



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas
Biblioteca "Alfredo L. Palacios"



Liquidez en el mercado de futuros argentinos: un estudio sobre el rol de los market makers

Marcus, Javier Jonatan

2009

Cita APA: Marcus, J. (2009). Liquidez en el mercado de futuros argentinos:
un estudio sobre el rol de los market makers.

Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires.

Facultad de Ciencias Económicas. Escuela de Estudios de Posgrado

Este documento forma parte de la colección de tesis de posgrado de la Biblioteca Central "Alfredo L. Palacios".
Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

Fuente: Biblioteca Digital de la Facultad de Ciencias Económicas - Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

LIQUIDEZ EN EL MERCADO DE FUTUROS ARGENTINO

UN ESTUDIO SOBRE EL ROL DE LOS MARKET MAKERS

TESIS

Directores: Rodolfo Oviedo y José Luis Juncos

Alumno: Javier Jonatan Marcus

Deseo expresar mi más sincero y profundo agradecimiento a mis tutores de tesis Rodolfo Oviedo y José Luis Juncos. A Rodolfo por sus valiosos consejos y minuciosas revisiones y a José Luis por su incommensurable ayuda, tanto en la búsqueda de información como en el procesamiento de datos y por haber contribuido significativamente a aumentar la coherencia del producto final. Asimismo, agradezco a Valeria Arza, por su ayuda metodológica como conductora del taller de investigación. Por último, quiero extender mi agradecimiento a Gastón Sempere por sus inestimables recomendaciones bibliográficas. Lamentablemente no he hecho todas las modificaciones sugeridas oportunamente, en cambio he agregado temas sin consultar, por lo que la responsabilidad última de este trabajo es sólo mía.

INDICE

INTRODUCCIÓN	4
I. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS y DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO	6
I.1. LIQUIDEZ: Una introducción al problema	6
I.2. CAMBIO REGULATORIO: El rol de los Market Makers	8
II. MARCO TEÓRICO	11
II.1. ESTRUCTURA DEL MERCADO: Una teoría de las instituciones financieras... ..	11
II.2. METODOLOGÍA	15
II.2.1. Determinación de un efecto causal según el origen de los datos	15
II.3. EL MODELO	18
II.3.1. Metodología de estimación y aplicaciones del Propensity Score	18
II.3.2. Modelo para cambios en el precio: Probit ordenado	20
III. ANÁLISIS NUMÉRICO	23
III.1. Nuestra materia prima	23
III.1.1. Ultra high frequency data (UHFD).....	23
III.1.2. La Base de datos	24
III.1.3. Características empíricas de los datos transaccionales.....	24
IV. ESPECIFICACIÓN EMPÍRICA	28
IV.1. De la teoría a la práctica	28
IV.1.1. Los días seleccionados para el análisis	28
IV.1.2. Estimación del probit ordenado.....	29
IV.2. RESULTADOS	31
IV.2.1. Probit ordenado	31
IV.2.2. Respecto de $E(dp)$ y su signo	33
IV.2.3. Aplicación del Test t para la diferencia de medias.....	34
CONCLUSIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37
ANEXO	40

INTRODUCCIÓN

Según Venkataman y Waisburd (2007) un Market Maker difiere de un operador regular en que el Market Maker tiene la obligación de permanecer en el mercado con un bid-ask spread máximo y es compensado por hacer eso mientras que un trader regular provee liquidez pero sólo movido por su búsqueda de ganancias. En el mercado de futuros de dólar del ROFEX operan Market Makers con el objetivo explícito de aumentar la liquidez, entendiendo por liquidez la posibilidad de negociar sin provocar significativas modificaciones en los precios. El objetivo de este trabajo es analizar el problema de la liquidez del mercado de futuros argentino y determinar la influencia real de la participación de Market Makers en el mercado de contratos de futuros de Dólar

Para ello analizaremos la dinámica de los cambios de precios del contrato futuro y sus factores determinantes bajo la metodología de un experimento, utilizando datos de transacciones para días de negociación anteriores y posteriores a la introducción de los Market Makers (en adelante MM). La técnica econométrica aplicada es un probit ordenado con variables a intervalos irregulares de tiempo entre transacciones, y nuestra hipótesis es que los MM han incrementado la liquidez del mercado.

En principio no se podría hablar estrictamente de introducción de MM porque ya existían desde el año 2002, en el que comenzaron las operaciones del mercado de futuros argentino sobre el Dólar BCRA 3500. Sin embargo, a principios de 2005 ROFEX tomó la decisión de cambiar algunas de las reglas del trabajo de sus proveedores de liquidez y denominar a los participantes que suscribieran al nuevo convenio como MM, *con el objetivo reconocido de aumentar la liquidez*. Las conclusiones de este estudio resultarán de utilidad para los actuales y futuros MM, las autoridades regulatorias, ROFEX y otros Mercados latinoamericanos a la hora de analizar las ventajas de instaurar figuras similares, sus posibles modificaciones y los pasos a seguir en este camino de continua innovación financiera.

Este trabajo consta de cuatro secciones. La sección I, en su primer apartado, presenta una revisión bibliográfica del concepto de liquidez en relación a los mercados financieros, como así también de los diversos métodos aplicados para medir la acción de

los MM sobre esta variable. En el segundo apartado se describe el cambio regulatorio sobre la acción de los MM que motivó esta investigación.

La sección II contiene un primer apartado donde describimos el marco teórico del cambio institucional en el sistema financiero que nos permite realizar este trabajo. Allí también se presenta la metodología a utilizar y la descripción de las implicancias que tiene este análisis. Asimismo, se realiza una explicación de los modelos utilizados en el tercer apartado.

En el primer apartado de la sección III mostramos las características de los datos a procesar y la literatura que analiza este tipo de particularidades.

Finalmente, en la sección IV realizamos la especificación empírica y mostramos los resultados en el penúltimo apartado. Por último, se detallan las conclusiones más importantes obtenidas a partir de las evidencias empíricas halladas a lo largo de todo el trabajo.

I. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS y DESCRIPCIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

I.1. LIQUIDEZ: Una introducción al problema

De acuerdo a Andrew Crockett, presidente de JPMorgan Chase International, el concepto de liquidez es más fácil de percibir que de definir. En términos generales se identifica a la *liquidez de mercado* como la capacidad de ajustar riesgos y portafolios con operaciones de mercado sin sufrir una significativa modificación de los precios subyacentes. Este fenómeno puede a su vez ser entendido en varias dimensiones:

- “Profundidad” del mercado, o la habilidad de ejecutar grandes transacciones sin influenciar los precios indebidamente.
- “Amplitud”, o la diferencia entre el precio bid y ask.
- “Inmediatez”, o la velocidad con la que las operaciones pueden ser ejecutadas.
- “Resiliencia”, o la velocidad con la que los precios subyacentes son restaurados luego de una perturbación.

Por otro lado, la principal función de las instituciones de intermediación financiera es precisamente proveer liquidez, emitiendo deuda líquida a cambio de mantener otra menos líquida, al tiempo que utilizan su capital para cubrir el riesgo y proveer aquellos servicios que justifiquen el costo del capital invertido.

Por último, consideraremos la *liquidez de fondeo* como la facilidad con la que se puede obtener valor de los activos, mediante el acceso al crédito o la venta de los mismos. Luego, podemos establecer una analogía entre el sistema capitalista de *instituciones financieras, liquidez de fondeo y liquidez de mercado*, con el sistema circulatorio del cuerpo humano de *corazón, sangre y venas*, respectivamente.

De lo anterior se intuye la gran relevancia del tema dentro de la literatura financiera¹ y, en particular, para analizar las causas que Comerton-Forde et al. (2007) y Brunnermeier y Pedersen (2008) encuentran para que la crisis internacional de los

¹ La liquidez de mercado es el foco de los estudios de **microestructura financiera**: Stoll (1978), Ho y Stoll (1981, 1983), Kyle (1985), Glosten y Milgrom (1985), Grossman y Miller (1988). Está relacionada a los **límites de arbitraje**: DeLong, Shleifer, Summers, y Waldmann (1990), Shleifer y Vishny (1997), Abreu y Brunnermeier (2002); **traders restringidos**: Attari, Mello y Ruckes (2005), Bernardo y Welch (2004), Brunnermeier y Pedersen (2005), Eislefeldt (2004), Morris y Shin (2004), y Weill (2007); **riesgos transaccionales**: Vassilis Polimenis (2005); **costos económicos**: Instefjord (1999); **behavioral finance**: Baker y Stein (2002); **crecimiento potencial**: Levine y Zervos (1998); y **estabilidad económica**: Warsh (2007).

mercados que nació en EE.UU., con el derrumbe de las hipotecas subprime, tenga efectos en todo el mundo.

Economides (1994) argumenta que la liquidez juega un rol fundamental en el funcionamiento de los mercados financieros institucionalizados porque sin la disponibilidad de contrapartes los mercados serían reemplazados por acuerdos informales entre partes. La teoría general de valuación de activos establece que si la liquidez es de relevancia para las preferencias del inversor, entonces deberá ser incluida en el precio del activo, exigiéndose por ende un más alto rendimiento promedio², ante más altos *costos de transacción* y posibles *asimetrías de información*.

Tanto para Dapena (2007) como para Fanelli (2005) la liquidez es una condición necesaria para la profundización financiera del poco desarrollado mercado local. Ambos le adjudican una gran responsabilidad por esta situación a la falta de un desarrollo institucional perdurable en el tiempo.

En todos los grandes mercados financieros del mundo hay diferentes clases de proveedores de liquidez: los agentes regulares que operan por cuenta propia o de terceros, aquellos que a partir de acuerdos con los mercados realizan operaciones con el solo objetivo de generar volumen de transacciones, los especialistas de producto, los hacedores de mercado que constantemente mantienen ofertas de compra y venta sobre un producto, y muchas otras figuras que se generan a partir de combinaciones de las anteriores. La existencia de algunas de estas figuras genera importantes costos para los Mercados, puesto que éstos tienen que dejar de cobrarles tasas de mercado o incluso pagarles comisiones. *Los Mercados toman estos costos porque el descubrimiento de precios sólo es alcanzado en mercados líquidos.*

² Amihud y Mendelson (1986), Brennan y Subrahmanyam (1996), Brennan, Chordia, y Subrahmanyam (1998), Datar, Nail y Radcliffe (1998) y Porter (2003).

