# Arbitraje Estadístico de Futuros en ROFEX

Bruno Ruyú

## Introducción al Arbitraje

El arbitraje es un tipo de operación especulativa que se con información acerca de precios relativos. La idea subyacente es comprar instrumentos que parezcan relativamente baratos y vender otros que parezcan relativamente caros. La ganancia se obtiene cuando los precios convergen de manera que sus compran se aprecian respecto a sus ventas.

Llamamos *factor fundamental de valuación* a una variable de la cual depende la valuación de un instrumento. Cuando dos instrumentos tienen los mismos factores fundamentales de valuación, se dice que los instrumentos son similares. Típicos factores fundamentales de valuación son las variables macroeconómicas como la tasa de interés, el GDP, la tasa de desempleo y la inflación; variables industriales como salarios, nivel de ventas, condiciones de competitividad e introducción de productos novedosos; variables físicas como el clima, pestes agrícolas y actividad solar; variables políticas como elecciones, cambios en la legislación e intervenciones militares; variables sociales como tasa de crímenes y demostraciones de descontento social.

Para realizar un arbitrajeexitoso es necesario estimar las diferencias relativas en los precios de manera precisa, aunque en rigor no es importante si los instrumentos están correctamente valuados. Solo interesa la relación entre los instrumentos que se compran y se venden, ya que, al comprar y vender simultáneamente instrumentos similares, quedan protegidos ante movimientos por factores comunes a ambos.

Para realizar estas valuaciones relativas, se utilizan diversos métodos a saber: métodos estadísticos para caracterizar la relación entre los precios de los instrumentos, modelos económicos para caracterizar como los precios dependen de los factores fundamentales comunes; modelos psicológicos para tratar de predecir cómo y cuándo los traders van a asignar precios relativos incorrectos entre dos instrumentos. Teniendo en cuenta el análisis necesario para detectar las divergencias en las relaciones de precios, dentro de la teoría de la microestructura de mercados, los agentes que realizan arbitrajes (*arbitrageurs*) son considerados traders informados que proveen liquidez, mueven liquidez y generan productos financieros.

Los instrumentos que se operan durante un arbitraje tienen que ser instrumentos cuyos precios están correlacionados. Una oportunidad de arbitraje aparece cuando la relación entre dichos precios diverge de la relación normal. En ese caso, al comprar el instrumento cuyo precio relativo es más bajo y al vender el instrumento cuyo precio relativo es más caro, la estrategia será exitosa si los precios convergen a su relación normal.

La diferencia en los precios de los instrumentos en el portafolio de arbitraje se conoce como *basis*. El *fair value* del basis es el basis que resultaría si todos los instrumentos estuvieran correctamente valuados relativamente entre ellos. El spread de arbitraje es la diferencia entre el basis real y el fair value del basis.

En resumen, los arbitrageurs van a operar cuando el spread es suficientemente grande como para compensar los costos de la operación y los costos de *carry* de cada instrumento (cuando corresponda). La delimitación de los valores del spread que justifican la operación está definida por las bandas de arbitraje, y son los valores a cada lado del fair value, tales que una vez superados se realiza la operación.

Como se mencionó, los portafolios de arbitraje suelen ser menos riesgosos que los instrumentos que los componen, ya que al tener sus precios correlacionados y estar en posiciones opuestas, los cambios en los factores fundamentales se cancelan en gran medida. El riesgo del portafolio de arbitraje más importante es el *basis risk*, y representa el riesgo residual asociado al valor intrínseco de cada instrumento individualmente, es decir, el riesgo asociado a factores característicos que no pueden ser neutralizados perfectamente mediante combinación de otros instrumentos. De todas maneras, un portafolio de arbitraje lo suficientemente diversificado puede reducir de manera importante el basis risk.

Tipos de Arbitraje

Los arbitrajes pueden clasificarse en dos grandes grupos según la naturaleza que origina el basis risk. Los arbitrajes puros involucran instrumentos para los que el portafolio de arbitraje sigue estrictamente una reversión a la media, mientras que los arbitrajes especulativos (también conocidos como arbitrajes de riesgo) involucran instrumentos para los que el valor del portafolio es no estacionario. En este trabajo nos vamos a enfocar en el segundo tipo.

Una variable es no estacionaria cuando varía en el tiempo sin regresar a ningún valor particular. Es decir, no sigue un comportamiento de regresión a un valor medio (por ejemplo, un proceso browniano). Los valores esperados para la variable en el futuro dependerán del mecanismo que genera su comportamiento.

