

# icade núm. 105 [Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales]

## Pairs trading, cómo gestionar una anomalía del mercado Pairs Trading, How to Manage a Market's Anomaly

---

**M.<sup>a</sup> LUISA MAZO FAJARDO**

*Directora de análisis. Bankinter Securities (marisamazo@yahoo.es)*

**M.<sup>a</sup> ESTHER VAQUERO LAFUENTE**

*Universidad Pontificia Comillas (evaquero@icade.comillas.edu)*

---

### Sumario:

- I. Introducción
- II. Una anomalía de los mercados financieros: «pairs trading»
  - 1. Estrategia de «pairs trading»: concepto
  - 2. La estrategia de «pairs trading» en la literatura financiera
- III. Los principales modelos de «pairs trading»
  - 1. Método de la distancia
  - 2. Método de la cointegración
- IV. «Pairs trading» en la práctica: revisión de aplicaciones empíricas
  - 1. Método de la distancia
  - 2. Método de la cointegración
- V. Fuentes de rentabilidad de la estrategia
- VI. Conclusión
- Bibliografía

**Resumen:** Este artículo profundiza en el marco teórico y empírico de la estrategia *pairs trading*. Dicha estrategia muestra que el mercado no es eficiente ya que se puede batir al mercado. En este artículo se hará una revisión del modelo teórico que conforma esta estrategia, para luego pasar a estudiar las dos principales técnicas que utiliza: método de la distancia y la cointegración. Por último, se hace una reflexión sobre qué fundamenta que se obtenga una rentabilidad superior a la del mercado, vinculándolo con las finanzas conductuales (*behavioral finance*).

**Palabras Clave:** *Pairs trading*; distancia; cointegración; rentabilidad.

**Abstract:** This paper deeply analyses the theoretical and empirical framework of pairs trading strategy. Such strategy reports that the market is not efficient since it can be beaten. A review of the theoretical model underlying the strategy is shown; afterwards the two main techniques used are explained: the distance method and cointegration. Finally, there is a reflexion concerning the fundamentals of achieving a greater return than market return. Such reflexion is linked to behavioral finance.

**Keywords:** Pairs trading; distance; cointegration; return.

**Fecha de recepción:** 27/08/2018

**Fecha de aceptación:** 21/10/2018

## I. INTRODUCCIÓN

En este artículo se hará una revisión bibliográfica tanto de los distintos modelos que sustentan el *pairs trading* como de estudios empíricos basados en los mismos. Si bien, hay una amplia bibliografía sobre este tema, no se han encontrado artículos que sintetizen el estado de la cuestión de esta estrategia tan intuitiva y, aparentemente simple, que permite en muchos casos obtener una rentabilidad superior a la del mercado.

Parte del proceso de gestión de una cartera de valores, consiste en seleccionar los mejores valores considerando las características propias de dicha cartera para lo cual se define la estrategia de selección de dichos valores.

La elección de una u otra estrategia de selección de valores proviene de hasta qué punto el gestor cree o no en la hipótesis de eficiencia de los mercados (Fama, 1965). De ahí que la gestión de carteras se divida principalmente en dos grandes ramas, (i) la gestión pasiva que parte de considerar que los mercados son eficientes y, por tanto, no se pueden batir, y (ii) la gestión activa que asume que hay ineficiencias en los mercados y el buen gestor se beneficiará de las mismas de manera que podrá obtener una rentabilidad superior a la del mercado.

Dentro de esta segunda rama, nos encontramos con la estrategia conocida como *pairs trading*. Esa estrategia, basada en el arbitraje estadístico, tiene como objetivo encontrar pares de activos financieros cuyas cotizaciones se mueven paralelamente en el largo plazo, de manera que cuando hay una divergencia, el gestor pueda aprovecharse de la misma, ya que se supone que habrá una posterior corrección, así considerando la relación entre los precios de los dos activos, se vende el activo cuyo precio sube y se compra el activo cuyo precio baja (Gatev, Goetzmann y Rouwenhorst, 2006). Como se puede deducir fácilmente, en esta estrategia no se busca determinar el precio de ningún activo, sino averiguar si hay pares de valores cuyos precios guarden una relación estable en el largo plazo, es decir, esta estrategia se basa en precios relativos.

El origen del uso de esta estrategia se atribuye a Nunzio Tartaglia en la década de los años 80. Si bien, hay autores (Thorp, 2005) que Gerald Bamberger, matemático que trabajaba en la entidad financiera Morgan Stanley, fue quien la «inventó» en 1985. No obstante, nos podemos retrotraer a la primera mitad del siglo XX, momento en el que el reputado *trader* Jesse Livermore usó, entre sus diferentes técnicas de selección de valores, una que se centraba en seguir pares de valores y aprovecharse de las desviaciones que surgieran entre sus precios relativos (Smitten, 2005). La principal diferencia con la actual estrategia *pairs trading* radica en la sofisticación estadística usada en la actualidad.

