

El carácter aleatorio del Mercado de Futuros ISR. Un análisis de series de tiempo.

Juan Manuel Pacheco
cursos@bcr.com.ar

Programa de Formación 2001

"Los conceptos, datos y opiniones vertidas en los artículos, son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no reflejan necesariamente la opinión de la Bolsa de Comercio de Rosario, deslindando la institución toda responsabilidad derivada de la exactitud de la información allí contenida. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los artículos sin autorización de sus autores".

1 Introducción

Alrededor de la década del '30 surge el interés por parte de la comunidad académica sobre el funcionamiento de los mercados financieros. Hasta entonces tales mercados eran considerados el dominio de profesionales capacitados para resolver el intrincado sistema de formación de precios y prever su futuro.

Paul H. Cootner (1964) enumera tres razones básicas para explicar el desinterés reinante hasta entonces. En primer lugar, argumenta que los mercados financieros no jugaban un rol importante en las finanzas industriales. Lejos estaba aun el desarrollo de las teorías modernas de las finanzas que llevarían a las empresas del mundo capitalista a operar en las bolsas de comercio de todo el mundo. La única excepción clara a este hecho eran los mercados de futuros de *commodities*.

La segunda razón que explicita este autor es que los investigadores poseían la convicción que tales mercados eran producto de la psicología irracional de las masas dispuestas a especular. Se consideraban poco científicas las bases sobre las cuales se comerciaban los activos financieros, carentes totalmente de racionalidad.

La última causa era la escasez de economistas con habilidades matemáticas y estadísticas suficientes para afrontar la difícil tarea de desentrañar los patrones que seguían los precios. Esta limitación redundó en un escaso número de investigaciones estadísticas sobre los mercados financieros.

Sin embargo, los cambios producidos por la gran depresión, originados especialmente por el derrumbe estrepitoso de las acciones en la bolsa de comercio de Nueva York, junto con la llegada de una nueva camada de economistas con tendencia al uso de la estadística cambiaron totalmente el panorama a lo largo de las siguientes dos décadas.

Es así que hacia fines de los años '50 el mundo académico había construido de una forma un tanto desordenada un conjunto de hipótesis que pronto serían denominadas colectivamente como la Teoría del Camino Aleatorio. El punto básico de tales hipótesis es que el mercado es racional y los precios constituyen un mecanismo de información perfecto.

A partir de allí se puede determinar el comienzo de una larga batalla entre los académicos que sustentaban esta teoría y los profesionales de bolsa que utilizaban métodos opuestos a la misma, batalla que aún hoy permanece viva. La premisa básica de dichas diferencias surge sobre la capacidad de predicción que posee una persona cuya actividad es el análisis concienzudo de toda la información relevante sobre una empresa o *commodity*. Los partidarios de la teoría del camino aleatorio rechazan la posibilidad de que tal persona pudiera obtener alguna ganancia extraordinaria mediante este tipo de análisis, los analistas profesionales se ubican en la vereda opuesta.

Mucho se ha escrito sobre este tema, desde ambas corrientes. Aunque lo especialmente novedoso ha sido el desarrollo de algunas teorías a partir de fines de la década del '70 que apoyan el punto de vista de los analistas profesionales. La tesis fundamental de tales

teorías es que dichos corredores de bolsa son necesarios en un mercado racional donde la información es costosa de adquirir y analizar. De hecho, encuentran mediante el desarrollo teórico que los mercados eficientes definidos por los partidarios del camino aleatorio son incompatibles con la existencia de un equilibrio competitivo, por lo que tales mercados no podrían funcionar.

Para dar cuenta de las diversas teorías que se han establecidos alrededor de los mercados financieros e investigar su pertinencia en el análisis de eficiencia del mercado rosarino de futuros de soja, en este trabajo se plantean como objetivos generales los siguientes:

- 1) Exponer sucintamente las principales teorías sobre la estructura de los precios de un activo financiero y su implicancia sobre la eficiencia del mercado.
- 2) Constatar el modelo de camino aleatorio mediante la metodología de series temporales.

Asimismo, en busca de dichos objetivos se intenta corroborar las siguientes hipótesis iniciales:

- Los precios del contrato de futuros de soja ISR en el corto plazo siguen un modelo de camino aleatorio.
- La serie bajo análisis no presenta una tendencia de largo plazo.
- El riesgo del contrato de futuros ISR es estable¹.

Con el fin de lograr constatar estas hipótesis el trabajo aquí presentado posee cinco capítulos adicionales a esta introducción. En el primero de ellos se exponen los conceptos básicos. Se hace mención a la hipótesis de mercado eficiente y su relación con los diferentes tipos de información. También se establece el paralelismo entre dicha hipótesis y la teoría del camino aleatorio.

Asimismo, el apartado tres da cuenta de cuatro teorías sobre el tipo de estructura que siguen los precios de los activos comerciados en un mercado financiero, proveyendo el marco teórico necesario para el desarrollo empírico posterior. Estas teorías se destacan por la consecuencia que de ellas se desprende sobre la posibilidad de predecir la evolución de los precios mediante la utilización de diferentes tipos de información.

Respecto de la sección cuarta, en la misma se presentan diversas alternativas sobre las características básicas de la variable a analizar con la fundamentación tanto teórica como práctica de cada una de ellas.

El capítulo quinto es el más importante de todos. En él se expone la importancia de mercado de futuros a evaluar, las características del mismo y el método de construcción de la serie bajo estudio. Asimismo, se constatan las hipótesis iniciales mediante la

¹ Si el riesgo es estable, entonces la volatilidad del contrato no tiende a surgir en masa, por lo que la serie de precios de tal activo no presentará Heteroscedasticidad Condicional Autorregresiva (ARCH).

metodología de Box-Jenkins y se obtiene la evidencia empírica sobre las mismas mediante la utilización de los software econométrico EViews versión 3.1 y estadístico SPSS versión 10.0.

Finalmente, se incluyen un capítulo de conclusiones donde se resumen los principales resultados, junto con una evaluación de las hipótesis y el cumplimiento de los objetivos perseguidos, y un apartado con la bibliografía consultada.

2 Mercados Eficientes e Información

El concepto de mercado eficiente ha sido uno de los instrumentos más poderosos utilizado por los economistas para el análisis de los mercados financieros en los últimos 30 años. Es por ello que su definición ha ido variando al ritmo de los hallazgos empíricos y el nacimiento de nuevas ideas sobre el comportamiento de tales mercados.

En un principio, el término mercado eficiente fue definido como aquel mercado que “se ajusta rápidamente a toda nueva información”². Esta concepción hace hincapié en un punto importante al analizar la eficiencia de los mercados financieros: un mercado no puede ser definido como eficiente o no eficiente en forma tajante, sino que la eficiencia es una cuestión de grado, existen mercados más eficientes que otros, dependiendo de la rapidez con que incorporan las novedades a los precios de los activos financieros.

Una definición más moderna dice que “un mercado eficiente es aquel en que los precios incorporan toda la información disponible”³. Esto implica que el mercado procesa toda la información racionalmente, descartando aquella que no es relevante de tal modo que no se cometen errores sistemáticos.

Sin embargo, cierta información puede influir en el precio de los activos financieros más rápidamente que otra, por lo que se tiende a clasificar a la información en tres grupos: la información de los precios pasados, la información de dominio público y toda la información. Esta clasificación ha dividido a la Hipótesis del Mercado Eficiente (EMH, *efficient-market hypothesis*) en tres tipos: la forma débil, semifuerte y fuerte.

2.1 Eficiencia Débil.

La versión débil de la EMH se relaciona con la capacidad que tiene un mercado de incorporar por completo la información de los precios pasados en la cotización de los activos financieros. Dado que la información histórica de los precios es la información más accesible acerca de los activos financieros, la forma débil es casi el tipo de eficiencia más endeble que se esperaría de un mercado financiero. De acuerdo a Malkiel (1999) si un mercado accionario es eficiente en forma débil, entonces, “la historia de los movimientos de los precios no contiene información útil que permita a un inversor vencer consistentemente una estrategia de comprar y mantener en el manejo de un portfolio.”⁴

La consecuencia lógica de la forma débil de la EMH es que no se pueden obtener beneficios extraordinarios mediante la utilización de patrones de los movimientos de los

² Fama, E. F. (1970).

³ Fama, E. F. (1991).

⁴ De acuerdo a este autor la estrategia contra la cual deben ser constatadas todas las técnicas de inversión en un mercado accionario es aquella en que se compra un activo y se lo mantiene por un largo plazo, su justificación obedece a que los precios de las acciones poseen una tendencia positiva. En el caso de los futuros agrícolas (como se corroborará posteriormente) no existe tal tendencia, con lo cual la estrategia a vencer sería la rentabilidad que se tendría en la mejor alternativa, como puede ser el interés de un depósito en el banco.

precios pasados, ya sea a través del uso de figuras (*charts*) como de modelos estadísticos de comportamiento de los precios (medias móviles, filtros, etc.).

Al negar que se puedan pronosticar los movimientos futuros del mercado en base a los movimientos pasados, se está negando el beneficio de varias técnicas comprendidas en el análisis técnico.

En virtud de la hipótesis de eficiencia débil, los precios siguen un comportamiento dado por el siguiente modelo matemático:

$$(1) \quad P_t = P_{t-1} + \varepsilon_t.$$

Siendo P_t el precio del período presente, P_{t-1} el precio del período anterior y ε_t el término de error aleatorio que está independiente e idénticamente distribuido con media cero y variancia constante. Este modelo es conocido como camino aleatorio (*random walk*) y expresa que el precio en un momento dado es igual al del período anterior más la innovación aleatoria producida en dicho momento. Tal innovación refleja la aleatoriedad de la nueva información que se incorpora a los precios en cada período y que se supone no correlacionada con la del período anterior⁵.

2.2 Eficiencia Semifuerte y Fuerte.

Se dice que un mercado financiero satisface la eficiencia en forma semifuerte cuando incorpora por completo toda la información disponible al público. En el caso de los mercados de acciones, toda la información pública significa aquella contenida en las hojas de balance de las empresas, sus declaraciones de impuestos y dividendos, etc. En cambio, en los mercados de futuros y opciones agrícolas tal información proviene de las previsiones elaboradas en los informes agrícolas de las distintas agencias gubernamentales o internacionales (tales como el USDA), los informes climáticos, los datos pasados sobre cosecha, etc.

El argumento detrás de esta versión de la eficiencia es que los precios tienen racionalmente incorporada toda la información pública relevante de modo que no se puede inferir mediante el análisis de la misma el curso futuro que seguirán tales precios.

Este tipo de eficiencia apunta a la efectividad del análisis fundamental, es decir, del análisis de las curvas de oferta y demanda de cada bien agrícola que pueda repercutir en los precios de los futuros y opciones que lo tienen como activo subyacente.

Por último, la forma fuerte de la EMH establece que no existe absolutamente nada conocido o inclusive por conocer que pueda influenciar sobre un activo financiero que no

⁵ Este supuesto es plausible dado que si la nueva información que se conocerá en el período siguiente estuviera correlacionada con la nueva información dada en el período presente, entonces con solo observar la información dada a conocer en el presente se puede inferir la nueva información del período siguiente, lo que paradójicamente implicaría que la nueva información del período siguiente no es nueva.

haya sido incorporado a su precio. Con lo cual, toda la información, sea pública o privada, es un recurso inútil para lograr una ganancia extraordinaria en el mercado.

Es obvio que esta última forma es una afirmación extremista, aun para aquellos que realmente creen que los mercados financieros son eficientes. Este tipo de eficiencia implica que si una persona posee información privilegiada (tal como la que posee un funcionario que realiza el informe anual de agricultura del USDA antes de su publicación) no podrá sacar provecho de la misma, dado que al intentar hacerlo el mercado se dará cuenta de la información que este posee y ajustará automáticamente el precio a un nivel acorde con ella.

