Otras Series de Precios)

Precios a futuro promedio semanales				
Metal	Tasa %	# Promedio Semanas Acum.	Tasa Retorno %	
	Ganancia		Semanal	Anual
Aluminio	5.16	4.94	1.02	69.91
Cobre	1.36	2.10	0.64	39.59
Estaño	4.91	1.86	2.62	282.91
Níquel	3.72	0.88	4.24	764.64
Plomo	0.99	2.20	0.45	26.08
Zinc	1.25	1.49	0.84	54.18
Precios spot diarios				
Metal	Tasa %	# Promedio Días Acum.	Tasa Retorno %	
	Ganancia		Diaria	Semanal
Aluminio	2.13	1.26	1.68	12.37
Cobre	-0.27	1.85	-0.14	-1.00
Estaño	10.57	2.21	4.66	37.52
Níquel	-0.76	1.66	-0.02	-0.11
Plomo	0.16	1.66	0.01	0.02

Tal como se puede apreciar en los cuadros 9 y 10 las rentabilidades reales para los productores de los metales son altas en promedio, lo que constituye un indicio que la dependencia de los precios no es tan sólo estadística sino también práctica, ya que en la realidad se podrían obtener beneficios excesivos prediciendo los precios futuros a partir de series pasadas.⁷²

Ahora bien, estas tasas de retorno deben compararse con los costos de transacción que involucran participar en las Bolsas de Metales. En el caso de los productores ya se dijo que deben enfrentar tan sólo la comisión de venta al corredor en el momento de transar sus bienes, la cual representa en promedio tan sólo un 0.125%, con lo que se demuestra que hay un espacio para especular en prácticamente todos los casos. Esto último implica la existencia de cierto grado de ineficiencia, validándose así la hipótesis original.

Lo importante en todo caso es que a excepción de algunos casos aislados, las tasas de ganancia descontadas por los costos de transacción no

72. Las tasas relevantes son las semanales debido a que las acumulaciones de inventarios son a muy corto plazo (duran muy pocas semanas). Las tasas anuales sólo se presentan como referencia para ejemplificar la magnitud de las rentabilidades semanales.

son tan significativas como para estimular una continua actividad especulativa de los grandes productores de metales, lo que finalmente acabaría obteniendo la eficiencia debido a que los precios reflejarían entonces las informaciones monopólicas hasta entonces ocultas.

En cambio los agentes no productores que deseen especular en estas bolsas deben asumir un costo promedio de 0.75% por cada operación que realicen,⁷³ por lo cual las rentabilidades ya no resultarían ser tan extraordinarias e inclusive serían lo suficientemente pequeñas como para desincentivar su participación en estos mercados ante pequeñas fluctuaciones de corto plazo en los precios. Así por ejemplo si un agente especulador no productor comprara una unidad de Aluminio en el período dentro de la muestra, la acumulase una semana y media y luego la vendiese, habría obtenido en promedio una ganancia de 0.56% debido a la diferencia de precios de este metal en aquel transcurso de tiempo. Sin embargo, dicho individuo habría tenido que cancelar por concepto de comisiones de bolsas un 0.75%, de donde se aprecia claramente que el resultado final implicaría una pérdida.

No obstante podrían darse otros ejemplos en los cuales podría suceder una ganancia neta para un especulador no productor, como es el ejemplo del Zinc cuando el individuo es indiferente al riesgo (ver el Cuadro 9). Sin embargo como el anterior no es el caso general sino más bien uno muy particular y como posiblemente los resultados positivos no serían tan significativos como los que se obtendrían en las Bolsas de Valores y con menores riesgos⁷⁴ (lo cual explicaría el porqué de la no sistemática actividad especulativa en las Bolsas de Metales que eliminaría las correlaciones entre los precios) no se afectarían las conclusiones principales alcanzadas hasta este momento.

Por último, algunos resultados que podrían llamar la atención se refieren a ciertas tasas de ganancia igual a cero y otras con valores negativos. Las tasas nulas de ganancia se refieren al caso del Estaño fuera de la muestra y se explican sencillamente por el hecho que las observaciones involucradas fueron tan sólo 24 y con tasas tan altas de riesgo no hubo oportunidad alguna para especular (no se acumuló en ningún período).⁷⁵ Con respecto a las tasas negativas éstas son muy pocas (apenas 8 de un total de 48) y en ningún caso llegan a ser relevantes, por lo cual tampoco afectarán las conclusiones del presente documento.

6.4 Eficiencia al Introducir los Contratos a Futuro

Como se ha mencionado varias veces, una de las justificaciones para que los productores de los metales trabajen con futuros radica en la operación de cobertura de sus precios que ellos les permiten. Esto significa que con tal de eliminar o aminorar el riesgo de fluctuaciones apreciables en las cotizaciones internacionales de los metales que no puedan ser perfectamente pronosticados, los productores aceptan implícitamente dejar de ganar tanto como hubieran ganado en el mercado spot, si los precios de sus metales hubiesen aumentado. Este efecto negativo se compensa con el efecto positivo de dejar de obtener pérdidas en el mercado spot, o aminorarlas, en caso que los precios de sus metales hubiesen descendido.

Ahora bien, el hecho que estos cambios bruscos no puedan predecirse con bastante seguridad no invalida de modo alguno el análisis predictivo de los productores de los metales. Es decir, a pesar que los productores reconocen que tienen una capacidad muy limitada para pronosticar estas alteraciones repentinas y significativas, también

73. Este total es producto de la suma de los costos promedio de todas las operaciones de compra-venta explicitadas en el tercer capítulo.

74. Copeland y Weston (1988) muestran retornos anuales inclusive por sobre 350% para algunos casos donde se mueven grandes montos de dinero en las Bolsas de Valores.

75. Esto se debe a que el Estaño dejó de cotizarse en la Bolsa de Metales de Londres la última semana de Octubre de 1985 debido al colapso que se produjo y cuya explicación escapa al contenido de este documento.

interiorizan que es provechoso contar con una amplia información que les permita anticipar al menos las tendencias de la evolución del precio de sus metales en el corto plazo. Esto último es bastante cierto y es una conclusión importante a la que se arribó en un estudio anterior.⁷⁶

En la medida que tales productores que gustan de predecir precios busquen aminorar el riesgo de cometer equivocaciones, podrán verse tentados a participar en los mercados a futuro de sus metales. Por lo tanto, en el presente análisis la importancia de los contratos a futuro radica exclusivamente en el hecho de constituir una herramienta para disminuir el riesgo implícito en la predicción de los precios que efectúan los productores. De esta forma, el instrumento para decidir el comportamiento de los productores respecto a cuando y cuanto venderán, se encuentra en el proceso de predicción de los precios en sí mismo.

Una vez aclarado lo anterior puede pasarse a analizar los resultados presentados en los cuadros 11 y 12.

Cuadro 11
GANANCIAS EN LOS DIVERSOS MERCADOS

Metal	Tasa % Descuento	Resultados Spot	Ganancias en Spot	Ganancias en Futuros
Aluminio	0.035	66387.7	5015.0	-15289.1
	0.57	155027.4	3512.3	-10221.5
	1	201782.8	2272.3	-6476.7
Cobre	0.035	89175.2	2409.2	-7360.0
	0.57	143327.5	741.8	-5086.9
	1	166903.4	494.5	-4684.9
Estaño	0.035	92804.6	1751.0	-4593.9
	0.57	242687.8	0	0
	1	242687.8	0	0
Níquel	0.035	677830.8	31919.8	-89289.9
	0.57	1084094.0	2944.9	-45271.8
	1	1280524.4	-4570.7	-30569.4
Plomo	0.035	29112.0	637.4	-3037.1
	0.57	53259.4	-154.4	-1694.4
	1	67090.3	-151.9	-1281.1
Zinc	0.035	70438.8	2526.4	-2696.4
	0.57	108045.2	825.4	-971.2
	1	130980.8	769.4	-933.0

En primera instancia se estudia el Cuadro 11. Allí se presentan las ganancias totales logradas tanto en el mercado spot como en el mercado a futuros, para los seis metales bajo estudio y para las diversas tasas de descuento que involucran diferentes actitudes de los productores frente al riesgo.

Por ganancias spot se entiende la sumatoria de los resultados de haber restado de los precios spot de venta efectiva los correspondientes precios spot que ocurrieron en los períodos en los cuales se decidió acumular inventarios. El título de ganancia se justifica debido a que al precio de venta efectivo se le está descontando el precio de un período pasado en el cual dejó de venderse constituyendo este último el costo de oportunidad de no haber vendido en dicho período. En la medida que tal resta arroje un resultado positivo implica una ganancia, mientras que si el resultado es una cifra negativa implica una pérdida.

Para aclarar el cálculo que se ha realizado, a continuación se ofrece un ejemplo extraído del análisis del Cobre para un productor indifferente al riesgo (aquel que descuenta sus predicciones a la tasa de 0.035 % semanal).

Período	Precio Spot	Ventas	Ganancia en Spot	Precio a Futuro	Ganancias en Futuros
t	1157.18	0	0	1153.86	0
t+1	1138.82	0	0	1140.26	0
t+2	1131.67	3395.01	-33.87	1132.31	31.99
t+3	1146.02	1146.02	0	1147.30	0

La columna ventas se refiere a la decisión tomada por el productor respecto a acumular o vender su producto. De esta manera, los dos primeros ceros implican que el productor decidió acumular su metal porque así se lo aconsejaban las predicciones efectuadas. Sin embargo, al tercer período se decide vender y, por lo tanto, el monto es igual al precio spot del período t+2 multiplicado por 3 unidades que vende (las 2 que acumuló

76. Ver Urrunaga (1991).

y la producida durante esta semana). Las ganancias en el mercado spot se computan entonces sumando la resta del precio en t+2 menos el precio en t llevado a t+2, más la resta del precio en t+2 menos el precio en t+1 llevado a t+2:

$$[1131.67-1157.18(1+r)^2] + [1131.67-1138.82(1+r)] = -33.87$$

El primer sumando se refiere al costo de oportunidad (actualizado) de no haber vendido la unidad producida durante t en dicho período, mientras que el segundo sumando se refiere al costo de oportunidad (actualizado) de no haber vendido la unidad producida durante t+1 en dicho período. Aquí $r=0.00035$.

En el período t+3 la ganancia en el mercado spot vuelve a ser nula, pero ahora debido a que al no haberse acumulado producción previamente, no existe el costo de oportunidad anterior.

Ese mismo ejemplo puede ser utilizado para mostrar la ganancia en el mercado a futuros. Esta ganancia será la sumatoria de los resultados de haber restado de los precios de recompra de los contratos a futuro los correspondientes precios de venta de tales contratos, los cuales se firmaron durante los períodos de acumulación de inventarios. De esta manera se tiene que:

$$[1153.86(1.00035)^2-1131.67]+[1140.26(1.00035)-1131.67] = 31.99$$

Por último, la columna de resultados spot se refiere a la sumatoria de las ganancias spot más sus respectivos precios de venta efectiva, donde estos últimos se incluyen para no dejar fuera del análisis a las unidades producidas durante las semanas en las que se ha decidido vender lo acumulado. Así, en el ejemplo anterior, al calcular las ganancias en el mercado spot sólo se consideraron las unidades producidas en los períodos t y t+1, más no la unidad producida en el período t+2, la cual al ser multiplicada por su precio spot resulta precisamente en dicho precio spot. Enton-

ces, el resultado spot hasta el período t+2 inclusive sería 1097.8, cifra que resulta de sumar el precio spot 1131.67 con las ganancias de -33.87

Es interesante apreciar que las ganancias en el mercado spot tienden a disminuir conforme la tasa de descuento se hace mayor. Este resultado es muy lógico y se corresponde con la evidencia mostrada anteriormente, en el sentido que a una mayor tasa de descuento implica que los productores son más adversos al riesgo y, por lo tanto, optan por especular (acumular inventarios) un menor número de veces. En la medida que las predicciones de los precios en promedio resultaron ser correctas, una menor especulación redundó en menores ganancias en el mercado spot.

Lo que llama profundamente la atención es el conjunto de resultados obtenidos en el mercado a futuros, donde el comportamiento es casi completamente negativo, arrojando pérdidas sistemáticas. Ello podría estar indicando un proceso de "backwardation", donde el precio de recompra de los contratos a futuro (que es el precio spot del momento de la recompra) suele ser mayor al precio de venta de dicho contrato, y de allí las pérdidas obtenidas.⁷⁷ Es interesante asimismo observar que las pérdidas se hacen mayores conforme el productor se va haciendo cada vez menos adverso al riesgo, lo cual puede explicarse por el hecho que tiende a ir especulando cada vez más y de allí va vendiendo más contratos a futuro que, al cumplirse el backwardation, perjudica cada vez más a los productores.

Otro hecho saltante es que en casi todos los casos las pérdidas experimentadas en el mercado a futuros son mayores a las ganancias experimentadas en el mercado spot. Esto podría llevar a afirmar a priori que los contratos a futuro no serían en promedio una buena alternativa a seguir por parte de los productores.

La afirmación anterior puede ser mejor sustentada a partir de la evidencia mostrada en el

77. Una justificación para este comportamiento puede encontrarse en la sección 3.4.4, en la primera característica relevante de los mercados de materias primas.

Cuadro 12. Allí se presentan los ingresos obtenidos por los productores de los diversos metales mediante la aplicación de la estrategia 3 previamente definida. A grandes rasgos este monto resulta de agregar los ingresos alcanzados de la aplicación de la estrategia 2 (los ingresos con predicción, fuera de la muestra, presentados en el Cuadro 7) con el valor presente de las ganancias obtenidas en el mercado a futuros.⁷⁸ Inmediatamente se observa, entonces, que no se han incluido los costos de oportunidad (representados en la variable llamada ganancias en el mercado spot). La razón para lo anterior radica en que lo que se quiere en este momento es hacer comparable esta estrategia 3 con la 1 y con la 2, donde estas últimas estrategias no habían incorporado los así denominados costos de oportunidad.

Cuadro 12
RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DE
ESTRATEGIAS

Metal	Tasa % Descuento	Ingresos Estrat. 3	Tasa % Gan Estrat 3/1	Tasa % Gan Estrat 3/2
Aluminio	0.035	227528.1	-4.10	-6.00
	0.57	230895.0	-2.68	-4.03
	1	233275.6	-1.68	-2.56
Cobre	0.035	256845.2	-1.79	-2.63
	0.57	257407.7	-1.57	-1.83
	1	257549.5	-1.52	-1.69
Estaño	0.035	238879.4	-1.17	-1.88
	0.57	241710.2	0	0
	1	241710.2	0	0
Níquel	0.035	1447190.0	-3.59	-5.50
	0.57	1461219.0	-2.66	-2.84
	1	1467942.0	-2.21	-1.93
Plomo	0.035	99279.6	-2.24	-2.82
	0.57	99802.0	1.73	-1.58
	1	100195.9	-1.34	-1.20
Zinc	0.035	160798.6	-0.05	-1.52
	0.57	160794.2	-0.06	-0.56
	1	160760.2	-0.08	-0.52

Un resultado interesante de remarcar es el referido a los mayores ingresos conforme se va aumentando la tasa de descuento, que implica ir incorporando un mayor grado de aversión al riesgo. La explicación a este hecho se encuentra en el comportamiento del mercado a futuros, el cual muestra que las ganancias negativas (pérdidas) se van haciendo menores conforme se va incrementando la aversión al riesgo. (Ver el Cuadro 11 y revisar la interpretación de sus resultados).

Ahora bien, si se comparan estos ingresos con los correspondientes a las otras dos estrategias, se puede apreciar que los primeros son sistemáticamente menores, obteniéndose de esta manera tasas de ganancias negativas en todos los casos. A su vez, estas pérdidas van disminuyendo a medida que la aversión al riesgo va subiendo, debido a la conducta más prudente que va adoptando el productor que le hace especular (acumular) menos y vender menos contratos a futuro y, por lo tanto, obtener menores pérdidas. Al respecto es interesante contrastar este patrón de comportamiento con aquel que se daba para los productores que no participaban en el mercado a futuros, donde en este último caso las ganancias iban aumentando conforme la aversión al riesgo iba disminuyendo.

Los resultados mostrados en el Cuadro 12 manifestarían entonces que el espacio que existía para la especulación en la búsqueda de ganancias extraordinarias habría desaparecido, por lo que ya no podría sustentarse la ineficiencia en este mercado.

78. En el caso del Zinc no se tomaron los datos del Cuadro 7 debido a que la muestra utilizada fue menor, al dejar de cotizarse los futuros algunas semanas antes que los spot.

7. COMENTARIOS FINALES

En este documento se ha presentado una discusión teórica y empírica sobre la eficiencia en la Bolsa de Metales de Londres, complementando un trabajo anterior sobre el mismo tema (Urrunaga, 1991). El análisis de la eficiencia ha sido únicamente en su forma débil debido a que, por una parte, la diferencia significativa en los costos de transacción que enfrentan los productores de metales y los no productores invalida el cumplimiento de la eficiencia en su acepción fuerte y, por otra parte, un estudio pasado (Goss, 1983) mostró la inexistencia de eficiencia semi-fuerte en este mercado.

Es importante destacar que mientras en el trabajo previo se concluyó que la Bolsa de Metales de Londres (para los casos del Aluminio, Cobre, Estaño, Níquel, Plomo y Zinc) no cumplía con la eficiencia en el sentido débil, ya que había un espacio para la ocurrencia de actividades especulativas que podría permitir la obtención de beneficios esperados superiores a los normales, en el presente documento se concluye más bien que dicha ineficiencia no sería más válida puesto que los productores que decidiesen especular no sólo no obtendrían utilidades extraordinarias, sino que enfrentarían pequeñas pérdidas.

Para verificar esta ineficiencia se realizaron dos tipos de análisis: uno estadístico y otro práctico. El primero consistió simplemente en aplicar las técnicas de series de tiempo para apreciar si el precio de cada metal seleccionado seguía un camino aleatorio. En el caso que alguna serie hubiese tenido tal comportamiento se podría haber concluido entonces que dicho metal contaría con un mercado eficiente, al menos en términos débiles. Sin embargo como ninguna serie representó un camino aleatorio, no se pudo afirmar categóricamente nada con respecto a su eficiencia.

Precisamente, para ser concluyente en el tema, se efectuó un análisis práctico, en el cual se utilizaron los parámetros estimados a partir de la modelación de la dependencia estadística encontrada para cada metal con el fin de predecir precios futuros, donde estos últimos permitieron tomar una decisión a los productores: acumular inventarios o vender. Tal decisión obviamente se tomó, en cada instante en el tiempo, sólo luego de haber descontado los precios proyectados, donde las tasas de descuento relevantes implicaron diversos grados de aversión al riesgo, tal como se supuso inicialmente en este trabajo. Ahora bien, reconociendo que los mercados a futuro constituyen una

modalidad ampliamente utilizada por los productores de los metales, entre otras razones para evitar probables pérdidas excesivas por considerables fluctuaciones repentinas en las cotizaciones internacionales, se permitió vender contratos a futuro cada período que se decidiese acumular para recomprarlos durante el período que se decidiese vender.

Al respecto los resultados del presente estudio son categóricos en el sentido que muestran inequívocamente pérdidas (aunque pequeñas) cuando un productor especula acumulando inventarios y vendiendo contratos a futuro, para vender tales inventarios y recomprar los contratos en el momento que crea que el precio de su metal será mayor.

Este conjunto de resultados podría llevar a plantear dos tipos de conclusiones. Por un lado sería factible afirmar algo respecto a la eficiencia del mercado. En particular podría aseverarse que el funcionamiento del mercado spot conjuntamente con el mercado a futuros estaría tendiendo a lograr la eficiencia que, exclusivamente por el funcionamiento intrínseco del mercado spot (la determinación de los precios spot), no había sido capaz de generarse. Es decir, a través del análisis comparativo efectuado en las páginas anteriores, se estaría en condiciones de sostener que el mercado a futuros permite la obtención de la eficiencia en el mercado spot, corroborando así las conclusiones de otros estudios como Bear (1986) y Forsythe, Palfrey y Plott (1984).⁷⁹

Por otro lado, los resultados aquí alcanzados podrían interpretarse como producto de una

incompatibilidad de estrategias o comportamientos por parte de los productores de los metales. Al respecto uno podría preguntarse por qué debe trabajar con los contratos a futuro si puede hacer caso omiso de ellos, correr un riesgo mayor y obtener beneficios extraordinarios, como los mostrados al comparar la estrategia 2 con la 1. Es decir, si lo que aportan los futuros son en promedio pérdidas y no ganancias, la lógica induciría a no tomar futuros al menos sistemáticamente cada vez que se decida acumular inventarios.

No se quiere culminar el análisis sin antes efectuar dos aclaraciones. En primer lugar se reconoce que los productores de los metales, muchos de ellos conformados por empresas estatales, tienen que cumplir con los compromisos contraídos con sus clientes con antelación (para lo cual suelen trabajar con contratos a futuro para coberturarse), por lo que no arriesgan un gran porcentaje de sus producciones especulando en la bolsa.⁸⁰ En segundo lugar, y ligado a lo anterior, el objetivo aquí ha sido tan sólo modelar una probable línea de acción que podrían seguir los productores de los metales que desearan obtener ganancias especulativas y por lo tanto riesgosas, utilizando un pequeño porcentaje de su producción. Es decir no se ha pretendido en momento alguno explicar el comportamiento de los productores de metales en lo que se refiere a su participación en las bolsas y el porqué de su posible "reticencia" a intervenir. El autor y sus colaboradores creen haber cumplido, de esta manera, con el objetivo planteado originalmente.

79. Las principales ideas expresadas por tales autores fueron discutidas en la sección 3.3 de este documento.

80. Un cálculo no muy reciente del porcentaje de la producción mundial de cobre transado en la Bolsa de Metales de Londres indica que es del orden del 2%. Como no se ha encontrado evidencia que muestre que este porcentaje haya variado significativamente y que sea muy distinto en los otros metales, puede concluirse que los productores especulan de manera muy reducida en dicha bolsa.

BIBLIOGRAFIA

- BEAR, Robert. (1986). "Introduction to Futures Contracts". *En Handbook of Financial Markets. Securities, Options and Futures*. Frank Fabozzi y Frank Zarb (Editores); Dow Jones-Irwin, Illinois.
- BREALEY, R.A. y Stewart Myers (1988). *Principles of Corporate Finance*. McGraw Hill Inc. Tercera Edición. Estados Unidos.
- BRENNAN, M. J. (1986). "A Theory Price Limits in Future Markets". *Journal of Financial Economics*, Vol. 2., No.16.
- BROSEN, Wade (1991). "Futures Trading, Transaction Costs and Stock Market Volatility". *Journal of Futures Markets*, Vol. 11. No. 2., pp. 153 - 163.
- BROWN, Keith; W.V.Harrow y Seha Tinil (1988). "Risk Aversion, Uncertain Information, and Market Efficiency". *Journal of Financial Economics*, Vol. 22, No. 2, Diciembre, pp. 355-385.
- BRAY, Margaret (1981). "Futures Trading, Rational Expectations and the Efficient Markets Hypothesis". *Econometría*, Vol.49., No. 3., Mayo.
- BRITTO, Ronald (1984). "The Simultaneous Determinations of Spot and Futures Prices in a Simple Model with Production Risk". *Quarterly Journal of Economics*, Vol 99, No. 2, Mayo.
- CHANG, Eric (1985). "Returns to Speculators and the Theory of Normal Backwardation". *Journal of Finance*, Vol. 40, No. 1, Marzo, pp. 193-208.
- CHANG, Eric; Chao Chen y Son-Nan Chen (1990). "Risk and Return in Copper, Platinum, and Silver Futures". *Journal of Futures Markets*, Vol. 10, No. 1, Febrero, pp. 29-39.