I.2. CAMBIO REGULATORIO: El rol de los Market Makers

En los últimos 20 años, en línea con el surgimiento de los futuros financieros en los mercados desarrollados se sucedieron una serie de numerosos e infructuosos intentos de creación de un mercado líquido de futuros financieros en Argentina.

Desde 1991 a 1993, el **Mercado de Valores de Buenos Aires S.A. (MERVAL)** había intentado, sin éxito, la negociación a plazo firme del índice Merval y de tasa de interés. En 1994 lanzó la negociación de futuros y opciones sobre los índices Merval y Barca y sobre tasa de interés Saibor 30. En 1995, se produce un acuerdo entre el MERVAL y el **Chicago Board of Trade (CBOT)** para la creación del **Mercado Argentino de Futuros y Opciones (MAFO)**. La crisis del tequila retrasó su nacimiento y para 1998 el proyecto aún no había visto la luz.

A fines de la década de 1990 el ROFEX crea la División de Derivados Financieros, con la cual daría el puntapié, en el año 2001, para la negociación de futuros financieros en un mercado formal en Argentina, con el listado de futuros sobre bonos globales y sobre títulos de deuda de corto plazo.

Paralelamente, también en 1999, se crea el **Latinamerican Futures Exchange (LAFEX)**, una plaza de futuros con base en Uruguay para la negociación de futuros sobre dólar estadounidense, real, peso chileno y bonos globales 2017, todos con cotización y liquidación en pesos argentinos. Por diversas razones, el proyecto no prosperó.

A mediados de 2001, y como reacción a un pedido que hiciera el entonces Ministro de Economía a los bancos para que armen un mercado de futuros, la Bolsa de Comercio de Buenos Aires anunciaba el establecimiento del **Argentine Futures Exchange (ARFEX)**, sociedad creada en 1998 y que nunca había sido puesta en funcionamiento.

En el año 2002, la salida de la convertibilidad, con sus consiguientes niveles de volatilidad asociados, exigió a los actores económicos definir una nueva estrategia para una mejor administración de riesgos. En el mes de abril, ROFEX obtuvo aprobación de la Comisión Nacional de Valores para comenzar a negociar futuros y opciones sobre índice Dólar y para comienzos de mayo ya se operaban las primeras posiciones de futuros de tipo

de cambio en el sistema de negociación electrónica de la División de Derivados Financieros del ROFEX.

Más tarde, en el mismo año, el Merval lanzaría la operatoria del Índice Dólar (INDOL) y, en Noviembre de 2003, del Dólar Mayorista (DOMAY), experiencias que no lograron un razonable nivel de liquidez de negocios.

En el año 2005, la Bolsa de Comercio de Buenos Aires anuncia el relanzamiento del MERFOX. El proyecto incluía, además de los futuros ganaderos, la incorporación de futuros sobre índice Merval y otras variables financieras. El mercado nunca se puso en marcha.

En muchos de estos intentos, el problema fue la inexistencia de la liquidez necesaria para lanzar un mercado, en otros, la falta de una liquidez posterior que se viera reflejada en bajos costos de spreads fue inexistente.

Desde la creación la División Derivados Financieros de ROFEX se contó con la participación de proveedores de liquidez denominados MM. Inicialmente eran personas físicas que realizaban muchas operaciones en el mercado con el fin de brindar contrapartes a quienes ingresaran al mercado.

El Mercado ha brindado incentivos para lograr la activa participación de los proveedores de liquidez a través de distintos formatos. Inicialmente se les otorgaba un fondo de riesgo para que operen y quien perdía un porcentaje del fondo salía del programa. Luego se determinó un convenio entre el mercado y cada uno de los MM donde se pagaba un monto fijo mensual y como contrapartida los MM operaban un número mínimo de contratos.

A principios de 2005 se observó que el convenio vigente de MM brindaba incentivos difusos:

- Número de contratos: no pagaba más a quien se excediera del mínimo de contratos negociados requerido
- Contratos con distinto vencimiento: no pagaba una prima de riesgo para quien operara posiciones lejanas al valorar cada contrato de la misma manera, relegando así la participación en las posiciones más largas.

- Productos ilíquidos: no había una diferenciación por producto. Al no diferenciar el pago por el producto operado incentivaba a operar en los productos ya líquidos en detrimento de los productos ilíquidos y por ende más riesgosos.
- Contrapartes que pagan tasa: no se sabía si el pago realizado se debía a operaciones contra clientes que se servían de la liquidez brindada o de operaciones realizadas entre MM.

En Marzo de 2005 se puso en marcha un nuevo convenio de market making. Dicho convenio cambió la forma de remuneración de los MM haciendo que esta se conformase por dos pagos; uno fijo atado a una tabla de puntos requeridos y otro variable de acuerdo al número de contratos cuya contraparte no es MM.

El pago fijo se implementó para lograr que los MM operen contratos de posiciones lejanas y productos ilíquidos; se dio mayor valoración a éstos.

El pago variable se incorporó para incentivar un mayor nivel de operatoria que brinde liquidez se instrumentó un pago variable para las operaciones cuyas contrapartes no son MM y por ende pagan tasa, lo que permite al Mercado solventar dicho pago variable.

II. MARCO TEÓRICO

II.1. ESTRUCTURA DEL MERCADO: Una teoría de las instituciones financieras

“National Corn Growers Association recognizes the valuable role all parties play in providing liquidity in a market. Many of our growers have witnessed first hand non-liquid markets. I, personally, have been to a trading session of the Bolsa in Buenos Aires. While it attempts to have the same look and feel of the Board of Trade, this market lacks liquidity, and hence, really doesn’t provide price discovery”

Garry Niemeyer
Commodity Futures Trading Commission.
Agricultural Markets Roundtable
Abril, 2008

El estudio de la microestructura del mercado es el análisis de varias instituciones y reglas que gobiernan el proceso de negociación, clearing y liquidación en un mercado financiero, con el objetivo de llegar a una estructura que maximice la eficiencia de los resultados de precio, liquidez y volatilidad.

Según Robert C. Merton (1995) existen dos perspectivas de análisis de la microestructura financiera. La *visión tradicional*, que toma como fija la estructura existente y estudia los medios en que las políticas públicas pueden ayudar a mejorar la eficiencia y rentabilidad de los actores del mercado. Y la *visión funcional*, que toma como fijas ciertas funciones económicas e indaga cuáles son las mejores estructuras institucionales para llevarlas a cabo. Esta última alternativa, en consonancia con el análisis institucional de Douglas North, descansa sobre dos importantes premisas: (a) las funciones financieras son más estables en el tiempo y a través de distintos países que sus correspondientes instituciones, y (b) la competencia obligará a las estructuras institucionales a evolucionar hacia una mayor eficiencia en el funcionamiento del sistema financiero.

La función primaria de cualquier sistema financiero consiste en facilitar la asignación de recursos bajo un contexto de incertidumbre. A partir de allí, a su vez podemos derivar otras seis funciones:

1. Provisión de un sistema de pagos para el intercambio de bienes y servicios.
2. Provisión de un mecanismo de *pooling* de fondos para llevar a cabo grandes e indivisibles emprendimientos.
3. Provisión de una manera de transferir recursos económicos a través del tiempo, regiones geográficas y sectores de la industria.
4. Provisión de un sistema de manejo de incertidumbre y control de riesgo.

5. Provisión de precios que ayuden a tomar decisiones descentralizadas en distintos sectores de la economía.
6. Provisión de una herramienta para lidiar con problemas de información asimétrica e incentivos.

Debido a diferencias de tamaño, complejidad y acceso a tecnologías, que dan lugar a ciertos *precios relativos*, y características culturales, políticas e históricas, que determinaran ciertas *preferencias*, la más eficiente estructura institucional para satisfacer estas funciones financieras generalmente será distinta entre países y a su vez cambiará a través del tiempo.

Merton también concluye que los intermediarios financieros son los máximos responsables funcionales de testear nuevos productos, puesto que son los más capaces de encontrar un modo de garantizarles a sus clientes el cumplimiento de sus obligaciones contractuales. La innovación financiera en productos y servicios resulta de este modo el principal motor para llevar al sistema financiero hacia su objetivo de mayor eficiencia económica, mediante un aumento de la productividad y *completitud del mercado*³, y una reducción de *costos de transacción*⁴ y *agencia*⁵.

Sin embargo, al igual que North, Merton identifica que no solo dichas organizaciones intervienen en el proceso de cambio institucional, sino también el Estado, como fuerza coercitiva capaz de monitorear los derechos de propiedad y hacer efectivos los contratos a través de un marco legal que otorgue a las estructuras institucionales una mayor capacidad de adaptación frente a los nuevos productos y servicios financieros.

Por lo tanto, el esfuerzo de una sociedad que quiere mejorar sus rendimientos económicos deberá orientarse a reducir la incertidumbre económica, utilizando como herramienta un más profundo y sofisticado desarrollo institucional.

³ Según Williamson (1989), un contrato completo es aquel que especifica con absoluto detalle todas las acciones que las partes contratantes deben realizar desde la firma del contrato en adelante, para cualquier evento futuro posible. Dado que no existen contratos completos, las asignaciones de autoridad (derechos residuales de decisión) son extremadamente importantes.

⁴ Según Coase (1937), el costo de medir los atributos físicos y legales intercambiados, y la posterior garantía de cumplimiento del contrato. En el mismo sentido, podemos preguntarnos ¿Cuántos mercados hay en una economía competitiva? En un mundo Arow-Debreu sin fricciones hay tantos mercados como productos. De acuerdo a Economices (1994) la falta de liquidez puede interpretarse como una fricción que se puede medir como un costo que limita la cantidad de mercados.

⁵ Según Jensen, M.C.; St Meckling, W.H. (1976), equivalente a un descuento por la incertidumbre que genera el grado de imperfección en la medición y garantía de los términos de intercambio.

Los mercados de derivados contribuyen a desarrollar la infraestructura financiera de un país creando enlaces entre los distintos mercados locales y externos, coberturistas y especuladores, haciendo las veces de verdaderos conductos por donde fluyen capitales y precios (información).

Hoy, los mercados de futuros son las instituciones del sistema financiero que satisfacen una serie de funciones económicas estrechamente vinculadas con aquellas seis enunciadas por Merton; a saber:

- Transferencia de riesgos entre los actores de la economía.
- Descubrimiento de precios a través de la negociación centralizada y transparente
- Provisión de liquidez
- Estabilización de precios.