El arbitraje especulativo involucra entonces un portafolio cuyo valor es no estacionario, pero que durante un período corto de tiempo se espera que muestre un comportamiento de regresión a la media. La no estacionalidad está dada por las valuaciones específicas de cada instrumento que resultan en los procesos brownianos, mientras que la regresión a la media puede estar dada por valuaciones inconsistentes en los factores comunes de los instrumentos del portafolio, o por valuaciones erróneas en algún factor específico de alguno de los instrumentos. Cualquiera de estos dos errores va a producir un regreso a la media que es el que se busca explotar en la estrategia. El arbitraje especulativo entonces tiene un riesgo asociado ya que como el portafolio no converge a ningún valor en el largo plazo, y por lo tanto, la operación debe ser realizada cuando se tiene alguna certeza de que esta regresión a la media de corto plazo dominará sobre los procesos no estacionarios.

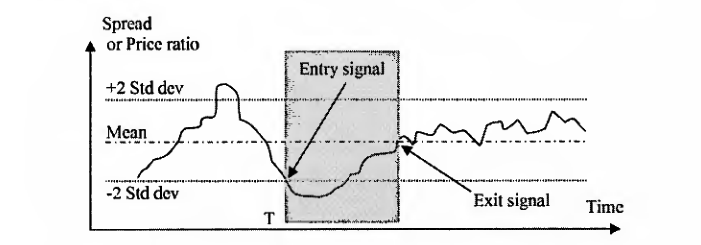
Dentro de los arbitrajes especulativos podemos encontrar la siguiente clasificación: Spreads, Pairs Trading, Arbitraje estadístico y Arbitraje de Riesgos.

El foco de este trabajo estará en Pairs Trading. En Pairs Trading se trata de identificar un par de instrumentos cuyos precios relativos permitan detectar a uno barato y a otro caro, para justamente vender el caro y comprar el barato. Si la divergencia de los precios se dio porque sus valores fundamentales no están valuados consistentemente o porque se priceó incorrectamente a los factores específicos de alguno de los dos, entonces la estrategia será exitosa ya que entonces los precios convergerán a su relación correcta.

Esta divergencia puede darse cuando los compradores informados hacen crecer el bid de uno de los instrumentos o cuando vendedores desinformados hacen caer el offer del otro. También puede suceder cuando el precio de uno de los activos cambia en respuesta a un cambio en uno de los factores comunes de valuación, pero el precio del otro activo aún no cambió.

La estrategia se puede implementar tomando como señal de compra y venta a la diferencia entre los precios de los activos o al cociente de los precios. Para la señal elegida se calcula el el valor medio () y la desviación standard () en una ventana temporal anterior a las operaciones. Luego, se define una banda de arbitraje 2\*M\* centrada en . Es decir, las posiciones se van a abrir cuando la diferencia entre los precios medios (o el cociente) quede por encima de +M o por debajo de -M\*. Este factor multiplicativo M es un parámetro que depende de la dinámica de reversión a la media ejercida por los activos particulares y deberá calibrarse en cada caso. Finalmente, la posición se cierra cuando la diferencia de los precios (o el cociente) regresa al valor medio .

En la Figura 1 se muestra un ejemplo para M=2.



## Estrategia y Metodología

La estrategia seleccionada fue Pairs Trading con futuros de Merval en ROFEX. Con la hipótesis de que los futuros del mismo subyacente, pero con distinta madurez de contrato, deberían encontrarse correlacionados, se definió una estrategia de Pairs Trading para los instrumentos I.MERVDic16 y I.MERVMar17.

Las fechas durante las cuales cotizaron simultáneamente ambos instrumentos fueron del 03/10/2016 al 29/12/2016. Se obtuvo la información de todas las variaciones de precio (bid y ask) para estos instrumentos, esto dio lugar a un total de 153.800 cotizaciones para cada uno. En aquellos momentos que no existía un precio se completó con el último precio cotizado.

Se tomó como señal la diferencia de los precios medios (entre el bid y el ask) de cada activo y se obtuvo su valor medio y su sigma para una ventana de una cierta fracción del tiempo total donde ambos activos cotizaron en simultáneo. Por ejemplo, de la totalidad del período de cotización, se utiliza el primer tercio para obtener los parámetros y luego se dejan los restantes 2/3 para ejecutar la estrategia. Se hicieron sensibilidades sobre la longitud de esta ventana.

Como se dijo, la estrategia utiliza la diferencia entre los valores medios de cada activo, pero obviamente, las operaciones de compra y venta se realizaron utilizando los precios ask y bid correspondientes, con un costo de transacción fijo de 0,08 USD y una comisión proporcional del 0,1%.

## Resultados

Los resultados obtenidos en pesos de la estrategia se muestran en la siguiente tabla, en función de dos parámetros explorados: el multiplicador (M) y la cantidad de contratos (n).