- CHOKSI, Shernaz (1984). "Spot and Futures Prices in Cooper: the Speculative Market". *Journal of Post Keynesian Economics*, Vol. 6, No. 3, Primavera.
- COPELAND, T. y J. Weston (1988). *Financial Theory and Corporate Policy*. Addison Wesley, Tercera Edición, Estados Unidos.
- COX (1981) "The Relation Between Forward Prices and Futures Prices". *Journal of Financial Economics*. No.9.
- DRINKA, Thomas; Timothy Krehbiel; Steven Kille y Stephen Ptasienski. (1991). "A Weak Team Test of the Efficiency of the Japanese Yen Futures Market". *Applied Financial Economics*, Vol. 1, No. 1, pp 25-34.
- EPSTEIN, Larry (1988) "Risk Aversion and Asset Prices". *Journal of Monetary Economics*, Vol. 22. pp. 179-192.
- FAMA, Eugene (1970) "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work". *Journal of Finance*, Vol. 25, Mayo.
- FAMA, Eugene y Kenneth French (1988). "Business Cycles and the Behavior of Metals Prices". *Journal of Finance*, Vol. 43, No. 5, Diciembre, pp. 1075-1093.
- FARREN, Mario y Pedro Silva (1988). "Mercados Futuros". *Paradigmas en Administración* No.12, Primer Semestre, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Económicas y Administración.
- FORSYTHE, Robert; Thomas Palfrey y Charles Plott (1984). "Futures Market and Informational Efficiency: A Laboratory Examination". *Journal of Finance*, Vol. 39, No. 4, Setiembre, pp. 955-982.
- FRIEDMAN, Jorge y Alvaro Calbacho (1983). "Eficiencias en las Bolsas de Metales: El Caso del Cobre". Mimeo, Universidad de Concepción.
- GOSS, Barry (1986). *Futures Markets: Their Establishment and Performance*. New York University Press. Nueva York.
- GOSS, Barry (1983) "The Semi-Strong Form Efficiency of the London Metal Exchange". *Applied Economics*, Vol. 15, No. 5, Octubre, pp. 681-98.
- GOSS, Barry (1981) "The Forward Pricing Function of the London Metal Exchange". *Applied Economics*, Vol. 13, No. 2, Junio, pp. 133-50.
- GROSSMAN, Sanford y Joseph Stiglitz (1980). "On the Impossibility of Informationally Efficient Markets: Reply". *American Economic Review*, Vol. 70, No. 3, Junio, p. 393-408.
- HAFER, R.W. (1984). "Comparing Time-Series and Survey Forecasts of Weekly Changes in Money: A Methodological Note". *Journal of Finance*, Vol. 39, No. 4, Setiembre, pp. 1207-1213.
- HANSEN, Lars y Kenneth Singleton (1983). "Stochastic Consumption, Risk Aversion, and the Temporal Behavior of Asset Returns". *Journal of Political Economy*, Vol. 91, No. 2, Abril, pp. 249-265.

- HARVEY, A.C. (1981). *Time Series Models*. Halsted Press Book. John Wiley and Sons, Nueva York.
- HIRSHLEIFER, David (1988) "Risk, Futures Pricing, and the Organization of Production in Commodity Markets". *Journal of Political Economy*, Vol. 96, No. 6, Diciembre, pp. 1206-1220.
- HSIEH, David y Nalin Kulatilaka (1982). "Rational Expectations and Risk Premia in Forward Markets: Primary Metals at the London Metals Exchange". *Journal of Finance*, Vol. 37, No. 5, Diciembre, pp. 1199-1207.
- HUANG, Chi-Fu (1986). *Apuntes de clase de la asignatura Economía Financiera*, MIT.
- JACOBS, Rodney (1982). "The Effect of Errors in Variables on Tests for a Risk Premium in Forward Exchange Rates". *Journal of Finance*, Vol. 37, No. 3, Junio, pp. 667-677.
- JARROW, Robert y Goerge Oldfield (1981). "Forward contracts and futures contracts". *Journal of Financial Economics*. Vol 9. pp 373 382.
- KANTOR, Brian (1979). "Rational Expectations and Economic Thought". *Journal of Economic Literature*, Vol. XVII, No. 4, Diciembre, pp 1422 - 1441.
- KAWAI, Masashiro (1983). "Spot and Futures Prices of Nonstorable Commodities Under Rational Expectations". *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 98, No.2, Mayo.
- KOLB (1991). *Understanding Futures Markets*. Kolb Publishing Co. Tercera Edición. Miami.
- LATHAM, Mark (1986). "Informational Efficiency and Information Subsets". *Journal of Finance*, Vol. 41, No. 1, Marzo, pp. 39-52.
- LAYARD, P.R.G. y A.A. Walters (1978). *Microeconomic Theory*. McGraw-Hill Book Company, Nueva York.
- LEROY, Stephen y Larry Singell (1987). "Knight on Risk and Uncertainty". *Journal of Political Economy*, Vol. 95, No. 2, Abril, pp. 394-406.
- MEHRA, Rajnish y Edward Prescott (1985). "The Equity Premium. A Puzzle". *Journal of Monetary Economics*, Vol. 15. No. 2, Marzo, pp. 145-161.
- NG, Nancy (1987). "Detecting Spot Price Forecasts in Futures Prices Using Casualty Tests". *The Review of Futures Markets*, Vol 6, No. 2.
- NELSON, Charles (1973). *Applied Time Series Analysis For Managerial Forecasting*. Holden-Day Inc., San Francisco.
- PINDYCK, Robert (1982) "Adjustment Costs, Uncertainty, and the Behavior of the Firm". *American Economic Review*, Vol. 72, No. 3, Junio, pp. 415-427.
- PINDYCK, Robert y Daniel Rubinfeld (1980). *Modelos Económicos*. Labor S.A., Primera Edición, Barcelona.

- ROMERO-VEGA, Alfredo (1985). "On the Assessment of Capital Markets Efficiency: The Case of the Andean Bloc". *Tesis PhD de la Universidad Penn State*. Publicada por University Microfilms International.
- ROSENBERG, Barr y Andrew Rudd (1982). "Factor Related and Specific Returns of Common Stocks: Serial Correlation and Market Inefficiency". *Journal of Finance*, Vol. 37, No. 2, Mayo, pp. 543-554.
- STEIN, Jerome (1961). "The Simultaneous Determinations of Spot and Futures Prices". *American Economic Review*, Vol. 51, No. 5, Diciembre.
- TELSER, Lester y Harlow Higinbotham (1977). "Organized Futures Markets: Costs and Benefits". *Journal of Political Economics*, Vol. 85, No. 5, Octubre.
- TURNOVSKY, Stephen (1983). "The Determination of Spot and Future Prices with Storable Commodities". *Econometría*, Vol. 51, No. 5, Setiembre.
- URRUNAGA, Roberto (1991). "Eficiencia en las Bolsas de Metales: Un Análisis de Series de Tiempo". Serie Investigación I-38, Programa de Post-Grado de Economía, Ilades Georgetown University, Santiago de Chile, Octubre.
- VELJANOVSKI, Cento (1986). "An Institutional Analysis of Futures Contracting". En Goss (1986) *Futures Markets: Their Establishment and Performance*. Op. Cit.
- WEST, Richard (1986). "The Efficiency of Securities Markets". En *Handbook of Financial Markets: Securities, Options and Futures*; Op. Cit.
- WILLIAMS, Jeffrey (1989). *The Economic Function of Futures Markets*. Cambridge University Press.
- WILLIAMS, Jeffrey (1987). "Futures Markets: A Consequence of Risk Aversion or Transactions Costs?". *Journal of Political Economy*, Vol. 95, No. 5, Octubre, pp. 1000-1023.
- WOLFF, Christian (1987). "Forward Foreign Exchange Rates, Expected Spot Rates, and Premia: A Signal-Extraction Approach". *Journal of Finance*, Vol. 42, No. 2, Junio, pp. 395-406.

ANEXOS

- A: Autocorrelaciones de los Precios de los Metales**
 - A.1: Autocorrelaciones de los Precios Spot Semanales**
 - A.2: Autocorrelaciones de los Precios Spot Diarios**
 - A.3: Autocorrelaciones de los Precios a Futuro Semanales**

- B: Evolución de los Precios Spot y de los Precios a Futuro**
 - B.1: Precios Spot y Precios a Futuro Semanales**
 - B.2: Precios Spot y Precios a Futuro Diarios**

- C: Contraste de los Precios a Futuro con los Precios Spot Efectivos**
 - C.1: Precios a Futuro y Precios Spot Efectivos Semanales**
 - C.2: Precios a Futuro y Precios Spot Efectivos Diarios**

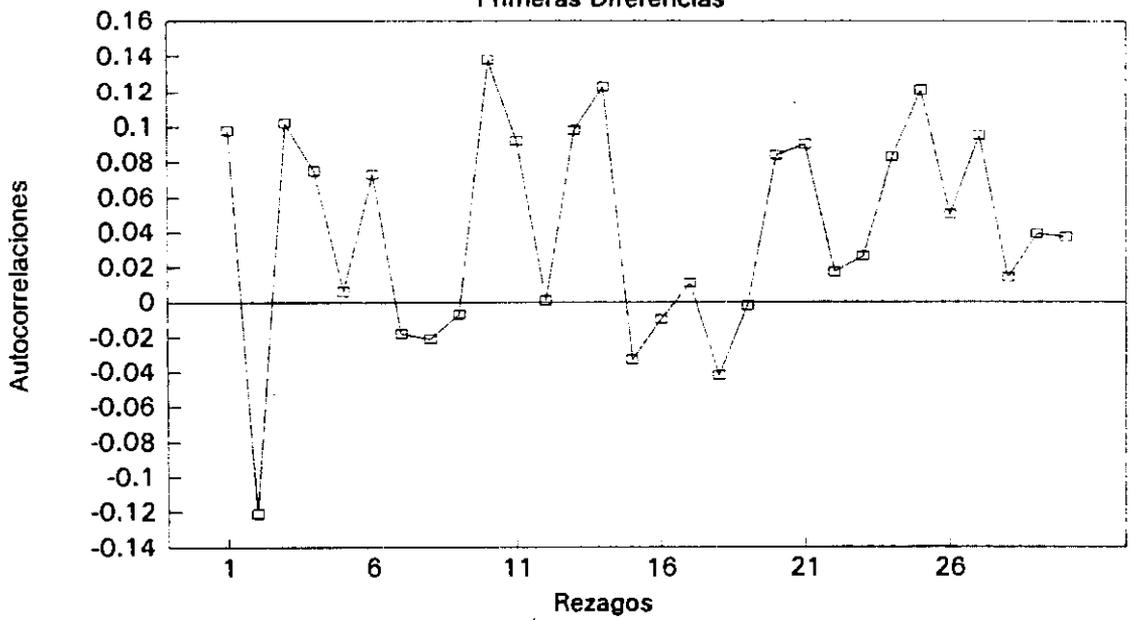
ANEXO A:

AUTOCORRELACIONES DE LOS PRECIOS DE LOS METALES

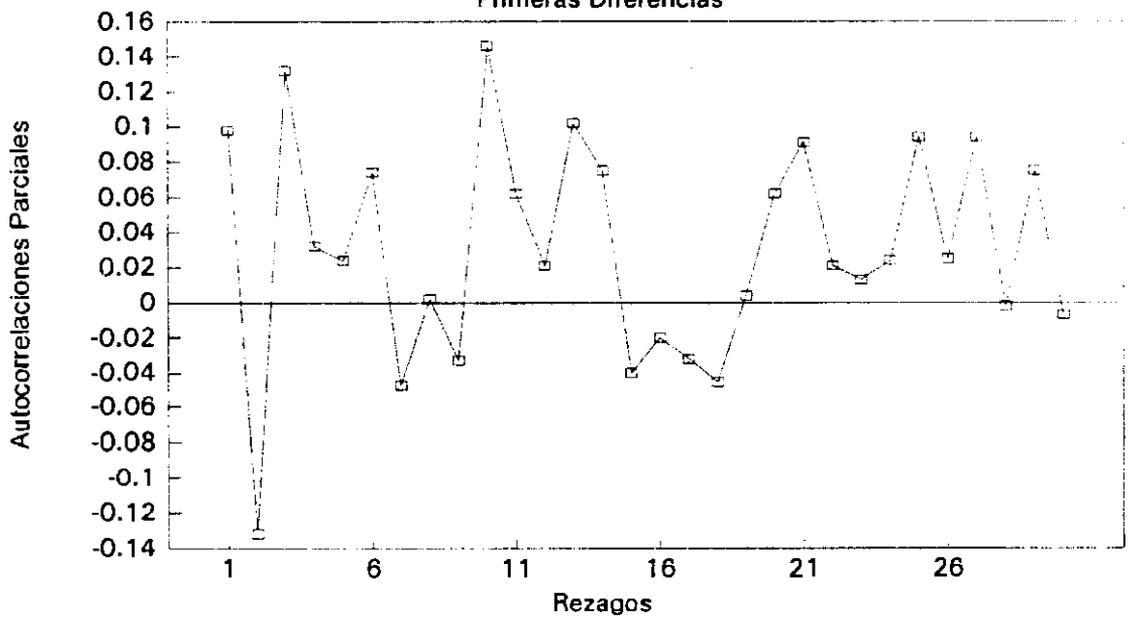
ANEXO A.1:

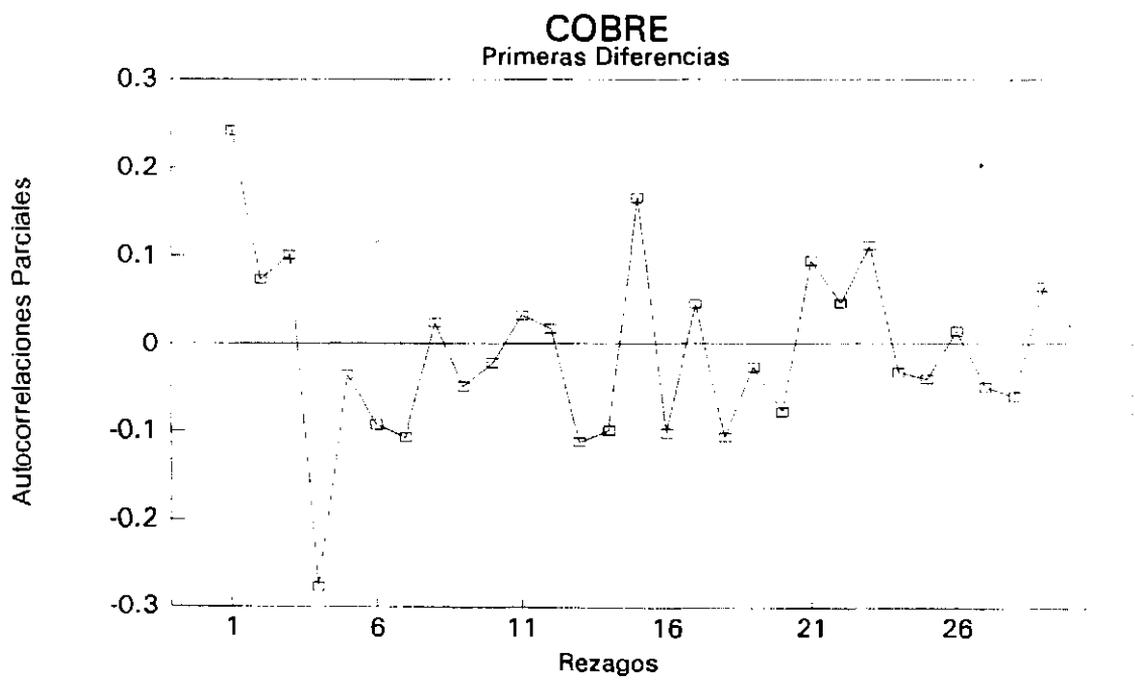
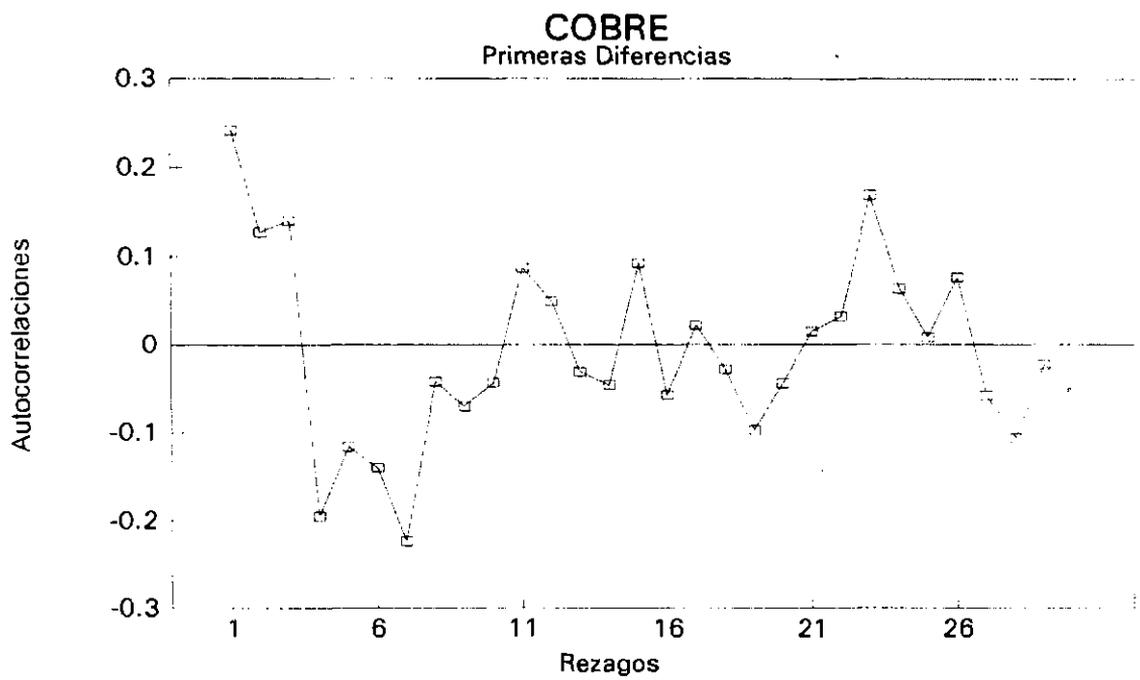
AUTOCORRELACIONES DE LOS PRECIOS SPOT SEMANALES

ALUMINIO
Primeras Diferencias

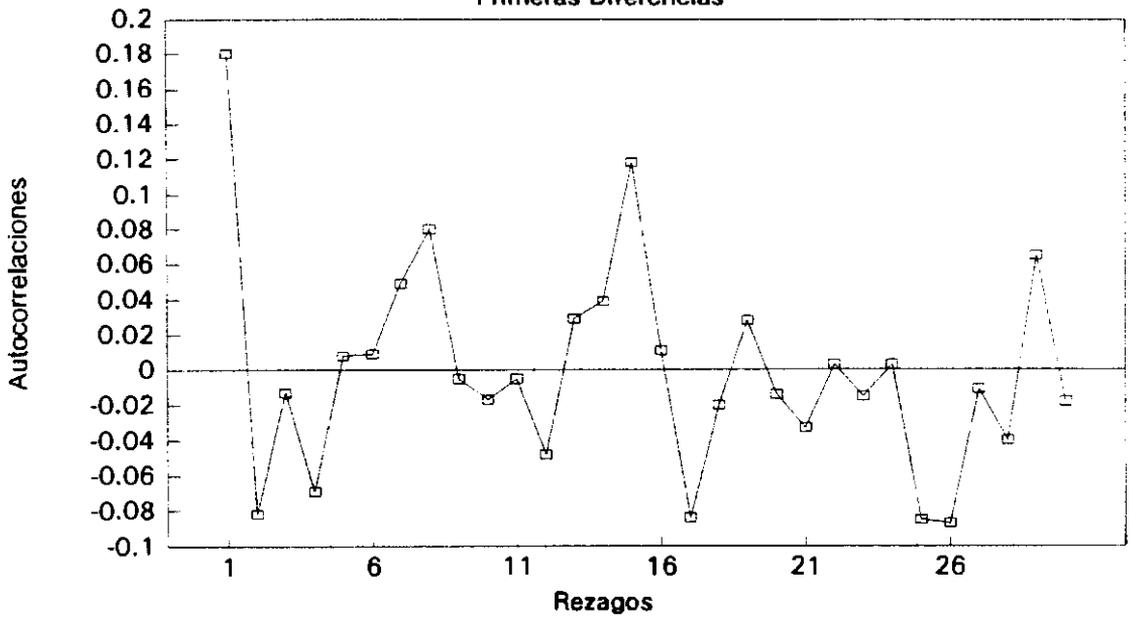


ALUMINIO
Primeras Diferencias

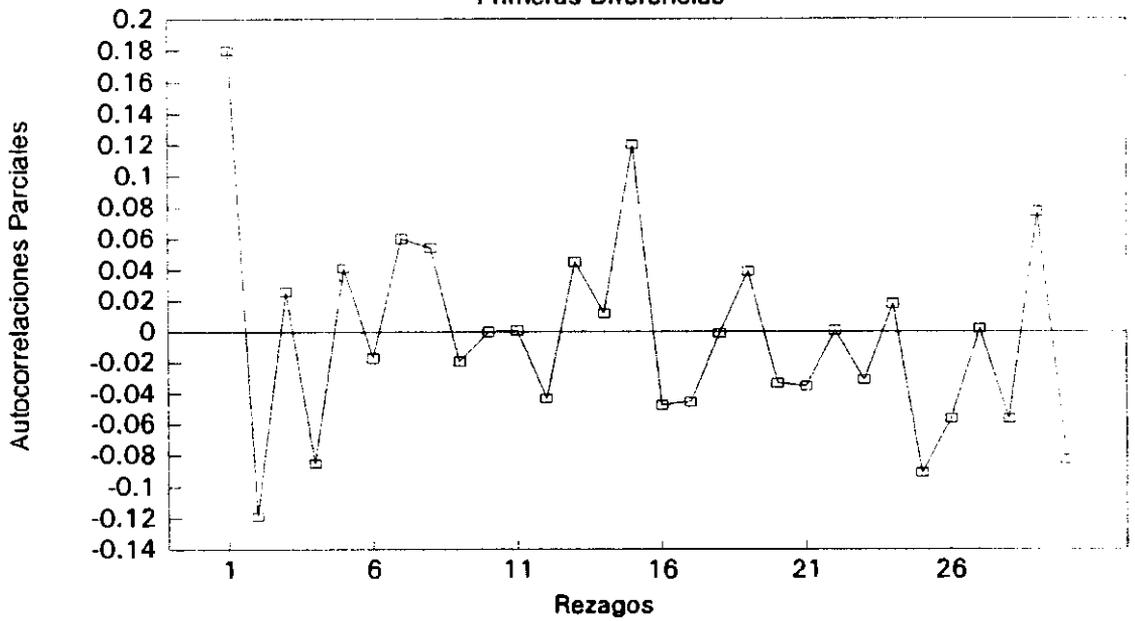


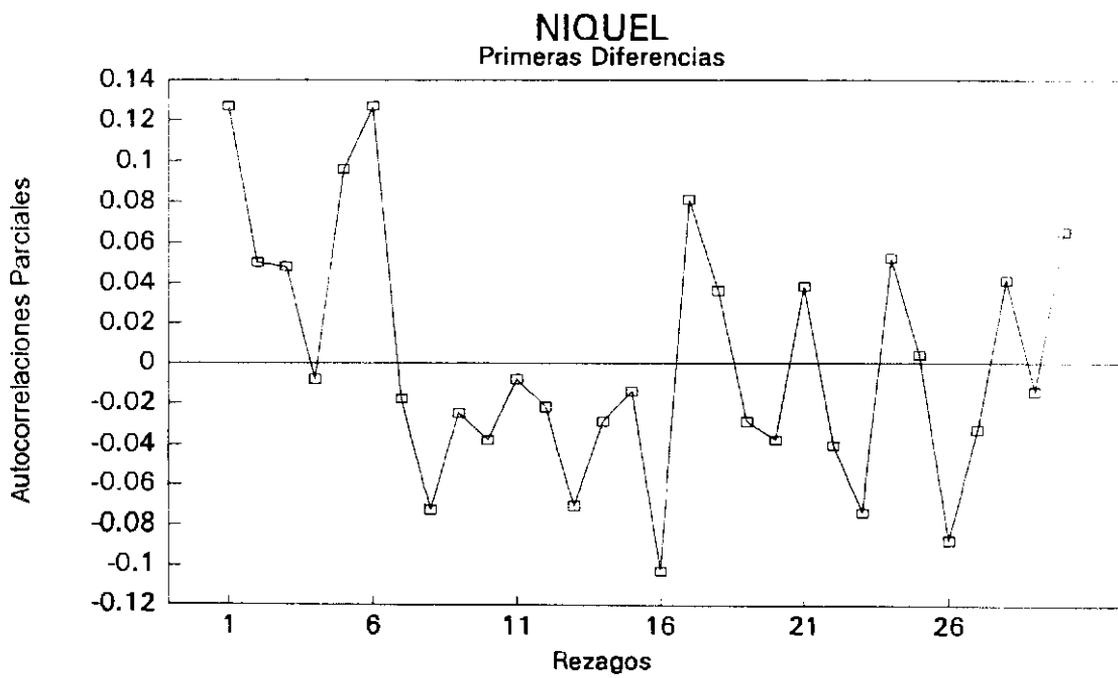
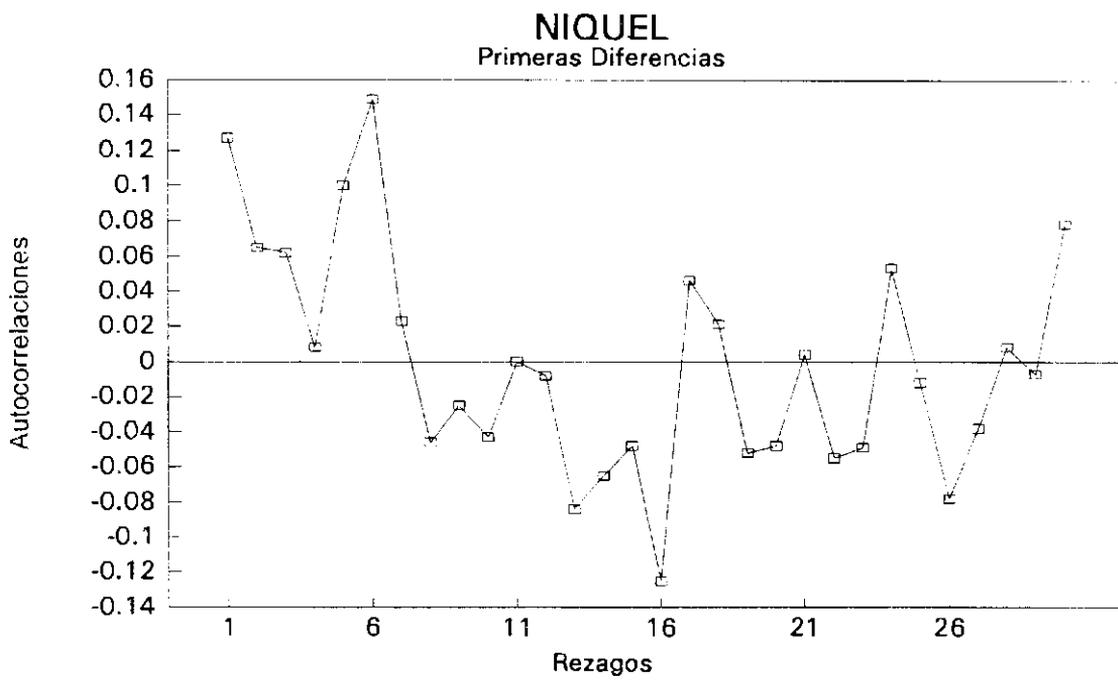