Los distintos instrumentos operados en los mercados de derivados ofrecen diferentes patrones de pago, redistribuyendo y reasignando los riesgos asociados con los flujos de fondo futuros entre distintos participantes. Los procesos de utilización de estos instrumentos derivados para reducir o eliminar riesgo se conocen como cobertura o *hedge*.

A su vez, la negociación en los mercados de futuros da lugar a una de las funciones más vitales de los mismos: la agregación de información distribuida en una multitud de visiones individuales y la formación de precios que sintetizan dicha información atomizada en un único valor, respetado por compradores y vendedores.

Así, la existencia de estos mercados ha posibilitado la absorción de mayores riesgos por parte de la economía, facilitando de ese modo el crecimiento y la eficiencia en cada una de las industrias asociadas. Los usuarios, por su parte, han podido reducir sus niveles de incertidumbre acerca de las condiciones de negocios futuras lo cual permite la expansión del crédito y con ello el aumento de la producción de mercancías. Al mismo tiempo, estos efectos podrían derivar en menores tasas de interés y precios pagados por los consumidores.

En este contexto es que nos preguntamos: **¿Son los MM un instrumento que tiene ROFEX como institución, para hacer más eficiente su microestructura de mercado?** Y luego tomando a la liquidez como medida cuantitativa de eficiencia de la microestructura: **¿Ha resultado en una mayor liquidez la introducción de MM?**

En un mercado líquido los agentes económicos son capaces de comprar y vender con inmediatez una cantidad ilimitada de contratos futuros, a un precio cercano al precio observado. Es decir, un mercado perfectamente líquido es aquel en donde los agentes obtendrían el mismo valor para un contrato:

- independientemente del *momento* en el que se realizó la transacción
- independientemente de la *cantidad* que comercializaron
- independientemente de si *compraron o vendieron*

Consecuentemente, la liquidez será medida respecto a las variables: precio, volumen y tiempo. De lo anterior se deduce que a mayor iliquidez, más lejos estarán los precios de negociación de los “precios justos”, definiendo éstos como los precios a los cuales se pueden liquidar los activos cuando no hay apuro en hacerlo.

Más allá del beneficio de cada empresa, la utilización de mercados líquidos de parte de *operadores* es una fuente de beneficios públicos por medio de las externalidades que éstos generan. Estas externalidades, en general, provienen de las eficiencias productivas que alcanzan los *operadores* al utilizar los mercados con el objeto de intercambiar riqueza en el tiempo, cubrir o distribuir riesgos.

El intercambio de activos menos valiosos de forma inmediata por otros de mayor valor inmediato (y viceversa) por parte de *operadores* que desean mover riqueza en el tiempo genera que ambas partes de la transacción mejoren su posición relativa de riqueza.

La existencia de elevados costos de transacción desalienta este tipo de intercambio. Donde no existen mercados líquidos, la economía se empobrece, pues no se hace posible ni la especialización de la producción a bajo costo ni una correcta y eficiente asignación de los recursos disponibles.

A los beneficios derivados de la especialización se contraponen los costos de una mayor concentración de riesgos para los productores. Los mercados líquidos de coberturas benefician a los productores al permitirles, de una forma económica, reducir los riesgos que enfrentan derivados de su especialización productiva. Cuando esto ocurre, los productores se especializan en aquellos procesos donde son más eficientes generando mejoras sustanciales en los costos de producción que repercuten sobre la sociedad toda.

II.2. METODOLOGÍA

Para saber qué efectos tuvo el cambio regulatorio, el trabajo de evaluación numérica se desarrolla en dos etapas. La primera corresponde a la aplicación de un criterio para la selección de los días que formarán nuestros grupos de control y tratamiento de manera que éstos sean comparables según ciertas características a definir más adelante. La segunda etapa consiste en obtener una estimación de las probabilidades para la distribución del cambio en el precio para cada día seleccionado, luego estimar la esperanza de ese cambio para cada día y finalmente evaluar la respuesta (sensibilidad) de ese valor esperado respecto a distintos niveles de volumen (cantidad de contratos) transado.

II.2.1. Determinación de un efecto causal según el origen de los datos

En esta sección haremos una introducción a técnicas basadas en regresión y en el uso del propensity score para determinar efectos causales.

Es fundamental, para determinar qué procedimiento utilizar para la estimación de este efecto clasificar los datos disponibles según el origen de los mismos. Según cómo fueron recolectados (es decir, según qué diseño se aplicó para obtener los datos) podemos clasificarlos en⁶: de origen experimental, de origen cuasi-experimental, y de origen observacional. Los datos de origen experimental o cuasi-experimental simplifican en gran manera la determinación de un efecto causal debido a que el grupo de individuos que recibió tratamiento (grupo tratado) y el grupo que no recibió tratamiento (grupo de control) quedan determinados por el procedimiento de asignación al tratamiento. Aquí nos concentramos en estos dos casos, dejando el tratamiento de los datos observacionales para la bibliografía.

⁶ Esta clasificación no es única. Según la disciplina en la que se desarrolle la investigación, la clasificación puede variar dado que los diseños pueden ser más ricos dependiendo del objeto de estudio. Por ejemplo, en algunas disciplinas los diseños tipo experimento natural son parte de los diseños cuasi-experimentales. En otros casos son sinónimos. Aquí no hacemos distinción entre experimento natural y cuasi-experimento.

El elemento clave para la evaluación del efecto de un tratamiento es discernir si la asignación al tratamiento⁷ fue realmente exógena. De esta manera nos aseguramos que el impacto sobre la variable de respuesta tiene su origen sólo en la intervención analizada y no en otros factores que pueden afectar la variable de respuesta. En un contexto experimental el analista puede controlar por ciertas características observables de los elementos de la muestra que pueden afectar la variable de respuesta, y de esta manera aislar el efecto de un cambio exógeno generado por el experimento. La determinación del efecto causal en este caso se reduce a una comparación de las medias de la variable de respuesta entre el grupo que recibió tratamiento y el grupo de control, teniendo en cuenta posibles diferencias entre los individuos que pueden también afectar la variable de respuesta. Aplicando MCO a la siguiente ecuación,

$$y = x' \beta + \alpha D + u$$

donde D corresponde a una variable discreta 0-1, denotando observación del grupo de control y del grupo tratado respectivamente. La variable de respuesta observada,

$$y = (1 - D)y_0 + Dy_1$$

donde y_0 es la variable de respuesta cuando no se recibe tratamiento e y_1 es la variable de respuesta cuando sí se recibe tratamiento. Aquí α representa el efecto del tratamiento sobre la variable de respuesta.

Los datos de origen cuasi-experimental surgen en contextos en los que una intervención exógena genera de manera natural los grupos de control y de tratamiento. Los individuos que participan de cada uno de los grupos fueron asignados de manera aleatoria (en el sentido de no haber elegido participar o no en el programa) por una intervención cuyo efecto puede ser cuantificado luego de controlar por las características que pueden determinar distintas reacciones a la intervención.

En este trabajo se analiza el efecto de una intervención exógena que genera de manera natural un grupo de control (días antes de la intervención) y un grupo tratado (días posteriores a la intervención), es así que nuestros datos se generaron en un contexto cuasi-experimental.

⁷ de aquí en más tratamiento, intervención y política serán sinónimos.

Como mencionamos antes, debemos controlar por las características de los individuos (días), de esta manera obtenemos grupos de control y de tratamiento comparables. Para generar estos grupos utilizamos la técnica de matching basada en el propensity score (probabilidad de recibir tratamiento). El propensity score se define,

$$p(x) = P(D = 1|x)$$

En la estimación de esta probabilidad se usan, en general métodos paramétricos, los modelos logit o probit son de uso frecuente. Estimada esta probabilidad podemos obtener una estimación del efecto promedio del tratamiento ATE⁸,

$$ATE = E(y_1 - y_0) = E\left[\frac{yD}{p(x)} - \frac{y(1-D)}{1-p(x)}\right]$$

para hacer operativa la estimación definimos su análogo muestral,

$$ATE = E(y_1 - y_0) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[\frac{y_i D_i}{\hat{p}(x_i)} - \frac{y_i (1 - D_i)}{1 - \hat{p}(x_i)} \right]$$

donde $\hat{p}(x_i)$ corresponde a la estimación del propensity score. Para detalles sobre la derivación de estos resultados, véase Wooldridge (1999).

⁸ Por su sigla en inglés Average Treatment Effect.

II.3. EL MODELO

II.3.1. Metodología de estimación y aplicaciones del Propensity Score

Como comentamos en el apartado anterior, existen variadas formas de estimar el efecto promedio de un tratamiento mediante la probabilidad de recibir tratamiento. Una estrategia útil cuando el grupo que recibe tratamiento contiene una cantidad de observaciones diferente a la del grupo no tratado (grupo de control), es aplicar una correspondencia entre los elementos de ambos grupos. Hay varias posibilidades de hacer esto dependiendo del tamaño de los grupos en cuestión. En nuestro caso la correspondencia será de uno a uno. Una vez definida la correspondencia, un estimador del efecto promedio del tratamiento puede calcularse directamente como el promedio de la diferencia en la variable de respuesta de cada par de observaciones que arroja la correspondencia. Aquí aplicaremos el método de la correspondencia para seleccionar las observaciones que entran en el cálculo de ATE. La fórmula ATE es una suma ponderada (por el propensity score) de las respuestas de los elementos de la muestra. Este procedimiento sólo necesita del supuesto de independencia condicional en la media para ser operativo, supuesto menos restrictivo que el supuesto de independencia condicional⁹

Para la estimación de la probabilidad condicional de recibir tratamiento utilizamos un modelo Logit,

$$p(x) = P(w = 1|x) = \frac{e^{x'\beta}}{1+e^{x'\beta}}$$

Las variables incluidas en el cálculo corresponden al número de transacciones, volatilidad, e interés abierto.