Esta estrategia se puede utilizar con cualquier tipo de activo financiero; además de aplicaciones a acciones americanas (Gatev, Goetzman y Rouwenhorst, 1999), cabe destacar la aplicación de esta estrategia a bonos, ETF y materias primas (Broel-Plater y Nisar, 2010).

Las principales características de esta estrategia son que se trata de una estrategia de inversión neutral y que es de arbitraje estadístico (valor relativo). Como indica Ehrman, (2006, p. 2): «*Pairs trading*: estrategia de inversión no direccional y de valor relativo, que busca identificar dos compañías con características similares cuyas acciones estén actualmente cotizando con una relación entre sus precios que está fuera de su valor histórico. Esta estrategia de inversión implica la compra de la acción infravalorada y la venta de la acción sobrevalorada, manteniendo, por tanto, la neutralidad de mercado».

Por estrategia de inversión neutral se entiende que es una estrategia en la que el beneficio obtenido es independiente del movimiento que tenga lugar en el mercado. Puesto que se compran y venden a la vez activos financieros de una determinada clase, se neutraliza el riesgo de dicha clase de activos, de esta manera lo único que permanece es el riesgo idiosincrático del emisor (Jacobs y Levy, 2005).

## II. UNA ANOMALÍA DE LOS MERCADOS FINANCIEROS: «PAIRS TRADING»

La hipótesis de los mercados eficientes (Samuelson, 1965; Fama, 1965, 1970) es uno de los pilares de las finanzas modernas (Bernstein, 2007). Se entiende que un mercado es eficiente «cuando los precios se ajustan a la nueva información sin retraso y, en consecuencia, no existen oportunidades de arbitraje que permitan a los inversores obtener retornos superiores a la media sin asumir riesgos también mayores que la media» (Malkiel, 2005, p. 1).

En otras palabras, un mercado es eficiente si el precio del activo refleja toda la información pasada, así como las expectativas que hay sobre dicho activo y mercado. Por tanto, la cotización es «una buena estimación del valor intrínseco de la acción» (Fama, 1965, p. 56). De ahí que los cambios en los precios de las acciones estén determinados por la llegada de nueva información al mercado, considerando que dicha información se transmitirá a la cotización y reflejará inmediatamente en la misma.

Partiendo del tipo de información que se refleja en los precios, Fama (1970) establece tres tipos de hipótesis: débil, semi-fuerte y fuerte. Así, un mercado con eficiencia débil, refleja solamente información sobre datos pasados de las cotizaciones; un mercado con eficiencia semi-fuerte, también refleja la información pública sobre la empresa; por último, la eficiencia fuerte, además, refleja información no pública.

Se ha observado que los mercados no siempre son eficientes y, por tanto, surgen oportunidades de arbitraje que un buen gestor puede aprovechar para batir al mercado diseñando adecuadas estrategias de inversión. Estas oportunidades son lo que se conoce como anomalías de los mercados financieros, cuando un resultado empírico parece «inconsistente con las teorías existentes sobre el comportamiento de los precios de los activos... Indicando bien ineficiencia de los mercados (y, por tanto, existencia de oportunidades de beneficios) o inadecuación del modelo de los precios de los activos» (Schwert, 2003, p. 940).

A la luz de la teoría de los mercados eficientes, la estrategia de *pairs trading* es una anomalía de los mismos ya que simplemente usando las cotizaciones pasadas de los activos y sin considerar ningún otro tipo de información adicional sobre los mismos se pueden obtener rendimientos superiores a la rentabilidad ajustada al riesgo, esto es, batir al mercado.

### 1. ESTRATEGIA DE «PAIRS TRADING»: CONCEPTO

Como se ha dicho, el *pairs trading* es una anomalía de los mercados, si bien algunos estudios la consideran una anomalía en sí misma (Jacobs, 2014), otros la han encuadrado dentro de las anomalías derivadas de la violación de la ley del precio único (Gatev et al., 2006), o dentro de las estrategias contrarias o de reversión a la media (Herlemont, 2004).

La ley del precio único establece que, si dos acciones con un mismo riesgo presentan los mismos

retornos, deben tener el mismo precio, ya que no de no ser así, cabe la posibilidad de realizar arbitraje. En el caso que nos ocupa, la estrategia de *pairs trading* se basa en que se mantiene una relación constante entre los precios de los pares, de manera que una divergencia en dicha relación, supone una violación de la ley del precio único (Gatev et al., 2006).

No obstante, algunos autores (Burton y Shah, 2013) argumentan que solo en el caso en el que los activos considerados en esta estrategia fueran idénticos y no fungibles, se podría decir que existe tal anomalía.