ESTAÑO
Primeras Diferencias

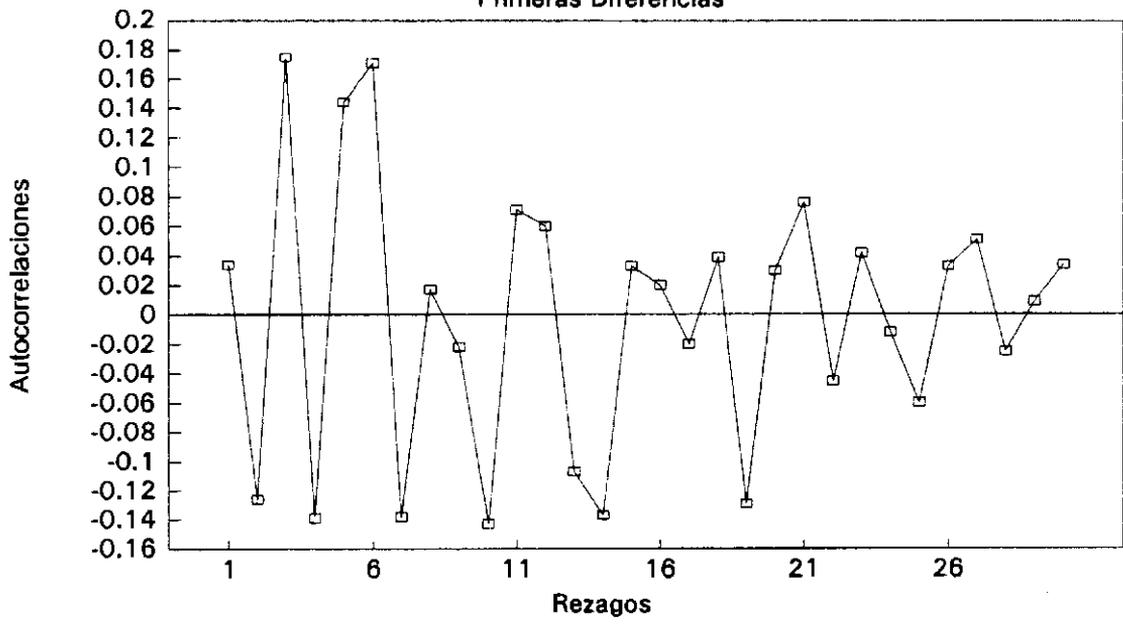


ESTAÑO
Primeras Diferencias

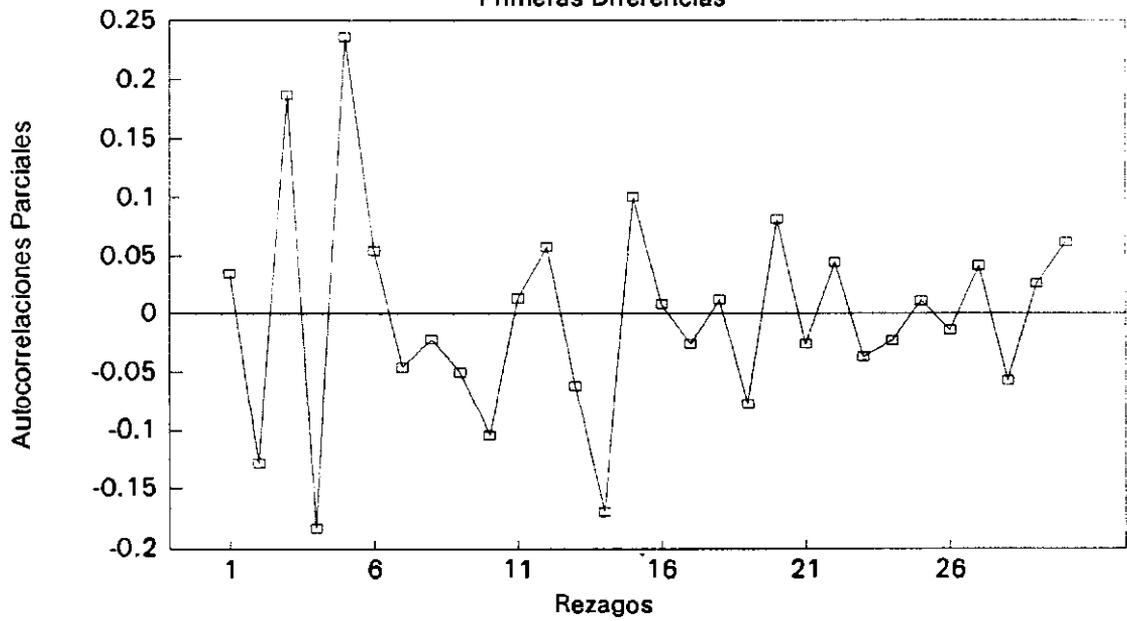


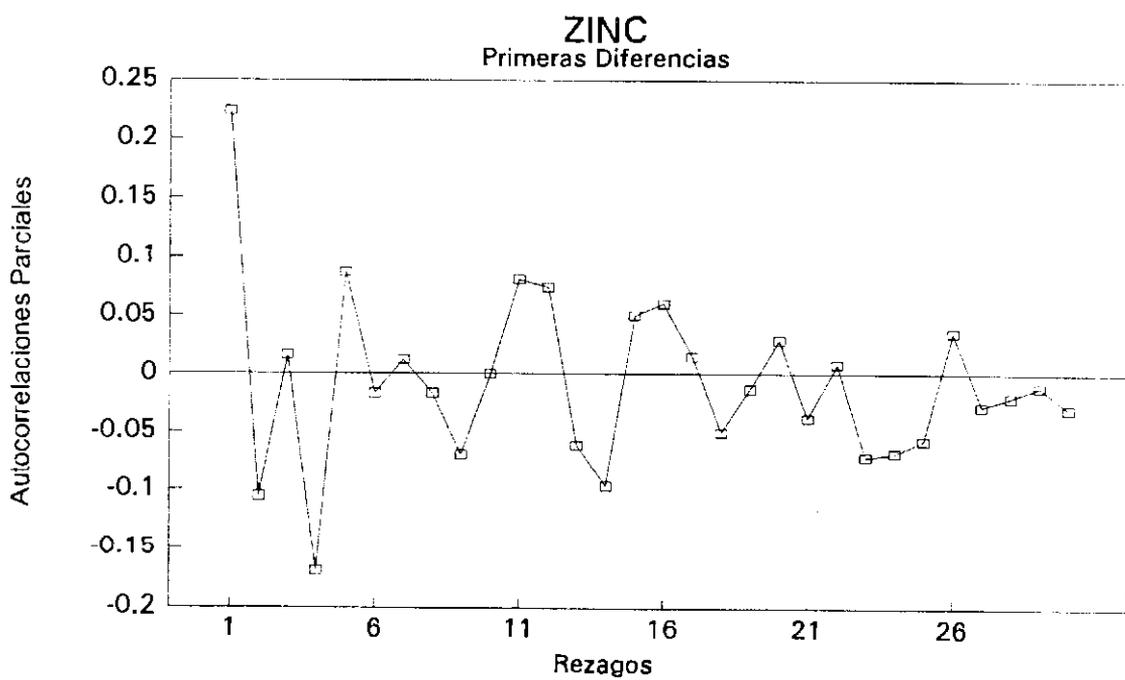
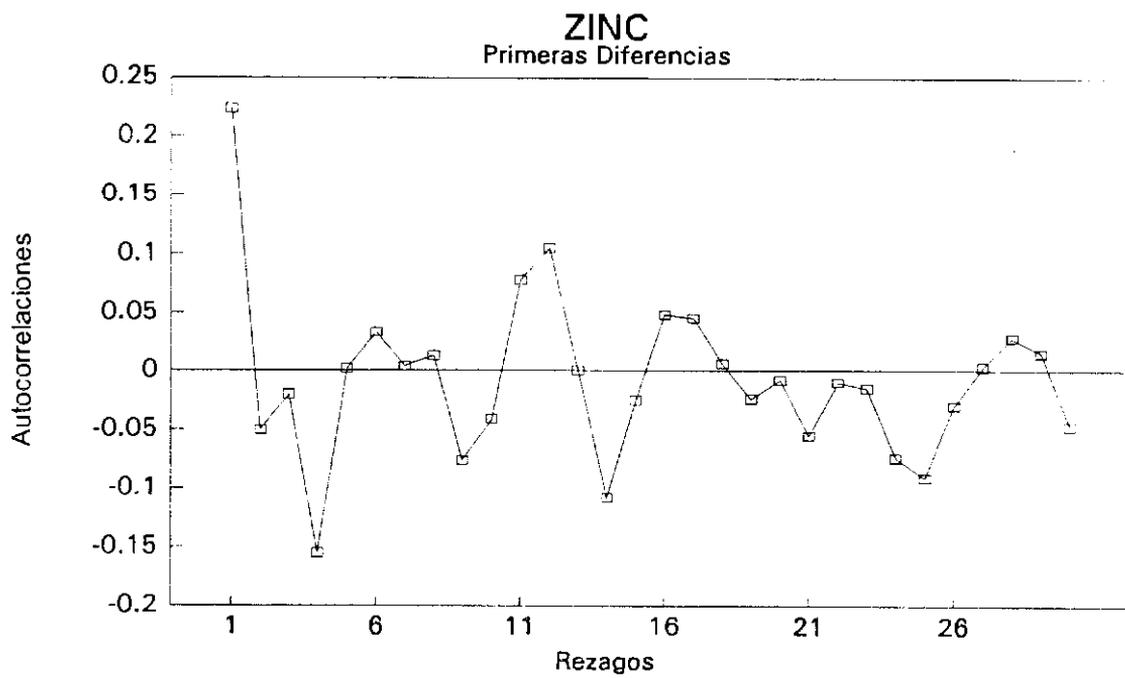


PLOMO
Primeras Diferencias



PLOMO
Primeras Diferencias

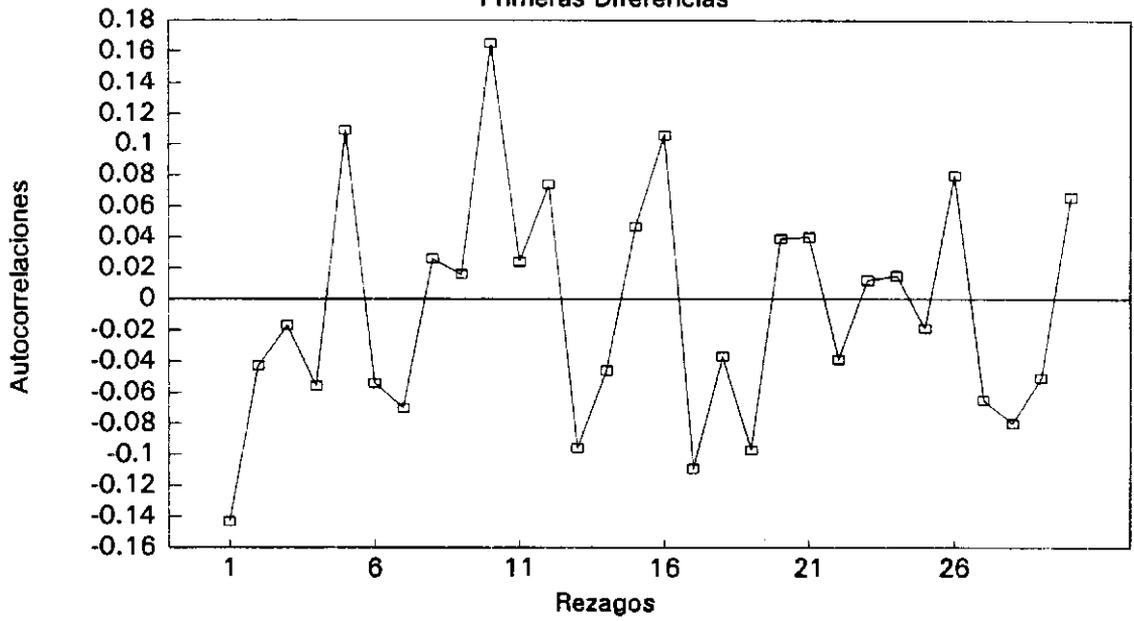




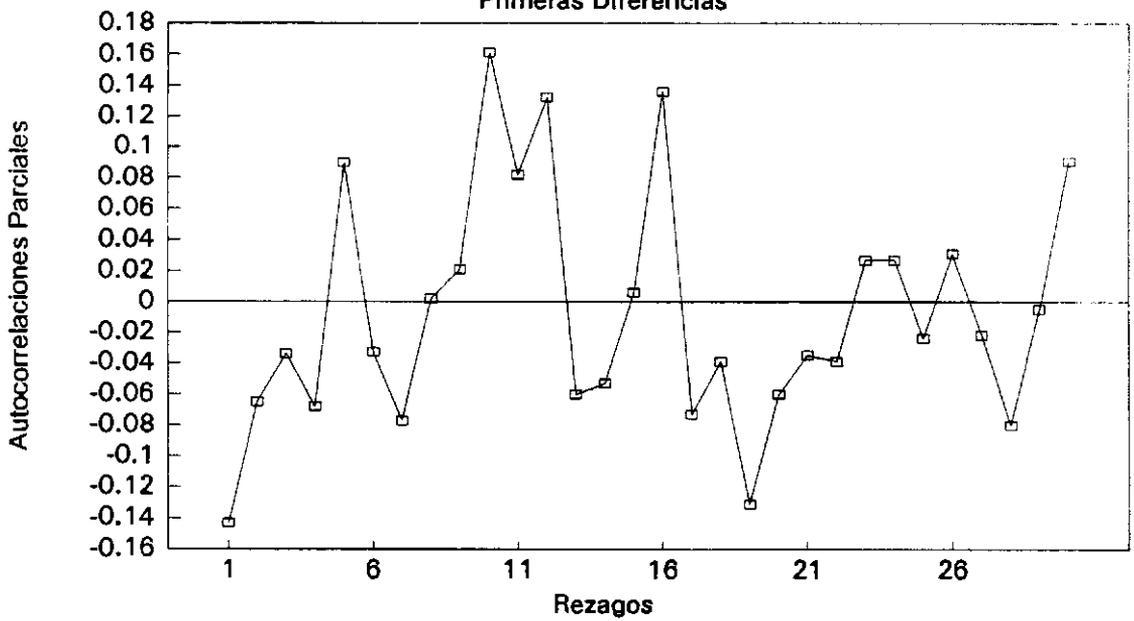
ANEXO A.2:
AUTOCORRELACIONES DE LOS PRECIOS SPOT DIARIOS

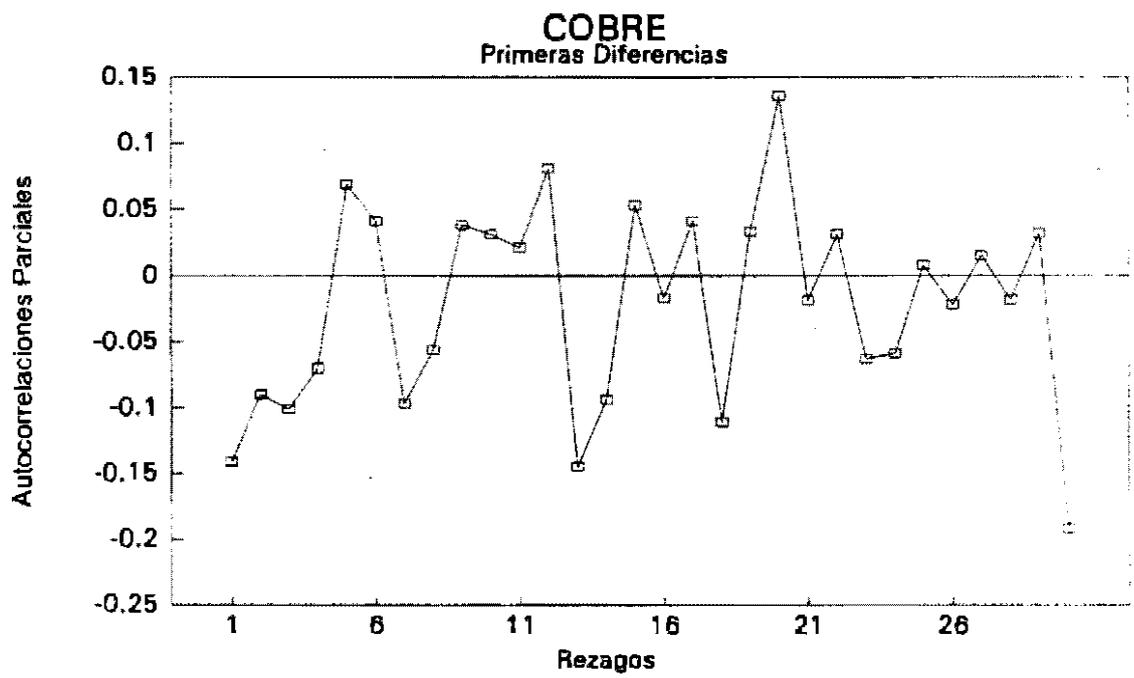
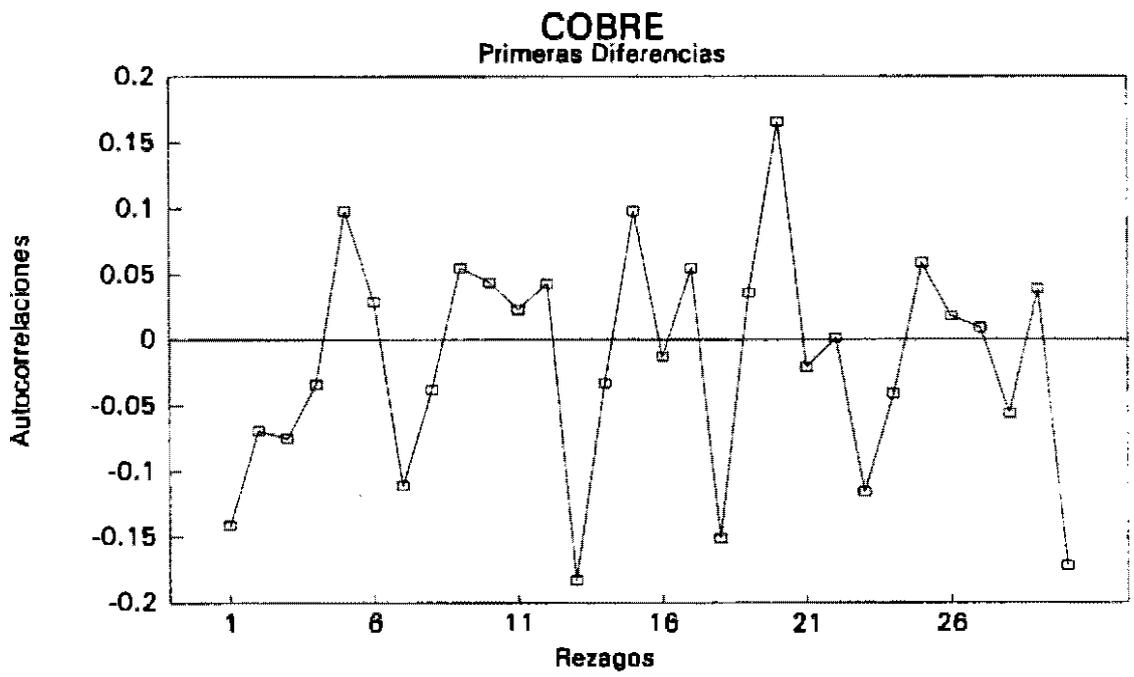
ANEXO A.2:
AUTOCORRELACIONES DE LOS PRECIOS SPOT DIARIOS

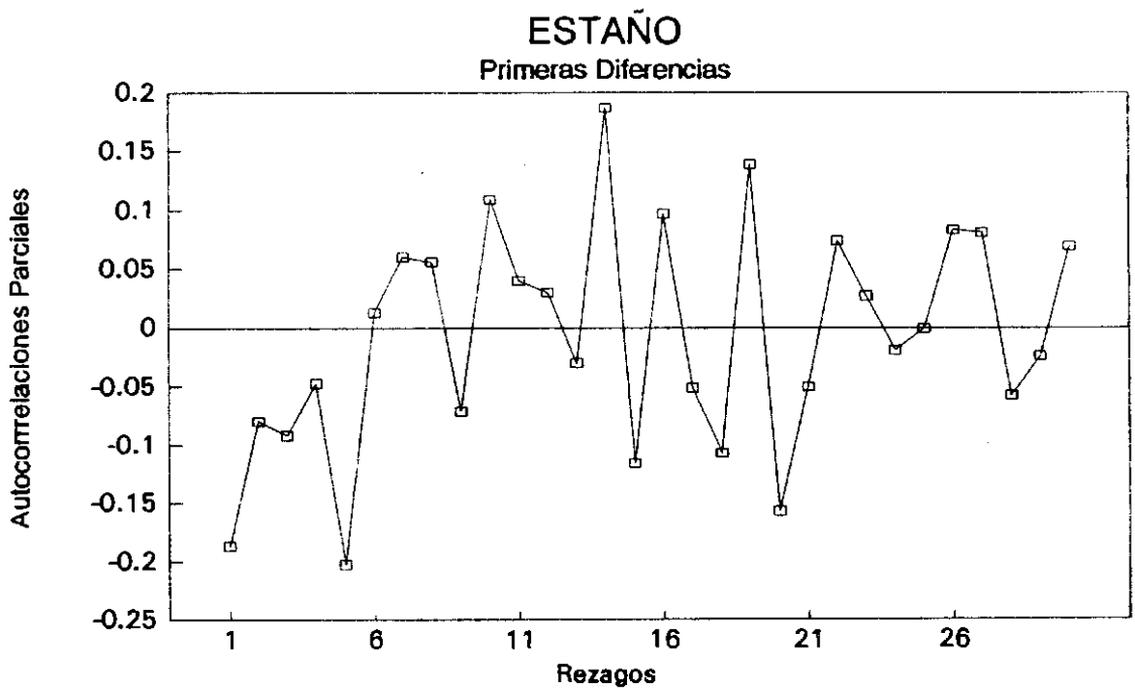
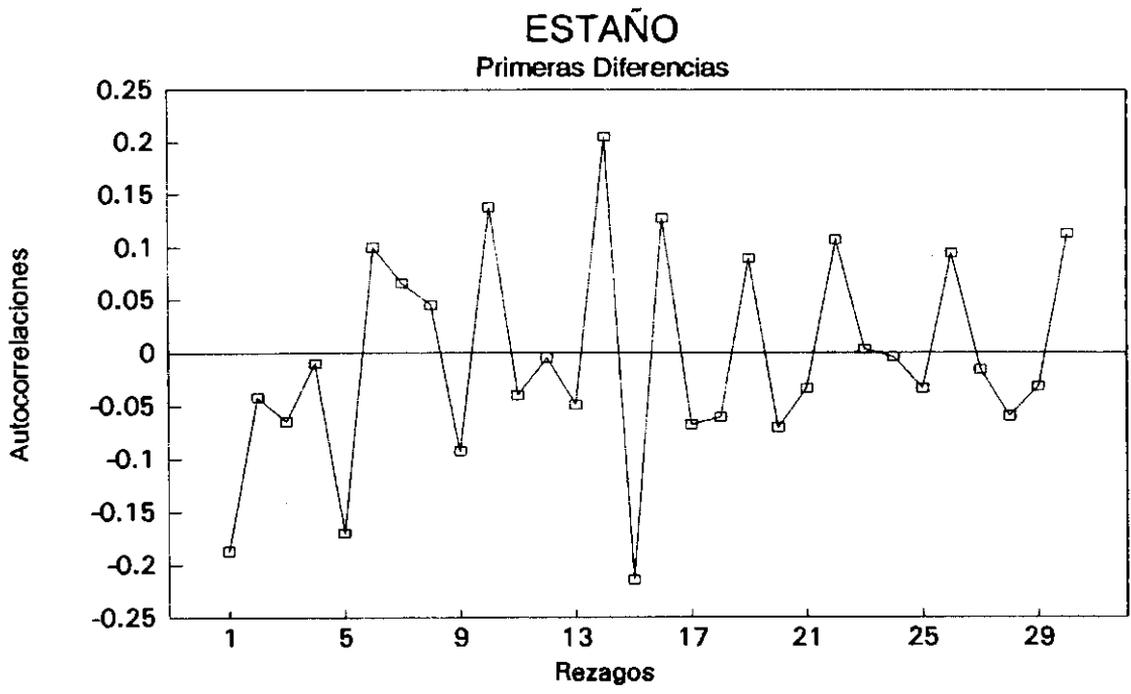
ALUMINIO
Primeras Diferencias