Teniendo la estimación de la probabilidad condicional para cada x_i se realiza la correspondencia entre la observación del grupo tratado i con la del grupo de control j de tal manera que el conjunto, para cada i definido como $A_i(p(x)) = \left\{ p_j \mid \min \|p_i - p_j\| \right\}$, tenga un único elemento, es decir, la correspondencia es uno a uno. Previo al cálculo de PS las

⁹ Véase Wooldridge (1999). Para un tratamiento más actual del tema ATE, véase Angrist y Pischke (2009).

observaciones se ordenan aleatoriamente de manera que si ocurriese que más de una observación cumple esta condición, se tomará la primera de las observaciones que de esta forma es determinada aleatoriamente y por tanto se elimina la posibilidad de una elección arbitraria de la misma. Existen otros procedimientos para evitar la correspondencia múltiple, por ejemplo, se pueden tomar promedios sobre los valores de p definidos sobre intervalos. Por ejemplo, si $p=0.35$ se puede tomar un promedio de $0.30 < p < 0.40$ como correspondencia¹⁰. En nuestro caso nada de esto fue necesario, además los pares que se corresponden en el sentido antes mencionado son eliminados de manera que al repetir el procedimiento ya no pueden volver a elegirse. Ciertamente, es atípico tener más de una coincidencia teniendo en cuenta que casi no hay posibilidades (con regresores continuos no repetidos) de tener probabilidades con diferencias similares dado que tratamos con un continuo de valores posibles en el intervalo 0-1.

Por último, definimos nuestro criterio de soporte común. Definir un soporte común implica restringir el conjunto de observaciones elegibles para la correspondencia.

Mediante la aplicación de un soporte común aseguramos un grado de consistencia mayor en la agrupación de las observaciones por pares que tienen una probabilidad de recibir tratamiento similar. Es decir, las probabilidades de recibir tratamiento de las observaciones del grupo tratado no serán tan diferentes de las del grupo de control. Por ejemplo, si la observación con $D=1$ de mayor PS es, digamos, 0.85 y existen observaciones con $D=0$ superiores a ese valor, digamos 0.95, entonces esas observaciones son descartadas y la correspondencia se define sobre el rango $PS \leq 0.85$. La idea es descartar observaciones con PS cercanos a valores extremos, en especial cuando las observaciones de uno u otro grupo están concentradas en esos valores extremos. Por supuesto, esto reduce nuestras posibilidades de generar coincidencias (aunque sean muy malas), por eso es muy útil tener un grupo de control numeroso y bien distribuido con un grupo tratado reducido en comparación pero también bien distribuido. Nuestra definición de soporte común responde a la siguiente especificación: descartamos observaciones con $D=0$ y $p(x)$ menor que el mínimo para $D=1$, y descartamos observaciones con $D=0$ mayores al máximo $p(x)$ para $D=1$. Es decir, el grupo tratado impone el soporte común.

¹⁰ Para una aplicación, véase Dehejia y Wahba (1999)

II.3.2. Modelo para cambios en el precio: Probit ordenado

Sean $P(t_0), P(t_1), \dots, P(t_n)$ los precios de transacciones observados en tiempos t_0, t_1, \dots, t_n , se definen las variaciones de precio $Z_k \equiv P(t_k) - P(t_{k-1})$ para transacciones k de 1 a n (tiempo lógico) como múltiplos enteros de un *tick*.

Definimos Z_k^* como una variable aleatoria continua no observable cuya media condicionada es una función lineal de variables explicativas X , con un término de error ε_k independiente pero no idénticamente distribuido.

$$Z_k^* = X_k' \beta + \varepsilon_k \quad \text{tq. } E(\varepsilon_k | X_k) = 0, \quad \varepsilon_k \sim N(0, \sigma_k^2)$$

Entenderemos la relación entre la variable continua no observable Z_k^* y la variable discreta del mercado Z_k , de modo que Z_k se moverá en un valor discreto s_j comprendido en el espacio S de Z_k , solo después de que Z_k^* haya superado ciertas vallas, α_j , para cada partición A_j del espacio S^* de Z_k^* , $S^* = \bigcup_{j=1}^m A_j$, con m finito y $A_i \cap A_j = \emptyset$ para $i \neq j$.

$$Z_k = \begin{cases} s_1, & Z_k^* \in A_1 \equiv (-\infty, \alpha_1] \\ s_2, & Z_k^* \in A_2 \equiv (\alpha_1, \alpha_2] \\ \dots & \\ s_m, & Z_k^* \in A_m \equiv (\alpha_{m-1}, \infty) \end{cases}$$

Finalmente, se considerará una más amplia heterocedasticidad, al permitir que σ_k^2 dependa linealmente de otras variables económicas W_k . La dependencia estructural del proceso observado Z_k resultará claramente inducido por aquel de Z_k^* y las definiciones de los A_j .

$$P(Z_k = s_j | Z_{k-1} = s_i) = P(Z_k^* \in A_j | Z_{k-1}^* \in A_i)$$

Consecuentemente, si las variables X_k y W_k son temporalmente independientes, el proceso observado Z_k también lo será. No obstante, a los fines de las inferencias estadísticas de este trabajo sólo requeriremos que los términos ε_k sean condicionalmente independientes, con lo que toda la dependencia serial resultará capturada por las variables

X_k y W_k . Luego, la independencia de los términos ε_k no significará que los procesos Z_k^* resulten independientemente distribuidos, en virtud de que no hemos especificado restricciones sobre la dependencia temporal de las variables X_k o W_k .

La distribución del cambio en el precio observado Z_k , condicionada en las variables que explican la media X_k y la varianza W_k es determinada por los límites de la partición que señalan las vallas y por la distribución del término ε_k . Para una distribución Gaussiana de ε_k , la distribución condicional es:

$$\begin{aligned}
 P(Z_k = s_i | X_k, W_k) &= P(X_k' \beta + \varepsilon_k \in A_i | X_k, W_k) \\
 &= \begin{cases} P(X_k' \beta + \varepsilon_k \leq \alpha_1 | X_k, W_k) & \text{si } i=1 \\ P(\alpha_{i-1} < X_k' \beta + \varepsilon_k \leq \alpha_i | X_k, W_k) & \text{si } 1 < i < m \\ P(\alpha_{m-1} < X_k' \beta + \varepsilon_k | X_k, W_k) & \text{si } i=m \end{cases} \\
 &= \begin{cases} \phi\left(\frac{\alpha_1 - X_k' \beta}{\sigma_k}\right) & \text{si } i=1 \\ \phi\left(\frac{\alpha_i - X_k' \beta}{\sigma_k}\right) - \phi\left(\frac{\alpha_{i-1} - X_k' \beta}{\sigma_k}\right) & \text{si } 1 < i < m \\ 1 - \phi\left(\frac{\alpha_{m-1} - X_k' \beta}{\sigma_k}\right) & \text{si } i=m \end{cases}
 \end{aligned}$$

La probabilidad de cualquier precio observado será determinada según dónde se ubique la esperanza condicional $X_k' \beta$ del precio no observado en relación a las vallas. De hecho, si uno cambia las vallas apropiadamente, el modelo puede ajustarse a cualquier distribución multinomial.

Finalmente, dada la especificación ya presentada, la función de verosimilitud es

$$\Psi(Z|X) = \sum_{k=1}^n \left\{ \begin{array}{l} I_{1k} \cdot \log \varphi \left(\frac{\alpha_1 - X'_k \beta}{\sigma_k} \right) + \sum_{i=2}^{m-1} I_{ik} \cdot \log \left[\varphi \left(\frac{\alpha_i - X'_k \beta}{\sigma_k} \right) - \varphi \left(\frac{\alpha_{i-1} - X'_k \beta}{\sigma_k} \right) \right] + \\ I_{mk} \cdot \log \left[1 - \varphi \left(\frac{\alpha_{m-1} - X'_k \beta}{\sigma_k} \right) \right] \end{array} \right\}$$

Siendo I_{ik} una función indicadora igual a 1 si la realización Z_k es el estado s_i .

III. ANÁLISIS NUMÉRICO

III.1. Nuestra materia prima

En esta sección revisamos el tratamiento de datos transaccionales, describimos la base de datos que poseemos y las modificaciones que realizamos sobre ella para poder realizar este trabajo. Asimismo, mostramos algunas características de los esenciales de la serie.

III.1.1. Ultra high frequency data (UHFD)

Para realizar este trabajo utilizamos datos de alta frecuencia (como los definió el trabajo pionero de Engle (1996)), transacción a transacción.

En los últimos años esta metodología ha sido muy explorada en distintos campos de estudio ya que resulta una muy buena alternativa para tratar el problema de *deformación temporal*. Al modelar la realidad económica, los investigadores determinan estados estacionarios de la misma que evolucionan en un *tiempo lógico*, distinto al *tiempo real*. Es decir, es como si el investigador decidiera representar la realidad con un reloj menos sensible, que solo muestra los cambios que, según sus propios criterios de parsimonia, decide que son relevantes para comprender el fenómeno de estudio. Ahora bien, cuando se trata de los precios del mercado financiero, creemos que de no utilizar UHFD, estaríamos perdiendo información de interés para el grado de análisis que nos hemos establecido como objetivo.

La aplicación de esta nueva metodología sigue al trabajo pionero de José García Montalvo (2003), realizado sobre los contratos de bonos en España. En este caso hay diferencias porque se examinará un mercado de futuros de divisas institucionalizado con contraparte central, con la consiguiente reducción del riesgo que contraen los MM en sus operaciones.

En el pasado ha sido imposible realizar trabajos de este tipo para el mercado argentino porque nunca hubo acceso a buenas fuentes de datos. ROFEX ha desarrollado una nueva tecnología para acceder a los datos transaccionales de su mercado, siendo éste el primer trabajo académico que suscribe a esa base de datos¹¹.

¹¹ ROFEX ha brindado toda la información disponible.

III.1.2. La Base de datos

La base de datos disponible incluye todas las operaciones realizadas en el Mercado, tick by tick entre Enero y Junio de 2005.

A los fines de acotar el error de medición que introduciría en la estimación de la distribución del cambio en el precio el reajuste a las nuevas condiciones vigentes inducida por el cambio regulatorio, se decidió no tener en cuenta el mes de Marzo. La forma de contratación se negoció a principios de marzo y durante el mes consideramos que hubo costos de aprendizaje por parte de los MM y costos de medición para el mercado por lo que desechamos totalmente la utilización de los días de dicho mes.

Para cada transacción se cuenta con el mejor bid, el mejor ask, el precio realizado, la cantidad de contratos, el tiempo en segundos entre la t -ésima operación y la inmediatamente anterior, según el orden en el que fueron registradas las operaciones.