En resumen, se puede afirmar que la eficiencia en forma fuerte implica la eficiencia semifuerte (pero no viceversa), y la eficiencia débil es implicada tanto por la eficiencia semifuerte como por la fuerte. En forma más simple, el conjunto que constituye la información de los precios pasados (relacionada a la forma débil de la EMH) es un subconjunto de la información disponible al público (que se relaciona con la forma semifuerte), siendo esta última un subconjunto de toda la información relacionada con un activo financiero en particular (versión fuerte).

2.3 ¿Es la EMH equivalente a la Teoría del Camino Aleatorio?

Existe cierta controversia en la comunidad académica respecto si la Hipótesis del Mercado Eficiente implica, y es a su vez implicada, por la Teoría del Camino Aleatorio.

La Teoría del Camino Aleatorio⁶ en su concepción más simple establece que los precios de los activos en los mercados financieros siguen un patrón acorde con el modelo de camino aleatorio definido en (1). Es por ello que en su versión débil el análisis técnico no tiene ninguna chance de obtener sistemáticamente beneficios extraordinarios.

“La proposición básica se basa en una característica de los mercados de competencia perfecta: los participantes en tales mercados eliminarían todo beneficio por encima del mínimo necesario requerido para inducirlos a continuar en el mercado, excepto por cualquier ganancia que pueda ser obtenida por alguien que pueda explotar algún grado de monopolio (...) Por otra parte, no deberíamos esperar, en tales mercados, que los agentes de bolsa puedan continuar ganando mediante el uso de una fórmula basada solamente en los precios pasados y en las reglas generalmente disponibles del ‘análisis técnico’. Si esto es así, todos los cambios en los precios deberían ser independientes de la historia pasada (...) Es a partir de este concepto de que los precios de las acciones tienen incrementos independientes que surge la idea que los precios de las acciones describen un ‘camino aleatorio’.”⁷

Conforme a este análisis la aleatoriedad de los precios va de la mano con la EMH, lo que implica que a mayor grado de eficiencia que un mercado financiero posee mayor es la aleatoriedad que los precios del mismo manifiestan. El punto básico de tales

⁶ Esta teoría será expuesta en términos más amplios en el siguiente capítulo.

⁷ Cootner, P. H. (1964), pag. ix.

investigadores es que los eventos que influyen los precios de los activos son aleatorios, y bajo el supuesto de agentes informados y racionales, los precios describirán tal aleatoriedad.

Sin embargo, existen otros grupos de académicos que ponen en tela de juicio el anterior análisis. De acuerdo al punto de vista de algunos de ellos, un mercado puede ser eficiente aun cuando los cambios en los precios presenten algún grado de correlación.

“Es claro que los mercados eficientes y la hipótesis de camino aleatorio son dos ideas distintas, ninguna de las dos necesaria ni suficiente para la otra. La razón para esta distinción proviene de una de las ideas centrales de las finanzas modernas ya mencionada: la necesidad de un balance entre riesgo y rentabilidad esperada. Si el cambio de precio esperado de un activo es positivo, puede que sea simplemente el premio necesario para atraer inversores a poseer el activo y enfrentar los riesgos correspondientes (...) En ese mundo, los precios no tienen que ser perfectamente aleatorios, aun cuando los mercados están operando en forma eficiente y racional.”⁸

En términos matemáticos lo anterior plantea un modelo de precios como el siguiente:

$$(2) \quad P_t = \mu + P_{t-1} + \varepsilon_t.$$

Siendo μ un parámetro que simboliza un premio por el riesgo no diversificable que se posee al comprar el activo. Este tipo de modelo es conocido como camino aleatorio con dirección. En términos económicos significa que existe un sesgo en el cambio esperado del precio dado por $\mu \neq 0$, tal sesgo representa la compensación por riesgo.

Otros investigadores apuntan a algunos supuestos irreales sobre los que se basa la Teoría de Camino Aleatorio, tales como la no existencia de costos de transacción, información libre y gratis, etc.

“Al menos dos supuestos son irreales. Primero, los costos de transacción, tales como las comisiones a los corredores, existen. La existencia de costos de transacción cambia el criterio mediante el cual se evalúa la eficiencia de los mercados: un mercado es eficiente si el retorno bruto de operar no excede los costos de transacción. Segundo, la información es costosa de adquirir y analizar.”⁹

“Si la información en realidad fuera costosa, debería existir un incentivo financiero para obtenerla. Pero no habría un incentivo financiero si la información estuviera ‘completamente reflejada’ en los precios de los activos. Una versión más débil, pero económicamente más realista, de la hipótesis es entonces que los precios reflejan la información hasta el punto en el cual el beneficio marginal de trabajar con la información no exceda el costo marginal de obtenerla.”¹⁰

⁸ Lo, A. W. (2000), pag. 2.

⁹ Zulauf, C. R. y S. H. Irwin (1997), pag. 4.

¹⁰ Beechey, M., D. Gruen y J. Vickery (2000), pag.2.

Como consecuencia de la relajación de algunos de estos supuestos se puede obtener el modelo desarrollado por Grossman y Stiglitz (1980) que ha sido denominado 'de expectativas racionales con ruido'.

Una interpretación muy simplificada del modelo¹¹ establece que los precios se comportarán de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$(3) \quad P_t = \rho P_{t-1} + \varepsilon_t, \quad \text{con } \rho \neq 1.$$

La existencia de un parámetro ρ distinto a la unidad implica que la serie de precios posee algún grado de correlación serial, y por ende es posible obtener algún beneficio extraordinario mediante la utilización de la información pasada de los precios.

¹¹ Esta interpretación ha sido tomada de Zulauf, C. R. y S. H. Irwin (1997). Se debe destacar que el modelo de Grossman y Stiglitz es mucho más rico de lo que se puede deducir aquí. El mismo será presentado resumidamente en la siguiente sección.

3 Teorías sobre la Estructura de Precios

Esta sección tiene como fin revisar distintas teorías y técnicas que implican un patrón determinado en la evolución de los precios de los activos transados en los mercados financieros.

Estos análisis han surgido en dos ambientes claramente identificables. El primero de ellos es el recinto donde se operan tales activos. Allí se desarrollaron las bases de los análisis técnico y fundamental, métodos de inversión característicos de los corredores de bolsa. Por otra parte, una serie de modelos matemático-estadísticos han ido surgiendo en el ámbito académico como réplica a los supuestos que sustentan los análisis de los profesionales de bolsa. Dichos modelos se desarrollaron a partir del creciente interés que han despertado los mercados financieros entre los académicos, y en especial, para determinar la futilidad o no de los análisis técnico y fundamental.

3.1 La Teoría de los Castillos en el Aire

La teoría de los castillos en el aire de los mercados financieros está basada en los principios que regulan la psicología de masas. Fue el reconocido economista John Maynard Keynes quien primero enunció la teoría en su distinguido libro “Teoría General de la Ocupación, el Interés y el Dinero”¹².

De acuerdo a Keynes, el mercado suele estar conformado por dos tipos de agentes: una minoría de profesionales expertos con una capacidad mayor de analizar las tendencias del mercado y el verdadero valor de los activos; y una mayoría de inversionistas privados ignorantes. Bajo esta estructura el mercado tiende a establecer valores de los activos que dependen del estado de confianza de la mayoría sobre el porvenir mediato, por lo que “en las valoraciones del mercado entran consideraciones de todas clases que de ninguna manera se relacionan con el rendimiento probable”¹³ de los activos.

Es por ello que los lineamientos generales de los mercados poseen una gran inestabilidad, en palabras de Keynes (1936):

“Una valoración convencional que se establece como resultado de la psicología de masa de gran número de individuos ignorantes está sujeta a modificaciones violentas debidas a un cambio violento en la opinión como consecuencia de factores que en realidad no significan gran cosa para el rendimiento probable (...) En tiempos anormales (...) el mercado estará sujeto a oleadas de sentimientos optimistas o pesimistas, que son irrazonables y sin embargo legítimos, en cierto sentido, cuando no hay bases sólidas para un cálculo razonable.”

¹² Keynes, J. M. (1936)

¹³ Ibid., pag. 152.

No obstante, como bien señala Keynes, la minoría de inversores cualificados en lugar de servir como un mecanismo de suavización a las oleadas de pesimismo y optimismo de la mayoría, refuerzan las mismas mediante su intención de especular con la tendencia general del público. Al respecto él dice:

“Sucede, sin embargo, que las energías y la habilidad del inversionista profesional y del especulador están ocupadas principalmente en otra parte. Porque la mayoría de estas personas no está, de hecho, dedicada en primer término, a realizar previsiones superiores a largo plazo respecto del rendimiento probable de una inversión por todo el tiempo que dure, sino a prever cambios en las bases convencionales de valuación con un poco más de anticipación que el público en general. No se ocupan de lo que realmente significa un valor de inversión para el hombre que lo compra ‘para siempre’, sino de en cuánto lo estimará el mercado dentro de tres meses o un año, bajo la influencia de la psicología de masa.”

Por lo tanto, el juego es determinar hacia donde se dirige el mercado como masa y de que manera durante los períodos de optimismo construye castillos en el aire.

“El objeto real y particular de la mayor parte de las inversiones de los expertos, hoy en día, es ‘ganar la delantera’ (*to beat the gun*); ser más listos que el vulgo, y encajar la moneda falsa o que se está despreciando a otra persona.”¹⁴

Keynes, en otras palabras, aplicó los principios psicológicos antes que la evaluación financiera al estudio de los mercados financieros.

Bajo esta concepción de los mercados financieros, “una inversión es valiosa a determinado precio porque espera vendérsela a otro a un precio mayor. La inversión, en otras palabras, se mantiene a si misma por su propio impulso. A su vez, el nuevo comprador prevé que los compradores futuros asignarán un valor aún más alto”¹⁵.

La Teoría de los Castillos en el Aire tiene muchos seguidores, pero indudablemente el grupo más numeroso lo constituyen los analistas técnicos. En esencia, un analista técnico cree que el mercado es 10 por ciento lógica y 90 por ciento psicología. Su análisis se basa en el estudio de los precios pasados y el volumen de operaciones con el objetivo de determinar la dirección futura de las masas y anticiparse a esa tendencia.

La filosofía básica del análisis técnico se asienta sobre tres supuestos:

- 1- La acción del mercado descarta todo, con lo cual los precios reflejan todos los factores que afectan a su valor.
- 2- Los precios se mueven en ciclos.
- 3- La historia se repite.¹⁶

¹⁴ Ibid., pag. 155.

¹⁵ Malkiel, B. G. (1999), pag.32.

¹⁶ Bolsa de Comercio de Rosario (2001).

La herramienta principal de los analistas técnicos es el gráfico o *chart*, que en su forma más sencilla muestra el precio más alto y más bajo de cada día unidos por una línea que esta marcada al nivel del precio de cierre. Este tipo de gráfico permite establecer canales contruidos mediante dos líneas que conectan los mínimos y máximos de cada día. A través del análisis de dichos canales, los analistas determinan los momentos propicios para comprar o vender el activo financiero sobre el que están especulando.

El analista que hace un uso intensivo de los gráficos es conocido como chartista, y su fin es encontrar patrones de precios populares como los son cabezas y hombros, las banderas o los triángulos, de tal forma que les permita proyectar la evolución futura de los precios.

De acuerdo a esta técnica las tendencias tienden a perpetuarse por dos motivos. En primer lugar, está la psicología de masas ya comentada que opera en ambientes optimistas y pesimistas. Por otra parte, existe un acceso asimétrico a la información que afecta los valores de los activos financieros. Ante una noticia relevante, serán las personas que estén en puestos claves quienes operen sobre los activos de acuerdo al efecto probable que tenga dicha información. Luego, los profesionales y las grandes instituciones descubrirán las novedades y obrarán en consecuencia. Finalmente, el pequeño inversionista se enterara y empujará aún más el precio hacia el alza o la baja conforme al tipo de información.