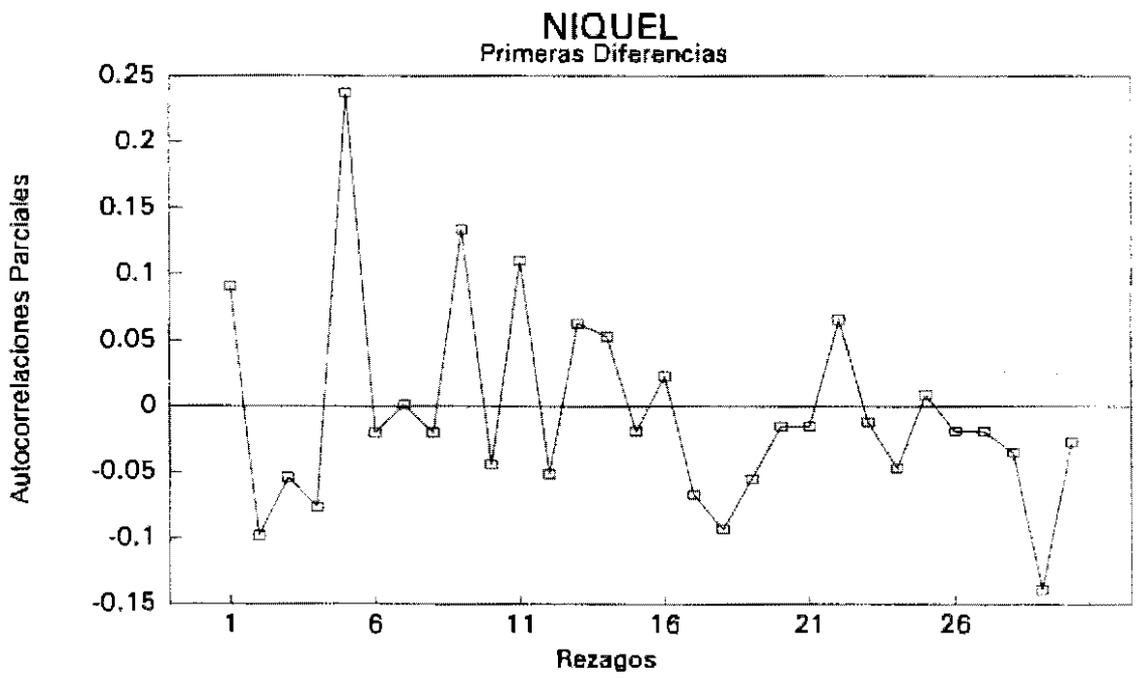
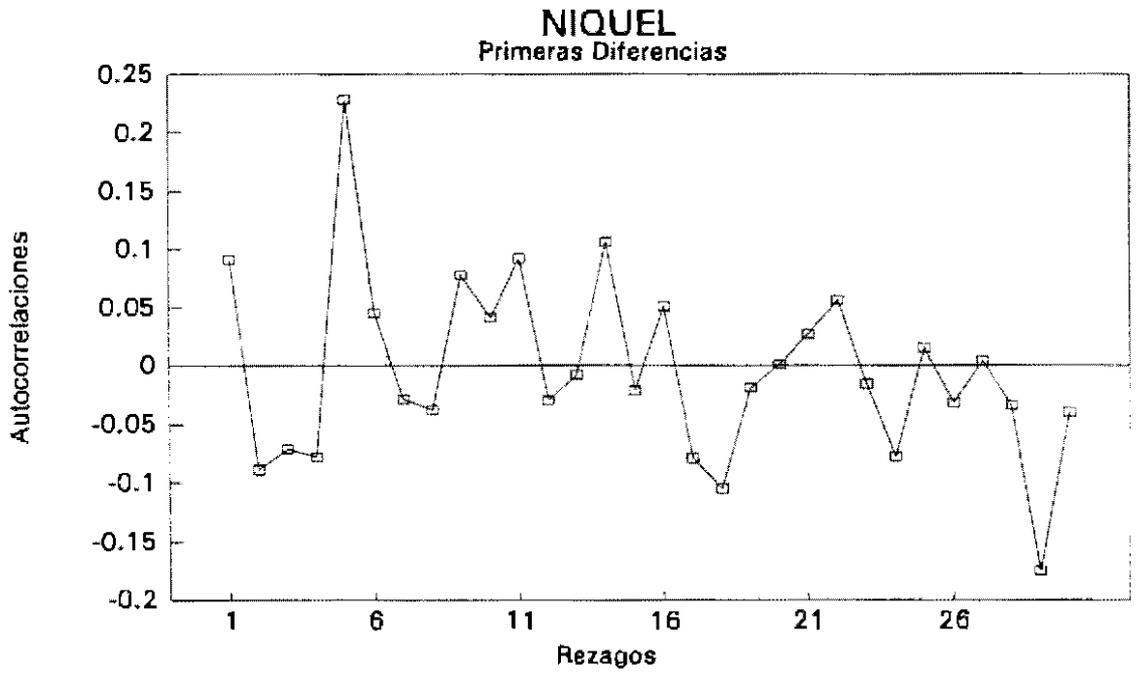


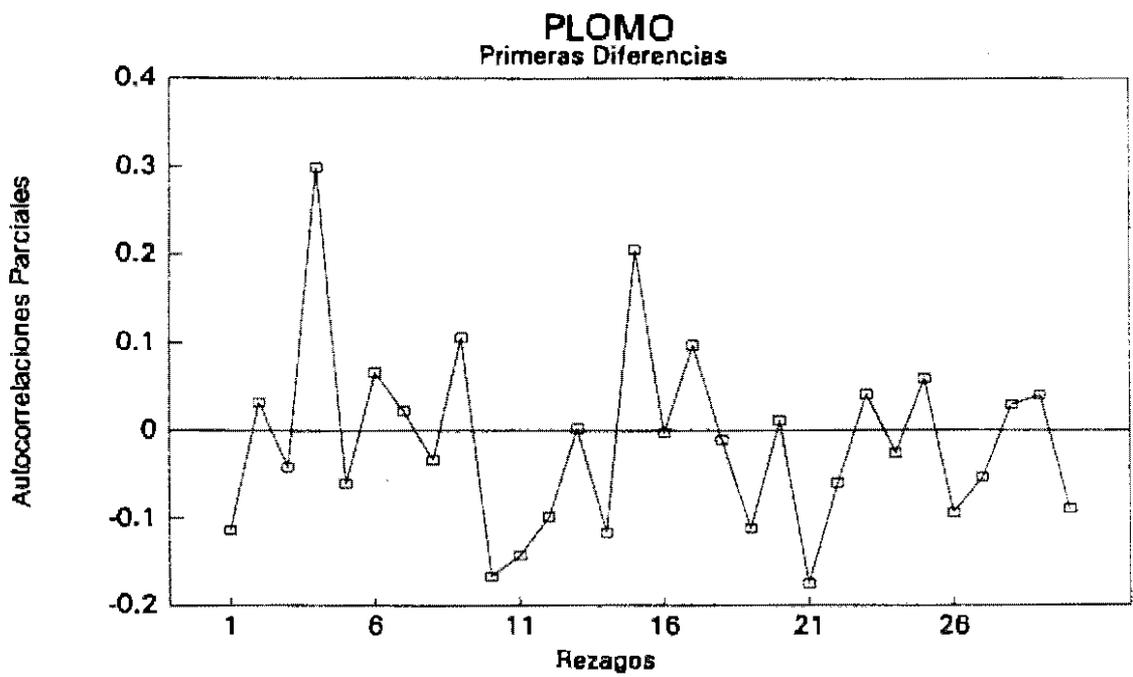
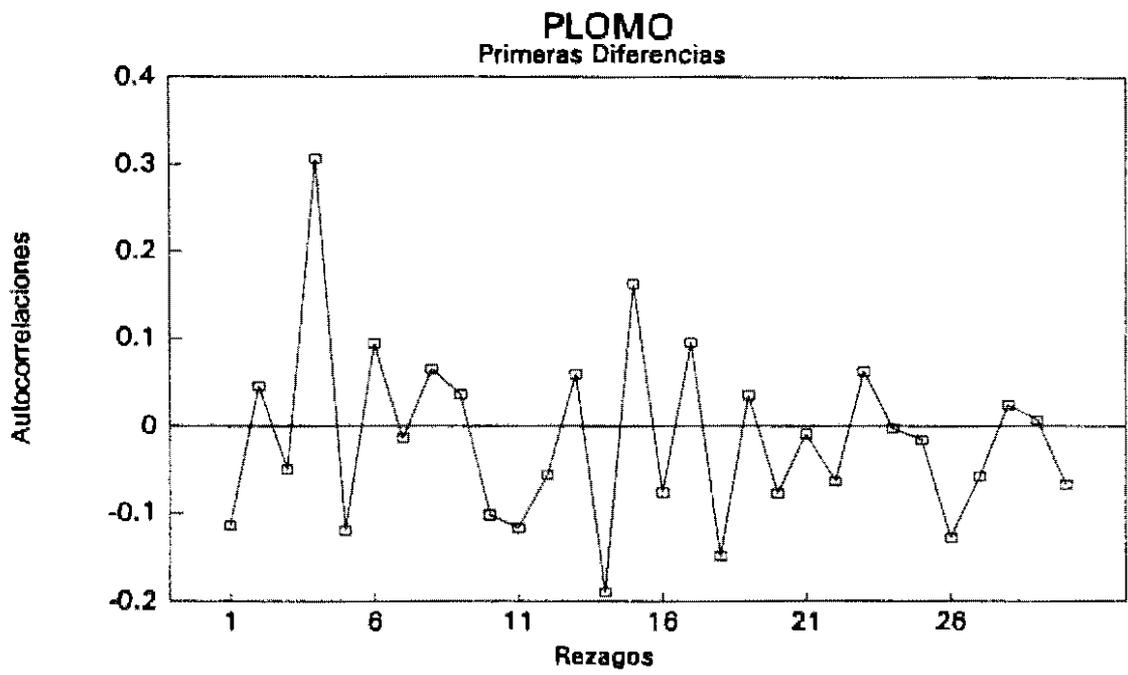
ALUMINIO
Primeras Diferencias

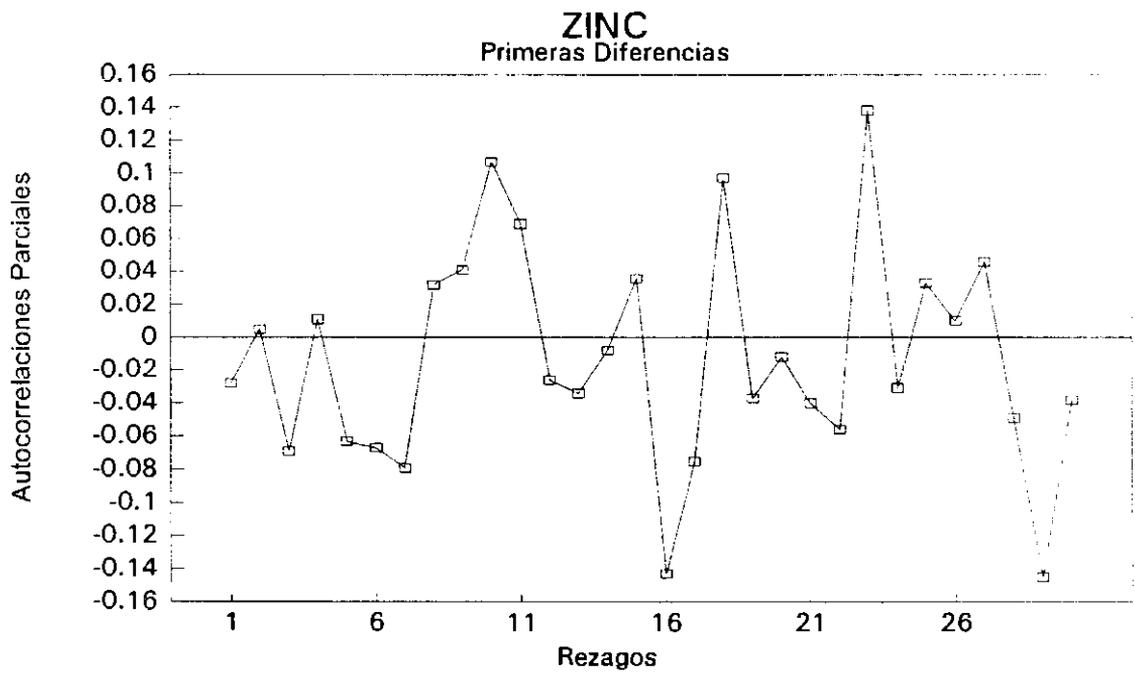
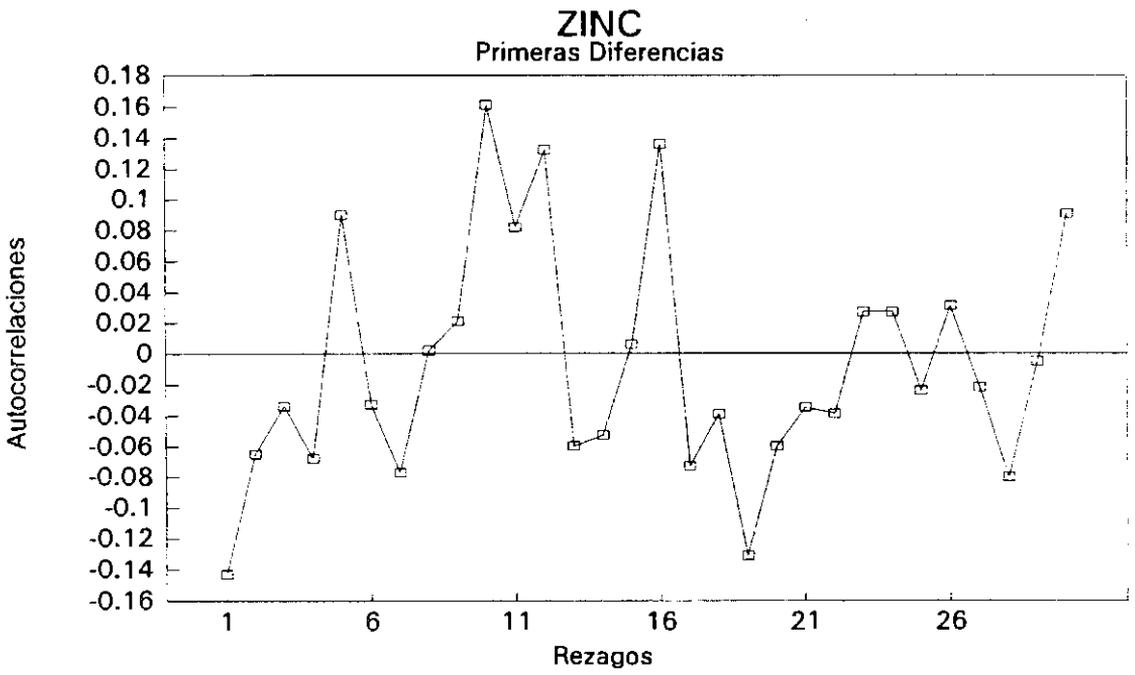






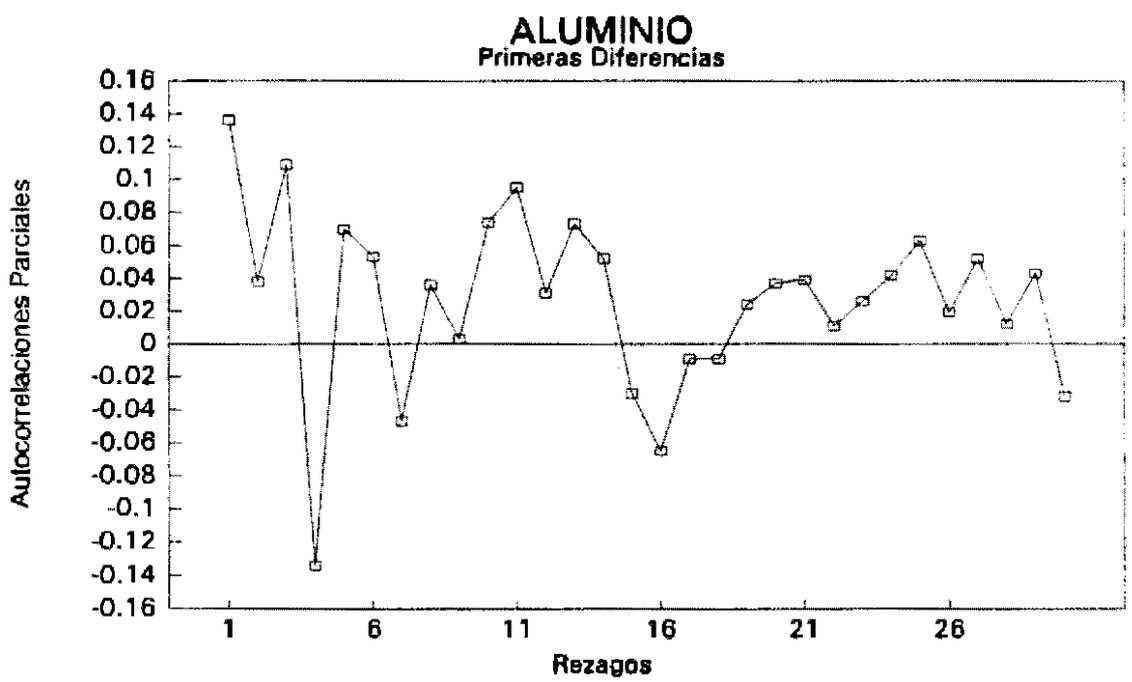
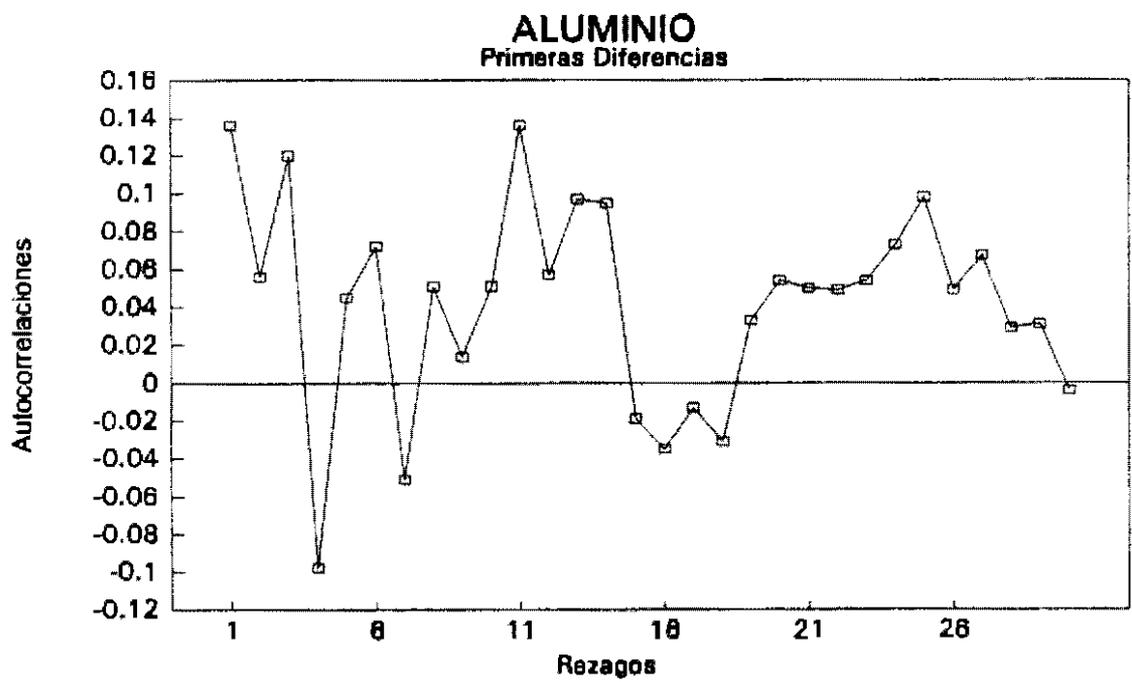


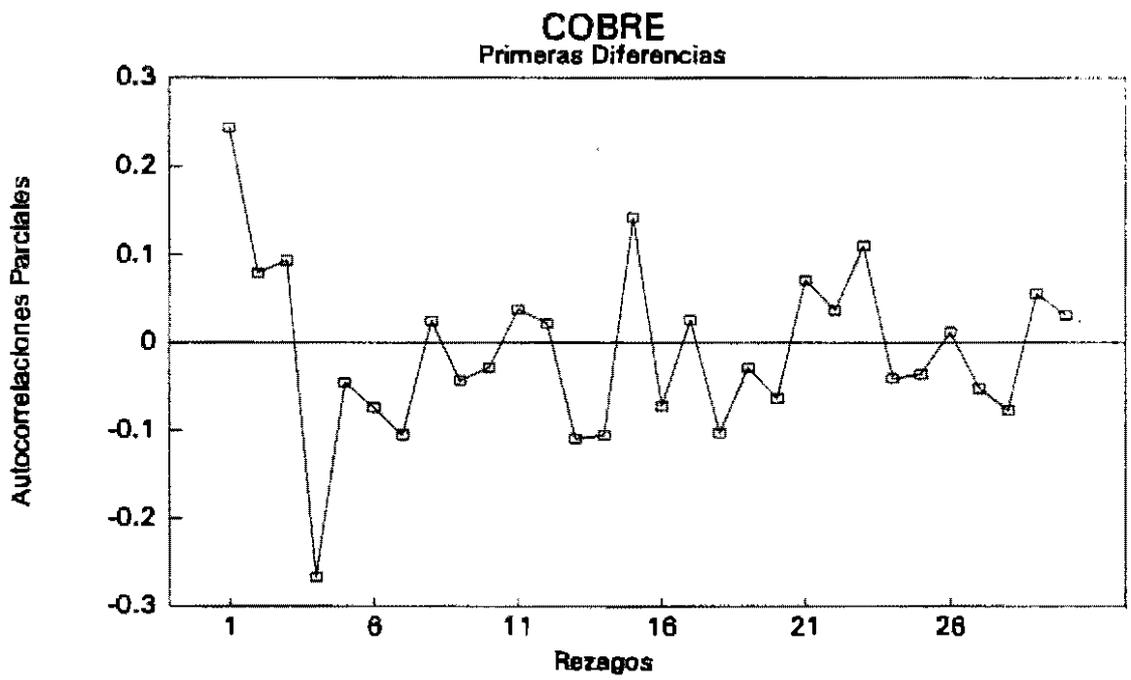
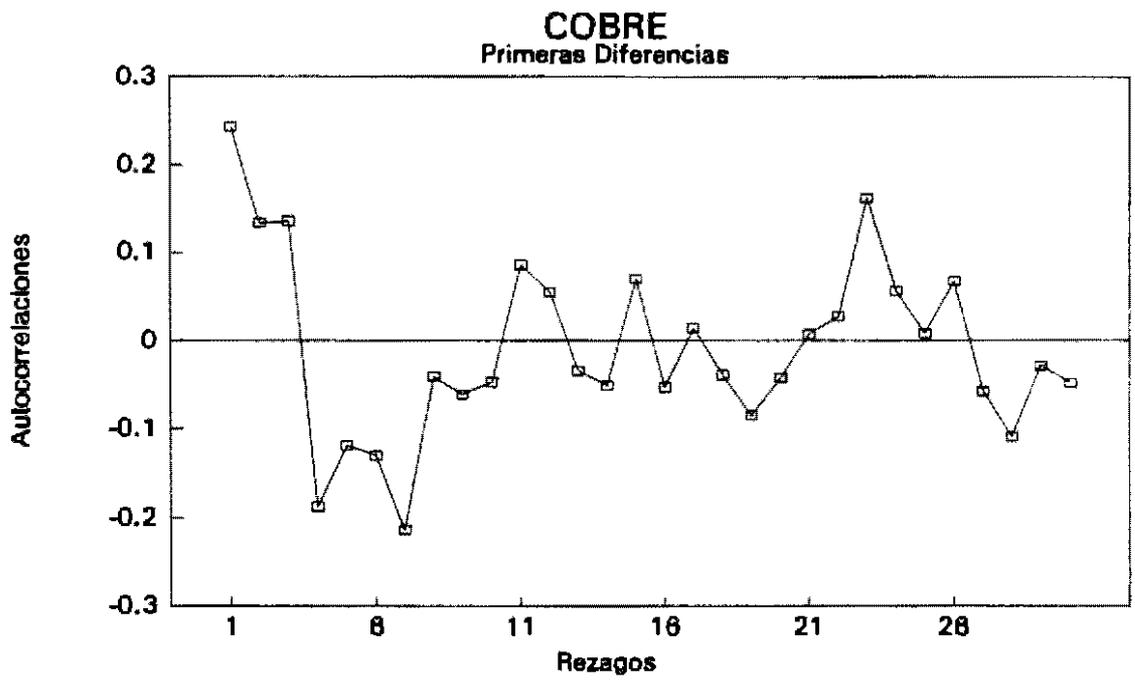