Para conseguir el mejor bid y el mejor ask correspondiente a cada transacción, se tomó el bid-ask inmediatamente anterior a la transacción considerada. Este procedimiento no está exento de dificultades. Es un procedimiento difícil de automatizar, en particular cuando en un mismo segundo existe más de una operación registrada no siempre al mismo precio y los precios bid y ask son revisados dentro de un mismo segundo.

Cuando los precios bid o ask de un trade resultaron iguales a 0 y se registraron en la primera o primeras operaciones, la transacción asociada a esos precios no fue tenida en cuenta. En otro caso se tomó el bid-ask anterior al no reportado.

III.1.3. Características empíricas de los datos transaccionales

En esta sección vamos a comentar algunas de las características señaladas como más frecuentes en la literatura del análisis de datos transaccionales. Es importante hacer este repaso para tener una intuición de los resultados que se pueden esperar al estimar el probit ordenado, además de abrir la puerta a la aplicación de otros modelos diseñados para este tipo de datos.

Algunas de las características señaladas, son:

- Las transacciones se observan a intervalos irregulares. Esta característica es la que más presión ejerce sobre la necesidad de innovación metodológica para trabajar con este tipo de datos. A partir de ésta observación se han desarrollado modelos para explicar los intervalos de tiempo entre transacciones. Intervalos prolongados involucran arribos de nueva información a intervalos prolongados también, de manera que estos modelos pueden ayudar a explicar la distribución intradiaria del cambio en el precio. Intervalos irregulares entre transacciones hacen poco razonable aplicar el supuesto de que las observaciones están idénticamente distribuidas.
- Los cambios en el precio se manifiestan en múltiplos de tick. Un tick es equivalente al cambio mínimo posible en el precio de un activo. En nuestro caso un tick equivale a una milésima de peso.
- Múltiples transacciones dentro de un mismo segundo. El tiempo transcurrido entre transacción y transacción no es uniforme, además de los patrones diarios que se repiten día a día (por ejemplo, se observa una disminución en la frecuencia de transacciones durante la hora de almuerzo en comparación a las horas de cierre y apertura de operaciones), existe una alta concentración de trades dentro de un mismo segundo o en segundos consecutivos.

Para ilustrar estas características utilizamos la serie completa que contiene datos correspondientes al primer semestre de 2005, exceptuando, como ya dijimos, al mes de marzo. Sin embargo, el cambio en el precio del cierre a la apertura del día siguiente no es tomado en cuenta siendo nuestro interés el comportamiento de la distribución intradiaria de las transacciones. De la tabla N°1 surgen las siguientes observaciones:

- existe una gran cantidad de transacciones que no reportan cambio en el precio.
- aproximadamente el 13% de las transacciones implican un cambio en el precio de un tick.
- cambios de más de un tick son relativamente raros, siendo menos de 1.1% la cantidad de trades con variaciones de 2 ticks o más.

Tabla 1: Distribución del cambio en el precio

Numero de ticks	≤ -3	-2	-1	0	1	2	$3 \geq$
Porcentaje	0.08	0.40	6.92	85.40	6.63	0.44	0.13

La tabla que se ofrece a continuación clasifica los movimientos consecutivos de precio en tres categorías, a saber: aumento, sin cambio, y disminución denotados con "+", "-", y "0" respectivamente. Aquí podemos ver cuántos aumentos consecutivos, disminuciones o permanencia sin cambio encontramos en la serie de precio.

Tabla 2: Clasificación de movimientos consecutivos de precio

$(i - 1)$ th trade	<i>ith</i> trade			Total
	+	0	-	
+	110	1233	368	1711
0	1232	17924	1303	20459
-	360	1315	87	1762
Total	1711	20459	1762	23932

Puntos importantes a notar:

- 75% (17924/23932) de las transacciones son sin cambios consecutivos de precio, esto habla no sólo de la poca variabilidad sino de que es una tendencia que se mantiene de transacción a transacción.
- Incrementos o decrementos consecutivos son relativamente raros. Menos del 1% de los cambios en el precio implica incrementos o decrementos consecutivos (110/23932 y 87/23932).
- Aproximadamente el 10% de los cambios en el precio son incrementos o decrementos que se mantienen sin cambios en la próxima transacción (1315/23932 y 1233/23932).

La segunda observación es un claro indicador del efecto rebote entre el precio bid y el precio ask. Es decir, los precios no suben ni bajan de manera constante sino que

tienden a "retornar" después de un aumento o disminución generando una reversión en el precio.

IV. ESPECIFICACIÓN EMPÍRICA

IV.1. De la teoría a la práctica

En esta sección mostramos el proceso de selección de días, la estimación del probit ordenado y describimos los resultados obtenidos con las estimaciones y test.

IV.1.1. Los días seleccionados para el análisis

Como se mencionamos anteriormente, las variables relevantes para la estimación del propensity score corresponden al número de transacciones, volatilidad, e interés abierto para cada día con operaciones. Previo a la estimación, se eliminó la tendencia del interés abierto. Esta tendencia resultó ser bastante lineal, de modo que su estimación se operacionalizó mediante una regresión con una constante y la variable tiempo. Debido a la cantidad de parámetros a estimar con cada serie intradiaria y para evitar que días con cantidad de trades muy por debajo del promedio sean seleccionados, se impuso la condición de excluir aquellos días con una cantidad de observaciones menor a 210.

<i>Grupo tratado</i>	<i>Grupo de control</i>
05/04/2005	07/01/2005
14/04/2005	24/01/2005
06/04/2005	13/01/2005
16/06/2005	20/01/2005
29/06/2005	04/02/2005
17/06/2005	25/01/2005
18/05/2005	02/02/2005
11/04/2005	21/01/2005
09/05/2005	12/01/2005
03/05/2005	16/02/2005
10/05/2005	01/02/2005
21/06/2005	14/02/2005
01/06/2005	15/02/2005
14/06/2005	26/01/2005
23/06/2005	05/01/2005
05/05/2005	04/01/2005

Los gráficos intra-diarios para cada uno de estos días, ubicados al final del anexo, contienen la correspondencia entre el tiempo, medido en segundos desde de la apertura de

la rueda en el eje de ordenadas, y el número de operaciones, medido en el eje de las X. Estos gráficos contienen toda la información sobre la frecuencia con la que se están produciendo cambios en las variables consideradas. De hecho, lo que hacen es medir la deformación del tiempo dado que muestran el número de transacciones acumuladas a cada momento de la rueda. Cuanto mayor es la pendiente menor es la frecuencia de las transacciones

IV.1.2. Estimación del probit ordenado

Para estimar los parámetros del probit ordenado, será necesario establecer:

- El número de vallas
- Las variables explicativas de la media condicional
- Las variables explicativas de la varianza condicional

Considerando que la cantidad de vallas a introducir en el modelo no afecta las propiedades asintóticas de los estimadores, la arbitrariedad de la decisión dependerá del trade-off especificidad vs. Parsimonia que resulte de mayor interés.

En relación a las variables explicativas, Montalvo (2003) propone las siguientes:

Media condicional:

- dt - Tiempo transcurrido entre dos transacciones.
- L1BAI, L2BAI, L3BAI – Retardos del indicador de transacción iniciada por comprador o vendedor (BAI).
- L1dp, L2dp, L3dp - Retardos del cambio en el precio (dp).
- L1VBAI, L2VBAI, L3VBAI – Retardos del volumen negociado en interacción con el tipo de operación, sea a precio comprador o vendedor (VBAI¹²).

La ecuación para la media condicional queda expresada como,

¹² Este regresor se define como $BAI * \ln(\text{Volumen})$. En Hausmann et al.(1992) se aplica la transformación de Box-Cox sobre el volumen, el ln es un caso particular de dicha transformación que resultó ser razonable y nos evitó tener que incluir un coeficiente más en la estimación.

$$X'_k \beta = dt_k \beta_1 + dp_{k-1} \beta_2 + dp_{k-2} \beta_3 + dp_{k-3} \beta_4 + BAI_{k-1} \beta_5 + BAI_{k-2} \beta_6 + BAI_{k-3} \beta_7 + \dots \\ \dots + VBAI_{k-1} \beta_8 + VBAI_{k-2} \beta_9 + VBAI_{k-3} \beta_{10}$$

Varianza condicional:

- dp - Tiempo transcurrido entre dos transacciones
- L1BA – Retardo del Bid-Ask Spread.

La ecuación para la varianza condicional queda expresada como¹³,

$$\sigma_k^2 = \sigma^2 e^{(dt_k \delta_1 + BA_{k-1} \delta_2)^2} \quad 14$$

La especificación es resultado de numerosos ensayos con estas y otras variables que se consideren relevantes al problema.

¹³ Aquí nos apartamos de Hausman et al. (1992). De esta manera ganamos en el tiempo de convergencia del modelo (necesitamos menos iteraciones), evitamos que la varianza se vuelva negativa y, lo más importante, los coeficientes se tornaron significativos para esta especificación y no para la especificación lineal.

¹⁴ El parámetro σ^2 es normalizado ($\sigma^2 = 1$) dado que no está identificado.

IV.2. RESULTADOS

IV.2.1. Probit ordenado

Es importante para nuestro propósito detenernos a examinar el resultado del probit ordenado para toda la serie. Resulta interesante notar la similitud en los resultados entre esta estimación y la presentada en Hausmann et al (1992). Teniendo en cuenta que aplicamos este mismo modelo pero para comparaciones entre días, a diferencia de la aplicación que hace Hausmann, en donde se comparan las estimaciones para las series de distintos stocks, resulta útil resaltar este punto de coincidencia entre nuestros resultados y los descritos por el autor. Obedeciendo a características atípicas que pueden tener ciertos días y muy especialmente por razones de disponibilidad de observaciones (todo esto implicará estimaciones pobres en cuando a la significancia de los parámetros en particular, no así para los parámetros en conjunto), es que nuestro argumento respecto de lo representativo de nuestros resultados para el modelo aplicado a los días seleccionados se basará en la congruencia que presenten estos resultados con los obtenidos para toda la serie. Es por ello que se postula como de suma importancia tener en claro qué nos dicen los resultados para toda la serie y luego extender esa interpretación a la estimación resultante de los días seleccionados.