El supuesto relevante sobre la asimetría de información es que el mercado necesita un tiempo para ajustarse a las noticias, por lo que existe un período en el cual el analista puede operar con seguridad.

“Los Chartistas están convencidos que aun cuando ellos no tengan acceso a información privilegiada, la observación de los movimientos de los precios les permitirá obtener la esencia del ‘*smart money*’ y posicionarse *long* antes que el público general”¹⁷.

Los analistas modernos suelen utilizar una serie de instrumentos matemático-estadísticos que complementan el enfoque tradicional. Esto ha sido posible gracias a la revolución que significaron las computadoras con su creciente capacidad de almacenar y analizar grandes volúmenes de datos en segundos. Entre estas herramientas se encuentran las medias móviles, los osciladores de precios, etc.

A pesar de la creciente complejidad con la cual se ha armado el analista técnico moderno, se ha comprobado ampliamente que los mercados tienen poca o ninguna memoria, con lo cual el conocimiento del pasado reciente es inútil para predecir el curso futuro de los precios, sin importar las herramientas que utilicen.

“Si bien las rentabilidades de las acciones son parcialmente predecibles, tanto en el corto como en el largo plazo, el grado de predecibilidad es generalmente pequeño comparado con la gran variabilidad de los rendimientos.”¹⁸

¹⁷ Malkiel, B. G. (1999), pag. 125.

¹⁸ Beechey, M. *et al* (2000), pag. 5.

Bajo esta evidencia se deduce que “(...) la proposición central del *chartismo* es falsa, y los inversores que apliquen sus preceptos no obtendrán nada excepto incrementar sustancialmente las comisiones que paguen a los corredores.”¹⁹

3.2 La Teoría de los Fundamentos

La teoría de los fundamentos establece que existe un modelo lógico que relaciona un conjunto de factores reales con el precio de los activos financieros.

“La teoría de los fundamentos de la empresa²⁰ argumenta que cada instrumento de inversión, sea una acción común o un activo inmobiliario, tiene un firme anclaje en algo denominado ‘valor intrínseco’, el cual puede ser determinado mediante un análisis cuidadoso de las condiciones presentes y las proyecciones futuras.”²¹

Se ha citado a John B. Williams (1938) como la persona que realizó la primera exposición concisa de esta teoría en su libro “La Teoría del Valor de la Inversión” (*The Theory of the Investment Value*).

En su exposición, Williams basa su análisis en la determinación del precio teórico de una acción a partir de la suma del valor actual de todos los dividendos a ser cobrados por el tenedor de la acción. Bajo esta relación, el valor de las acciones dependerá directamente de la capacidad de las empresas en generar un flujo continuo de ganancias para ser distribuidas entre los accionistas.

A partir de ello, se ha desarrollado un conjunto de reglas generales que establecen los valores intrínsecos correspondientes a cada acción de acuerdo a una variada gama de determinantes o fundamentos (*fundamentals*): la tasa esperada de crecimiento de los dividendos, el pago esperado de dividendos, el grado de riesgo, el nivel del interés de mercado, etc.

Estos determinantes han sido muy utilizados por un grupo de operadores conocidos como analistas de los fundamentos que intentan establecer el valor intrínseco de un activo financiero y operar sobre el mismo dependiendo de la diferencia que tenga el precio en el mercado con el valor calculado.

En el caso de los mercados de futuros y opciones agrícolas, los determinantes fundamentales son claramente distintos a los que regulan el mercado accionario.

“El análisis fundamental del mercado de cereales y oleaginosas tiene como objetivo identificar los principales elementos que afectan tanto la oferta como la demanda de estos productos. El objetivo de este tipo de análisis es interpretar las tendencias de mediano y

¹⁹ Malkiel, B. G. (1999), pag. 141.

²⁰ Este es el nombre original de la teoría nacida para reflejar el efecto que tenía el análisis de los fundamentos sobre los precios de las acciones bursátiles. El nombre ha sido cambiado con la intención de abarcar todos los mercados financieros, incluyendo a los mercados de futuros y opciones agrícolas.

²¹ Malkiel, B. G. (1999), pag. 29.

largo plazo, traduciendo estos conceptos en potenciales movimientos de los precios. Esta forma de análisis se basa en una adecuada comprensión de los fundamentos económicos que gobiernan los movimientos de las curvas de oferta y demanda, así como el comportamiento de los productores y consumidores en una economía de mercado.”²²

Entre las variables que mayor relevancia tienen en el análisis fundamental de los mercados agrícolas se encuentran: stocks acumulados, producción, área sembrada y cosechada, clima, condiciones económicas, política agraria nacional e internacional, consumo y grado de sustitución con otras *commodities*.

Los teóricos de los fundamentos consideran que las valuaciones basadas puramente sobre factores psicológicos son demasiadas frágiles, y que las construcciones de castillos en el aire invariablemente sucumben ante las leyes gravitatorias de las finanzas. Además, juzgan que el análisis fundamental es superior al análisis técnico, dado que sirve no sólo para predecir el movimiento futuro de los precios, sino también para explicar dicho movimiento.

El analista de los fundamentos realiza su trabajo mediante el estudio profundo de una variada gama de informes que le proveen datos pasados de las variables relevantes y sus proyecciones a futuro. Con toda esa información intenta realizar una estimación del curso futuro de los precios de los *commodities* y sus derivados; y opera sobre los mercados de futuros y opciones de acuerdo a la divergencia que poseen estos precios con respecto a su estimaciones. En forma simple, la operación que el analista de los fundamentos realiza es un ‘arbitraje’ entre el precio real del mercado y el precio teórico calculado por él, arbitraje sin riesgo si y sólo si el modelo con el cual trabaja fuera eficiente en la provisión de precios presentes y futuros y si utilizara toda la información relevante y actualizada.

Justamente, esta idea de la existencia de un modelo eficiente para la proyección de precios ‘correctos’ y la posibilidad de utilizar toda la información racionalmente es la principal crítica que se le realiza al análisis fundamental.

“La precisión matemática de las fórmulas de valuación de la teoría de los fundamentos está sustentada sobre una base engañosa: pronosticar el futuro. Los fundamentos más importantes para estos cálculos no pueden ser nunca conocidos con certeza; sólo pueden realizarse groseras estimaciones – tal vez uno debería decir conjeturas – sobre lo que podría pasar en el futuro.”²³

Esto no implica que bajo la mirada crítica al análisis fundamental se esté postulando que el mercado no tiene lógica, sino que el mercado tiene una tendencia a revalorizar constantemente la relación que tiene cada fundamento, es decir, tiende a cambiar los parámetros del modelo de valuación de los fundamentos o lo que es más drástico aún cambia el mismo modelo de valuación.

El punto clave aquí es que los activos financieros “son comprados en base a expectativas – no en base a hechos.”²⁴

²² Bolsa de Comercio de Rosario (2001).

²³ Malkiel, B. G. (1999) pag. 106.

²⁴ Ibid., pag. 112.

3.3 La Teoría del Camino Aleatorio

A medida que las prácticas de los análisis técnico y fundamental se iban haciendo cada vez más populares en el recinto de las bolsas de comercio de todo el mundo, la comunidad científica comenzaba a interesarse en las bases que sostenían tales análisis.

Con el tiempo, los investigadores fueron descubriendo (o al menos eso afirmaban) que tanto los *charts* como el análisis de los fundamentos eran ineficientes para realizar una buena estimación de los cambios futuros de los precios de las acciones.

Tales investigaciones, concluían que el mercado es eficiente en el sentido definido por Fama (1970), con lo que las series de precios siguen un modelo de camino aleatorio.

“Dada la incertidumbre del mundo real, los varios inversores actuales y virtuales en la acción de tal empresa tendrán varios pronósticos de precios. Suponiendo que ningún inversor ejerce un poder de monopolio en el mercado de esa acción, el precio en cualquier momento será un promedio ponderado de las expectativas de los inversores, donde la ponderación será la cantidad de dinero que el inversor haya invertido o está preparado a invertir en el mercado. Si un grupo de inversores ha sido consistentemente mejor que el promedio en la predicción de los precios de la acción, ellos habrían acumulado una mayor cantidad de dinero y darían a sus proyecciones cada vez mayores ponderaciones. En el proceso habrían llevado al precio presente cada vez más cerca de su verdadero valor. Por el contrario, inversores que fueran peores que el promedio en la habilidad de pronosticar habrían tenido cada vez menos y menos peso. Si este proceso trabaja bastante bien, el precio presente reflejaría la mejor información sobre el futuro en el sentido que el precio presente, más un rendimiento normal, sería la mejor estimación del precio futuro. La existencia de aleatoriedad en los cambios de los precios de las acciones no implica que los precios de las acciones no tienen relación con los hechos del mundo real, sino que los inversores no realizan errores sistemáticos en los pronósticos de esos hechos.”²⁵

Bajo esta visión “el análisis técnico es parecido a la astrología y muy poco científico”²⁶; y lo mismo cabe para el análisis fundamental.

Los partidarios del camino aleatorio, también denominados caminantes aleatorios o *random walkers*, han utilizado una gran gama de procesos y representaciones para corroborar sus hipótesis, siendo uno de los modelos más importantes el modelo (1) presentado en el capítulo anterior.

²⁵ Cootner, P. H. (1964), pag. 93.

²⁶ Richard Quandt citado por Malkiel, B.G. (1999), pag. 145.

Un punto importante en las investigaciones realizadas es que la mayoría de los análisis empíricos sugieren que los mercados financieros tienden a ser eficientes, aun cuando pueden llegar a presentar alguna característica que los diferencie del modelo de camino aleatorio.

Sin embargo, de acuerdo a los analistas técnicos y de fundamentos, los economistas son tan miopes que no pueden ver los patrones que existen en los movimientos de los precios, y sus pruebas estadísticas son tan débiles que inclusive un mercado ineficiente puede superarlas.

A esta crítica los caminantes aleatorios responden que aun los gráficos construidos en base a procesos estocásticos aleatorios pueden dar la impresión de presentar ciclos. Pero tales ciclos que parecen existir en los *charts* no ocurren en forma regular tal cual un verdadero ciclo lo haría, ni tampoco lo hacen las subas y bajas de los mercados financieros.

“Es la falta de esta regularidad lo que es crucial (...) la historia tiende a repetirse en los mercados accionarios, pero en una infinitamente sorprendente variedad de formas que impide cualquier intento de ganar mediante el conocimiento de los patrones de los precios pasados.”²⁷

Más aún, desde el punto de vista de las investigaciones de los caminantes aleatorios, las relaciones sistemáticas que se han hallado en algunos mercados como síntomas de ineficiencia son tan sutiles que no permiten obtener una ganancia extraordinaria después de descontados los costos de transacción.

No obstante, más allá de la abundante evidencia a favor de las hipótesis de la teoría del camino aleatorio, parte de la propia comunidad académica ha criticado los supuestos sobre los que se asienta tal teoría. En primer lugar, se critica el supuesto de la existencia de precios perfectos, es decir, que el precio presente sea la mejor estimación del valor intrínseco de los activos financieros. Esta postura demuestra que han existido a lo largo de la historia variados ejemplos en que las manías de las masas han creado burbujas financieras tales como la locura de los tulipanes holandeses en el siglo XVII o la más reciente de las empresas punto com durante la década pasada.

Otra crítica relevante se basa en la posibilidad que la información se refleje instantánea y libremente en los precios. Aun cuando el avance de los medios de comunicación ha permitido una velocidad casi instantánea en la propagación de la información, el acceso a la misma no es gratis, y lo que es aún más importante, su análisis es un trabajo costoso que debe ser recompensado.