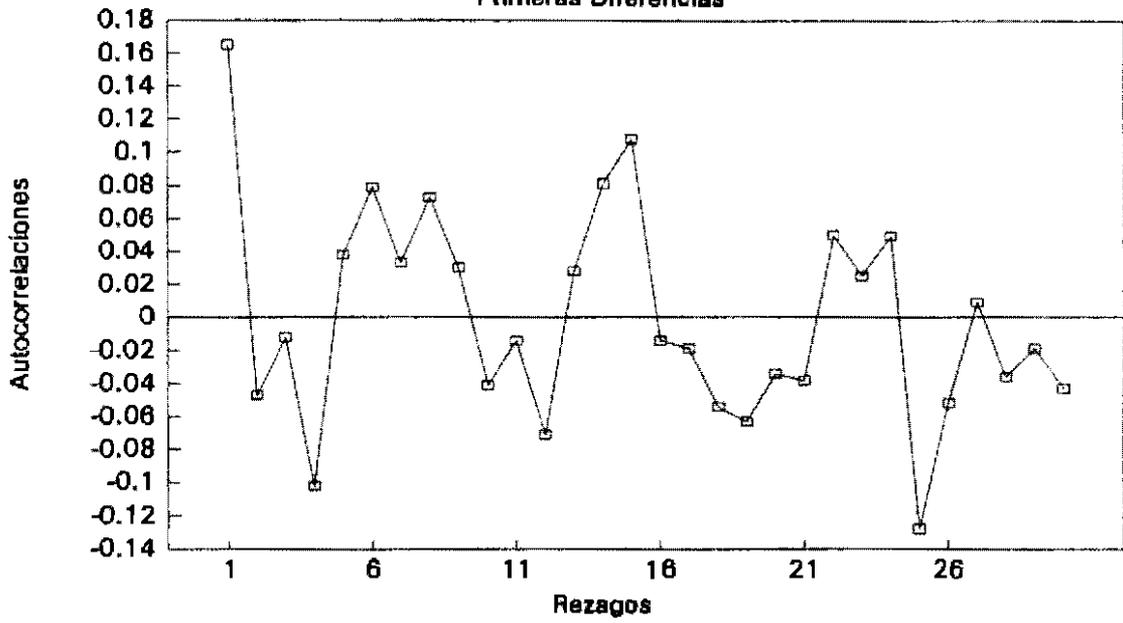
ANEXO A.3:

AUTOCORRELACIONES DE LOS PRECIOS A FUTURO SEMANALES

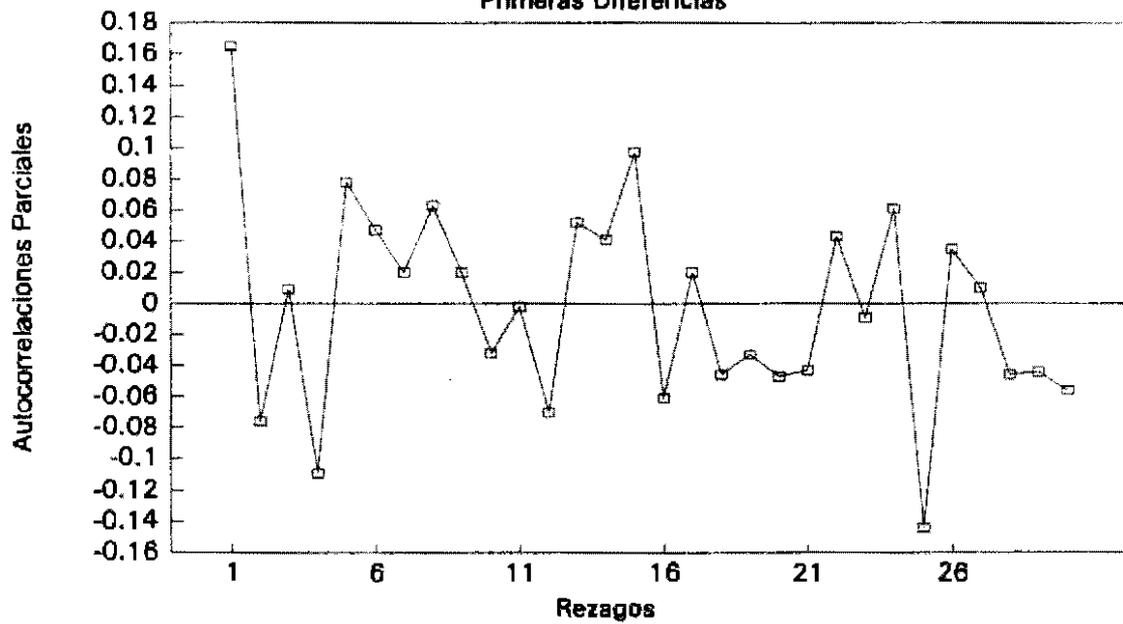


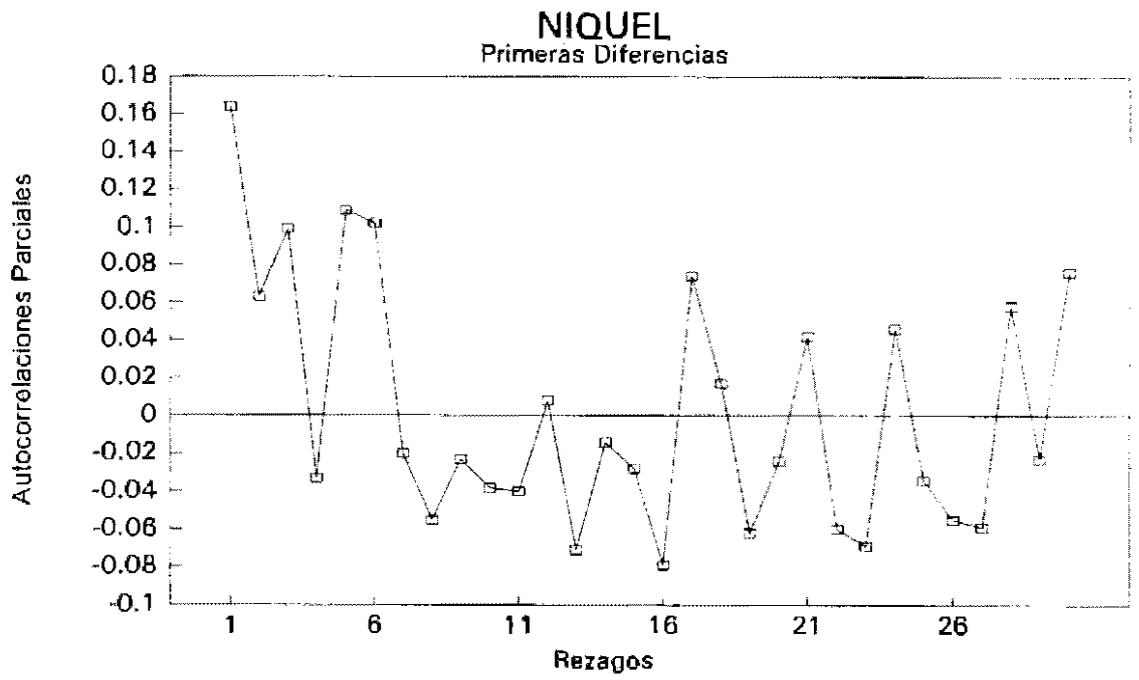
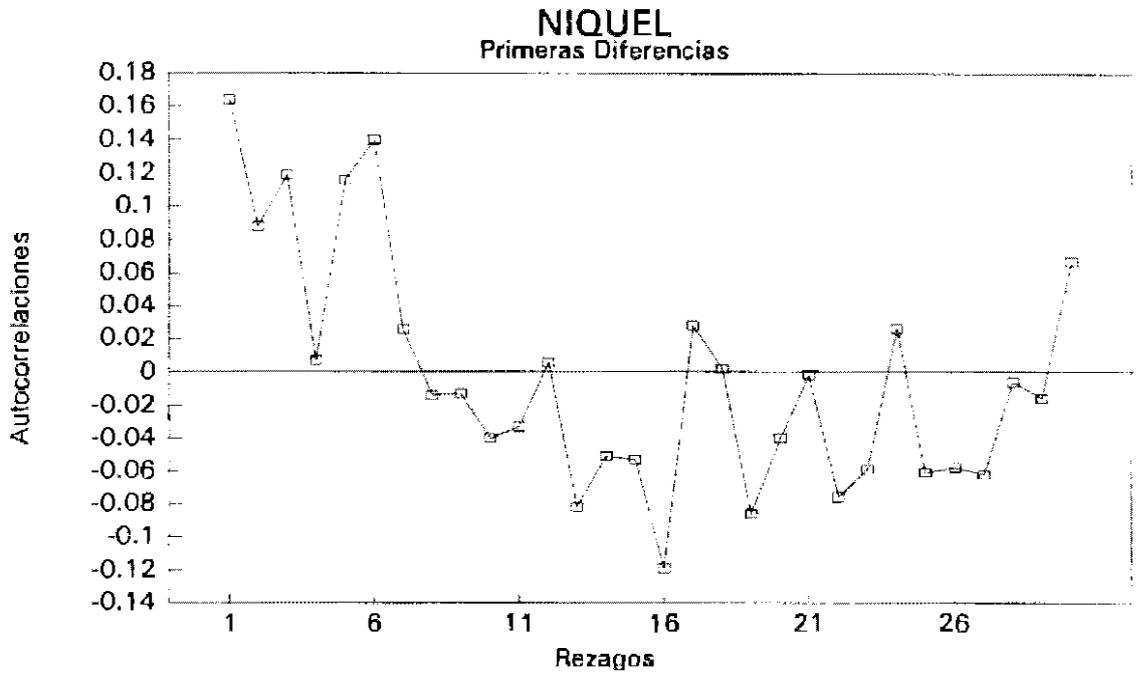


ESTAÑO
Primeras Diferencias

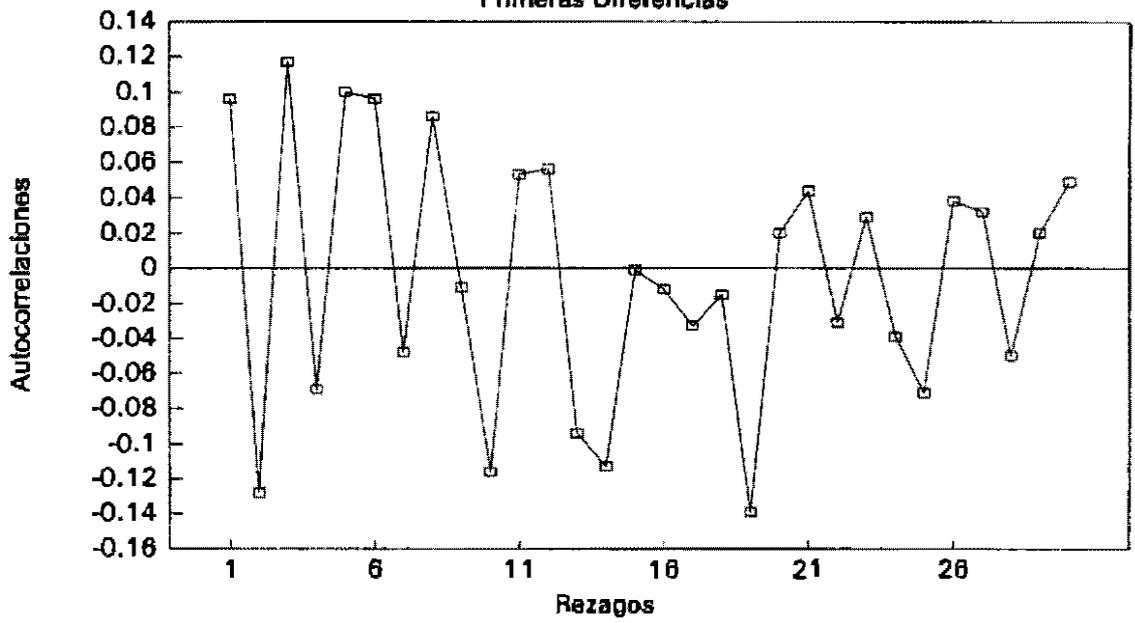


ESTAÑO
Primeras Diferencias

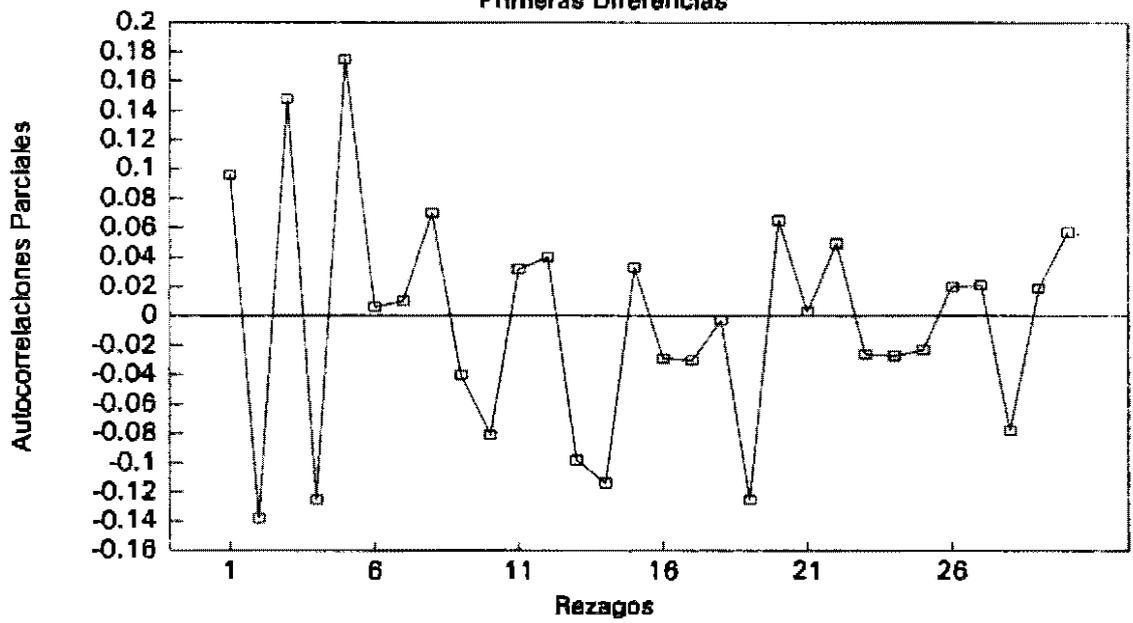


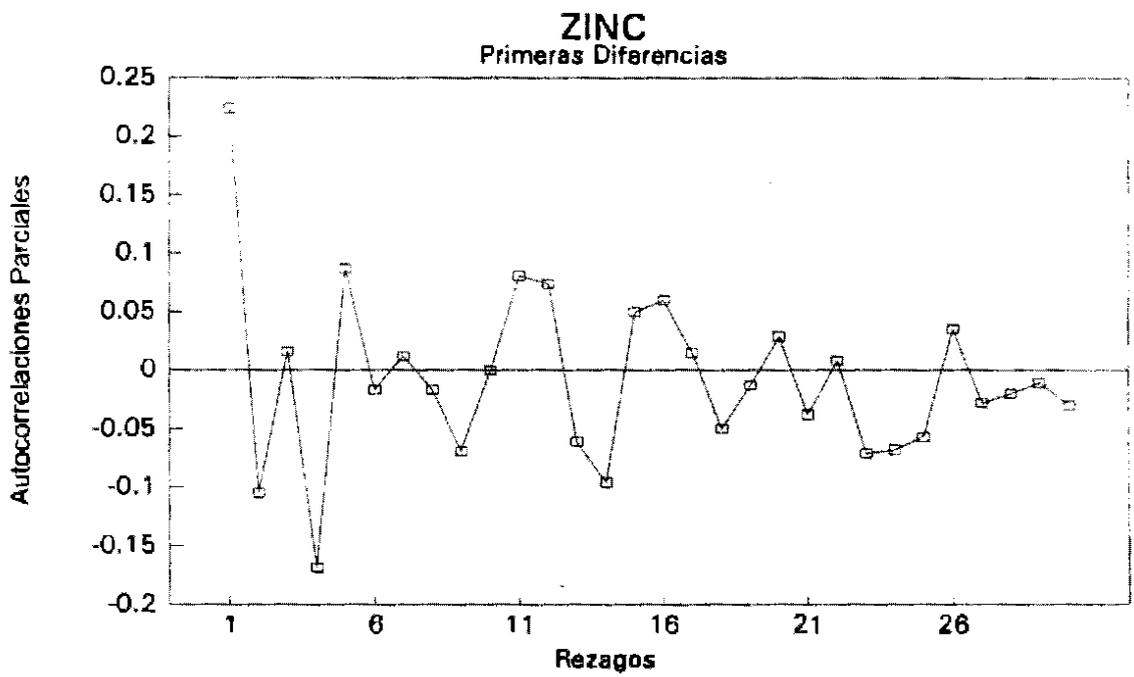
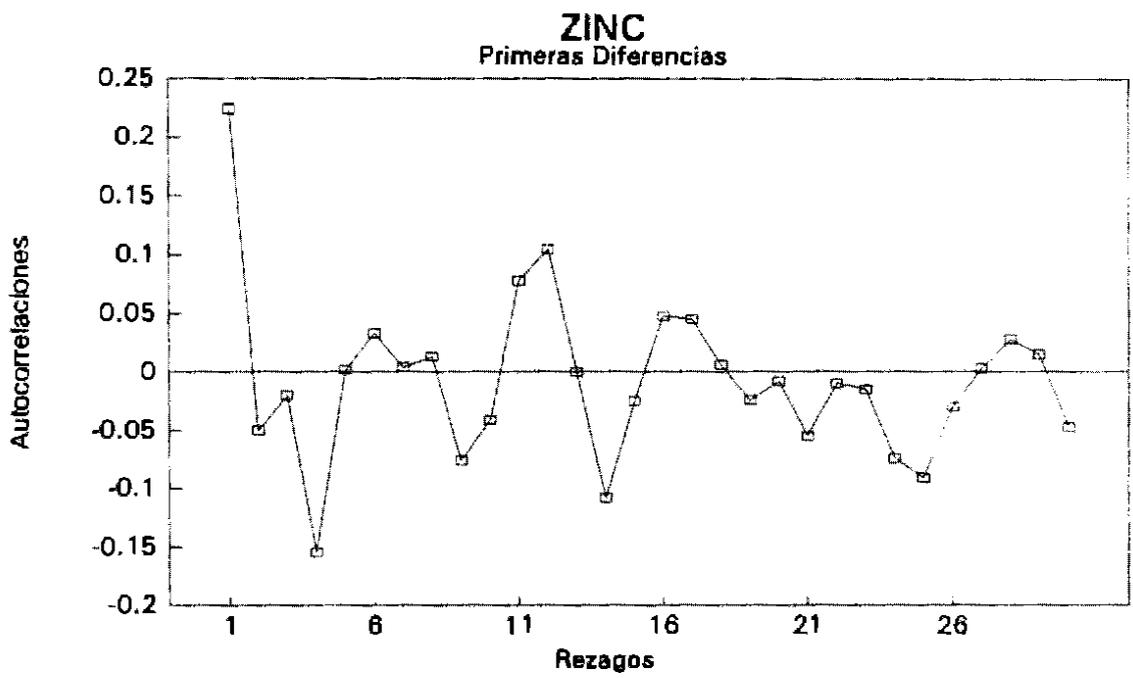


PLOMO
Primeras Diferencias



PLOMO
Primeras Diferencias





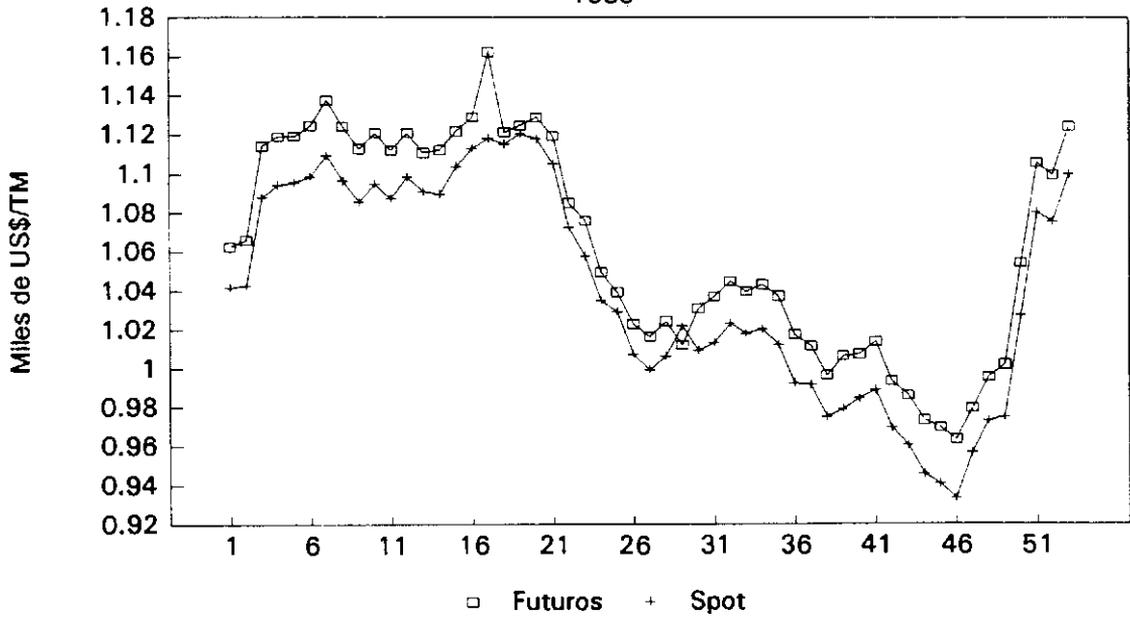
ANEXO B:

EVOLUCION DE LOS PRECIOS SPOT Y DE LOS PRECIOS A FUTURO

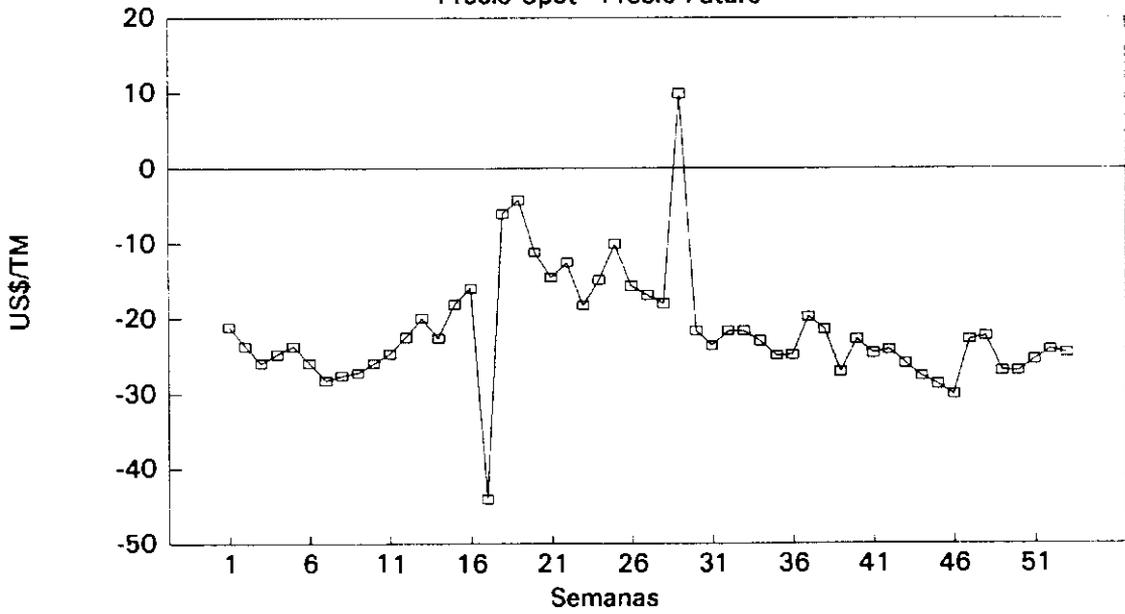
ANEXO B.1:

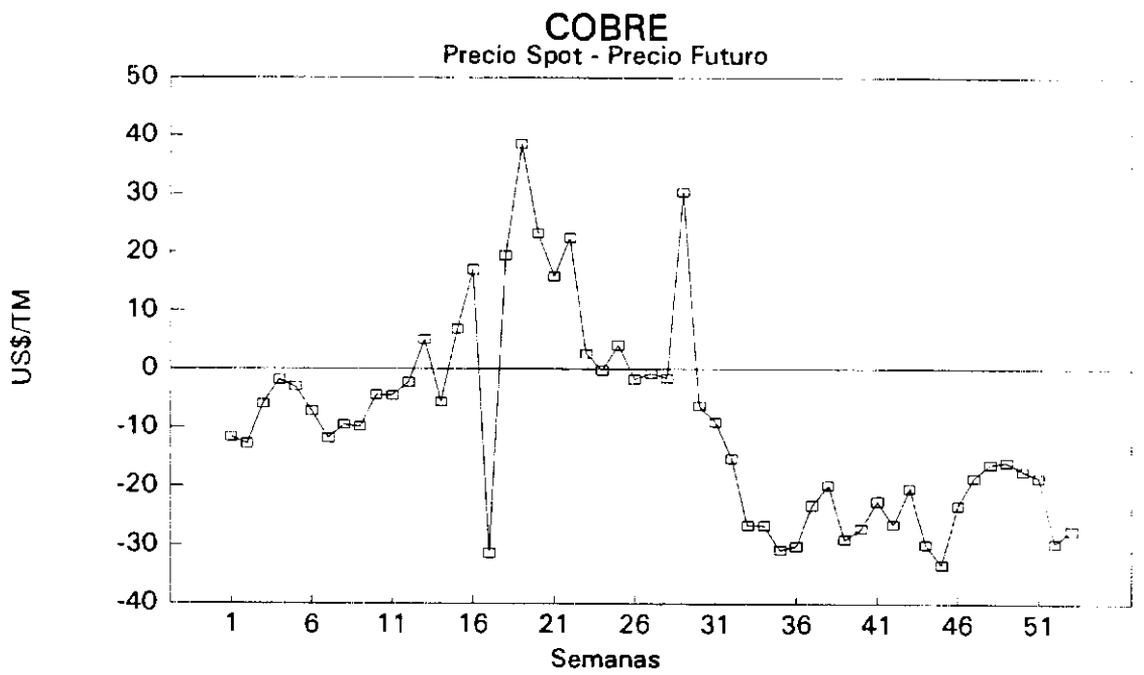
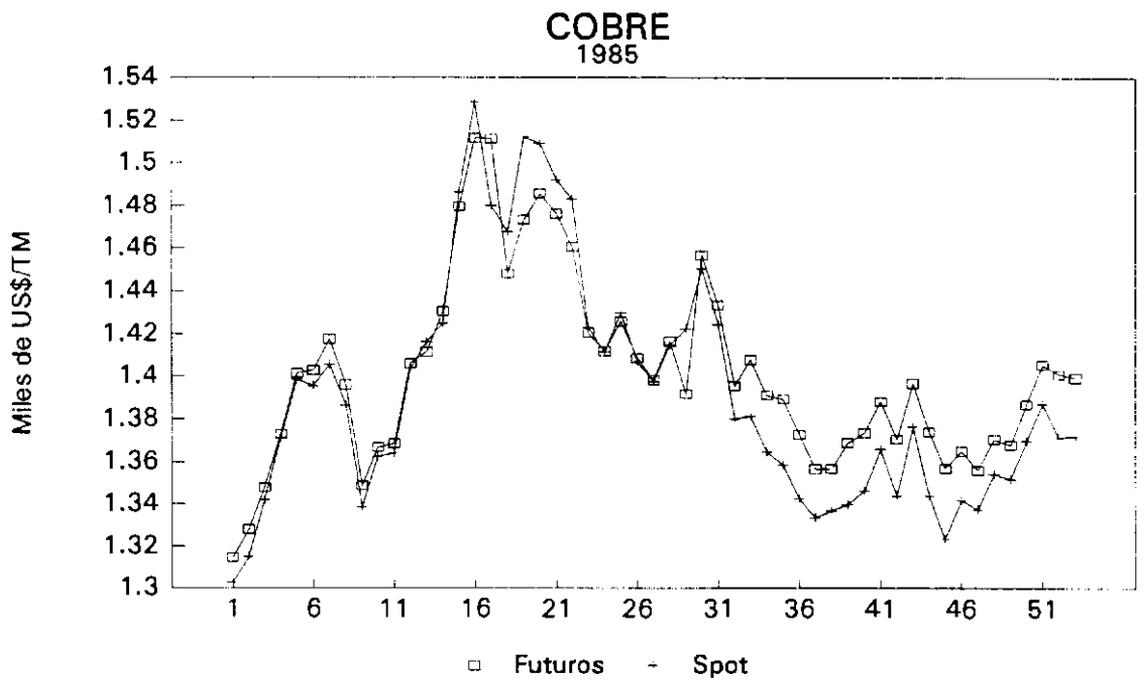
PRECIOS SPOT Y PRECIOS A FUTURO SEMANALES

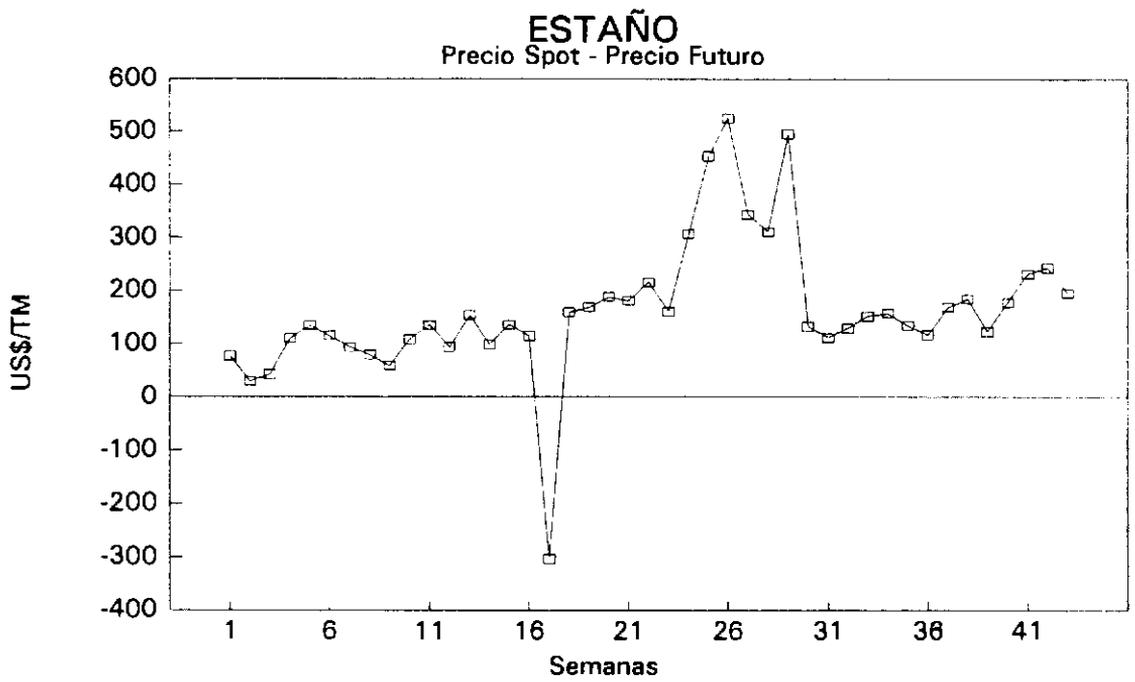
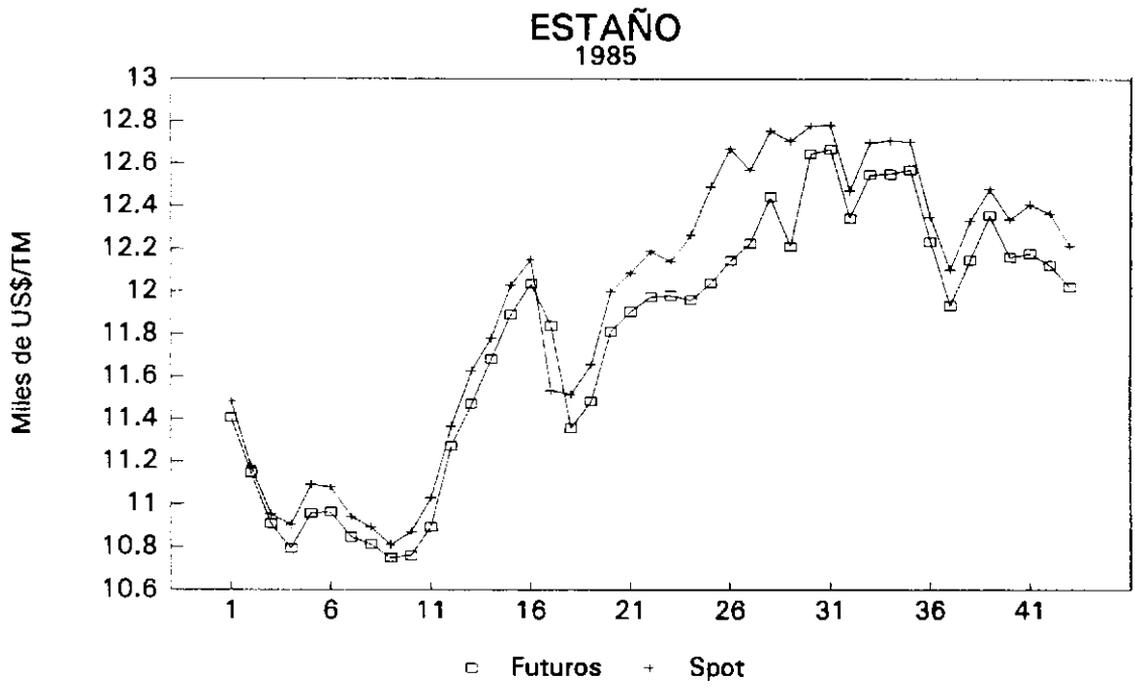
ALUMINIO 1985

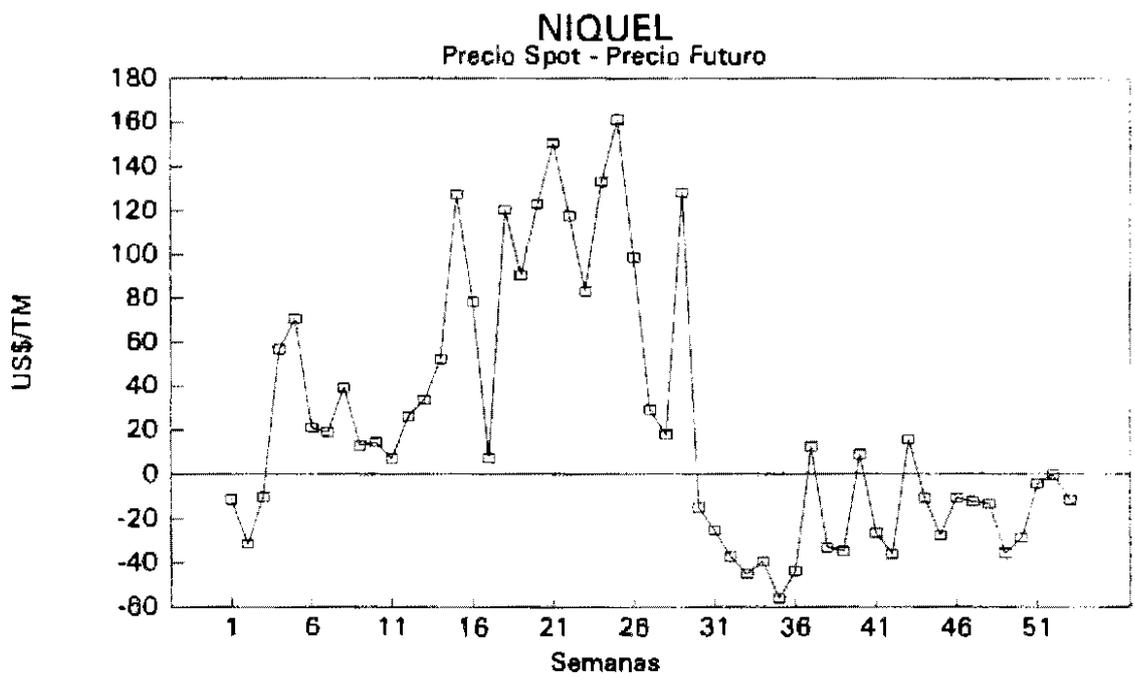
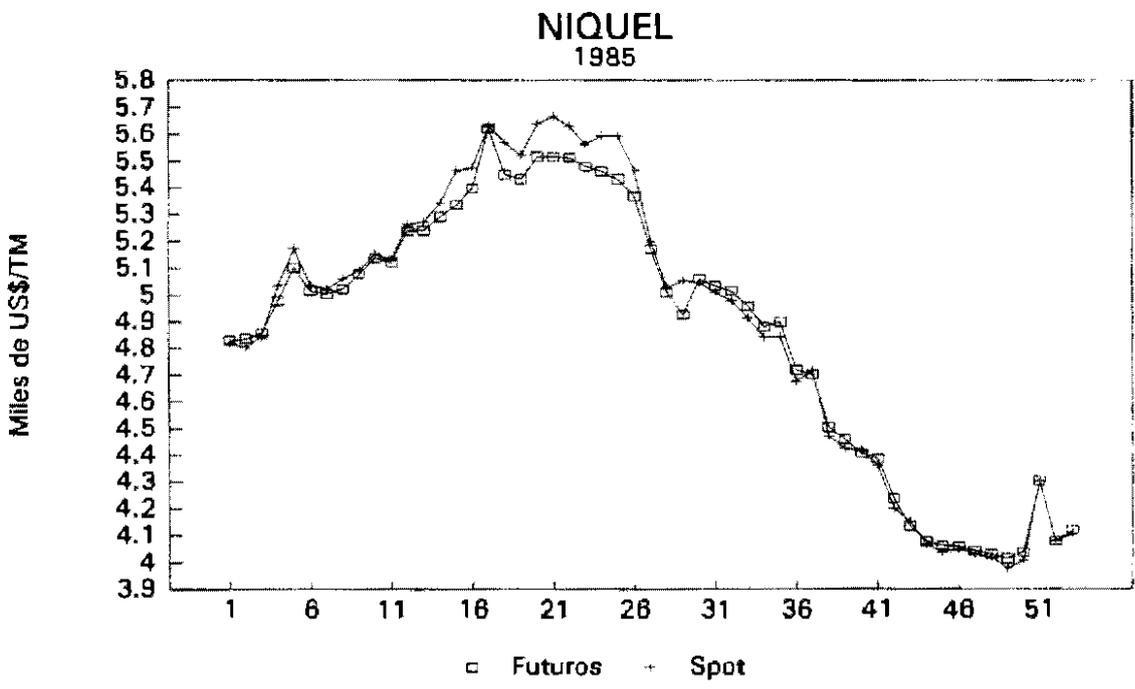