De los resultados presentados en el Anexo (Tabla 3) para toda la serie observamos:

- Los coeficientes de cambio en el precio para todos sus lags son negativos y los primeros dos significativos al 1%. Este resultado es congruente con lo obtenido en Hausmann. El signo negativo de estos coeficientes implica tendencia a reversión en el precio. Por ejemplo, tres transacciones consecutivas con aumento del precio en un tick inducen un efecto negativo en el cambio en el precio entre t y $t-1$. Este efecto es igual a la suma de los tres coeficientes de $L1dp$, $L2dp$, y $L3dp$.
- Los coeficientes para los lags de BAI se espera que sean negativos y así lo son para los dos primeros lags. La intuición es que si BAI en $t-1$ indica que la transacción fue a precio ask ($L1BAI=1$), entonces se espera que por el efecto rebote del precio bid al precio ask y viceversa la transacción en t sea

a precio bid. Esto indicaría que $dp < 0$. Por supuesto, esto también implicaría que el bid-ask spread se mantiene bastante estable a través del tiempo.

- Los coeficientes para los lags de VBAI se espera que sean positivos. La intuición es que VBAI mide el impacto de la cantidad de contratos de una transacción sobre el precio. En este caso el coeficiente de LIVBAI indicaría el impacto de la cantidad de contratos para una transacción en t-1 sobre el cambio en el precio entre t y t-1, además se incluye el efecto que puede tener en el precio el hecho de que esa transacción haya sido a precio bid o ask. Si LIVBAI es positivo y el coeficiente asociado también, implicaría que una transacción a precio ask por un determinado volumen impactaría positivamente en el precio (porque había alguien con necesidad de comprar). Es decir, esta variable mide el impacto en el precio de lo deseoso que estén las partes por comprar o vender.

En el Anexo se presentan los resultados del mismo modelo aplicado a los días seleccionados (Tablas 4 y 5).

Puede observarse que los coeficientes raramente son significativos pero este resultado no debe sorprendernos. La cantidad de observaciones disponibles para cada día es realmente muy baja para un modelo como este. El número de parámetros y el hecho de ser un modelo que se estima por máxima verosimilitud¹⁵ hacen evidente el inconveniente que implica obtener estimaciones razonablemente precisas. Sin embargo, el estadístico Chi2 que mide la significancia global sí es significativo (salvo para 02/02/2005 con P-value=0.14, y 07/01/2005 con P-value=0.09. El día 13/01/2005 es significativo al 5% mientras el resto lo es al 1%). Apoyándonos en esta observación y en observaciones sobre la similitud entre las estimaciones para los días seleccionados y las obtenidas para toda la serie, podemos afirmar que en general los signos son los esperados.

Asimismo es relevante advertir que:

¹⁵ Las propiedades de la estimación por máxima verosimilitud son bien conocidas para muestras grandes. El método no garantiza buenos resultados en muestras pequeñas.

- Para los días en los que el coeficiente de L1dp es positivo podemos notar que alguno de sus lags sí es negativo. Igual es el caso para el coeficiente de L1BAI.
- Para los días en los que el coeficiente de L1VBAI es negativo podemos notar, sin embargo, que alguno de sus lags sí es positivo. Tenemos un día en el grupo de control y dos en el grupo tratado.

IV.2.2. Respecto de E(dp) y su signo

Luego de haber obtenido los resultados del probit ordenado para cada uno de los días seleccionados se procedió a calcular las probabilidades $P(Z_k = s_i | X_k, W_k)$. Los regresores se fijaron en los siguientes valores:

- dt: media del día correspondiente.
- Rezagos de dp: se evalúan dos secuencias 1/1/1 y 0/0/0.
- Rezagos de BAI: se evalúan en la secuencia 1/1/1.
- Primer rezago de VBAI: se evalúan distintos niveles de volumen, 10, 50, 100 y 200.
- Segundo y tercer rezago de VBAI: se evalúan en la mediana del volumen del día correspondiente.
- Rezago del Bid-Ask Spread: se evalúa en la media del día correspondiente.

Obtenidas las probabilidades se calcularon las esperanzas de dp,

$$E(dp) = s_1 P(Z_k = s_1 | X_k, W_k) + s_2 P(Z_k = s_2 | X_k, W_k) + \dots + s_m P(Z_k = s_m | X_k, W_k)$$

Dónde s_i corresponde a los posibles cambios en el precio medido en ticks (para algunos días -2, -1, 0, 1, 2, en otros casos la variación es menor -1, 0, 1).

En el Anexo (Tablas 6, 7, 8 y 9) se muestran los resultados para las esperanzas de dp. En Hausman se da la intuición de porqué el signo de E(dp) es en general negativo. El signo estaría reflejando la alta probabilidad de que la próxima transacción sea a precio bid. La idea es que si las últimas 3 transacciones fueron a precio ask es muy probable que la

próxima sea a precio bid por el efecto rebote del precio ask al precio bid. Notemos que cuando evaluamos la secuencia 0/0/0 hay más días con $E(dp)$ positiva. La idea es que al no haber variaciones en el precio en las últimas tres transacciones van a tener mayor peso los coeficientes de VBAI, dando más peso a cambios positivos de precio.

Para terminar, notamos que para ciertos días el efecto de un incremento en el volumen sobre $E(dp)$ no es aumentar más el precio en t (o sea que $E(dp)$ se acerque a cero, o que $E(dp)$ sea menos negativa). Estos días tienen un signo contrario al esperado en L1VBAI, o sea que a mayor valor de L1VBAI la $E(dp)$ disminuye en lugar de aumentar.

IV.2.3. Aplicación del Test t para la diferencia de medias

Este procedimiento consiste en comparar el promedio de $E(dp)$ y $\Delta E(dp)$ entre los días tratados y los días de control, en cada secuencia de precios y niveles de L1VBAI. La hipótesis nula es que la diferencia de medias es cero, es decir que el tratamiento no impactó significativamente sobre $E(dp)$ ni $\Delta E(dp)$.

No obstante, este no es el procedimiento adecuado para la comparación. Recordemos que nuestra medida del efecto del tratamiento era la diferencia de medias ponderada por la probabilidad de recibir tratamiento (propensity score), de manera que este mismo test debe aplicarse a esas medias ponderadas, en cuyo caso se obtiene:

Tabla 10: Test t para la diferencia de medias ponderadas $H_0 = 0$
 $E(dp)$

Secuencia	1/1/1				0/0/0			
Volumen	10	50	100	200	10	50	100	200
P value	0.635	0.815	0.887	0.954	0.501	0.631	0.179	0.041

De este resultado surge que la diferencia de los promedios ponderados no es significativa (al 1%) en ninguno de los casos para las secuencias de precios y volúmenes considerados.

Para conocer la dirección del efecto de la intervención (relevante en caso de ser significativo este efecto) reportamos la estimación del ATE:

Tabla 11: Estimación del ATE

Secuencia	Volumen	ATE
1/1/1	10	0.1353
	50	0.0650
	100	0.0394
	200	0.0157
0/0/0	10	0.0333
	50	-0.0138
	100	-0.0343
	200	-0.0562

Esto nos muestra que en promedio el valor esperado del cambio en el precio es mayor para los días que recibieron tratamiento (el ATE es positivo) que para los días de control. Debido a que las $E(dp)$ son en general negativas y los promedios (ponderados) también, resulta que un ATE positivo implica que el promedio de $E(dp)$ está más cerca de cero para los días que recibieron tratamiento que para los días de control. Sin embargo, en la secuencia 1/1/1 a mayor volumen menor es la diferencia de los promedios ponderados, indicando que para transacciones con mayor cantidad de contratos la esperanza del cambio en el precio es similar en ambos grupos de días. De la Tabla 10 surge que en todos los casos no se puede rechazar la hipótesis nula, lo que estaría indicando que la regulación implementada no sólo no afectó el cambio promedio en los precios (para cada secuencia de precio y niveles de volumen estudiados) sino que la sensibilidad de la esperanza del cambio en el precio se ha mantenido en los mismos niveles que los obtenidos previo a la intervención. Esto es, no ha habido una ganancia en términos de liquidez. En promedio el valor esperado del cambio en el precio antes y después de la regulación se ha mantenido para cada uno de los niveles de volumen estudiado. Por otro lado las estimaciones puntuales del ATE en la secuencia de precios 1/1/1 parecen sugerir que en contratos pequeños la diferencia de medias es mayor, disminuyendo con el incremento en la cantidad de contratos transados. Esto se podría explicar por el tamaño de las empresas que realizan actividades de MM. Dado que son empresas chicas, aportan más liquidez en operaciones cuyo volumen es pequeño y casi no pueden operar en operaciones de gran tamaño.

CONCLUSIONES

Las conclusiones de este estudio resultarán de utilidad para los actuales y futuros MM, las autoridades regulatorias, ROFEX y otros Mercados latinoamericanos a la hora de analizar las ventajas de instaurar figuras similares, sus posibles modificaciones y los pasos a seguir en este camino de continua innovación financiera

Creímos, a partir de nuestro conocimiento del mercado, que la liquidez ha aumentado desde la introducción del convenio de MM. Nuestra intención fue determinar la medida cuantitativa de este aumento, y para ello es que prestamos especial atención al desarrollo de una medida de liquidez que nos permitiera comprender más acabadamente este fenómeno.

El principal resultado obtenido señala que la liquidez del mercado no ha aumentado después de la introducción de los MM. Por tanto, si se considera que la principal función de los MM es aumentar la liquidez del mercado este objetivo no ha sido obtenido según los resultados de la estimación. Son varios los motivos que explicarían este hallazgo. En primer lugar podría suceder que en tres meses los MM no hayan obtenido la experiencia suficiente en su labor. Para contrastar esta hipótesis sería necesario contar con datos para fechas posteriores a las utilizadas en este trabajo. Asimismo, dada la escasa variabilidad de los datos analizados se podría argumentar que el mercado ya era lo suficientemente líquido antes de la introducción de los MM.