Respecto al grupo de estrategias contrarias o de reversión a la media, se supone que las cotizaciones suelen revertir, volver, a una determinada senda. Esto es, si la cotización sube más de lo esperado, habrá una corrección en el mercado y bajará el precio. Si bien, a largo plazo se observa que hay una reversión a la media y tiene sentido usar una estrategia contraria, en el corto plazo las estrategias *momentum* ofrecen retornos positivos<sup>4)</sup> (Asnees, Moskowitz y Pedersen, 2013; Balvers y Wu, 2006).

Concretamente, la estrategia *pairs trading* se basa en que la relación entre los precios de los dos activos revertirá a la media.

## 2. LA ESTRATEGIA DE «PAIRS TRADING» EN LA LITERATURA FINANCIERA

Esta estrategia es la anomalía de los mercados financieros que ha sido menos estudiada y, por tanto, la que permite una investigación más profunda (Chng, 2009; Jacobs y Weber, 2015). Concretamente, la investigación se divide en tres grandes ramas:

- i) Estudios sobre los modelos matemáticos y estadísticos que se usan en la implantación de la estrategia.
- ii) Estudios en los que se aplican diferentes modelos a diferentes mercados. Cabe destacar que el modelo más usado es el de la distancia, probablemente debido a su sencillez.
- iii) Estudios que intentan explicar esta anomalía.

Con independencia de la metodología, la secuencia de seis pasos a seguir para implantar esta estrategia es la que a continuación se indica, radicando las diferencias en las técnicas e hipótesis asumidas en cada fase.

- i) En primer lugar, hay que seleccionar los pares de activos. De cara a realizar una correcta selección, se debe decir que no hay un marco teórico definido, si bien hay dos enfoques principales: el fundamental y el estadístico.

De acuerdo al enfoque fundamental, la selección de pares de valores se debe basar en activos que tengan los mismos factores de riesgo, por ejemplo, eligiendo acciones de empresas del mismo sector.

Respecto al estadístico, lo que pretende es determinar el paralelismo en la evolución del precio de los activos, o co-movimiento. Se trata del enfoque más usado en los estudios empíricos. Las medidas que más se han usado en la literatura dentro del *pairs trading* son: (a) correlación de los retornos; (b) tests para comprobar si hay cointegración entre las series de cotizaciones (test de Dickey-Fuller aumentado o Engle-Granger principalmente); (c) la distancia entre los precios normalizados.

- ii) A continuación, hay que elegir el modelo estadístico que nos va a permitir definir el comportamiento del diferencial de los activos, así como su proceso de reversión a la media. Las formas más habituales de medir dicho diferencial son; (a) diferencial de los retornos; (b) ratio de precios; (c) diferencial de los precios normalizados; (d) diferencial del logaritmo de los precios. En cuanto al estudio del proceso de reversión a la media, éste se suele realizar de muy diversas maneras (Al-Naymat, 2013), pasando por el análisis de

series temporales hasta otros más complejos como son redes neuronales o algoritmos genéticos.

iii) Después hay que seguir la evolución del par elegido con el objetivo de detectar una desviación en el comportamiento relativo de los precios. Es lo que se conoce como período de ejecución, que es de duración subjetiva. También hay que determinar un criterio de entrada (por ejemplo, una desviación típica respecto al precio relativo de los valores). Cuanto menor sea la desviación, se incrementará el número de transacciones, aumentando las comisiones y otros gastos asociados, lo que supondrá una reducción del beneficio teórico por transacción (Perlin, 2009).

iv) Una vez definido el momento de entrada, hay que comprar el activo que se encuentra relativamente infravalorado y vender el que está relativamente sobrevalorado. De cara a mantener la neutralidad de la operación, se suele (a) invertir la misma cantidad de dinero en el activo infravalorado que en el sobrevalorado, suponiendo, por tanto, una inversión inicial de cero (conocido como estrategia de neutralidad monetaria); (b) usar técnicas de neutralidad de beta, que se basan en que la beta de los dos activos es similar, así la estrategia no dependerá del movimiento que pueda sufrir el mercado (Ehrman, 2006).

v) A continuación, tras determinar el criterio de salida, que al igual que el de entrada se fija subjetivamente, hay que esperar bien a que haya una reversión a la media que cumpla dicho criterio de salida, o bien a que termine el plazo establecido para que dicha reversión tuviera lugar; en este caso hay pérdidas.

vi) Por último, hay que medir la rentabilidad y el exceso obtenido sobre el retorno ajustado al riesgo. Cabe destacar que como no se realiza una inversión real, hay que definir claramente qué se considera capital invertido y qué es el capital comprometido, debiendo calcular los retornos sobre los dos. A la hora de medir la rentabilidad, hay que considerar todos los gastos asociados a la estrategia (entre otros, coste de las transacciones y el coste del préstamo de los títulos para los activos que se vendan).

### III. LOS PRINCIPALES MODELOS DE «PAIRS TRADING»

Los modelos de *pairs trading* se encuadran principalmente en dos tendencias: la estadística y la heurística. Dentro de la primera caben destacar las siguientes técnicas estadísticas: el método de la distancia; cointegración; método de la cópula; método de los componentes principales y método del diferencial estocástico. También hay modelos que usan diferentes técnicas de extracción de datos como son redes neuronales artificiales y algoritmos genéticos.