3.4 El Modelo de Expectativas Racionales con Ruido

²⁷ Malkiel, B.G. (1999), pag. 143.

Sanford J. Grossman y Joseph E. Stiglitz (1980) han desarrollado un modelo de mercado en el cual los precios son un sistema imperfecto de transferencia de información. El modelo desarrollado en el artículo "*On the Impossibility of Informationally Efficient Market*"²⁸ es considerado por los autores como una extensión del modelo de expectativa racionales con ruido introducido por Robert Lucas (1972).

El punto esencial del modelo es que la existencia de un equilibrio competitivo es incompatible con la Hipótesis del Mercado Eficiente si la información es costosa.

En el modelo existen dos tipos de activos financieros, un activo sin riesgo con rentabilidad R , y un activo riesgoso cuya rentabilidad u varía aleatoriamente de período en período.

La variable u es, a su vez, la suma de dos variables aleatorias:

$$(6) \quad u = \varphi + \varepsilon,$$

siendo φ observable a un costo c dado y ε inobservable.

A partir de ello, los autores establecen la existencia de dos tipos de agentes, por un lado están aquellos individuos informados que mediante el pago de c observan la variable φ , por otro lado se encuentran los individuos desinformados que solo ven el precio del activo riesgoso.

Con esta caracterización del modelo, Grossman y Stiglitz establecen un conjunto de conjeturas que van comprobando mediante el desarrollo de diversos teoremas y sus demostraciones.²⁹ De ellas es relevante destacar las siguientes:

Conjetura 1: Mientras más individuos estén informados, más informativo será el sistema de precios.

Conjetura 6: En el límite, cuando no existe el ruido ε , los precios reflejan toda la información, y no existe ningún incentivo para comprar la información.

Conjetura 7: Siendo otras cosas iguales, los mercados serán más estrechos bajo aquellas condiciones en las cuales el porcentaje de quienes sean informados sea cercano a cero o cercano a la unidad.³⁰

En el modelo, los sujetos informados son el mecanismo transmisor de información al sistema de precios. Tal es la razón para la primera conjetura, en la medida que exista una mayor cantidad de individuos que puedan observar φ , las ponderaciones de este grupo sobre el total crecerá, reflejando el sistema de precios la información sobre las cuales este conjunto de agentes opera.

²⁸ Grossman, S. J. y J. E. Stiglitz (1980).

²⁹ Por una cuestión de espacio, y con la intención de mantener la simplicidad estos teoremas y demostraciones no serán detallados en el presente trabajo. Al lector interesado se le remite al trabajo de los autores ya citados.

³⁰ Grossman, S. J. y J. E. Stiglitz (1980), pag. 394.

En cuanto a la sexta conjetura, esta establece la importancia de la variable de ruido ε . Si no existe el ruido y algunos corredores se convierten en informados, entonces toda su información es transmitida a los desinformados mediante el sistema de precios. En esta situación, cada corredor informado actuando como un tomador de precios piensa que lo informativo del sistema de precios no cambiará si él se convierte en desinformado. A partir de ello, todos los corredores informados racionalmente se transformarán en agentes desinformados. Sin embargo, la nueva situación lleva a que el sistema de precios no transmite nada a los desinformados, con lo cual resultará racional pagar el costo para informarse. Pero al convertirse al menos un agente en informado se vuelve a la situación inicial, lo que indica que no existirá un equilibrio, y no funcionará el mercado.

A partir de ello se concluye que la existencia del ruido ε permite que los informados sean compensados por utilizar información costosa.

“La única manera en que corredores informados pueden ganar una rentabilidad en base a sus actividades de obtener información, es si pueden usar sus informaciones para tomar posiciones en el mercado que sean ‘mejores’ a las posiciones de los corredores desinformados. Los teóricos del ‘Mercado Eficiente’ han postulado que ‘en cualquier momento los precios reflejan completamente toda la información disponible’. Si esto fuese cierto entonces los agentes informados no podrían ganar en base a sus conocimientos.”³¹

“Existe un conflicto fundamental entre la eficiencia con la cual el mercado distribuye la información y el incentivo en adquirir dicha información.”³²

La importancia de este modelo es doble. En principio, el modelo está armado en base a conceptos y métodos profundamente arraigados en la comunidad académica, lo que permite derribar al paradigma de los caminantes aleatorios utilizando sus propios métodos y concepciones.

En segundo lugar, se puede decir que esta teoría ha permitido darle un carácter más científico a la existencia de los análisis técnico y fundamental, característica que no poseían hasta entonces.

³¹ Ibid., pag. 404.

³² Ibid., pag. 405.

4 Características de las Series de Precios

Cualquier análisis empírico parte del punto esencial de definir la variable o el conjunto de variables a ser analizadas. En el presente trabajo es claro que dicha variable es el precio en cada período de un activo comercializado libremente en un mercado financiero. Pero existen varios aspectos a tener en cuenta respecto a que precio de dicho activo financiero debe ser considerando como el dato relevante, tales como la definición del período o la necesidad de transformaciones.

Es por ello que a continuación se presentan cuatro alternativas para la determinación de la serie de precios a analizar que resulta más conveniente de acuerdo al análisis que se quiere llevar a cabo y a diversos fundamentos teóricos.

4.1 Precios Diarios vs. Precios Semanales

El primer aspecto a considerar es la periodicidad de la serie que se analizará. Existe gran cantidad de opciones, desde considerar la unidad de período de la serie en horas, hasta considerarla en trimestres o años. Pero dado que el presente análisis intenta hallar patrones en la evolución de los precios en un horizonte de corto/mediano plazo, dicha elección queda acotada entre dos opciones: precios diarios o precios semanales.

Cuando se examina la conveniencia de considerar la serie de precios diarios resalta la posibilidad de realizar un análisis más cortoplacista. Con dicha serie se pueden inferir las pautas de comportamiento del mercado centrado en un examen de la eficiencia en el comercio diario.

Un segundo beneficio es la oportunidad de hallar efectos cíclicos en los precios de acuerdo al día en que se comercia el activo. Tales efectos han sido encontrados en numerosos trabajos empíricos y resaltan el carácter psicológico de los mercados financieros.

Sin embargo, este tipo de serie será fuertemente afectada por el 'efecto calendario'. El 'efecto calendario' muestra principalmente la repercusión que originan los feriados y demás días en que el mercado no opera sobre la estructura de una serie temporal. En tales casos, la existencia de 'blancos'³³ en los datos distorsiona la unidad temporal de la serie viciando el análisis. Los saltos de uno o más días cuando existen blancos implicarán la imposibilidad de explotar los beneficios que originaba tal serie.

No obstante, se debe destacar que dichos efectos pueden ser subsanados mediante transformaciones econométricas de los datos. Tales transformaciones permiten mediante un desarrollo un tanto complejo de la serie, determinar los efectos calendarios de los

³³ Blanco se denomina al dato de la serie que no posee información, generalmente se representa con un cero o la sigla NA (*Not Available*, no disponible)

feriados y 'blanquear' o depurar la serie de tales efectos con el fin de determinar otros efectos: estacionales, cíclicos y tendencias.

En el caso presente, dado la complejidad que significa tales transformaciones, se ha optado por elegir una base semanal antes que diaria dado lo inútil que sería realizar un análisis de los precios diarios sin tener en cuenta los efectos calendarios. Además, se debe destacar que el hallazgo de correlación serial en la serie semanal permitiría observar patrones de mediano plazo difíciles de obtener mediante el análisis en base a precios diarios.

4.2 Precios de Nivel vs. Primera Diferencia

Una segunda característica a tener en cuenta es la consideración del precio al nivel dado por el mercado (su valor bruto) o tomar primeras diferencias, es decir, estudiar el cambio de un período a otro.

En esta segunda disyuntiva entra en juego la percepción del analista de bolsa. Si el mismo percibe como dato relevante el cambio del precio de un período a otro para la realización o no de una transacción entonces será la serie de la primera diferencia la variable a analizar. Varios autores se han inclinado por este tipo de series.

“La decisión de usar las primeras diferencias en lugar de las series originales no ha sido una decisión arbitraria. Cuando un precio es fijado en un mercado libre ambas partes conocen cual fue el precio de las transacciones previas y usan ese precio como un punto de partida para negociar. Es ese cambio, no el valor absoluto, el que constituye el elemento fundamental en la determinación del precio. Uno puede pensar en excepciones, tal vez, pero para las *commodities* estoy argumentando que no son relevantes.”³⁴

Sin embargo, dado que se quiere constatar la hipótesis sobre el modelo de camino aleatorio, se utilizará la serie de precios de nivel para la realización del test sobre raíces unitarias. En caso de no rechazo de existencia de raíces unitarias se trabajará con la serie de primeras diferencias.

4.3 Precios Sin Transformaciones vs. Logaritmo Natural de los Precios

Otra rasgo a examinar es la conveniencia de transformar la serie original mediante la aplicación del logaritmo natural previamente a tomar primeras diferencias. Esta transformación también tiene su razón de ser en la percepción del agente de bolsa. “Osborne³³ desarrolló en detalle la proposición que no son los cambios absolutos sino los cambios en el logaritmo del precio los que son independientes unos de otros. La transformación logarítmica es aproximadamente equivalente a la proposición de que los

³⁴ Kendall, M. G. (1964), pag. 102.

³³ Osborne, M. F. M. (1964).

inversores están interesados en cambios proporcionales en el valor de las acciones antes que en cambios absolutos en dólares.”³⁴

Bajo esta perspectiva, la hipótesis del camino aleatorio se modificaría siendo relevante el siguiente modelo:

$$(7) \quad \ln(P_t) = \ln(P_{t-1}) + \varepsilon_t.$$

Donde $\ln(P_t)$ es el logaritmo natural del precio en el momento t .

Sin embargo, dado que el modelo (7) no puede ser directamente estimado por el problema de raíz unitaria, se utiliza el modelo de primeras diferencias del logaritmo del precio³⁵, es decir:

$$(8) \quad Y_t = \ln(P_t) - \ln(P_{t-1}) = \varepsilon_t.$$

A la variable Y_t se le suele denominar la tasa de rendimiento en el período t . Específicamente Y_t es la tasa de rendimiento con interés continuo y presenta varias características que la hacen más apropiada para el estudio de los mercados financieros tal cual lo resaltan Osborne (1964) y Cootner (1964).

En primer lugar, trabajar con Y_t es mejor que trabajar con la serie de primeras diferencias de P_t porque a diferencia de esta última, Y_t no depende de la unidad en que se miden los precios, y sus variancias no son proporcionales al nivel del precio.

En segundo lugar, el estudio de la serie Y_t permite realizar generalizaciones de tipo tiempo continuo a partir de resultados basados en tiempo discreto.

Por último, las tasas de rendimientos de períodos mayores a un día son simples funciones de las tasas de rendimientos de los días que abarca el período. Por ejemplo, la tasa de rendimiento de un período de dos días es:

$$Y_{t+1,2} = \ln(P_{t+1}) - \ln(P_{t-1}) = Y_t + Y_{t+1}.$$

Asimismo, existe una razón adicional para considerar el modelo (7) dada por una característica intrínseca de cualquier distribución de precios: la existencia de una cota inferior al nivel de cero. Desde el punto de vista económico, ningún precio puede ser negativo³⁶, lo que impone un límite inferior, mientras que no hay razón para la existencia de una cota superior. Es por ello que la distribución log-normal es una hipótesis más razonable que la distribución normal.

³⁴ Cootner, P. H. (1964), pag. 96.

³⁵ Se debe destacar que toda transformación, tal como la del logaritmo natural aplicada aquí, debe ser efectuada previamente a realizar las diferencias pertinentes; en caso contrario, se corre el riesgo de introducir un serio sesgo en la serie así transformada.

³⁶ Existen algunas excepciones a esta regla, dado que ciertas variables consideradas como precios pueden ser (en casos especiales) negativas. Por ejemplo, el interés real en un período de alta inflación.