ALUMINIO Precio Spot - Precio Futuro

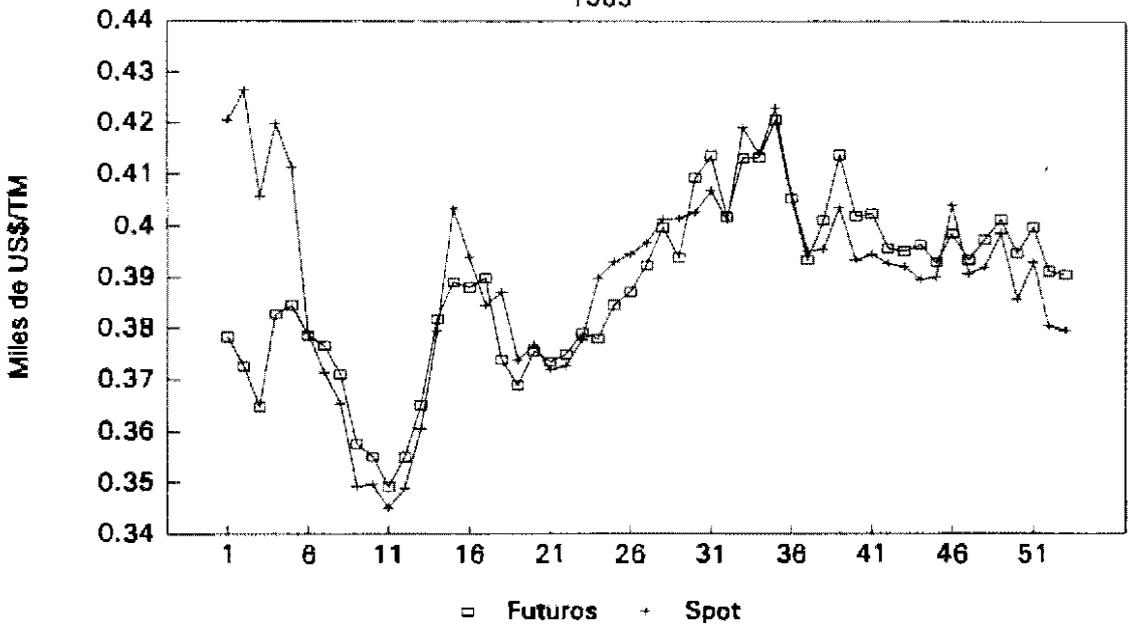




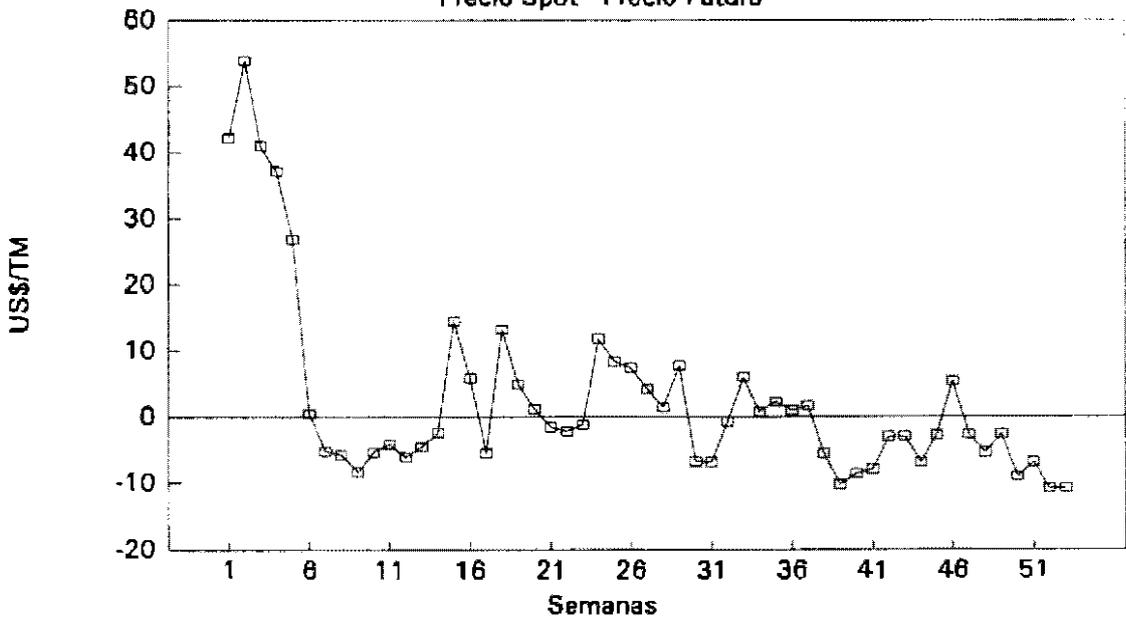




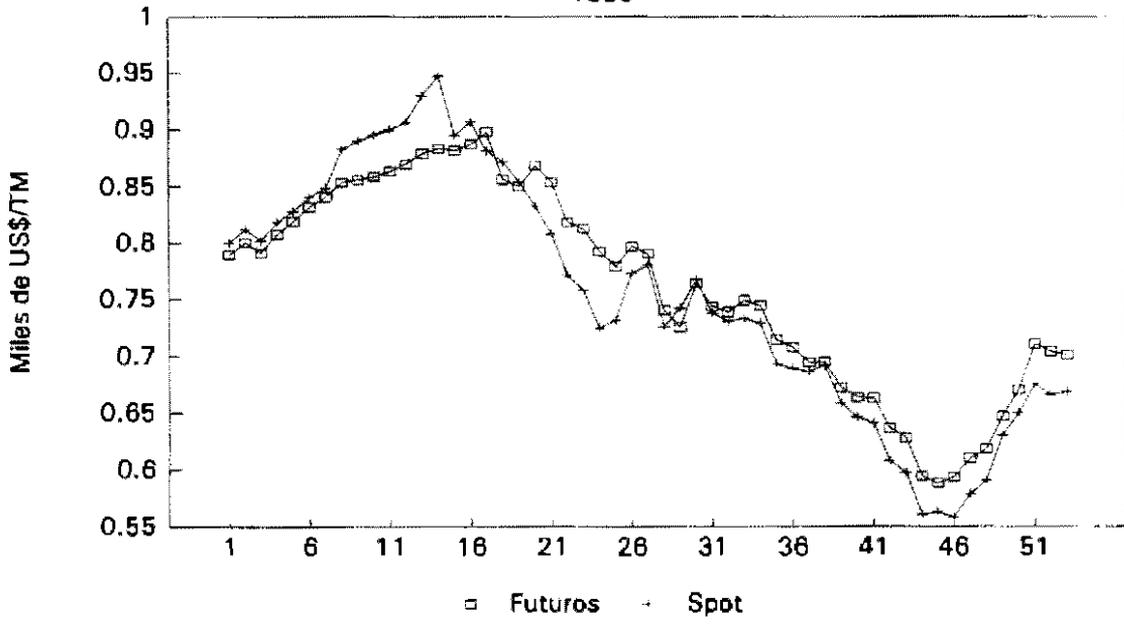
PLOMO 1985



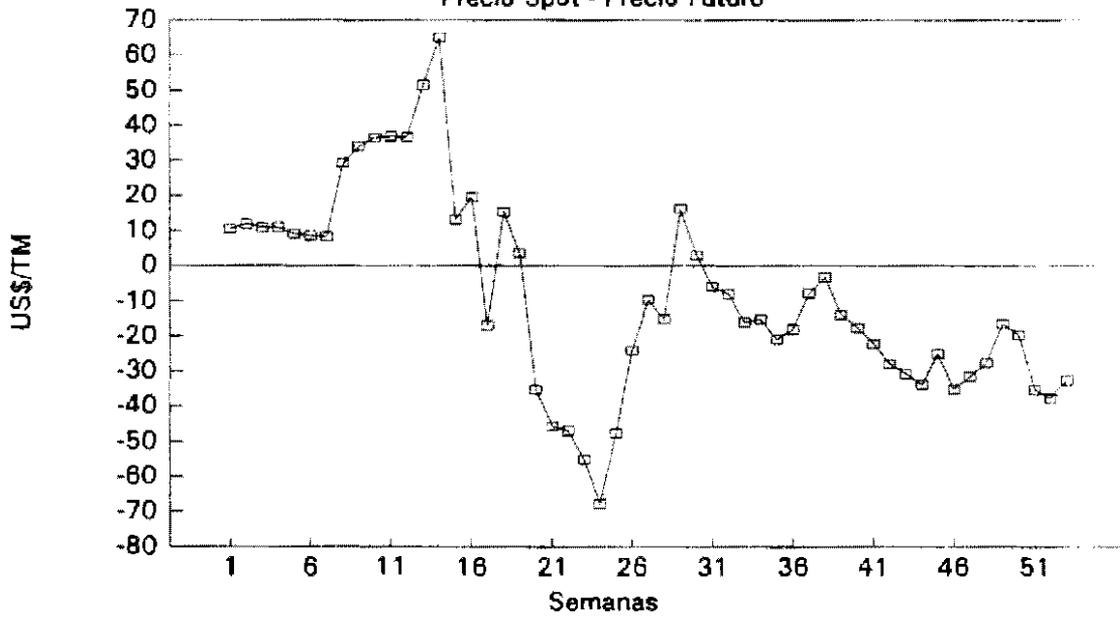
PLOMO Precio Spot - Precio Futuro



ZINC 1985



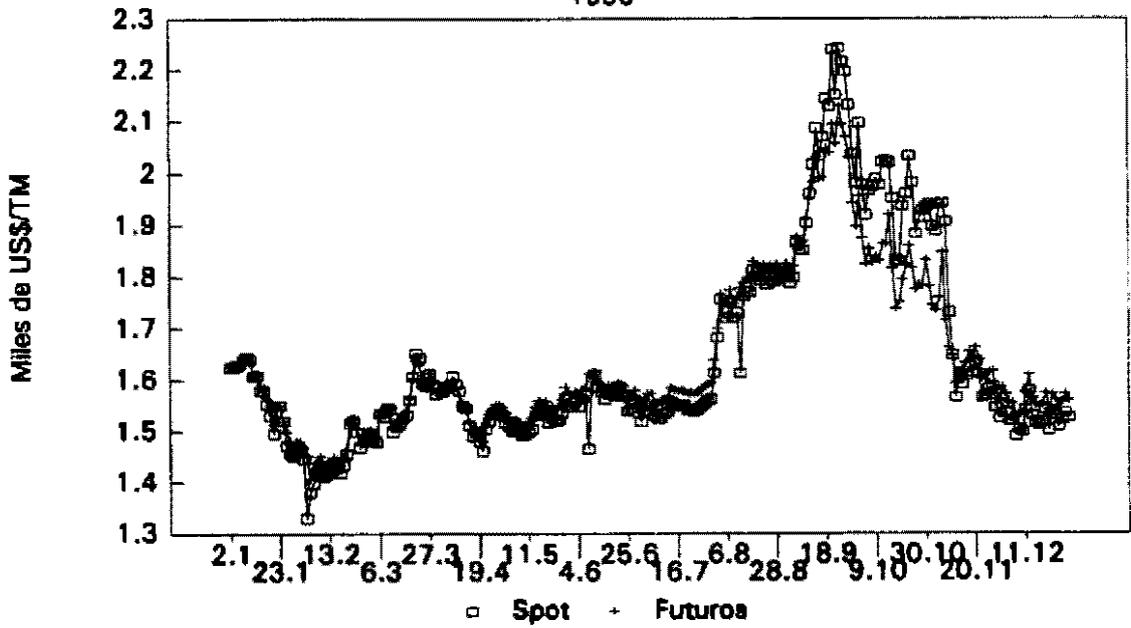
ZINC Precio Spot - Precio Futuro



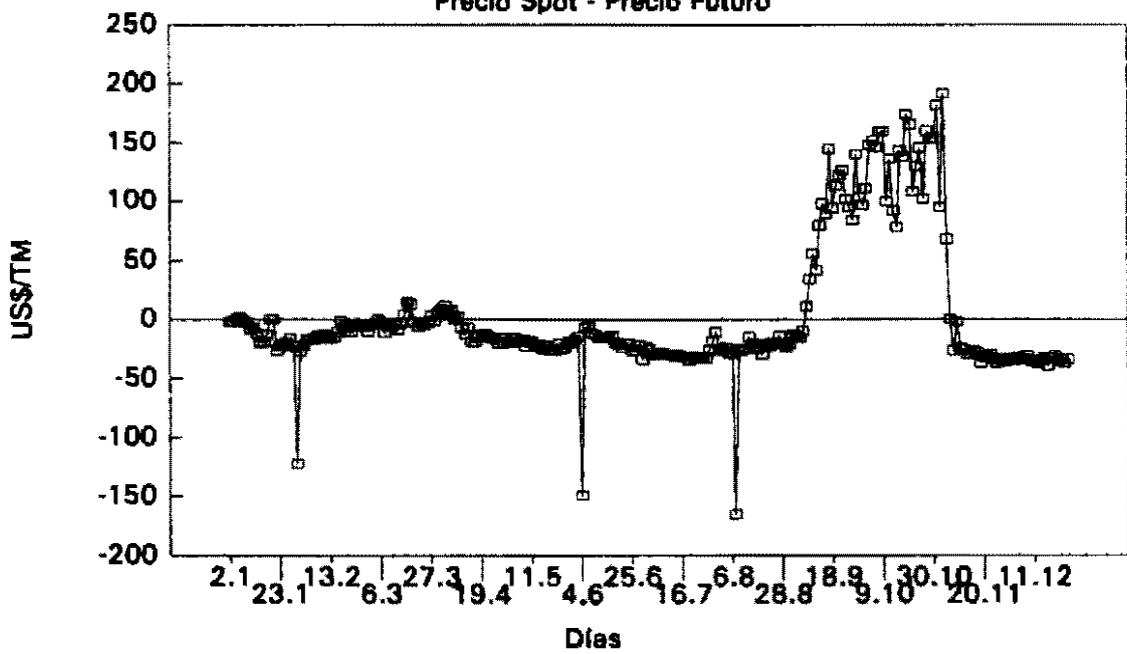
ANEXO B.2:

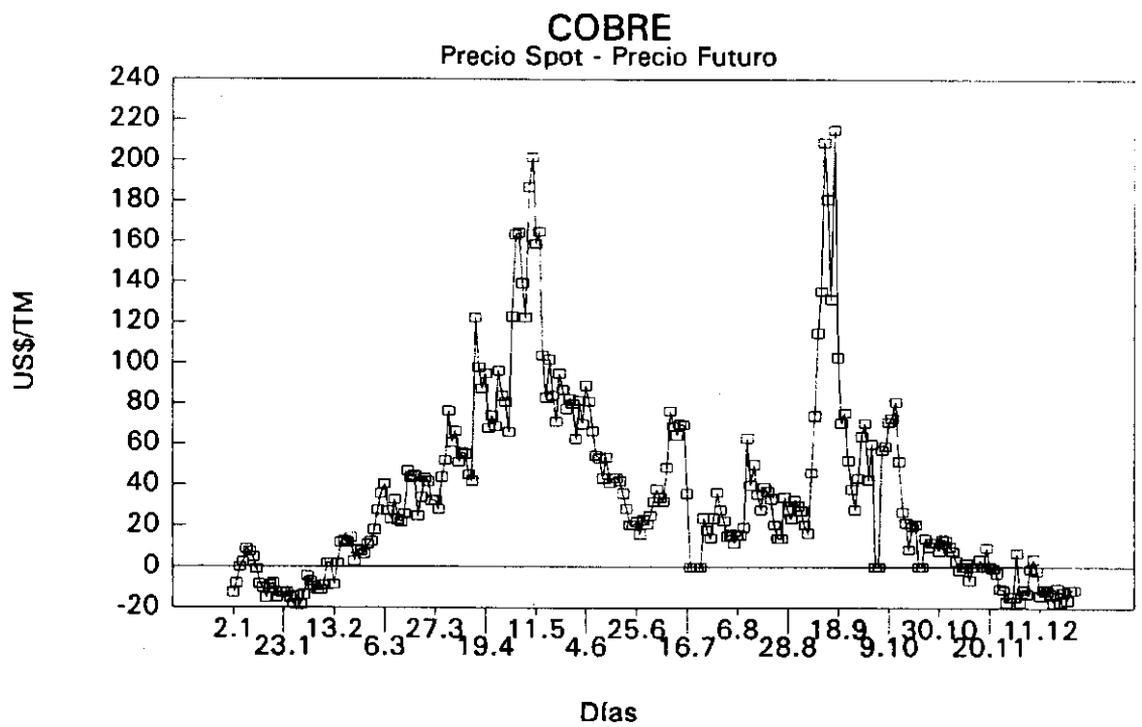
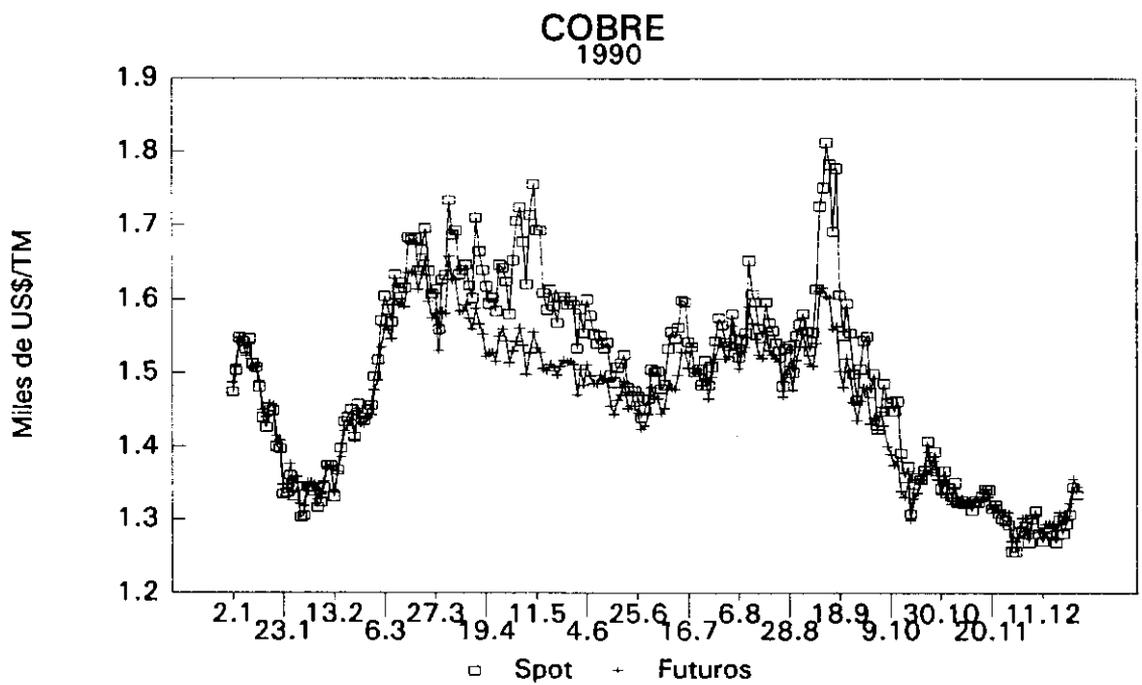
PRECIOS SPOT Y PRECIOS A FUTURO DIARIOS

ALUMINIO 1990

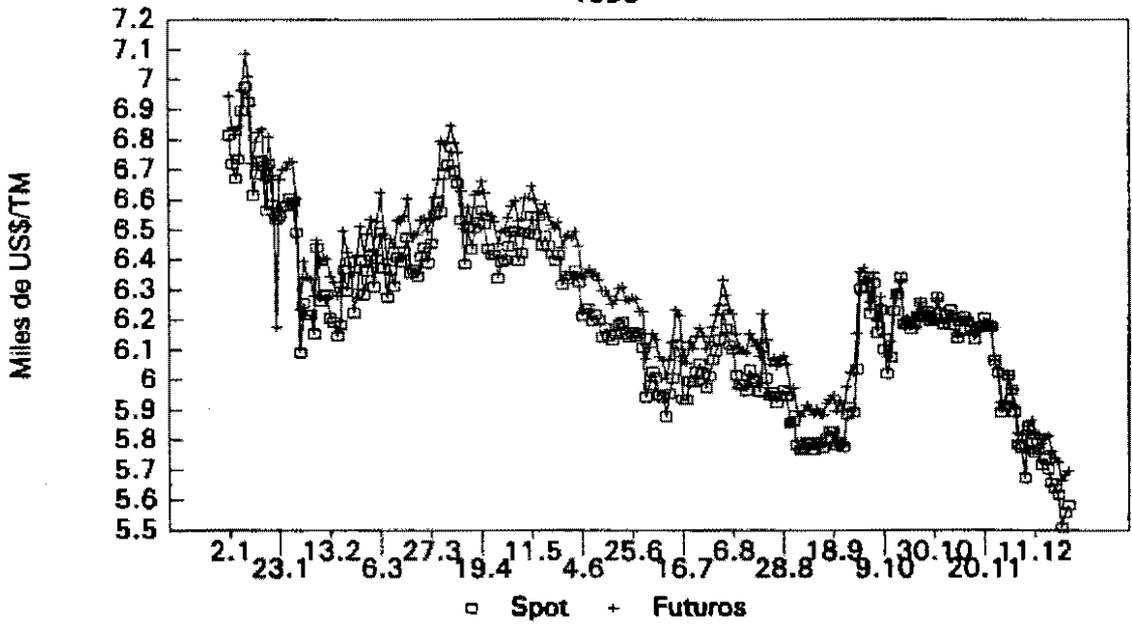


ALUMINIO Precio Spot - Precio Futuro

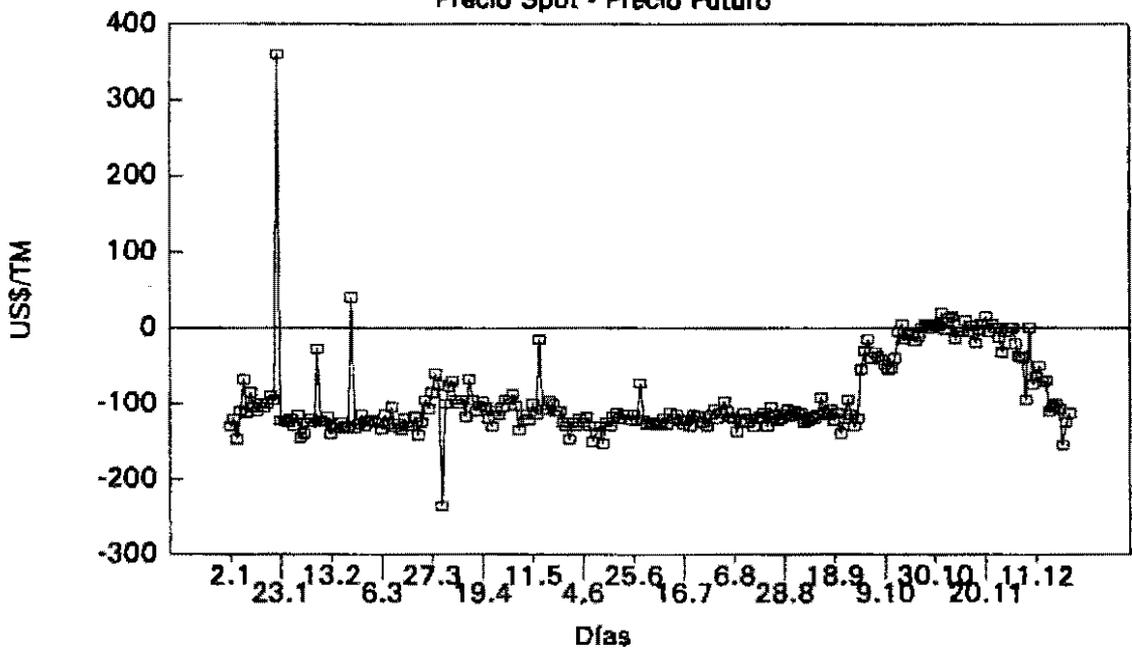


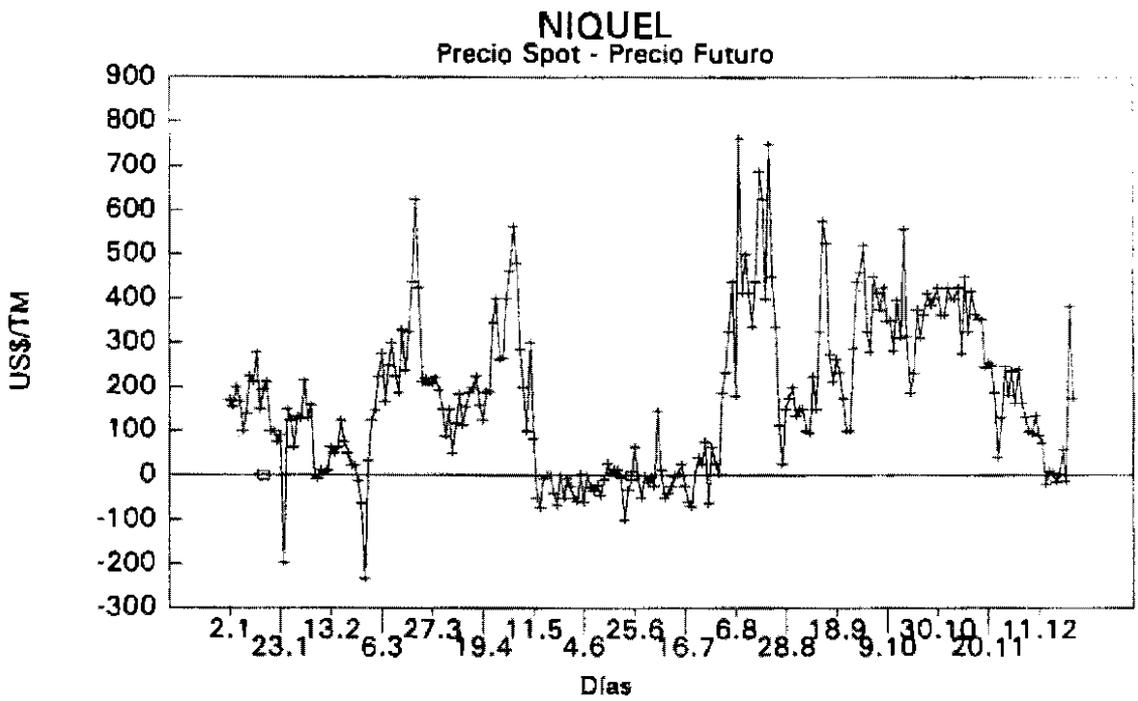
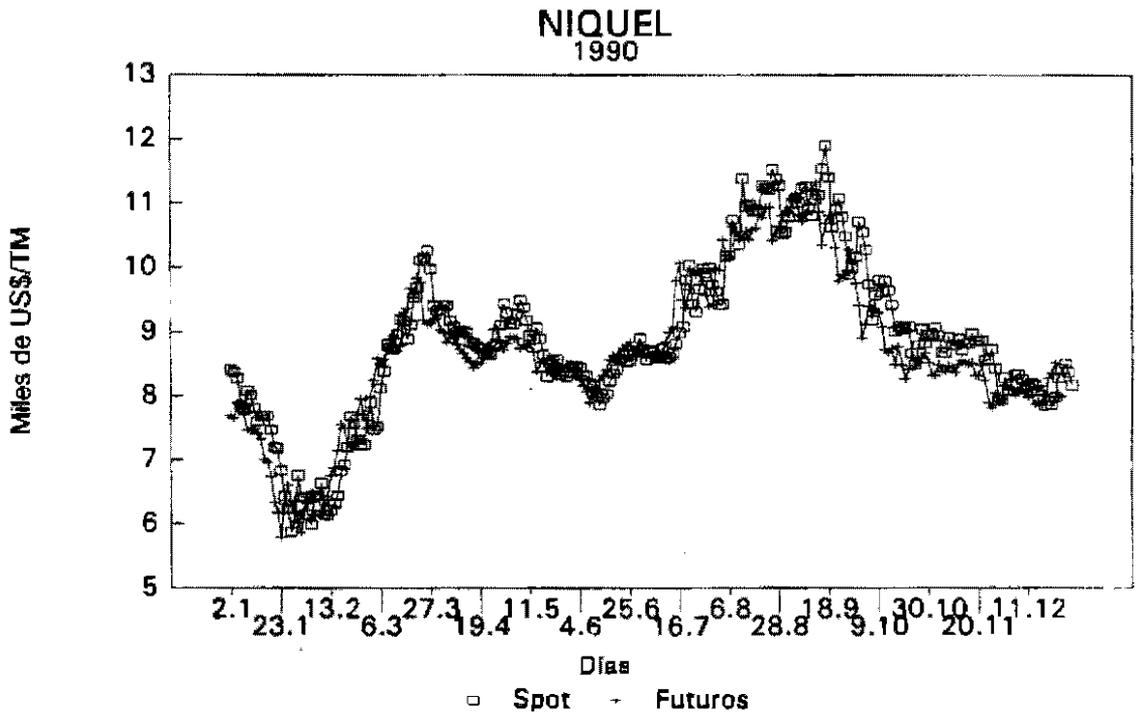


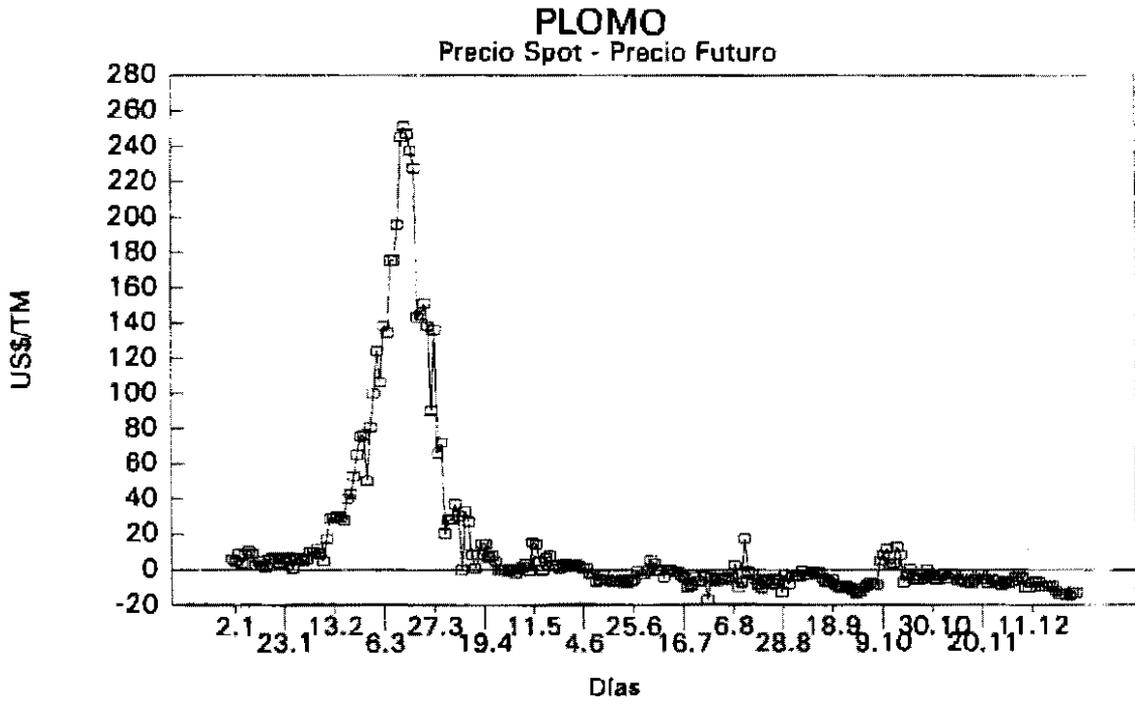
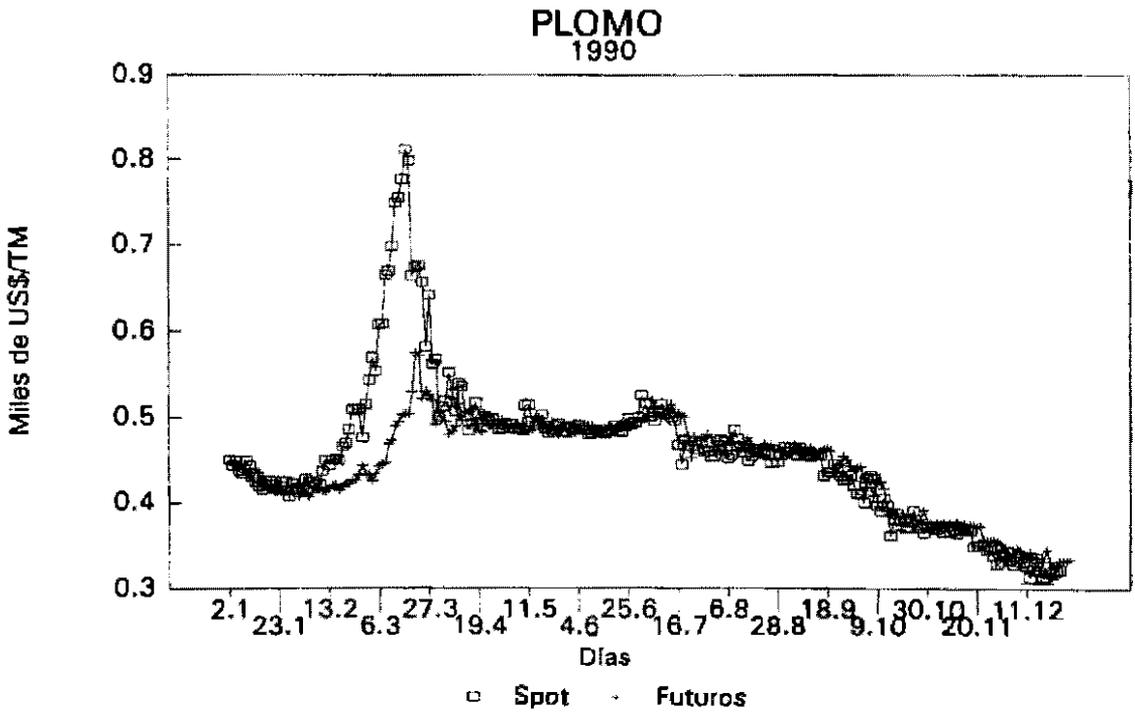
ESTAÑO 1990