Cada modelo se caracteriza por las hipótesis en las que se basa el tipo de relación que se presume hay entre las dos acciones, o activos financieros, y la distribución del diferencial. Por ejemplo, los dos métodos más estudiados, el de la distancia y el de cointegración, asumen que hay una relación lineal entre los precios de los dos activos financieros, la media del diferencial es cero y la distribución conjunta sigue una distribución normal. Dicho con otras palabras: la estructura de los diferenciales se puede explicar con una regresión lineal. Por otro lado, el método de la cópula, también muy estudiado, como permite que la relación entre los precios de los activos financieros no sea lineal, el comportamiento del diferencial puede ajustar mejor al diferencial real existente (Xie y Wu, 2013).

**Cuadro 1. Artículos sobre la estrategia de pares: investigación teórica**

Estudio	Tipo de informe
<b>Método de la distancia</b>	
Gatev, Goetzmann, & Rouwenhorst (1999, 2006)	Formulación teórica y aplicación empírica sobre acciones de Estados Unidos entre 1961 y 2002.
Song & Zhang (2013)	Formulación teórica sobre acciones correlacionadas con limitación de pérdidas testado en un par.
<b>Método de la cointegración</b>	
Burgess (1999)	Formulación teórica y aplicación al FTSE 100.
Herlemont (2004)	Formulación teórica.
Vidyamurthy (2004)	Formulación teórica.
Lin, McCrae, & Gulati (2006)	Formulación teórica estableciendo un beneficio mínimo por operación testado con datos simulados y un par de acciones bancarias australianas.
Gortner (2006)	Formulación teórica testada con 10 pares de acciones.
Schmidt (2008)	Formulación teórica testada sobre 17 acciones financieras de Australia.
Puspaningrum, Lin, & Gulati (2010)	Formulación teórica sobre el punto de entrada óptimo, testada sobre 7 pases de acciones de Australia.
Giannetti & Viale (2011)	Formulación teórica con la introducción de ratios de beneficios y dividendos, testada sobre un par de acciones de Estados Unidos.
Galenko, Popova, & Popova (2012)	Formulación teórica testada con cuatro índices bursátiles europeos (AEX, CAC 40, DAX 30 y FTSE).
Kuo, et al (2015)	Formulación teórica de la regla de salida testada en un par de acciones.
Chen, & Zhu (2015)	Formulación teórica de los umbrales de entrada y salida y testados con las acciones A y H de China.
Chiu & Wong (2015)	Formulación teórica de la optimización de la estrategia.
<b>Método de la cópula</b>	
Ferreira (2008)	Formulación teórica testada con un par de acciones.
Liew & Wu (2013)	Formulación teórica testada con un par de acciones y comparado con distancia y cointegración.
Xie & Wu (2013)	Formulación teórica testada con dos pares de acciones. Demostración de que los métodos de la distancia y cointegración son casos especiales del método de la cópula.
<b>Método del diferencial estocástico</b>	
Elliot, Van Der Hoek, & Malcolm (2005)	Formulación teórica.
Do, Faff & Hamza (2006)	Formulación teórica con prueba en tres pares.
Mudchanatongsuk, Primbs, & Wong (2008)	Formulación teórica sobre precios simulados que siguen una función log-normal.
Baronyan, Bodoruglu, & Sener (2010)	Formulación teórica.
Tourin & Yan (2011)	Formulación teórica.
<b>Análisis de componentes principales</b>	
Avellaneda & Lee (2010)	Formulación teórica y test empírico sobre acciones americanas y comparativo con ETFs.
Madhavaram (2013)	Se añade SVM ( <i>support vector machine</i> ) y se testa sobre 20 acciones financieras americanas entre 1998 y 2012.

Método de las redes neuronales artificiales	
Thomaidis, Kondakis, & Dounias (2006)	Formulación teórica testada sobre 2 acciones en minutos y horas en 2005.
Gomide & Milidiú (2010)	Formulación teórica testada sobre 3 pares de acciones de Brasil entre 2007 y 2009 (datos diarios e intradía).
Huck (2009; 2010)	Formulación teórica basada en métodos de elección multicriterio (Electre III) con las estimaciones provenientes de redes neuronales artificiales testada en 90 acciones del S&P 100 con precios de 1993 a 2006.
Cui, Huang, & Cai (2015)	Formulación teórica del diferencial con un modelo de redes neuronales con <i>wavelet</i> .
Algoritmos genéticos	
Huang, Hsu, Chen, Chang, & Li (2015)	Formulación teórica testada sobre 10 acciones de Taiwán entre 2003 y 2012.

Fuente: Mazo (2016, p. 52)

A continuación, se abordarán los dos métodos más analizados, el de la distancia y el de cointegración, con los resultados alcanzados con cada uno de ellos.