La ventana de estimación de  y  para este caso fue de 1/3 del tiempo total.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **Multiplicador de Sigma (M)** | | | | | | | |
| **# Contratos (n)** | **1,0** | **1,5** | **2,0** | **2,5** | **3,0** | **3,5** | **4,5** | **5,0** |
| **1** | -$31.594 | -$24.748 | -$14.732 | -$11.411 | -$7.629 | -$7.361 | -$2.289 | -$2.847 |
| **2** | -$62.765 | -$49.185 | -$29.258 | -$22.652 | -$15.142 | -$14.627 | -$4.541 | -$5.663 |
| **5** | -$156.278 | -$122.496 | -$72.835 | -$56.377 | -$37.681 | -$36.425 | -$11.298 | -$14.109 |
| **10** | -$312.134 | -$244.680 | -$145.464 | -$112.584 | -$75.246 | -$72.756 | -$22.559 | -$28.186 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **# Operaciones** | 79 | 58 | 38 | 31 | 21 | 17 | 7 | 6 |
| **Promedio por operación (n=1)** | -400 | -427 | -388 | -368 | -363 | -433 | -327 | -475 |

Table 1- Resultados con Ventana de 1/3. Costo por operación de USD 0.08 y comisión del 0.1%

Lo primero que se observa es que ninguna estrategia es ganadora y que la cantidad de contratos no juega un rol demasiado importante, y se conserva una relación aproximadamente lineal; que no es perfecta por la incidencia de los costos fijos. Por ende, para los análisis posteriores, se considera solamente el caso con n=1.

Analizando trade a trade, se observó que la razón por la cual se encontró que las estrategias no logran capturar una ganancia es la amplitud en el spread entre bid y ask. Por ejemplo, tomando el caso que se daba una señal de compra del futuro a Diciembre y de venta del futuro a Marzo, la lógica indica que el precio promedio del de Diciembre está por debajo de lo esperado para el precio dado del de Marzo. Ahora bien, la clave está en que se comparan los precios promedios entre bid y ask. Entonces, siguiendo el ejmplo, lo que se observó al analizar los trades es que la señal de compra del futuro de Diciembre se daba porque el precio promedio bajaba, pero en realidad lo único que bajaba era el bid, mientras que el ask se quedaba en el mismo nivel. Por lo tanto, la compra se realizaba a un precio que en realidad no se había movido. Esto se genera por la falta de liquidez de los instrumentos, que tienen como resultado este aumento en el bid-ask spread que no es en general compensado hasta que la punta que se movió vuelve a su valor anterior.

De todas maneras, este efecto podría compensarse aumentando la banda de arbitraje, es decir aumentando el M que multiplica a s. Sin embargo, como se observa, cuando se incrementa demasiado, llega a un momento donde ya no se realizan operaciones.

La evolución del resultado en el tiempo que se ilustra en la figura 1 donde se observa lo mencionado acerca de los picos donde una de las puntas (bid en verde y ask en amarillo) tiene un salto muy grande que dispara una operación que resulta en una pérdida. Existen algunas pocas operaciones donde se obtiene una ganancia, pero no llegan a compensar las pérdidas.

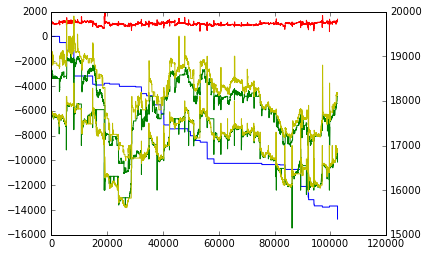


Figura 1 - Evolución de la cuenta de resultados (azul), y de los precios bid (verde) y ask (amarillo) de los dos futuros de Merval. En este caso la ventana de estimación fue de 1/3 y M=2, n=1. La comisión es de 0.1%

Sensibilidades a realizar: Limitar la operación si el Spread Bid-Ask supera un cierto valor.

Para evaluar el efecto de las comisiones, se llevó al extremo de costo de transacción y comisión nulas. A pesar de esto, la estrategia sigue generando resultado negativo. Para el caso de n=1 y M=2 con una ventana de estimación de 1/3 el resultado se grafica en la figura 2, donde al final el saldo es -$11.807 (que se compara con los -$14.732 cuando hay costos no nulos). Es decir, la dinámica no resulta en pérdidas por los costos, sino por el efecto de los picos en las puntas.