4.4 Precios de Cierre Semanal vs. Promedio Semanal de los Precios Diarios

El último par de alternativas a considerar en el armado de la serie es si tomar como dato semanal el último precio negociado en la semana o realizar un promedio con los precios de cierre de cada día de la semana.

Existen dos fuertes argumentos para inclinarse a favor de los datos de cierre semanal.

El primero se relaciona con el 'efecto calendario' antes mencionado. En este caso dicho efecto afectará la cantidad de datos a promediar en cada semana, por ejemplo, mientras que una semana 'normal' la cifra a ser tomada en la serie resultará de un promedio entre cinco datos diarios, el valor de la serie para semana santa resultará de un promedio de tan solo tres días, provocando una distorsión en la misma.

En segundo lugar, lo que es aún más importante, se ha determinado que una serie de promedios (ya sea diaria, semanal, mensual, etc.) presentará correlación serial de primer orden aun cuando la serie original sea un proceso aleatorio.

"Este trabajo reporta el resultado que verifica la proposición general de que cuando cada elemento de una serie de tiempo es un promedio de puntos dentro de ese elemento, el efecto de promediar introducirá una correlación serial de primer orden positiva en la primera diferencia de tal serie aun cuando la serie original sea una cadena aleatoria."³⁷

Por lo tanto, el análisis de la serie de precios promedios sustentaría el rechazo al modelo de camino aleatorio cuando el mismo podría ser una estructura correcta para la serie original, de allí que conviene utilizar la serie de precios de cierre de cada semana.

³⁷ Cowles, A. (1964), pag. 162.

5 Análisis Empírico

5.1 Introducción

El análisis empírico consistirá en aplicar la metodología de series temporales a los precios del contrato de futuros Índice Soja Rosafé (ISR) del Mercado a Término de Rosario (Rofex).

La elección de este mercado no ha sido arbitraria, dado que los contratos comerciados en el Rofex reflejan las condiciones económicas de la actividad agrícola de la región con epicentro en Rosario; región particularmente importante en la producción de soja, concentrando alrededor del 80% del total producido en Argentina.

El contrato de futuro ISR es un contrato con cancelación en efectivo (*cash-settled*), cuyo precio de ajuste al vencimiento es el Precio Cámara de la soja existente el último día de negociación. El ajuste diario del ISR representa las condiciones de oferta y demanda existentes en el momento de cierre del mercado.

5.2 Construcción de la Serie

Para la construcción de la serie temporal de los precios de ajuste del contrato ISR se tuvo en cuenta las características que posee este mercado.

En primer lugar, se presentaba el problema de la existencia de 8 posiciones al año: febrero, mayo, junio, julio, agosto, octubre, noviembre y diciembre. La mayoría de las mismas no es comerciada más allá de un año antes con la excepción general de la posición Mayo, mes en el que se vuelca al mercado disponible la mayor parte de la producción correspondiente a la campaña comercial que se inicia.

Es por ello que en cualquier momento existen varios precios de ajuste simultáneamente. Para obtener una única serie representativa del contexto en que está operando el contrato ISR se utilizó la técnica de armado de serie del futuro más cercano detallada por Duffie (1989). La misma consiste en tomar el precio de ajuste del contrato más cercano a su vencimiento. Cuando el contrato de futuros más cercano a su vencimiento expira, entonces la posición que se consideraba como el segundo futuro más cercano se convierte en el futuro más cercano. Por ejemplo, a lo largo de los meses de febrero, marzo y abril de cada año la serie así construida reflejará el precio de ajuste del contrato Mayo de ese año; pero a partir del primer día hábil de mayo, tal serie mostrará el precio de ajuste de la posición Junio, dado que el contrato Mayo venció.

El armado de este tipo de series tiene el inconveniente de ignorar el modelo del costo de traslado en el tiempo (*cost of carry*). Una de las implicancias de dicho modelo es que existirá una diferencia positiva entre los precios de dos futuros, cuando se considera en primer término al futuro con un vencimiento más cercano. En términos generales, esta variación positiva indicaría el costo de almacenamiento de la *commodity* durante el

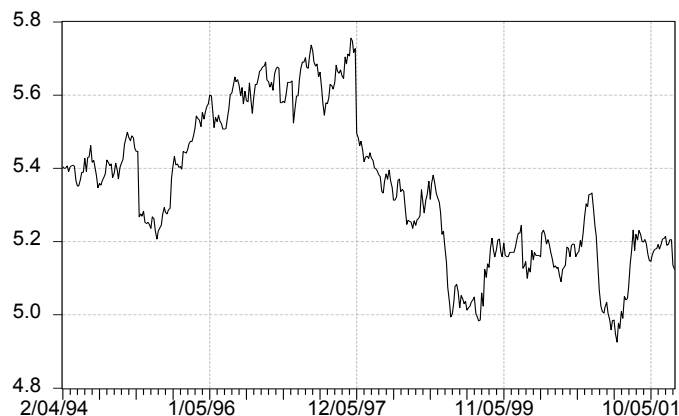
período que va desde el vencimiento del primer futuro al vencimiento del segundo. Cuando los datos muestren una diferencia importante, se utilizarán variables *dummies* representativas del salto que se produce por el efecto “*cost of carry*”.

Otro problema importante es el salto que se produce en la serie al vencer el futuro de Febrero y dar paso a la cotización de Mayo. Esta variación refleja el cambio de cosecha dado que la posición Febrero se comercia en base a los fundamentos de la cosecha ‘vieja’, mientras que la posición Mayo refleja los fundamentos de una nueva temporada. Es por ello que la serie posiblemente presente cambios de nivel (desplazamientos de la media) entre estas dos posiciones. Además, este salto se ve influenciado por la incertidumbre climática que opera sobre el futuro de Mayo en los meses de verano. Nuevamente, para tener en cuenta este cambio de cosecha, se introducirán variables *dummies* en las regresiones y se determinará su significación estadística.

Por último, se deben considerar las características de la serie analizadas en la sección precedente. Allí se detalló la conveniencia de considerar una serie semanal en lugar de diaria, tomando como dato relevante el precio de cierre de la semana, y aplicándole una transformación logarítmica. Dado que tomar primera diferencia dependerá del hallazgo de raíces unitarias, la serie original a analizar es el logaritmo del último precio de ajuste de cada semana del contrato de futuros Índice Soja Rosafé.

El futuro ISR comenzó a operar en noviembre de 1993. Sin embargo, la serie del ISR a ser analizada, por disponibilidad de datos, se extiende desde la semana que finalizó el 4 de Febrero de 1994 hasta la semana del viernes 25 de Febrero del año 2002, con un total de 417 observaciones tal cual lo muestra el gráfico 5.1.

Gráfico 5.1 Serie Logaritmo Natural de Precios ISR Semanal Cercano



Fuente: elaboración propia en base a datos provistos por BCR.

5.3 Intervenciones, Raíces Unitarias y Diferenciación

5.3.1 Modelo de Cambios de Nivel

Bajo la metodología de series temporales la primer prueba que se debe aplicar a toda serie, especialmente si es una serie económica, es el test de raíz unitaria. Sin embargo, en este apartado se comenzará con la consideración de un modelo autorregresivo de primer orden que contenga a las variables *dummies* representativas de los saltos producidos por los cambios de cosecha. Este tipo de modelo es conocido como Modelo de Cambio Permanente del Nivel (*Permanent Level Shift*). La razón para ello es que si dichos saltos son significativos, entonces al aplicarse a la serie original las pruebas de raíz unitaria puede concluirse con un no rechazo de la hipótesis nula cuando se la debe rechazar. En síntesis, la no consideración de un modelo de cambio permanente del nivel sesga la estimación del parámetro de autorregresión a favor de la aceptación de existencia de raíz unitaria.³⁸ Por lo tanto el primer modelo de regresión que se aplica a la serie es el siguiente:

$$(I) \quad W_t = \rho W_{t-1} + \omega * \text{COS}_t + \varepsilon_t.$$

Siendo ω un vector de coeficientes, ε_t el término de ruido blanco y COS un vector de variables *dummies* que representan el cambio entre cada par de cosechas, de tal modo que:

$$\text{COS}_t = \begin{cases} 0, & t < T, \\ 1, & t \geq T. \end{cases}$$

A este tipo de variables se les conoce como variables de intervención en forma de función escalonada, y tienen la propiedad que el efecto provocado por la intervención en el momento T es permanente.

Los resultados de tal regresión se muestran en el cuadro 5.1.

Cuadro 5.1 Regresión I – Futuro ISR

Dependent Variable: LNSEM				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 2 417				
Included observations: 416 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 3 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
COSE95	-0.093291	0.020458	-4.560042	0.0000
COSE96	0.019874	0.020458	0.971444	0.3319
COSE97	-0.077579	0.020458	-3.792076	0.0002
COSE98	-0.109464	0.020458	-5.350603	0.0000
COSE99	0.014938	0.020458	0.730152	0.4657

³⁸ Respecto a los modelos de cambios permanentes del nivel el lector interesado puede consultar Philip H. Franses (1999) "Time Series Models for Business and Economic Forecasting", capítulo 6 o la obra de William W. S. Wei (1989) "Time Serie Analysis", capítulo 9.

COSE00	-0.061980	0.020458	-3.029582	0.0026
COSE01	-0.012824	0.020458	-0.626830	0.5311
AR(1)	0.999862	0.000265	3771.846	0.0000
R-squared	0.980735	Mean dependent var	5.345412	
Adjusted R-squared	0.980404	S.D. dependent var	0.206667	
S.E. of regression	0.028930	Akaike info criterion	-4.228805	
Durbin-Watson stat	1.790171	Schwarz criterion	-4.151292	
Inverted AR	1.00			
Roots	Estimated AR process is nonstationary			

El conjunto de resultados indica claramente que la mayoría de los cambios de cosecha en el futuro ISR provocan un cambio de nivel en la serie de precios logaritmados, con la excepción de los cambios entre los años '95-'96, '98-'99 y '00-'01; por lo que parecería pertinente un modelo de este tipo.

Sin embargo, lo más destacable de las regresiones efectuadas es que se concluye que aún teniendo en cuenta un modelo de este tipo con la incorporación de las variables *dummies* COS(k), la serie es no estacionaria. En otras palabras, esta regresión arroja el resultado que el valor del coeficiente autorregresivo de primer orden no es significativamente distinto a 1. Al no ser la serie estacionaria, los procedimientos de inferencia estándares no pueden ser aplicados dado que los coeficientes estimados no son buenas estimaciones de los parámetros del proceso estocástico subyacente.

5.3.2 Test de Raíz Unitaria

Para corroborar la evidencia que la serie analizada es no estacionaria se utiliza el test Aumentado de Dickey-Fuller (*Augmented Dickey-Fuller Test*, ADF). Tal prueba se aplica a la regresión:

$$\Delta W_t = \mu + \beta t + \rho W_{t-1} + \alpha_i \sum_{i=1}^m \Delta W_{t-i} + \varepsilon_t$$

donde $\Delta W_t = W_t - W_{t-1}$; μ es el intercepto; β es la tendencia y ρ es el parámetro de autocorrelación de primer orden sobre el que se realiza la hipótesis nula de raíz unitaria.

Un punto importante para la realización del ADF es determinar el retardo máximo (m) de la sumatoria. Para ello es recomendable comenzar con un retardo alto e ir comprobando en cada regresión si los coeficientes de ΔW_{t-m} son significativamente distintos de cero de acuerdo a los valores críticos del estadístico Dickey-Fuller.

En el análisis presente se realiza dicha estimación comenzando con un retardo máximo de 25. Para ahorrar espacio no se han incluido todas las regresiones cuyos coeficientes α_m no fueron significativamente distintos de cero a un nivel de significación del 5%. eL cuadro 5.2 muestra el primer test ADF cuyo α_m es significativamente distinto de cero.