## 1. MÉTODO DE LA DISTANCIA

Este método es sencillo y fácil de entender, por lo que se ha utilizado en muchos estudios empíricos aplicados a diferentes ámbitos geográficos y tipos de activos.

Como se dijo anteriormente, este método asume que hay una relación lineal entre los precios del par de activos financieros y la distribución del diferencial de precios normalizados sigue una distribución normal (Augustine, 2014).

Este método se basa en que «cuanto menor sea la distancia entre los precios normalizados de un par de dos acciones, mayor será el movimiento conjunto» (Mazo, 2016, p. 54).

Por tanto, para poder aplicarlo hay que normalizar los precios para después calcular la distancia. Respecto a la normalización de los precios, se puede hacer transformando la serie de precios en una serie de retornos acumulados, esto es, una serie de precios en base uno de manera que el primer precio normalizado de dicha serie es uno. Otra forma de normalizar los precios es usando su media y su desviación típica.

Tras haberlos normalizado, hay que calcular la distancia, para ello se usará la suma de los cuadrados de las distancias a lo largo del período de formación, se debe usar el dato al cuadrado para evitar que las diferencias positivas se compensen con las negativas, obteniendo así un número cercano a cero y, por tanto, no representativo (Karvinen, 2012).

El siguiente paso a dar es seleccionar los pares. Para ello no hay regla fija, y se puede optar por diferentes alternativas, entre otras: priorizar los pares con menor distancia; o dado un activo financiero, buscar otro con el que tenga la menor distancia, formando así el par de activos.

A continuación, se pasa a la fase de ejecución, cuya duración es subjetiva. En dicha fase, se controla la evolución del par de valores. También se establece la regla de entrada por la cual se realiza la operación. Esta regla depende de un cierto número de veces la desviación típica sobre la distancia media que ha habido durante el período de formación, de manera que, si la distancia entre los precios normalizados excede dicho límite, se compra el activo infravalorado y se vende el sobrevalorado (Gatev et al., 2006).

A su vez, hay que fijar una regla de salida. Esta regla de salida puede proporcionar, o no, rentabilidades positivas, dependiendo de si el diferencial de los precios normalizados revierte a la media. En el caso en el que revierta, la operación dará resultados positivos, pero esto no

siempre sucede, por lo que hay que determinar cuándo salir si no dicha reversión no tiene lugar. Para ello se suele determinar un cierto número de desviaciones típicas sobre la media, con el objetivo así de limitar las pérdidas: en este caso la distancia entre los precios normalizados está aumentando. Otro motivo que nos impulse a salir de esta estrategia es el mero transcurso del tiempo, es decir, si pasado un determinado tiempo prefijado no hay reversión a la media aunque la distancia no haya aumentado, se cierran las posiciones.

El siguiente paso es medir la rentabilidad obtenida. Para ello, Gatev et al. (2006) proponen dos formas: una es medir la rentabilidad sobre el capital comprometido, y la otra consiste en medir la rentabilidad sobre el capital empleado. Si se usa el capital empleado, la rentabilidad se calcula considerando todos los rendimientos obtenidos con esta estrategia respecto a todos los pares elegidos para ser ejecutados. Respecto a la segunda, capital empleado, sólo se consideran los pares abiertos durante el período (Do y Faff, 2010).

Como se dijo anteriormente este método se caracteriza por su simplicidad, por lo que es fácilmente extrapolable a la práctica.

## 2. MÉTODO DE LA COINTEGRACIÓN

Este método es el segundo más utilizado y estudiado en la estrategia *pairs trading*. Este método es más versátil que el de la distancia permitiendo, así, introducir mejoras en las diferentes fases de la estrategia. Este método aplicado al *pairs trading*, hace que esta estrategia sea neutral respecto al mercado, pero no así respecto en términos monetarios.

El primer paso a dar es identificar pares de activos que estén cointegrados, esto es, «cuya combinación lineal tenga un componente predictivo significativo que no esté correlacionado con los movimientos subyacentes del mercado en su conjunto» (Caldeira y Moura, 2013). Para ello, hay que comprobar que usando los precios del período de formación, el término de error de la regresión lineal entre los logaritmos neperianos de los precios de los dos activos es estacionario. Hay que destacar que en la literatura no hay unanimidad respecto a la duración de dicho período de formación, por ejemplo Loodh y Carlsson (2015) usan 200 días, Caldeira y Moura (2013) 250 días, y Puspaningum (2012) considera los precios de doce meses.

Hay que comprobar que el orden de integración de las series de los precios es el mismo; para ello se usa tanto el test de Dickey Fuller como el test de Dickey Fuller aumentado.

A continuación, hay que pasar un test de cointegración a los diferentes pares de activos financieros, el objetivo es determinar si hay o no una relación de cointegración y cuáles son los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de la regresión.