En el análisis del mercado podríamos ir incluso más allá. Levine y Zerbos (1998) encuentran que la liquidez está positiva y fuertemente correlacionada con el crecimiento actual y futuro de las economías. Pero esta última relación excede el alcance de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abreu, D., and Brunnermeier, M.K. (2002). Synchronization Risk and Delayed Arbitrage, *Journal of Financial Economics*, 66(2-3), 341-360.
- Amihud, Y. and Mendelson, H. (1989). The Effects of Beta, Bid-Ask Spread, Residual Risk and Size on Stock Returns, *Journal of Finance*, 44(2), 479-486.
- Angrist, J. D. and Pischke, J. S. (2008). *Mostly Harmless Econometrics. An Empiricist's Companion*. Princeton University Press.
- Attari, M., Mello, A. S. and Ruckes, M. E. (2005). Arbitraging Arbitrageurs, *Journal of Finance*, 60, 2471-2511.
- Baker, M. and Stein, J. (2002). Market Liquidity as a Sentiment Indicator. Retrieved September 21, 2008, from EconLit database.
- Bernardo, A. E. and Welch, I. (2004). Liquidity and Financial Markets Run, *Quarterly Journal of Economics*, 119(1), 135-158.
- Brennan, M., & Subrahmanyam, A. (1996). Market Microstructure and Asset Pricing: On the Compensation for Illiquidity in Stock Returns. *Journal of Financial Economics*, 41(3), 441-464. Retrieved October 17, 2008, from EconLit database.
- Brennan, M., Chordia, T., & Subrahmanyam, A. (1998). Alternative Factor Specifications, Security Characteristics, and the Cross-Section of Expected Stock Returns. *Journal of Financial Economics*, 49(3), 345-373. Retrieved October 17, 2008, from EconLit database.
- Brunnermeier, M. K. and Pedersen, L. H. (2005) Predatory Trading, *Journal of Finance*, 60(4), 1825-1863.
- Brunnermeier, M., & Pedersen, L. (2007). Market Liquidity and Funding Liquidity. Retrieved October 16, 2008, from EconLit database.
- Coase, R H. (1993) The nature of the firm: Origin. In *The nature of the firm: Origins, evolution, and development*, edited by O. E. Williamson and S. G. Winter. New York: Oxford University Press.
- Comerton-Forde, C., Hendershott, T. and Jones, C. (2007). Market Maker Revenues and Stock Market Liquidity.
- Crockett, A. (2007). Market Liquidity and Financial Stability (Financial Stability Review – Special issue on liquidity, No. 11, Banque de France, 2008).
- Dapena, J. P. (2007). Rol del Mercado de Capitales en el Crecimiento de la Economía: Literatura y Evidencia para Argentina.
- DeLong, J. B., Shleifer, A., Summers, L. H. and Waldmann, R. J. (1990). Noise Trader Risk in Financial Markets, *Journal of Political Economy*, 98(4), 703-738.
- Economides, N. (1994). How to Enhance Market Liquidity (Conference on Global Equity Markets: Technological, Competitive and Regulatory Challenges, 1993)
- Eisfeldt, A. (2004). Endogenous Liquidity in Asset Markets, *Journal of Finance*, 59(1), 1-30.

- Engle, R. (1996): The econometrics of ultra high frequency data, NBER Working Paper 5816.
- Fanelli, J. M. (2005). Domestic Financial Architecture, Macro Volatility and Institutions: The Argentine Case, Centro de Estudios de Estado y Sociedad.
- Glosten, L. R. and Milgrom, P. R. (1985). Bid, Ask and Transaction Prices in a Specialist Market with Heterogeneously Informed Traders, *Journal of Financial Economics*, 14, 71-100.
- Grossman, S. J. and Miller, M. H. (1988). Liquidity and Market Structure, *Journal of Finance*, 43(3), 617-633.
- Hausman, J., Lo, A. and Craig MacKinlay, A. (1991). An Ordered Probit Analysis of Transaction Stock Prices. Working Paper No. 3888, National Bureau of Economic Research
- Ho, T. S. Y. and Stoll, H. R. (1981). Optimal Dealer Pricing Under Transactions and Return Uncertainty, *Journal of Financial Economics*, 9, 47-73.
- (1983). The Dynamics of Dealer Markets under Competition, *Journal of Finance*, 38(4), 1053-1074.
- Instefjord, N. (1999). A Simple Model of Market Liquidity. *Economics Letters*, 64(3), 329-337. Retrieved September 21, 2008, from EconLit database.
- Jensen, M.C.; St Meckling, W.H. (1976). Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics*. Vol.3.
- Kyle, A. S. (1985). Continuous Auctions and Insider Trading, *Econometrica*, 53, 1315-1335.
- Levine, R. and Zervos, S. (1998). Stock Markets, Banks and Economic Growth. *The American Economic Review*, Vol. 88, No. 3 (Jun., 1998), pp. 537-558. Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/116848>
- Marcus, J. Origen y performance del mercado de futuros de divisas de Rofex. Un análisis institucional. *Lecturas 9*. 1ra Edición. Bolsa de Comercio de Rosario.
- Morris, S. and Shin, H. (2004). Liquidity Black Holes, *Review of Finance*, 8(1), 1-18.
- Merton, R. and Zvi, B. (1995). A conceptual framework for analyzing the financial environment. In: "The Global financial system: a functional perspective", chapter 1, pages 3-32. Harvard Business School Books, 1995.
- Merton, R. (1995). A functional perspective of financial intermediation. *Financial Management*, Vol. 24, No. 2, pages 23-41.
- Montalvo, J. (1998). Liquidez y Market Makers en el Mercado de Futuros: Un Análisis con Datos de Muy Alta Frecuencia. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas.
- Polimenis, V. (2005). A Realistic Model of Market Liquidity and Depth. *Journal of Futures Markets*, 25(5), 443-464. Retrieved September 21, 2008, from EconLit database.
- Porter, R. (2003). Measuring Market Liquidity.
- Rosenbaum, P. and Rubin, D. (1985). Constructing a Control Group Using Multivariate Matched Sampling Methods That Incorporate the Propensity Score. *The American Statistician*, Vol. 39, No. 1 (Feb., 1985), pp. 33-38. Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2683903>

- Rubin, D. and Thomas, N. (1992). Characterizing the Effect of Matching Using Linear Propensity Score Methods with Normal Distributions. *Biometrika*, Vol. 79, No. 4, pp. 797-809. Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/2337235>
- Shleifer, A. and Vishny, R. W. (1992). Liquidation Values and Debt Capacity: A Market Equilibrium Approach, *Journal of Finance*, 47(4), 1343-1366.
- (1997). The Limits of Arbitrage, *Journal of Finance*, 52(1), 35-55.
- Stoll, H. R. (1978). The Supply of Dealer Services in Securities Markets, *Journal of Finance*, 33(4), 1133-1151.
- Venkataman, K and Waisburd, A (2007). The value of a designated Market Maker, *Journal of financial and quantitative analysis*. Vol 42. No 3, pp735-758
- Warsh, K. (2007). Market Liquidity: Definitions and Implications. *Economic and Financial Review*, 14(2), 63-74. Retrieved September 21, 2008, from EconLit database.
- Weill, P.-O. (2007). *Leaning Against the Wind*, *Review of Economic Studies* (forthcoming).
- Williamson, Oliver. (1999) "Las instituciones económicas del capitalismo" Primera edición en español. Fondo de Cultura Económica. México
- Wooldridge, J.M. (1999), "Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data", The MIT Press.

ANEXO

Tabla 3: Resultado del probit ordenado para toda la serie

Variable	Coefficiente (Error Std.)
Esperanza de dp	
dt	0.00007 (0.00008)
L1dp	-0.50759** (0.03131)
L2dp	-0.10928** (0.03149)
L3dp	-0.02903 (0.02886)
L1BAI	-0.28201** (0.04222)
L2BAI	-0.02051 (0.04303)
L3BAI	0.05268 (0.04285)
L1VBAI	0.05160** (0.01105)
L2VBAI	0.01197 (0.01131)
L3VBAI	-0.01128 (0.01126)
Varianza	
dt	0.00080** (0.00003)
L1BA	0.13068** (0.00961)
Puntos de corte	
α_1	-5.69078** (0.26230)
α_2	-5.08351** (0.17326)
α_3	-3.92626** (0.08705)
α_4	-1.92113** (0.02835)
α_5	1.97291** (0.02901)
α_6	3.84693** (0.08052)
α_7	4.94786** (0.15284)
α_8	5.36044** (0.18962)
N	23076
Log-likelihood	-11550.854
$\chi^2_{(12)}$	2227.01599
Niveles de significancia : † : 10% * : 5% ** : 1%	