Cuadro 5.2 Test ADF sobre Futuro ISR con m = 2

ADF Test Statistic	-0.456688	1%	Critical Value*	-2.5706
--------------------	------------------	----	-----------------	---------

5% Critical Value				-1.9403
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.				
Augmented Dickey-Fuller Test Equation				
Dependent Variable: D(LNSEM)				
Sample(adjusted): 4 417				
Included observations: 414 after adjusting endpoints				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LNSEM(-1)	-0.000131	0.000286	-0.456688	0.6481
D(LNSEM(-1))	0.003025	0.048931	0.061814	0.9507
D(LNSEM(-2))	0.127367	0.049220	2.587725	0.0100

Un punto importante a destacar es que si bien en el test original existían los parámetro intercepto y tendencia determinística (μ y β), en los cuadros presentados no se estiman. La razón es que previamente se utilizó el estadístico F de Dickey-Fuller para comprobar las hipótesis nulas que conjuntamente $\mu = \rho = 0$, y que $\beta = \rho = 0$. Los resultados de tales tests se exhiben en el cuadro 5.3.

Cuadro 5.3 Test DF sobre intercepto y tendencia para Futuro ISR

Hipótesis Nula (H_0)	Estadístico F Observado	Valor Crítico de F al 5% de Sign.	Decisión
$\beta = \rho = 0$	1,6154	6,25	No rechazar H_0
$\mu = \rho = 0$	0,1593	6,25	No rechazar H_0

A partir del análisis de las pruebas efectuadas puede concluirse que la serie es no estacionaria. Los tests de Dickey-Fuller arrojaron el resultado que no se puede rechazar la hipótesis nula de existencia de una raíz unitaria al nivel de significación del 5%. Como consecuencia, se podría sospechar que los precios siguen un modelo de camino aleatorio sin dirección.

Sin embargo, un análisis más cuidadoso de la regresión realizada resaltaría que la primera diferencia de los precios en logaritmo para la serie ISR no parece representar un proceso ruido blanco, tal como lo postulan los caminantes aleatorios. De hecho, esa serie de primera diferencia posee cierto grado de correlación, siendo significativo el coeficiente de segundo orden. Estos resultados es evidencia en contra del modelo de camino aleatorio.

5.3.3 Diferenciación

Teniendo en consideración el resultado arribado al realizar el test de raíz unitaria de Dickey-Fuller, se presume que la serie original es integrada de orden uno. Por lo tanto, para poder practicar un análisis más detallado de la misma se le debe realizar la primera diferencia.

A partir de esta sección, se trabajará con la serie de primera diferencia denominadas Y_t que se obtienen a partir de P_t :

$$Y_t = W_t - W_{t-1} = \ln P_t - \ln P_{t-1} = \Delta \ln P_t.$$

Como se detalló anteriormente, cada observación de esta serie es una estimación aproximada del rendimiento semanal del contratos ISR, lo cual permite realizar un análisis más detallado del mercado bajo estudio.

La primer prueba que se le debe aplicar a la serie transformada Y_t es el test de raíz unitaria, dado que si esta serie no es estacionaria, seria inútil trabajar con ella con el objetivo de determinar la estructura de la serie original por sufrir las mismas falencias.

En caso de rechazo del test de raíz unitaria, se tendrá que la serie original es integrada de orden 1 (I(1)). En caso contrario, se presumirá que es integrada de orden 2 (I(2)).

La aplicación del estadístico t de ADF también se realiza comenzando con un retardo máximo de 25, reduciéndose progresivamente al ser los α_m no significativamente distintos de cero al nivel de 5%. También se halló que los parámetros μ y β no son significativamente relevantes. La regresión de la prueba ADF para esta serie transformada se muestra en el cuadro 5.4.

Cuadro 5.4 Test ADF para Futuro ISR con m = 1

<i>ADF Test Statistic</i>	-12.54364	1% Critical Value*	-2.5706
		5% Critical Value	-1.9403
		10% Critical Value	-1.6160
*MacKinnon critical values for rejection of hypothesis of a unit root.			

A partir de esta prueba se deduce claramente que se puede rechazar la hipótesis que la serie de rendimiento del futuro ISR posea una raíz unitaria al nivel de significación del 5%, dado que el valor del estadístico t para el coeficiente ρ es largamente superior al valor crítico.

Con este resultado queda claro que la serie pertinente a analizar es la diferencia del logaritmo de los precios del futuro ISR, no necesitando transformaciones adicionales.

5.4 Evidencia Empírica

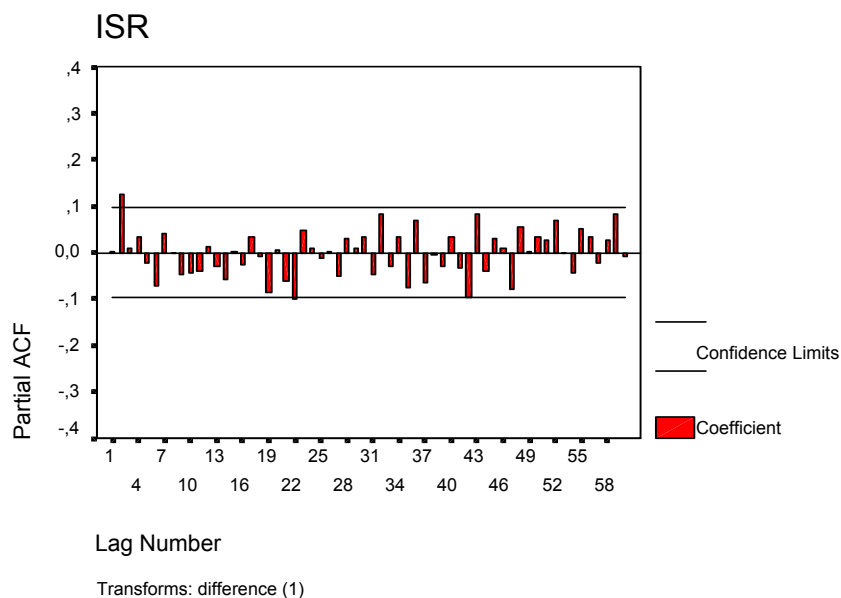
5.4.1 Identificación

El test ADF presentado en el cuadro 5.2 dá algunos indicios respecto del modelo de autocorrelación más adecuado para modelar la serie bajo estudio.

Sin embargo, bajo la metodología empleada resulta conveniente realizar un análisis de los correlogramas para encontrar patrones que indiquen el o los modelos apropiados. Estos correlogramas presentan gráficamente el valor que asumen las funciones de autocorrelación muestral (FACM) y de autocorrelación parcial muestral (FACPM) para cada rezago o *lag*.

Dado que se intenta determinar el modelo autorregresivo más apropiado para estos datos, es recomendable examinar la FACPM, tal cual se presenta en el gráfico 5.2.

Gráfico 5.2 Función de Autocorrelación Parcial Muestral del Futuro ISR



La inspección gráfica del correlograma indica que de los primeros veinte rezagos resulta significativo el coeficiente de segundo orden para la serie ISR. Esta evidencia será tomada en cuenta para la elaboración de los modelos alternativos.

Asimismo, por la construcción de la serie no es adecuado considerar el siguiente modelo para la constatación de la hipótesis que la primera diferencia es un proceso ruido blanco:

$$(II) \quad Y_t = \varepsilon_t.$$

El problema que presenta dicho modelo es que no tiene en cuenta los cambios de nivel provocados por los saltos de cosecha, saltos que parecieran ser muy importantes.

Es por ello que surge un modelo análogo al (I), aunque sin el coeficiente ρ , dado por la siguiente ecuación:

$$(III) \quad Y_t = \omega \cdot \text{COSE} + \varepsilon_t.$$

Siendo COSE un vector de variables *dummies* representativas de los cambios de nivel, tal que:

$$\text{COSE}_t = \begin{cases} 1, & t = T, \\ 0, & t \neq T. \end{cases}$$

Este tipo de variables se le suele denominar variable de intervención como forma de función de pulso y se puede obtener al tomar la primera diferencia de la función escalonada. Es decir, que la relación entre COS_t y $COSE_t$ es:

$$COSE_t = COS_t - COS_{t-1}.$$

Un test muy utilizado para constatar el supuesto que el modelo utilizado está correctamente especificado es el test de Jarque-Bera (JB). En realidad, el test de Jarque-Bera constata la hipótesis de normalidad de la serie, pero un estadístico alto de JB estaría indicando la existencia de observaciones extrañas no modeladas.

Para el modelo (II) se obtienen estadísticos JB cuyos p-value asociados son cercanos a cero, tal información es presentada en el cuadro 5.5. Esto indicaría que se rechaza el supuesto de normalidad de la serie Y_t al nivel de significación del 1%.

Cuadro 5.5 Test de Jarque-Bera

Serie	Modelo	Estadístico JB	p-value
ISR	(II)	1770,956	0,000000*
	(III)	11,06089	0,003964

Nota: (*) Indica que el valor es positivo aunque muy pequeño.

Adicionalmente, al aplicar el test de Jarque-Bera a los residuos del modelo (III) para la serie transformada se obtiene que también se rechaza la hipótesis de normalidad de los residuos al 1% de significación, tal cual lo muestra el cuadro 5.5.

Un examen detallado de los residuos resalta la existencia de tres observaciones extrañas (*outliers*) en los elementos 78, 149 y 288. El primero de estos elementos expresa la diferencia entre los precios del 30 de Junio de 1995 y del 7 de Julio del mismo año. Tal cambio viene explicado por el salto entre las posiciones Julio y Agosto del '95, al vencerse la primera de ellas. Para tener en cuenta dicha observación extraña en el modelo desarrollado se utilizará una variable *dummy* denominada JULAGO95.

En cuanto a las otras dos observaciones extrañas, las mismas revelan los cambios producidos por los vencimientos de los futuros Diciembre del '96 y Agosto del '99. Las variables *dummies* que representarán estos saltos se denominarán DICFEB96 y AGOSEP99, respectivamente.

A partir de todo lo anterior, se obtiene que el modelo original que será considerado para evaluar la relevancia de los modelos alternativos por construir es:

$$Y_t = \omega * COSE + \eta_1 * JULAGO95 + \eta_2 * DICFEB96 + \eta_3 * AGOSEP99 + \varepsilon_t,$$

A este modelo se le denominará AR(0) por no poseer términos autorregresivos.

5.4.2 Modelos Alternativos

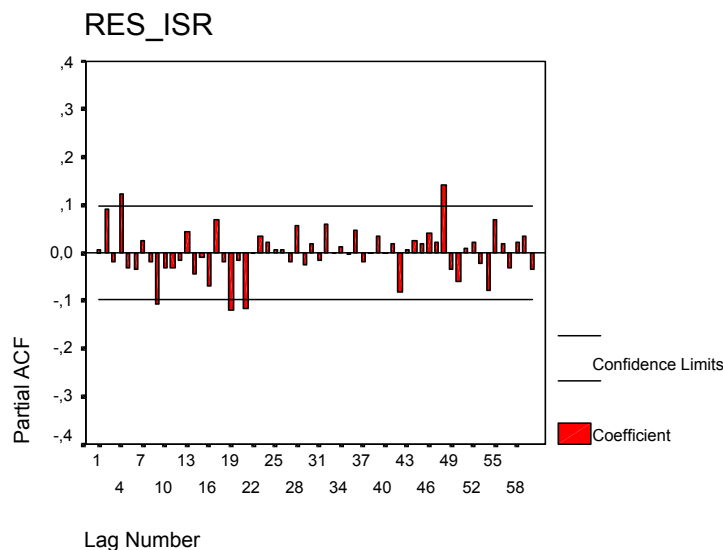
La evidencia encontrada hasta el momento para la construcción de los modelos alternativos proviene del análisis de las series P_t e Y_t , ya sea a partir de la aplicación del test ADF como del análisis del correlograma. Sin embargo, teniendo en cuenta que en el análisis anterior se determinó la existencia de varias observaciones raras que pueden viciar las FACM y FACPM de la serie bajo estudio, resulta conveniente construir los modelos autorregresivos a partir del análisis de la FACPM de los residuos del modelo AR(0). Es decir, investigar la estructura de correlación serial que presenta la serie Y_t una vez 'blanqueada' de la influencia de las intervenciones detectadas (vgr. cambios de cosecha y cambios de contratos).