Tras seleccionar los pares de activos financieros que tienen relación de cointegración, hay que monitorizar el diferencial entre los precios de dichos activos. Este diferencial es el término de error de la relación lineal que hay entre las dos variables. A partir de ahí, hay que establecer, al igual que en el caso del método de la distancia, una regla de salida y una de entrada.

Para ello, se fija tanto un límite superior como uno inferior para definir el criterio de entrada. Este límite se suele calcular como la media de los errores de la regresión que tienen lugar durante el período de formación, más / menos un cierto número de desviaciones típicas: la posición se abre cuando el diferencial supera el criterio de entrada y se cierra si hay reversión a la media. Al igual que en el método de la distancia, se suelen considerar períodos máximos de manera que, una vez superados, si no hay reversión a la media, se cierra la posición; a su vez también se pueden fijar límites de pérdidas, lo cual aconsejan Caldeira y Moura (2013) con el fin de evitar grandes pérdidas.

El primer estudio empírico documentado es el de Gatev et al. en 1999, quienes usaron el método de la distancia aplicado a acciones de Estados Unidos que estaban en la base de datos del Center for Research in Security Prices entre los años 1962 y 1997. Con la estrategia *pairs trading* y el método de la distancia, lograron una rentabilidad del 12% anual.

Tras este primer estudio, se sucedieron muchos otros. Inicialmente usaron el método de la distancia en distintos ámbitos geográficos y diferentes activos financieros (entre otros, Nath, 2004<sup>2</sup>; Perlin, 2009<sup>3</sup>; Boel-Plater y Nisar, 2010<sup>4</sup>; Gupta, 2015<sup>5</sup>). Más adelante, se centraron en los modelos de cointegración (cabe destacar Hong y Susmel, 2004<sup>6</sup>; Caldeira y Moura, 2013<sup>7</sup>; Li, Chui y Li, 20014<sup>8</sup>) y el de la cópula (Augustine, 2014<sup>9</sup>), comparando la rentabilidad obtenida usando los distintos métodos.

Aunque, como se ha dicho, se compara la rentabilidad conseguida con diferentes métodos, hay que hacer notar que los resultados no son realmente comparables entre sí ya que las variables usadas y su especificación no siempre es la misma, por ejemplo: la duración tanto del periodo de formación como del de ejecución suele ser distinta; no siempre se consideran los costes de transacción y sí se tienen en cuenta, difieren en la cuantía; por último, puede haber diferencias en la forma de calcular los resultados.

A continuación, se expondrán algunos de los trabajos empíricos, si bien, a modo de resumen, se puede decir que los artículos revisados ofrecen rentabilidades brutas positivas, pero decrecientes, pudiendo llegar a ser negativas si se consideraran los costes de transacción.

## 1. MÉTODO DE LA DISTANCIA

Los estudios realizados utilizando este método usan principalmente acciones, aunque también hay estudios con otros activos como el de Boel-Plater y Nisar (2010) que lo aplican a materias primas, monedas e índices.

Fueron Gatev et al. (1999) quienes primero usaron este método a acciones, concretamente estadounidenses y en el período 1962-1997. Para ese período se logró una rentabilidad media semestral del 5.9% en la cartera que estaba formada por los cinco pares que tenían menor distancia. Esta estrategia se prueba durante 34 años, es decir 68 semestres, y en solamente seis semestres (menos de un 10% de los estudiados) hay pérdidas. Posteriormente, extienden el análisis hasta el año 2002 (Gatev et al., 2006). Se observa que la rentabilidad mensual para la cartera de cinco pares del 1,3%, si bien cabe destacar que dicha rentabilidad es decreciente si se divide la muestra en dos períodos: 1962-1989 y 1989-2002. Los motivos que consideran que justifican este descenso de la rentabilidad se deben a los costes de transacción al aumento de los fondos apalancados.

Posteriormente, Do y Faff (2010) amplían este análisis hasta junio de 2008, confirmando la tendencia de rentabilidad decreciente de esta estrategia. A su vez, obtienen buenos resultados aplicando esta estrategia en mercados bajistas, logrando un 0,92% entre 2000 y 2002 y 0,71% entre julio de 2007 y junio de 2009. Estos mejores resultados en mercados bajistas vuelven a confirmarse en Do y Faff (2012).

Como se comentó, este método se ha aplicado no solo a activos norteamericanos, sino que hay estudios en otros mercados. Por ejemplo, Muslumov, Yuksel y Yuksel (2009) aplican esta estrategia a la bolsa turca (ISE), durante el periodo comprendido en entre el 1 de enero de 1990 y el 20 de abril de 2007, logrando una rentabilidad diaria para la cartera formada por cinco pares de 0,64%, si bien el número de operaciones con pérdidas es alrededor de un 41% mayor que cuando se aplica a EEUU.