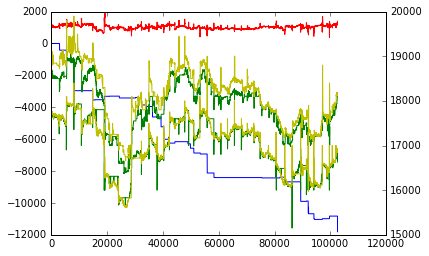


Figura 2 - Evolución de la cuenta de resultados (azul), y de los precios bid (verde) y ask (amarillo) de los dos futuros de Merval. En este caso la ventana de estimación fue de 1/3 y M=2, n=1. El costo es $0 y la comisión es de 0%

Otra variable que se estudió fue el tamaño de la ventana de estimación. En los ejemplos anteriores, la misma se tomaba como 1/3 del tiempo total donde ambos instrumentos cotizan. Para entender si este tiempo podría jugar algún rol de relevancia, se estudió el resultado para diversos valores. En la Tabla 2 se muestran los resultados, donde a mayor ventana de estimación, menor ventana de operaciones, con lo que menor cantidad de Operaciones posibles. Para el caso donde la ventana de estimación de 5/6 del total del tiempo, la pérdida que se genera en cada operación es menor, y tiene que ver con que el rango donde se puede operar es más pequeño. Esto quiere decir que la diferencia entre los precios de ambos instrumentos no es algo que debe permanecer constante, ya que se tratan de instrumentos futuros con distinta madurez, y por ende la tasa de interés juega un rol en dicha diferencia de precios. Para un modelo más sofisticado, podría tenerse en cuenta esta variable a la hora de definir el valor medio de la diferencia entre los precios y ajustarlo.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ventana de Estimación** | **Resultado (M=2, n=1)** | **Cantidad de Operaciones** | **Resultado por Operación** |
| **1/6** | -$30.166 | 74 | -$408 |
| **1/4** | -$22.929 | 55 | -$417 |
| **1/3** | -$14.732 | 38 | -$388 |
| **1/2** | $9.810 | 27 | $363 |
| **2/3** | -$6.474 | 19 | -$341 |
| **5/6** | -$5.062 | 18 | -$281 |

Table 2 - Resultados en función del tamaño de la Ventana. M=2, n=1. Costo USD 0.08 y comisión 0.1%

Por último, ante el descubrimiento que el bid-ask spread es el responsable de las pérdidas incurridas en la estrategia, se ajustó el modelo para que sólo abra posiciones si el bid-ask spread de los instrumentos se encuentra debajo de una cota. En la tabla 3 se muestra que al limitar la apertura de las posiciones tiene el efecto de ir mejorando el resultado por operación, pero sin embargo no se llega a lograr resultados positivos.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Cota en el Spread** | **Resultado (M=2, n=1)** | **Cantidad de Operaciones** | **Resultado por Operación** |
| **2000** | -$14.731 | 38 | -$388 |
| **1000** | -$14.039 | 37 | -$379 |
| **500** | -$13.684 | 36 | -$380 |
| **300** | -$10.566 | 31 | -$341 |
| **200** | -$8.897 | 26 | -$342 |
| **100** | -$6.684 | 22 | -$304 |

Table 3 - Resultados limitando las operaciones por el Bid-Ask Spread

## Conclusiones

Se evaluó una estrategia de arbitraje por “pairs trading” con dos futuros de Merval que cotizan en Rofex, obteniéndose que no se pudo encontrar una configuración de los parámetros que hagan rentable la misma. Las suposiciones detrás de la estrategia suponen un mercado donde hay suficiente liquidez para poder operar al precio de pantalla en cada momento, sin embargo, esto es algo que no necesariamente tiene lugar para estos instrumentos. Más aún se encontró que entre las causas que hacen que las estrategias no sean exitosas se encuentra justamente un bid-ask spread muy grande producto de la falta liquidez. Ante este problema se trató de limitar la apertura de posiciones para cuando dicho spread era menor a una cierta cota, pero si bien el efecto se mitigó parcialmente, se continuó teniendo estrategias que generan pérdidas.

Incluso, al probar con un caso teórico donde no existen costos de operación ni comisiones, los resultados no son positivos.

Para continuar con este estudio, sería necesario buscar otros instrumentos donde haya mayor volumen de operación, y deberían tenerse en cuenta dos factores importantes que aquí fueron obviados. El primero es la limitación real de operar solamente cuando hay una contraparte dispuesta a hacerlo (durante estas evaluaciones se supuso que siempre podía operarse). El segundo es la construcción de un modelo más sofisticado para el valor medio de la diferencia de los precios. Aquí se fijó el valor medio obtenido en la ventana de estimación y se mantuvo para todo el rango, sin embargo, dicho valor debería ajustarse por los cambios posteriores en la valuación relativa de los instrumentos. Para este ejemplo, al tratarse de dos futuros sobre el mismo subyacente con distinta madurez, la tasa de interés debería incorporarse para ajustar el valor medio de la diferencia.