En el gráfico 5.3 se puede observar este correlograma; el mismo revela que son significativos los coeficientes autorregresivos para los rezagos 4, 9, 19, 21 y 48. De estos cinco solo serán considerados los primeros dos para modelar la serie. La razón de no tomar en cuenta los otros tres es que tales coeficientes no tienen un significado económico evidente³⁹.

Adicionalmente, aunque se suponga aleatoriedad, es posible que en una muestra dada existan algunos rezagos altos significativos debido al error muestral, aun cuando el proceso sea ruido blanco. Es por ello que no es de extrañar que dos o tres coeficientes sean significativos para rezagos altos cuando no hay razón para suponer una estructura de autocorrelación en tales series.

Gráfico 5.3 FACPM de los residuos del AR(0) de la serie ISR

³⁹ Tal vez el coeficiente para el rezago 48 esté indicando la existencia de correlación serial anual, pero esta interpretación resulta dudosa dado que los años tienen entre 52 y 53 semanas, por lo que si existe autocorrelación anual en la serie bajo estudio, debería ser significativo algún coeficiente de los rezagos entre las semanas 50 y 55.



Para modelar la serie ISR además de los dos coeficientes mencionados también se tendrá en cuenta el coeficiente de segundo orden, dada la evidencia encontrada al analizar la FACPM representada en el gráfico 5.2.

De lo anterior se deduce que se deben considerar los modelos autorregresivos con los coeficientes de segundo orden (AR(2)), de cuarto orden (AR(4)) y de noveno orden (AR(9)) individualmente. También resulta conveniente contrastar los modelos que poseen simultáneamente los coeficientes autorregresivos de segundo y cuarto orden (AR(2,4)), de cuarto y noveno orden (AR(4,9)), y de segundo, cuarto y noveno orden (AR(2,4,9)). Asimismo, se debe recordar que dichos modelos contendrán, al igual que el modelo original, las variables *dummies* ya mencionadas. En término matemáticos los modelos para la serie de rendimiento semanal del ISR son los siguientes:

$$\text{AR}(2) \quad Y_t = \omega \cdot \text{COSE} + \eta_1 \cdot \text{JULAGO95} + \eta_2 \cdot \text{DICFEB96} + \eta_3 \cdot \text{AGOSEP99} + \rho_2 Y_{t-2} + \varepsilon_t$$

con $\rho_1 = 0$.

$$\text{AR}(4) \quad Y_t = \omega \cdot \text{COSE} + \eta_1 \cdot \text{JULAGO95} + \eta_2 \cdot \text{DICFEB96} + \eta_3 \cdot \text{AGOSEP99} + \rho_4 Y_{t-4} + \varepsilon_t$$

con $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = 0$.

$$\text{AR}(9) \quad Y_t = \omega \cdot \text{COSE} + \eta_1 \cdot \text{JULAGO95} + \eta_2 \cdot \text{DICFEB96} + \eta_3 \cdot \text{AGOSEP99} + \rho_9 Y_{t-9} + \varepsilon_t$$

con $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_4 = \rho_5 = \rho_6 = \rho_7 = \rho_8 = 0$.

$$\text{AR}(2,4) \quad Y_t = \omega \cdot \text{COSE} + \eta_1 \cdot \text{JULAGO95} + \eta_2 \cdot \text{DICFEB96} + \eta_3 \cdot \text{AGOSEP99} + \rho_2 Y_{t-2} + \rho_4 Y_{t-4} + \varepsilon_t$$

con $\rho_1 = \rho_3 = 0$.

$$\text{AR}(4,9) \quad Y_t = \omega \cdot \text{COSE} + \eta_1 \cdot \text{JULAGO95} + \eta_2 \cdot \text{DICFEB96} + \eta_3 \cdot \text{AGOSEP99} + \rho_4 Y_{t-4} + \rho_9 Y_{t-9} + \varepsilon_t$$

con $\rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho_5 = \rho_6 = \rho_7 = \rho_8 = 0$.

$$\text{AR}(2,4,9) \quad Y_t = \omega \cdot \text{COSE} + \eta_1 \cdot \text{JULAGO95} + \eta_2 \cdot \text{DICFEB96} + \eta_3 \cdot \text{AGOSEP99} + \rho_2 Y_{t-2} + \rho_4 Y_{t-4} + \rho_9 Y_{t-9} + \varepsilon_t$$

con $\rho_1 = \rho_3 = \rho_5 = \rho_6 = \rho_7 = \rho_8 = 0$.

A partir de las regresiones de estos modelos alternativos se obtendrán distintos estadísticos que permitirán comprobar hipótesis tales como la normalidad de los residuos, existencia de heteroscedasticidad y correlación serial en los residuos. En especial, se utilizarán las pruebas de Jarque-Bera, de Ljung-Box, de Breusch-Godfrey, ARCH y de White.

5.4.3 Análisis de los Modelos Alternativos

Para cada modelo alternativo se obtuvieron los estadísticos de los cinco tests previamente mencionados, luego de efectuarse las regresiones correspondientes. Estos tests fueron aplicados a los residuos de tales regresiones. El cuadro 5.6 es un resumen de los mismos.

Cuadro 5.6 Test sobre Modelos Alternativos en base a la serie Y_t del Contrato de Futuro ISR

Test/Criterio	Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		ARCH		White		Criterio de Akaikie
	p-value	Decisión	p-value ^a	Decisión	No existe Correlación Serial	Decisión	No existe Heter. Cond. Autorreg.	Decisión	No existe Heterosced.	Decisión	
Hipótesis Nula											
Serie											
AR(0)	0,6991	NR	0,086(20)	R*	0,04(4)	R**	0,033(2)	R**	0,913	NR	-4,4939
AR(2)	0,8707	NR	0,160(20)	NR	0,041(2)	R**	0,119(4)	NR	0,908	NR	-4,4938
AR(4)	0,5932	NR	0,240(20)	NR	0,204(2)	NR	0,149(2)	NR	0,93	NR	-4,499
AR(9)	0,706	NR	0,115(20)	NR	0,031(4)	R**	0,117(2)	NR	0,918	NR	-4,4868
AR(2,4)	0,6752	NR	0,352(20)	NR	0,78(2)	NR	0,358(2)	NR	0,932	NR	-4,5019
AR(4,9)	0,52	NR	0,431(20)	NR	0,226(2)	NR	0,291(2)	NR	0,941	NR	-4,5014
AR(2,4,9)	0,5678	NR	0,595(20)	NR	0,726(4)	NR	0,556(2)	NR	0,941	NR	-4,5049

Notas: NR = No se rechaza la hipótesis nula.

R* = Se rechaza la hipótesis nula al nivel de significación del 10%.

R** = Se rechaza la hipótesis nula al nivel de significación del 5%.

a) Entre paréntesis se muestra el nivel de rezago seleccionado ad-hoc del p-value obtenido.

Asimismo, para la selección del modelo más apropiado se utilizará el criterio de selección de Akaike (AIC) cuyos valores para cada modelo se encuentran en el cuadro antes mencionado.

Tomando en cuenta la información provista por el cuadro 5.6 se pueden realizar varias observaciones.

En primer lugar, todos los estadísticos JB implican que no se puede rechazar la hipótesis nula de normalidad de los residuos para los modelos en base a la variable rendimiento semanal del ISR. Tomadas en conjunto estarían indicando que las regresiones efectuadas poseen un buen ajuste a los datos, especialmente a las observaciones extremas, es decir, se han incluido todas las variables *dummies* relevantes para tener en cuenta los *outliers*.

En cuanto a la prueba de Breusch-Godfrey sobre autocorrelación serial los resultados indican la importancia de incluir el término AR(4) en las regresiones de la serie bajo estudio, no pudiéndose rechazar la hipótesis de correlación serial en los residuos para los modelos que no contienen dicho coeficiente.

En cambio, mediante la prueba de Ljung-Box se comprueba únicamente la mala especificación que implica utilizar un modelo sin coeficientes autorregresivos, dado que el modelo AR(0) es el único con p-value menor a 10%.

Respecto a los dos últimos tests, estos permiten determinar la existencia de heteroscedasticidad en los residuos. El primero de ellos, la prueba ARCH, es una prueba muy potente para detectar un tipo de heteroscedasticidad específica muy común en las series financieras: la heteroscedasticidad condicional autorregresiva. Los resultados del conjunto de estos estadísticos indican que la serie de Y_t del futuro ISR no posee esta clase de heteroscedasticidad, aunque se ha comprobado su existencia en el caso puntual de los residuos del AR(0).

El test de White, a diferencia del ARCH, es un test general sobre heteroscedasticidad. Los resultados bajo análisis indican que se puede rechazar la hipótesis de existencia de la misma a un nivel de significación alto.

A partir de estas pruebas se puede realizar una preselección de los modelos en disputa. De los siete modelo en estudio, se pueden descartar los modelos AR(0), AR(2) y AR(9).

5.4.4 Selección y Resultado del Modelo

El apartado anterior redujo la cantidad de modelos a ser considerados en una selección final a cuatro para la serie ISR. Esta primera selección se realizó en base a los resultados arrojados por los estadísticos Q de Ljung-Box y de Breusch-Godfrey.

Sin embargo, para la selección final no es posible utilizar el R^2 como criterio de selección dado que los modelos que compiten son modelos de series de tiempo. Es por ello que se utiliza el Criterio de Información de Akaike (AIC).

De acuerdo a los valores observados en el cuadro 5.6 el modelo que posee el menor valor es el AR(2,4,9), cuya regresión se muestra en el cuadro 5.7.

Cuadro 5.7 Resultado de la Regresión del Modelo AR(2,4,9) para ISR

Dependent Variable: DIFLNSEM				
Method: Least Squares				
Sample(adjusted): 11 417				
Included observations: 407 after adjusting endpoints				
Convergence achieved after 6 iterations				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
COSE95	-0.167618	0.024565	-6.823448	0.0000
COSE96	0.033800	0.024722	1.367213	0.1723
COSE97	-0.129145	0.024768	-5.214110	0.0000
COSE98	-0.228908	0.024719	-9.260248	0.0000
COSE99	-0.036272	0.024626	-1.472929	0.1416
COSE00	-0.124124	0.024576	-5.050529	0.0000
COSE01	-0.055571	0.024688	-2.250907	0.0249
JULAGO95	0.082323	0.024582	3.348847	0.0009
DICFEB96	-0.106920	0.024884	-4.296723	0.0000
AGOSEP99	0.090116	0.024790	3.635144	0.0003
AR(2)	0.093247	0.050715	1.838647	0.0667
AR(4)	0.135221	0.050870	2.658169	0.0082
AR(9)	-0.116303	0.050227	-2.315545	0.0211
R-squared	0.385487	Mean dependent var	-0.000595	
Adjusted R-squared	0.366771	S.D. dependent var	0.031473	
S.E. of regression	0.025045	Akaike info criterion	-4.504861	
Sum squared resid	0.247138	Schwarz criterion	-4.376816	
Log likelihood	929.7392	F-statistic	20.59653	
Durbin-Watson stat	1.966041	Prob(F-statistic)	0.000000	
Inverted AR Roots	.77 -.23i	.77+.23i	.37+.67i	.37 -.67i
	-.12 -.79i	-.12+.79i	-.60 -.47i	-.60+.47i
	-.84			

A partir del cuadro 5.7 se puede inferir que los coeficientes que representan el inicio de las cosechas '95, '97, '98, '00 y '01, y los cambios producido al vencer los contratos Julio '95, Diciembre '96 y Febrero '97 del modelo del ISR son significativamente distintos de cero al 5% de significación.