Este método también se ha testado en el mercado británico, concretamente por Bowen, Hutchinson y O'Sullivan (2010) Bowen y Hutchinson (2014). En el primer estudio, usan una base de precios de alta frecuencia de las acciones británicas durante todo el año 2007, y dividen la muestra en 30 períodos superpuestos de 396 horas cada uno. Llegan a la conclusión de que esta estrategia es muy sensible a los costes de transacción y a la rapidez de ejecución. Posteriormente

amplían el análisis (Bowen y Hutchinson, 2014) analizando el período comprendido entre 1979 y 2012. En este análisis obtienen una rentabilidad media, para todo el período, del 6,2% mensual anualizado. Al igual que en Do y Faff (2010, 2012) esta estrategia obtuvo mejores resultados en fases bajistas del mercado, concretamente durante la crisis de 2007, la cartera de cinco pares alcanzó una rentabilidad positiva del 46% mientras que el índice de referencia, FTSE, cayó un 34%.

Se puede concluir que los artículos que estudian el *pairs trading* con el método de la distancia alcanzan rentabilidades positivas en las carteras sin restricciones si no se tienen en cuenta los costes de transacción, independientemente del mercado en el que se haya realizado el análisis. En general, las carteras con restricciones (pertenencia a un sector, entre otros) logran rentabilidades positivas incluso después de considerar los costes de transacción. Un factor importante a la hora de determinar la rentabilidad de la estrategia es que los pares converjan en el período de ejecución, porque de otro modo no se logra ninguna rentabilidad positiva, en ese sentido el número de pares que no convergen en dicho período es elevado comparado con el total de operaciones ejecutadas, por lo que encontrar una manera, regla o método que los haga disminuir, haría aumentar sensiblemente la rentabilidad alcanzada.

## 2. MÉTODO DE LA COINTEGRACIÓN

Hay menos investigación realizada con el método de la cointegración que con el de la distancia. A continuación, se expondrán algunos de dichos estudios empíricos y los resultados alcanzados.

Uno de los primeros estudios es del Hong y Susmel (2004), quienes usan este método en la estrategia *pairs trading* aplicada a 64 acciones asiáticas que también cotizan, mediante ADRs, en EE. UU. Con esta estrategia y método, alcanzan una rentabilidad del 38% si la cartera se mantuviera durante un año.

También se ha usado este método a otros activos financieros, como las materias primas, y concretamente el aluminio vinculándolo a acciones de empresas relacionadas con el mismo (Reiakvam y Thyness, 2011). Los resultados que se logran con esta estrategia son superiores a la clásica de «comprar y mantener».

Caldeira y Moura (2013) aplican este método en acciones brasileñas; un aspecto a destacar es que consideran una cláusula de limitación de pérdidas. En el estudio que realizan entre los años 2005 y 2012, logran una rentabilidad media anual del 16,88%.

Centrándonos en el mercado europeo, cabe destacar el estudio de Figuerola-Ferretti, Paraskevopoulos y Tang (2014) que analizan pares del Euro Stoxx 50 entre los años 2000 y 2009 haciendo carteras con la restricción de pertenencia al mismo sector. También usan, para esos los doces pares que presentan relación de cointegración, el método de la distancia (seleccionando según la misma distancia). Usando el método de la mínima distancia obtienen una rentabilidad diaria del 0,36%, superior a la obtenida con el método de la cointegración, 0,28%.

## V. FUENTES DE RENTABILIDAD DE LA ESTRATEGIA

Como indican Jacobs y Weber «la rentabilidad de la estrategia de pares... es una intrigante anomalía... Las preguntas de cuándo, dónde y por qué esta estrategia es especialmente exitosa siguen abiertas» (2015, p. 76).

Como se ha visto en los puntos anteriores, la estrategia *pairs trading* genera rentabilidades positivas en casi todos los ámbitos geográficos. Aunque se trata de una estrategia muy conocida por los gestores, no ha sido objeto de un intenso interés académico por lo que hay pocos estudios que profundicen en el aspecto que ahora nos ocupa: sus fuentes de rentabilidad.

A continuación, se hará una descripción de los principales artículos y las conclusiones

alcanzadas en cuanto a qué explica la rentabilidad de esta estrategia.

Siguiendo la línea argumental de las finanzas tradicionales, se ha intentado explicar la rentabilidad considerando los factores de riesgo tradicionales (modelos de Fama y French de tres o cinco factores y el modelo Cahart de cuatro, principalmente). En ese sentido, Gatev et al. (2006) usan el modelo de Fama y French de tres factores (tamaño, mercado y valor) al que añaden otros dos factores (*momentum* y reversión a la media). En este análisis llegan a la conclusión de que los resultados del *pairs trading* no están relacionados a ninguno de estos factores, siendo el valor del alfa significativamente positivo e inferior en 20 puntos básicos a la rentabilidad mensual alcanzada con esta estrategia. Otros autores (Muslumov et al., 2009; Do y Faff, 2010; y Bowen y Hutchinson, 2014) corroboran dichos resultados.