Table 5: Bias and group trends

	01/06/2005	03/06/2005	05/01/2005	05/05/2005	09/09/2005	10/10/2005	11/01/2005	14/04/2005	14/06/2005	16/06/2005	17/06/2005	18/05/2005	21/09/2005	23/05/2005	29/06/2005	
δ	0.0001	0.00035	-0.00033	0.00012	0.00073	0.00013	0.00057	0.0009	0.0022	-0.00034	0.00076	-0.00037	-0.00135	0.00016	0.00199	-0.00113
	-0.07	-0.14	-1.32	-0.04	-0.73	-0.14	-0.42	-0.49	-1.22	-0.21	-0.37	-0.8	-0.36	-0.57	-1.7	-1.06
L1dp	-1.57984	0.13782	-1.30016	-1.51319	-0.45082	-1.76434	-0.50132	-2.09887	-0.99006	-0.55139	-0.4080	-1.14445	-0.95131	-0.57727	-0.82835	-1.09452
	-1.37	-0.14	(2.81)**	-1.11	-1.43	(2.95)**	-1.7	(2.41)*	(2.03)*	-1.55	-0.88	(2.35)*	(2.01)*	-1.46	(2.47)*	(2.47)*
L2dp	-1.01964	0.10017	-0.782	-1.27224	-0.395	-0.14458	-0.87888	-0.50939	-0.35852	-0.35788	-1.44217	-0.25219	-0.47031	-0.34017	-0.13059	0.29658
	-1.24	-0.14	-1.9	-0.95	-0.49	-0.25	-2.89	-0.41	-0.82	-0.86	(3.14)**	-0.52	-0.99	-0.82	-0.45	-0.6
L3dp	-0.62632	-0.10095	-0.69966	1.51298	0.35852	0.07915	-0.23001	-1.33722	-0.30995	-0.4084	-0.47617	0.07219	-0.44331	-0.48737	-0.69456	-0.50738
	-0.97	-0.14	-1.35	-0.14	-1.19	-0.15	-0.82	(1.97)*	-0.75	-1.14	-1.2	-0.18	-1.07	-1.33	(2.19)*	-1.11
L1BAI	-0.28034	-0.29274	-0.43455	-0.39084	-0.02917	-1.32039	-1.49061	-0.83786	0.07755	0.02765	-0.46489	-1.17097	-0.09275	-0.7002	0.81172	0.32816
	-0.31	-0.14	-0.8	-0.35	-1.24	(2.00)*	(2.22)*	-1.05	-0.14	-0.65	-0.98	-1.72	-0.09	-1.65	-0.97	-0.57
L2BAI	-0.17124	0.11331	-0.88866	0.26724	-0.58961	-0.39827	-0.65727	-0.29192	-0.39678	0.03992	0.18299	0.17534	-0.75361	0.43252	-0.39622	-1.19642
	-0.30	-0.14	-1.01	-0.19	-1.15	-0.63	-1.14	-0.4	-0.48	-0.06	-0.38	-0.35	-1.32	-0.77	-1.86*	-0.53
L3BAI	0.00009	-0.12274	0.10229	0.33861	0.03385	0.17259	-0.61792	0.13086	-0.57058	0.3114	0.04792	-0.46481	0.06078	-0.26134	0.32956	-0.13849
	-0.01	-0.14	-0.2	-0.29	-0.11	-0.27	-1.2	-0.21	-1.02	-0.61	-0.62	-0.7	-1.23	-1.06	-0.68	-0.39
L1VBAI	0.07	0.00472	0.00498	0.11491	0.03747	0.54197	0.26431	0.11736	-0.07439	-0.06543	0.07623	0.22573	-0.00615	0.13943	-0.03897	-0.06741
	-0.44	-0.14	-0.45	-0.31	-0.32	-1.81	-3.89	-0.58	-0.54	-0.32	-0.77	-1.57	-0.04	-1.34	-0.53	-0.53
L2VBAI	0.07395	-0.06339	0.27424	-0.04923	0.18532	-0.00382	0.197	0.06891	0.12561	-0.03682	0.00386	-0.07897	0.12741	-0.13338	0.13759	0.15392
	-0.46	-0.14	-1.81	-0.14	-1.49	-0.02	-1.27	-0.44	-0.88	-0.27	-0.65	-0.52	-0.83	-1.36	-1.17	-1.17
L3VBAI	-0.04701	0.02528	-0.03939	-0.28136	0.03934	-0.02901	0.16329	-0.0063	0.10816	0.00139	-0.05463	0.10658	-0.11972	0.19131	-0.11039	0.07292
	-0.31	-0.14	-0.28	-0.63	-0.33	-0.13	-1.11	-0.35	-0.78	-0.01	-0.49	-0.73	-0.76	-1.68	-0.61	-0.61
Signacola	0.00193	0.002	0.00261	0.00177	0.00077	0.00068	0.00146	0.00136	0.002	0.00229	0.00325	0.00093	0.00148	0.00018	0.0014	0.0014
	(3.85)**	(3.61)**	(4.29)**	(3.80)**	(2.16)*	(2.26)**	(2.63)**	(2.67)**	(3.57)**	(3.85)**	(3.27)**	(3.27)**	(2.80)**	(3.78)**	(3.56)**	(3.87)**
Signacola DA	0.1093	-1.88734	-0.02011	0.00992	0.27776	0.22766	0.14784	0.04592	0.07739	0.05451	0.03109	0.23844	0.2287	0.0367	0.00176	0.03776
	-0.18	-0.27	-0.12	(2.90)**	(2.40)**	-1.49	-1.27	(2.01)*	-0.28	-0.51	-0.21	-1.68	-0.28	-0.36	-0.31	-0.23
α_1	-2.50567	-0.30652	-2.00041	-2.79811	-3.90339	-5.83634	-2.01735	-2.90974	-2.5246	-27.2349	-2.18442	-3.4708	-2.12944	-2.42358	-1.79162	-4.64279
	-1.6	-0.14	(3.94)**	(3.40)**	(5.12)**	(2.83)**	(4.27)**	(3.53)**	(3.28)**	(3.50)**	(5.30)**	(3.20)**	(3.50)**	(3.20)**	(4.12)**	(3.26)**
α_2	2.8017	0.40099	2.30016	2.50329	-2.4006	-2.83856	2.51135	4.07392	2.30979	-1.80834	-2.4286	-2.31117	-2.47413	2.634	1.70955	-2.2587
	-1.56	-0.14	(4.11)**	(3.27)**	(3.29)**	(3.90)**	(4.17)**	(3.51)**	(3.10)**	(2.18442)	(3.30)**	(4.32)**	(4.32)**	(3.65)**	(4.27)**	(4.34)**
α_3																2.2638
																(4.52)**
																(4.52)**
																3.57274
																(4.22)**
Observations	7261	300	282	391	317	226	311	361	236	314	330	335	261	346	314	222
Log likelihood	-79.83	-61.94	-101.96	-62.76	-140.95	-88.15	-90.39	-107.82	-92.36	-98.51	-105.62	-114.71	-106.18	-103.03	-98.01	-84.99
LR Chi2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Estimate in parentheses

Tabela 6: Esperanças de vida de control

Volume	01/02/2005	02/02/2005	04/01/2005	04/02/2005	05/01/2005	07/01/2005	13/01/2005	12/01/2005	14/02/2005	15/02/2005	16/02/2005	20/01/2005	21/01/2005	24/01/2005	25/01/2005	26/01/2005
10	0.19422	-0.23771	-0.00288	-0.12702	0.00273	-0.15246	-0.25701	-0.21227	-0.02742	-0.09527	-1.01810	-0.20024	-0.19240	-0.54027	-0.22424	-0.21276
50	0.02700	-0.21622	0.01510	-0.12245	0.02271	-0.18412	-0.12922	-0.12924	-0.02715	-0.09539	-0.22740	-0.12516	-0.07783	-0.52062	-0.15124	-0.23027
100	-0.04724	0.04102	0.01278	0.01252	0.00197	0.09122	0.06712	0.07722	0.00036	0.02422	0.12710	0.12772	0.11422	0.54027	0.03124	0.02202
200	0.02584	-0.19491	0.02226	-0.12772	0.02286	-0.15495	-0.12524	-0.10227	-0.02184	-0.09222	-0.22902	-0.11614	-0.02240	-0.52242	-0.12266	-0.23047
$\Delta E(D)$	0.03100	-0.12227	0.02748	-0.12210	0.02441	-0.12626	-0.22260	-0.27085	-0.02082	-0.09142	-0.27221	-0.07227	-0.00221	-0.56226	-0.21022	-0.22712
$\Delta E(D)$	-0.02222	0.02222	0.02222	0.02482	0.00286	0.15840	0.12241	0.14242	0.00247	0.00259	0.24220	0.22247	0.12920	0.27421	0.09422	0.02521

Tabela 7: Experimentos diários realizados

Experimento	Voltagem	01/05/2005	02/05/2005	03/04/2005	05/05/2005	06/04/2005	08/05/2005	10/05/2005	11/04/2005	14/04/2005	14/05/2005	16/05/2005	17/06/2005	19/05/2005	21/05/2005	22/05/2005	23/05/2005	24/05/2005
10	E(d)	-0,23812	-0,01908	-0,21719	-0,14242	-0,01437	-0,58982	-0,55189	-0,22429	-0,27484	-0,13738	-0,58472	-0,48078	-0,27705	-0,29792	-0,20124	-0,23704	-0,29982
30	E(d)	-0,698492	0,00202	-0,69246	-0,13234	-0,00610	-0,44117	0,15205	0,01802	-0,20739	-0,16028	-0,60040	-0,29057	-0,27965	-0,29442	-0,20124	-0,29982	-0,29982
100	$\Delta E(d)$	0,02814	0,02212	0,02972	0,01717	0,00927	0,15205	0,15085	0,01802	-0,02295	-0,02921	0,00824	0,10032	-0,00280	0,06129	-0,00158	-0,02252	-0,29410
100	E(d)	-0,63700	0,01224	-0,67371	-0,11917	-0,00221	-0,27779	-0,40621	-0,72947	-0,21644	-0,17121	-0,58156	-0,24628	-0,22072	-0,20101	-0,27915	-0,27410	-0,24716
200	$\Delta E(d)$	0,04312	0,02124	0,04147	0,02415	0,01225	0,02212	0,17484	0,02922	-0,04670	-0,02922	0,02217	0,14081	-0,00772	0,02807	-0,11921	-0,04716	-0,27910
200	E(d)	-0,67279	0,04615	-0,69276	-0,11352	-0,00127	-0,27199	-0,44248	-0,77210	-0,22921	-0,13711	-0,57647	-0,21085	-0,20190	-0,17921	-0,27915	-0,27910	-0,27910
	$\Delta E(d)$	0,05522	0,04525	0,03442	0,02922	0,01502	0,02192	0,21925	0,03200	-0,06122	-0,04412	0,06225	0,17624	-0,10425	0,11162	-0,15220	-0,06220	-0,06220

Tabela 8 - Estatísticas dos indicadores

Quantidade	Volume	01/06/2005	02/06/2005	03/06/2005	04/06/2005	05/06/2005	06/06/2005	07/06/2005	08/06/2005	09/06/2005	10/06/2005	11/06/2005	12/06/2005	13/06/2005	14/06/2005	15/06/2005	16/06/2005	17/06/2005	18/06/2005	19/06/2005	20/06/2005	21/06/2005	22/06/2005	23/06/2005	24/06/2005	25/06/2005	26/06/2005	27/06/2005	28/06/2005	29/06/2005		
10	E(D)	0,00242	-0,03142	-0,14478	-0,03033	-0,03253	-0,03253	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	-0,13252	
50	E(D)	0,01680	-0,01125	-0,12062	-0,04079	-0,01429	-0,01429	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	-0,07292	
100	E(D)	0,01236	0,04402	0,13412	0,00846	0,00862	0,00862	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396	0,07396
100	E(D)	0,01246	-0,00127	-0,12469	-0,02894	-0,01118	-0,01118	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646	-0,04646
100	E(D)	0,01904	0,03206	0,12007	0,01221	0,01222	0,01222	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813	0,18813
100	E(D)	0,00221	0,00581	-0,11022	-0,02221	-0,00750	-0,00750	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154	-0,03154
	ΔE(D)	0,00499	0,06104	0,03392	0,01704	0,01602	0,01602	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104	0,12104