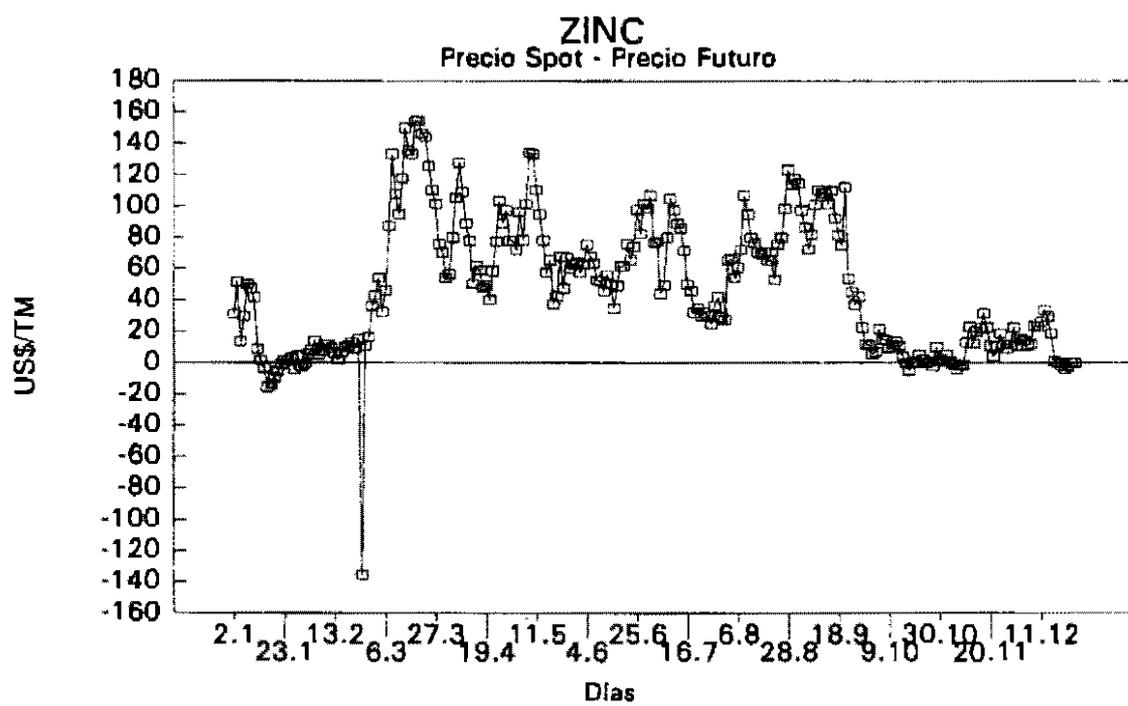
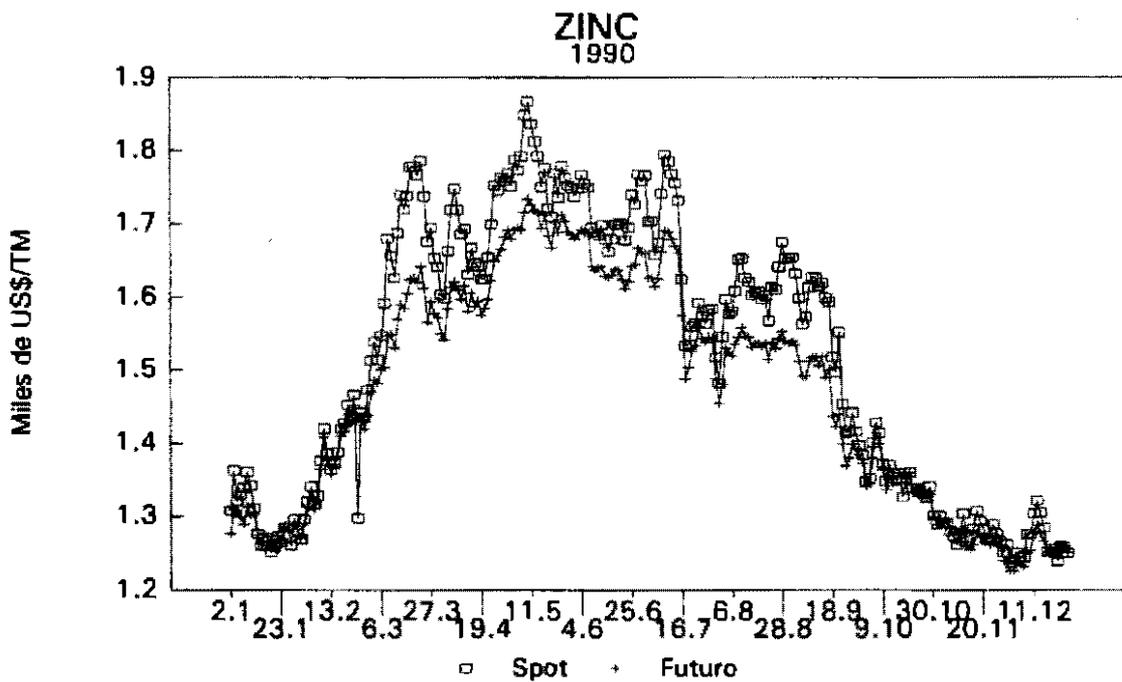


ESTAÑO Precio Spot - Precio Futuro









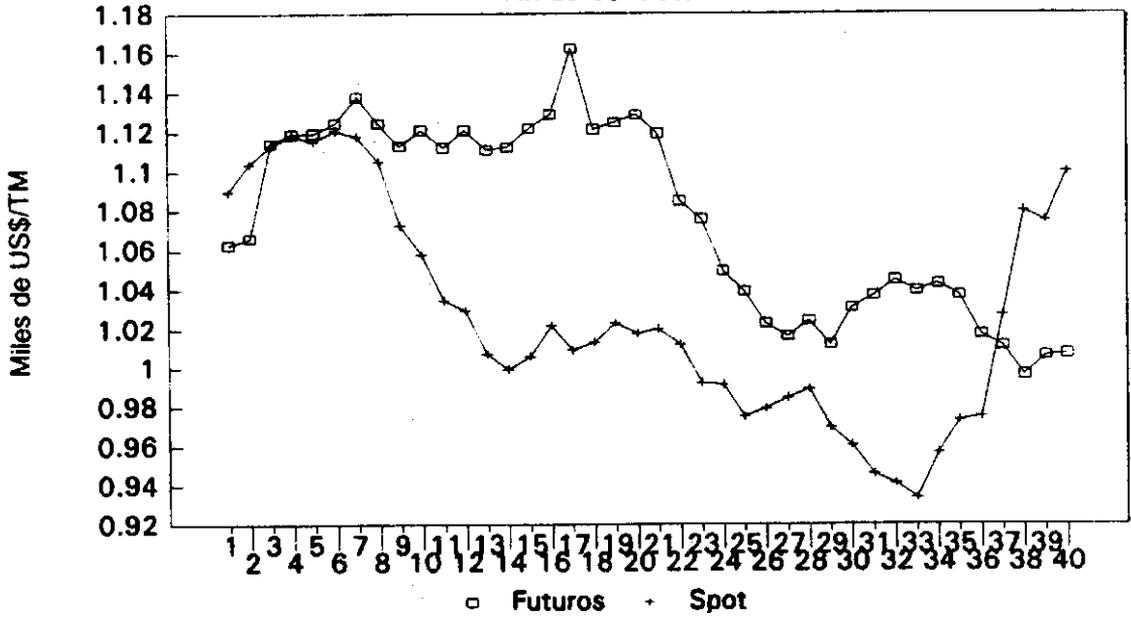
ANEXO C:

CONTRASTE DE LOS PRECIOS A FUTURO
CON LOS PRECIOS SPOT EFECTIVOS

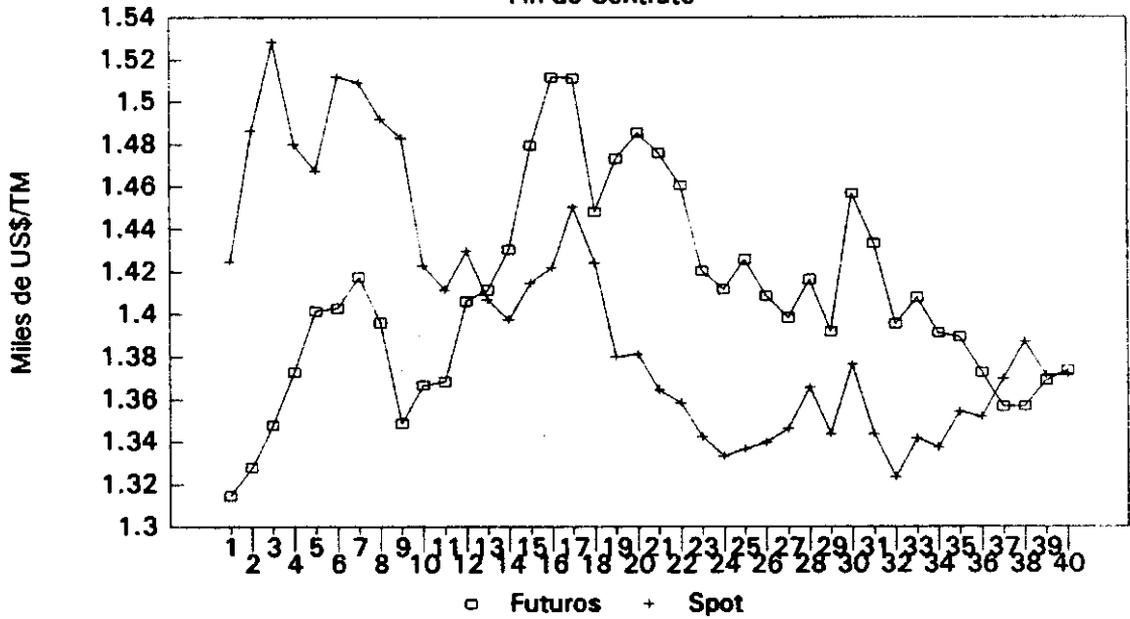
ANEXO C.1:

PRECIOS A FUTURO Y PRECIOS SPOT EFECTIVOS SEMANALES

ALUMINIO 1985 Fin de Contrato



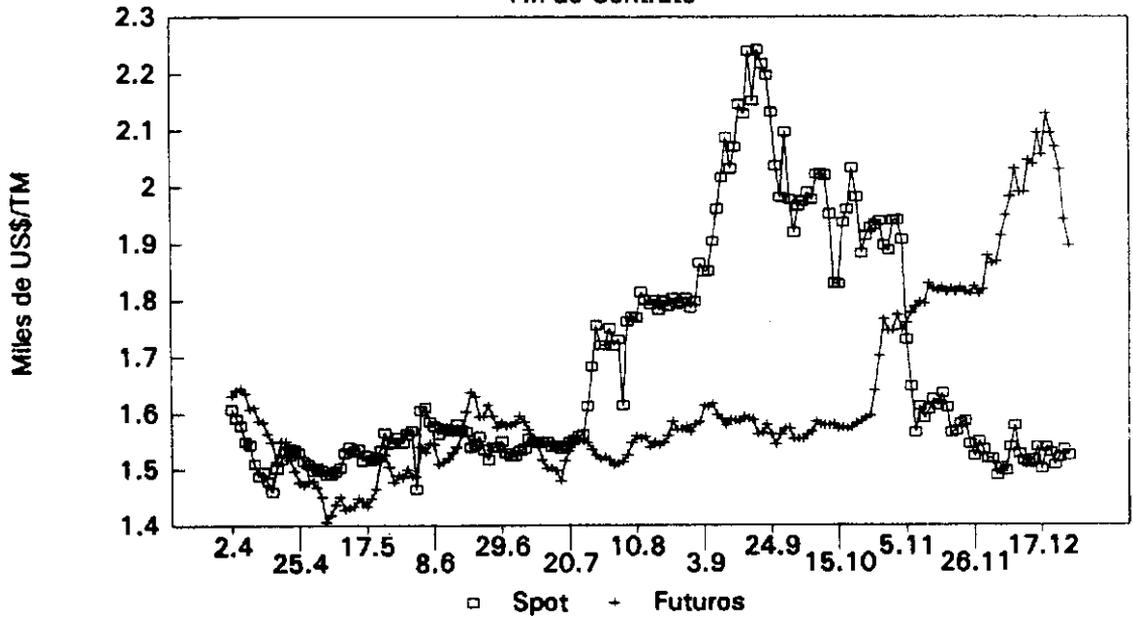
COBRE 1985 Fin de Contrato



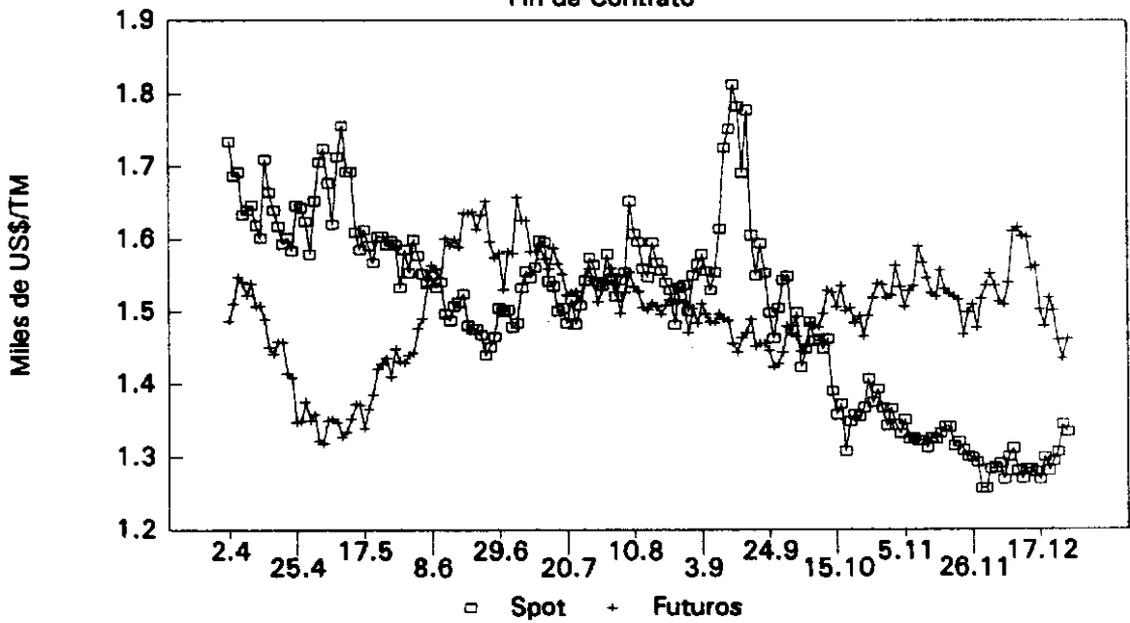
ANEXO C.2:

PRECIOS A FUTURO Y PRECIOS SPOT EFECTIVOS DIARIOS

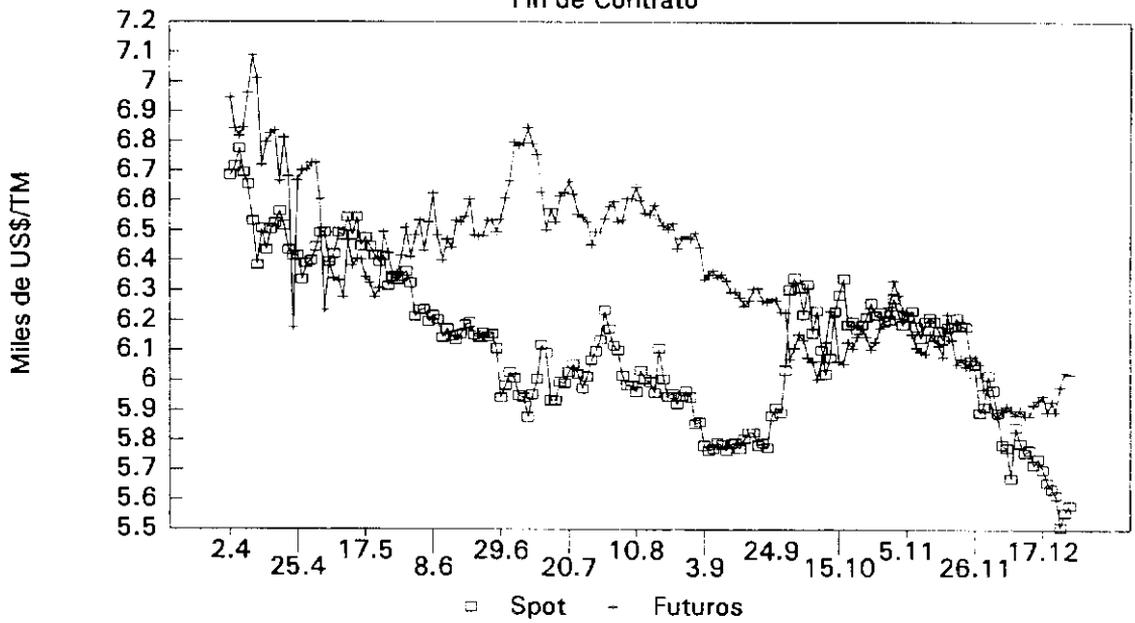
ALUMINIO 1990 Fin de Contrato



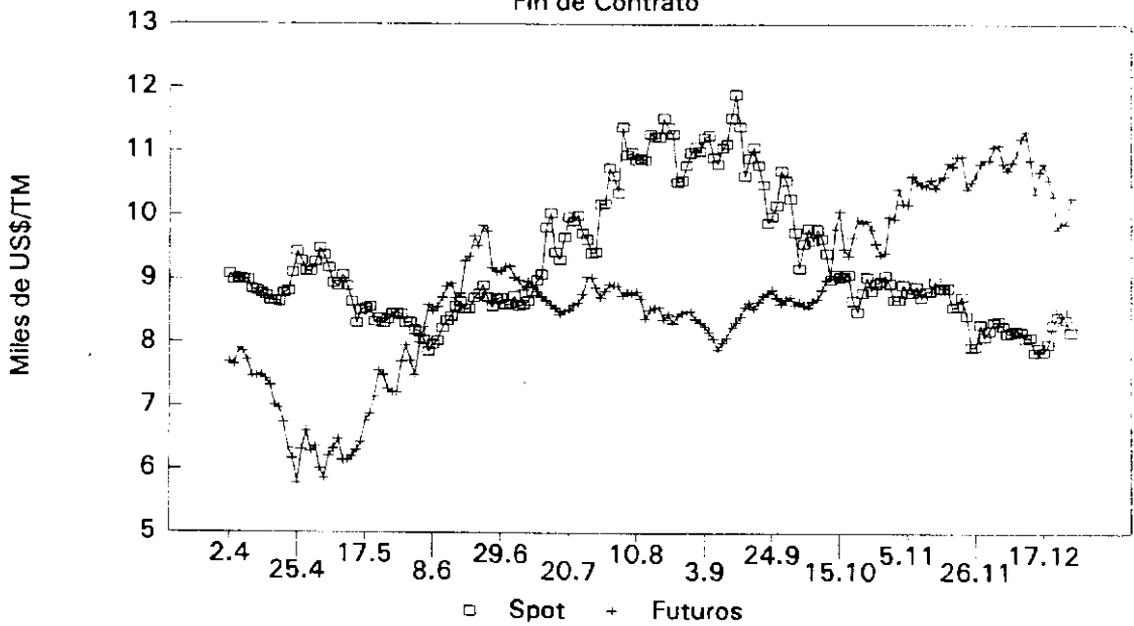
COBRE 1990 Fin de Contrato



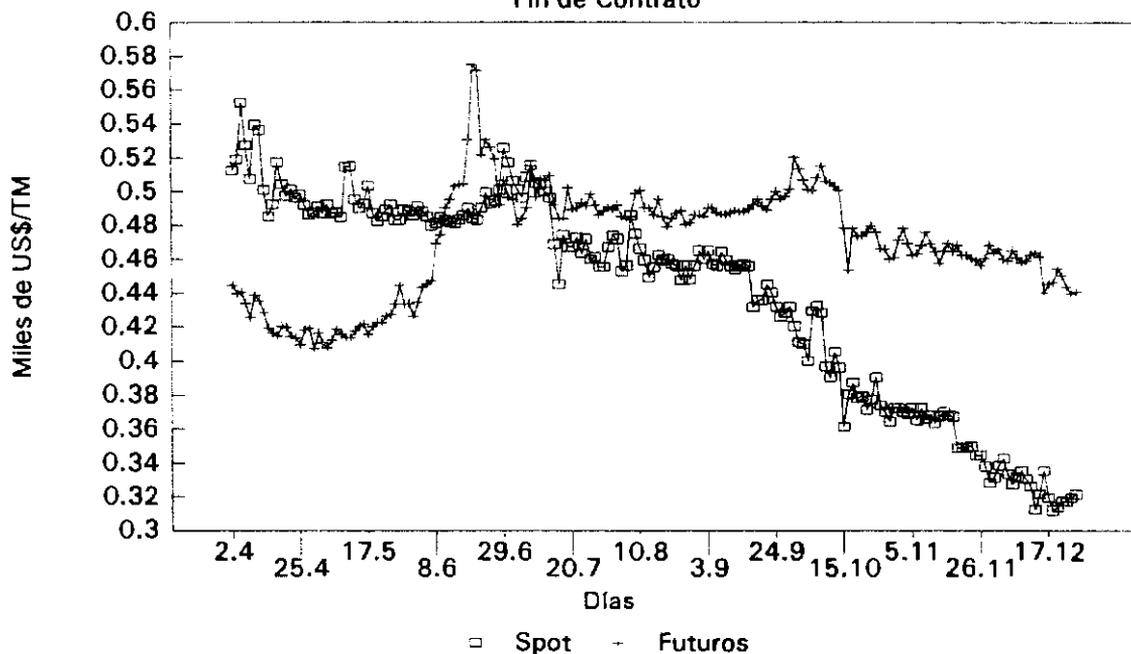
ESTAÑO 1990 Fin de Contrato



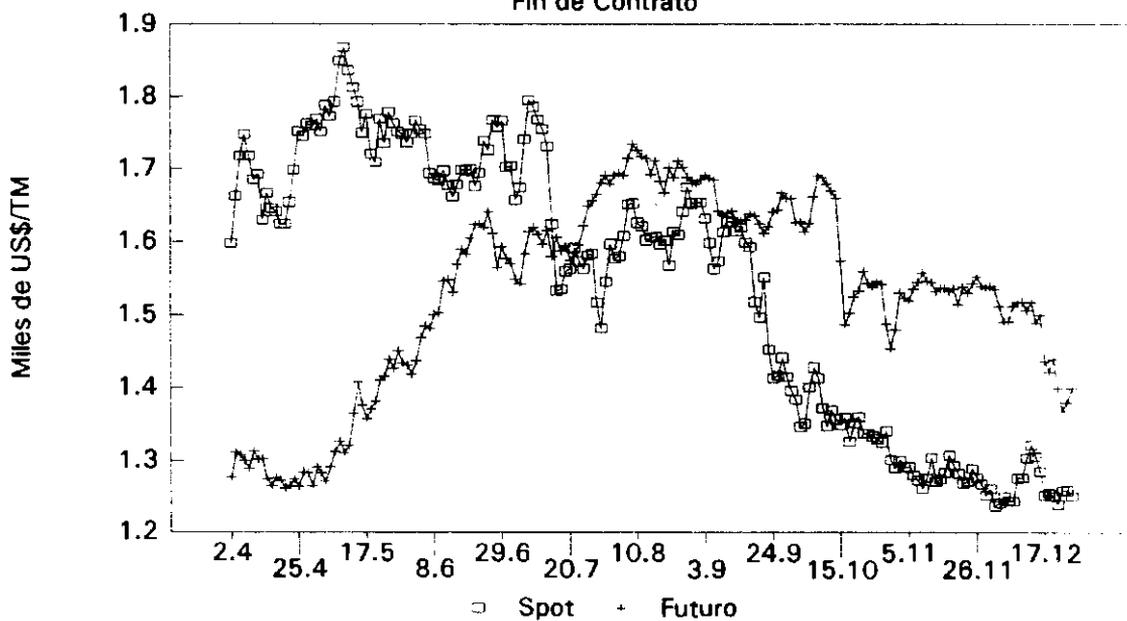
NIQUEL 1990 Fin de Contrato



PLOMO 1990 Fin de Contrato



ZINC 1990 Fin de Contrato



CUADERNOS DE INVESTIGACION

1. Schuldt, Jürgen, *¿Hacia la hiperinflación en el Perú?*, Lima: CIUP, 1988, 63 pp.
2. León Astete, Javier, *Bienes transables e intervención del Estado*, 2a. ed., Lima: CIUP, 1988, 51 pp.
3. Salaverry, José, *Aportes para la transformación del sistema financiero peruano*, Lima: CIUP, 1988, 38 pp.
4. Alarco, Germán, *El sistema financiero y los modelos macroeconómicos*, 2a. ed., Lima: CIUP, 1988, 66 pp.
5. Amat y León, Carlos y Luis Monroy, *Los cambios en la economía de las familias de Lima Metropolitana: 1972-1985*, Lima: CIUP, 1988, 61 pp.
6. Portocarrero S., Felipe; Arlette Beltrán B. y Alex Zimmerman N., *Inversiones públicas en el Perú (1900-1968): Una aproximación cuantitativa*, Lima: CIUP, 1988, 90 pp.
7. Lanz, José, *Diagnóstico de la pequeña empresa a nivel nacional*, 3a. ed., Lima: CIUP, 1988, 105 pp.
8. Alvarez Rodrich, Augusto y otros, *La urgencia del cambio. Propuestas de política económica*, Lima: CIUP, 1988, 174 pp.
9. León Astete, Javier y Carlos Barrera, *Mercados relacionados: Un análisis de equilibrio parcial*, Lima: CIUP, 1989, 40 pp.
10. Yepes, Ernesto y otros, *Rómulo Ferrero: Apuntes para una historia de su pensamiento económico*, Lima: CIUP, 1989, 74 pp.