En cambio, es extraño que tanto el cambio entre las cosechas 95 y 96, como el cambio entre las cosechas 98 y 99 no resultan ser significativamente distintos de cero. Estos resultados estarían revelando que los costos de traslado en el tiempo entre los contratos fueron compensados por alguna otra variable durante esos periodos y/o que los fundamentos que operaban sobre los años 95 y 98 no tuvieron grandes cambios al comenzar las temporadas 96 y 99, respectivamente.

En cuanto a los términos autorregresivos, para la serie analizada los valores obtenidos son 0,093 para el término α_2 , 0,135 para el coeficiente α_4 y $-0,116$ para el coeficiente α_9 . Tanto el término de correlación serial de cuarto orden como el de noveno orden son

significativamente distinto de cero al 5%. En cambio, el coeficiente de segundo orden resulta no significativo al 5%, pero sí al 10%.

Este conjunto de resultados indica que la serie ISR bajo estudio posee una clara estructura autorregresiva, por lo que se puede rechazar la hipótesis que la serie original siga un modelo de camino aleatorio.

Asimismo, la estructura autorregresiva hallada revela un patrón cíclico mensual (α_4) positivo y uno bimestral (α_9) negativo en la serie rendimiento del futuro ISR. Complementariamente, el ciclo quincenal positivo hallado no resulta significativo al 5%, lo que mostraría que dicho ciclo es débil.

Al mismo tiempo, los valores de los coeficientes muestran que puede rechazarse una vez más la hipótesis de raíz unitaria en la serie analizada.

6 Conclusiones

Durante la primera mitad de la década de los noventa, la Argentina experimentó un fuerte crecimiento económico como resultado de la puesta en funcionamiento de un plan de liberalización de mercados, apertura económica y eliminación de organismos estatales de regulación económica.

La expansión productiva vivida en aquellos años tuvo un efecto importante en la actividad agrícola argentina. Particularmente, la zona de influencia de Rosario, denominada zona Rosafé⁴⁰, se constituyó en el centro del crecimiento de la producción agropecuaria, con un perfil caracterizado por la importancia de la soja y sus derivados.

En este contexto, se puede comprender el resurgimiento de los contratos de futuros agrícolas comerciados en la Bolsa de Comercio de Rosario, y en especial, el lanzamiento en 1993 del contrato de futuros de soja Índice Soja Rosafé (ISR).

La importancia de la región en cuanto al nivel de producción, y como consecuencia de ello, en la provisión de precios de referencia para todo el país señala la relevancia de encarar un estudio sobre la eficiencia de los mercados rosarinos.

Este tipo de estudios se enmarca en el debate sostenido entre los académicos y los profesionales de bolsa sobre la pertinencia de la Teoría del Camino Aleatorio para describir y predecir la evolución de las series financieras. El concepto central en esta disputa es la noción de un mercado eficiente en el sentido que el sistema de precios refleja toda la información relevante del activo financiero sobre el que se opera.

Los análisis empíricos sobre los mercados de futuros han tomado diversos caminos. En primer lugar, algunas investigaciones han utilizado la metodología provista por el análisis de cointegración, para determinar la existencia de un equilibrio de largo plazo entre los mercados disponibles y de futuros.

En segundo lugar, varios análisis aplican la metodología provista por el análisis de series temporales para la modelación de la evolución de los precios de los futuros mediante la construcción de modelos ARIMA. El trabajo aquí presentado se encuentra en esta última corriente.

El objetivo que se persigue es comprobar, con el empleo de la metodología de Box-Jenkins, la hipótesis del camino aleatorio en base a los precios de ajuste semanal del futuro ISR del Mercado a Término de Rosario. Los datos utilizados se reelaboraron a partir de las series de precios brindadas por el Departamento de Capacitación de la Bolsa de Comercio de Rosario. Las series empleadas se construyeron siguiendo la técnica de armado de serie del futuro más cercano detallada por Duffie (1989). Estas series abarcan el período que va desde mitad de los '90 hasta el verano 2001/02, e inicialmente se considera oportuno aplicar una transformación logarítmica.

En la búsqueda del objetivo general se utiliza una variada gama de pruebas estadísticas, y se proponen diversos modelos econométricos para constatar las hipótesis iniciales.

⁴⁰ Esta región comprende el sur de la provincia de Santa Fe, el sur y este de la provincia de Córdoba y el norte de la provincia de Buenos Aires.

En resumen, la evidencia empírica obtenida indica que es posible determinar dos características importantes de la serie de precios del contrato ISR. Primero, el hallazgo que los precios de este activo financiero no posee tendencia permiten determinar una hipótesis ya comprobada por Grignafini (1997), característica que los mercados de futuros de *commodities* comparten con sus mercados disponibles, y al mismo tiempo, los distingue de los mercados accionarios. Segundo, la comprobación estadística sobre la inexistencia del parámetro de ordenada al origen (μ) es evidencia a favor del modelo de camino aleatorio y en contra de modelos alternativos que postulan que los operadores deben ser compensado por asumir posiciones riesgosas⁴¹.

Asimismo, en cuanto a la posibilidad que el riesgo del futuro estudiado surja en masa (*clusters*), los resultados obtenidos a partir de las pruebas de White y ARCH permiten rechazar dicha hipótesis. En esencia, lo que se corrobora es que la serie del ISR no posee ningún tipo de heteroscedasticidad, y en especial, heteroscedasticidad condicional autorregresiva (característica común de las series financieras), por lo que se evidenciaría que el riesgo de este contrato es estable a lo largo del período analizado, con la excepción de algunas semanas específicas.

Finalmente, para el futuro ISR se determina la importancia de la mayoría de los cambios de cosecha. Las excepciones son dos, lo que revelaría que en cada uno de estos dos casos los fundamentos entre cada par de cosechas correlativas se mantuvieron estables, y además, el costo del traslado en el tiempo entre ellos fue nulo, o compensado por alguna otra variable económica no detectada. Al mismo tiempo, es posible determinar la importancia de dos ciclos: uno mensual positivo revelado por el coeficiente de cuarto orden, y otro bimestral negativo representado por el coeficiente de noveno orden. A partir de ello, se puede rechazar la hipótesis central de este trabajo, es decir, que se ha encontrado suficiente evidencia para establecer que la serie del futuro ISR no sigue un modelo de camino aleatorio.

En consecuencia, parecería correcto considerar un modelo como el de Expectativas Racionales con Ruido para tal mercado; sin embargo, este modelo estipula que los agentes que operan bajo los análisis técnico y fundamental deberían ganar en promedio más que aquellos que no lo hacen. Lejos está este estudio de determinar la veracidad de dicha hipótesis en el mercado del ISR. Es por ello que los resultados expuestos solo dan pautas generales sobre el modelo más adecuado que refleje el comportamiento del mercado de futuro de soja ISR, necesitándose realizar estudios más profundos en base a la evidencia empírica que se muestra en esta investigación.

⁴¹ Ver al respecto el modelo (2) planteado en la sección 2.3.

7 Bibliografía

- Alexander, Sidney S.** (1964), "Price Movements in Speculative Markets: Trends or Random Walks". En P. H. Cootner (ed.), "The Random Character of Stock Market Prices" (Edición revisada 2000), Risks Books. (Trabajo original publicado en 1961).
- Beechey, M., D. Gruen y J. Vickery** (2000), "The Efficient Market Hypothesis: A Survey", Economic Research Department, Reserve Bank of Australia.
- Bolsa de Comercio de Rosario** (2001). "Análisis de Mercados: Technicals y Fundamentals". Programa de Capacitación 2001.
- Box, G. P. E. y G. M. Jenkins** (1970), "Time Series Analysis: Forecasting and Control" (Edición Revisada), Holden Day.
- Cootner, Paul H.** (ed.) (1964), "The Random Character of Stock Market Prices" (Edición revisada 2000), Risks Books.
- Cowles, Alfred** (1964), "A Revision of Previous Conclusions Regarding Stock Price Behavior". En P. H. Cootner (ed.), "The Random Character of Stock Market Prices" (Edición revisada 2000), Risks Books. (Trabajo original publicado en 1960).
- Duffie, D.** (1989), "Futures Markets". Prentice-Hall.
- Durbin, J.** (1960), "The Fitting of Times Series Models", *Review of the Institute of International Statistics*, 28, pag. 233-244.
- Fama, Eugene F.** (1965), "The Behavior of Stock Market Prices", *Journal of Business*, 38, pag. 34-105.
- Fama, Eugene F.** (1970), "Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work", *Journal of Finance*, 20, pag. 1043-1053.
- Fama, Eugene F.** (1991), "Efficient Capital Markets II", *Journal of Finance*, 46, pag. 1575-1617.
- Franses, P. H.** (1999), "Time Series Models for Business and Economic Forecasting". Cambridge University Press.
- Greene W. H.** (1999), "Análisis Econométrico". Prentice-Hall.
- Grignafini, A.** (1997), "La Eficiencia en los Mercados de Futuros. Análisis Empírico del Mercado Rosarino". Tesina de Licenciatura en Economía, Universidad Nacional de Rosario.
- Grossman, S. J. y J. E. Stiglitz** (1980), "On the Impossibility of Informationally Efficient Market", *American Economic Review*, 70, pag. 393-408.

- Grun-Rehomme, M y D. Ladiray** (1996), “Los ‘efectos calendarios’ en el análisis de las series de tiempo”, *Methodologica*, 4, pag. 83-102.
- Gujarati, D. N.** (1997), “Econometría”. McGraw-Hill.
- Kendall, M. G.** (1964), “The Analysis of Economic Time-Series – Part I: Prices” . En P. H. Cootner (ed.), “The Random Character of Stock Market Prices” (Edición revisada 2000), Risks Books. (Trabajo original publicado en 1953).
- Keynes, J. M.** (1936), “La Teoría General de la Ocupación, el Interés y el Dinero”. Fondo de Cultura Económica. (Edición en castellano 1992).
- Lo, Andrew W.** (2000), Introduction. En P. H. Cootner (ed.), “The Random Character of Stock Market Prices” (Edición revisada 2000), Risks Books.
- Lucas, R. E. Jr.** (1972), “Expectations and the Neutrality of Money”, *Journal of Economic Theory*, 4, pag. 103-124.
- Malkiel, B. G.** (1999), “A Random Walk Down Wall Street”. W. W. Norton & Company.
- Taylor, S. J.** (1994), “Modeling Financial Time Series”. John Wiley & Sons.
- Tomek, W. G. y S. F. Querin** (1984), “Random Processes in Prices and Technical Analysis”. *The Journal of Futures Markets*, 4, pag. 105-110.
- Osborne, M. F. M.** (1964), “Brownian Motion in the Stock Market” . En P. H. Cootner (ed.), “The Random Character of Stock Market Prices” (Edición revisada 2000), Risks Books. (Trabajo original publicado en 1959).
- Wei, William W. S.** (1989), “Time Series Analysis”. Addison-Wesley Publishing Company.
- Williams, John B.** (1938), “The Theory of the Investment Value”. Harvard University Press.
- Working, H.** (1964), “Note on the Correlation of First Differences of Averages in a Random Chain” . En P. H. Cootner (ed.), “The Random Character of Stock Market Prices” (Edición revisada 2000), Risks Books. (Trabajo original publicado en 1960).
- Zulauf, C. R. y S. H. Irwin** (1997), “Market Efficiency and Marketing to Enhance Income of Crop Producers”. OFOR Paper.