Si se analiza esta estrategia desde la perspectiva de las finanzas conductuales, sí se obtienen algunas respuestas al por qué de la rentabilidad obtenida. Por ejemplo, Andrade, di Pietro y Seasholes (2005) esgrimen que la rentabilidad obtenida por el *pairs trading* proviene de inversores no racionales. Concretamente, estudian el mercado de Taiwán entre los años 1994 y 2002 ya que este mercado proporciona información tanto de las compras institucionales (que se pueden considerar realizadas por inversores racionales y bien informados) como de las compras realizadas por minoristas (a los que catalogan como inversores no racionales y compras no informadas). La causa de la divergencia de los pares que no está justificada por los fundamentales de las empresas proviene de la presión, ya sea compradora o vendedora, de los inversores minoristas, esto es, irracionales.

Otros autores (Jacobs y Weber 2013) comprueban que los pares que están formados por activos financieros menos cubiertos por la prensa y otros medios de información, son más rentables; también observan que las operaciones que se abren en días de mucha distracción (esto es, menos atención por parte del inversor) tienen un mejor resultado<sup>10</sup> que los que se abren cuando la distracción es menor ya que la probabilidad de que el par converja es mayor. Por tanto, concluye que la rentabilidad está influenciada por el nivel de atención de los inversores, el tipo de información que causa la divergencia y la existencia de límites al arbitraje.

## VI. CONCLUSIÓN

La estrategia *pairs trading* es un ejemplo de cómo se pueden aprovechar las ineficiencias de los mercados para batirlos, logrando así el objetivo de todo inversor y gestor.

Se trata de una estrategia poco estudiada a nivel académico, pero ampliamente utilizada en la práctica. Por ello, queda todavía mucho camino por recorrer para poder tener un conocimiento más profundo de la misma que permita alcanzar una mayor rentabilidad.

A lo largo del artículo se han expuesto las claves de esta estrategia: en qué se basa, cómo se realiza, qué modelos se pueden aplicar y cómo medir la rentabilidad. Es adentrándonos en estos aspectos donde se puede realizar una mayor aportación desde la óptica de la investigación ya que quedan todavía muchos aspectos por mejorar y comprender, entre otros:

- i) cómo introducir nuevos métodos basados en *machine learning* de manera que el gestor pueda usarlos en sus carteras y así mejorar la rentabilidad de carteras;
- ii) cómo deben seleccionarse los pares: tanto en el sentido de si es mejor que las carteras tengan restricciones y cuáles; como analizando más profundamente qué características deben tener los mismos con la finalidad de evitar que una se produzca la divergencia en el par, no converjan posteriormente;
- iii) un mayor análisis sobre los efectos de los costes de transacción en la rentabilidad de esta estrategia.

Como se ha expuesto, esta estrategia, en general, arroja rentabilidades positivas en diferentes

ámbitos geográficos y para diferentes tipos de activos, por lo que una mejora en los aspectos antes reseñados, además de arrojar más luz para una mejor comprensión de la estrategia, va a mejorar la rentabilidad obtenida. Como se indicó en apartados anteriores, la principal fuente de mejora de rentabilidad consiste, ahora mismo, en seleccionar pares que converjan en el período de ejecución.

Por último, cabe destacar la vinculación que tiene esta estrategia con las finanzas conductuales (*behavioral finance*) ya que es en su marco teórico donde se encuentran los fundamentos que justifican que esta estrategia sea exitosa.

## BIBLIOGRAFÍA

- Al-Naymat, G. (2013). Mining Pairs-Trading Patterns: A Framework. *International Journal of Database Theory and Application*, 6 (6), 19-28.
- Andrade, S. C., di Pietro, V., y Seasholes, M. S. (2005). *Understanding the Profitability of Pairs Trading*. Manuscrito no publicado, UC Berkeley, Universidad de Northwestern.
- Asness, C. S., Moskowitz, T. J., y Pedersen, L. H. (2013). Value and Momentum Everywhere. *The Journal of Finance*, 68 (3), 929-985.
- Augustine, C. (2014). *Pairs Trading: a Copula Approach*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Ciudad del Cabo, Departamento de Ciencias Actuariales.
- Avellaneda, M., y Lee, J. H. (2010). Statistical Arbitrage in the US Equities Market. *Quantitative Finance*, 10 (7), 761-782.
- Balvers, R. J., y Wu, Y. (2006). Momentum and Mean Reversion across National Equity Markets. *Journal of Empirical Finance*, 13 (1), 24-48.
- Baronyan, S. R., Bodoruglu, I. I., y Sener, E. (2010). Investigation of Stochastic Pairs Trading Strategies under Different Volatility Regimes. *The Manchester School*, 78 (1), 114-134.
- Bernstein, P. L. (2007). *Capital Ideas Evolving*. Hoboken, New Jersey, EE. UU.: John Wiley & Sons, Inc.
- Bowen, D. A., y Hutchinson, M. C. (2014). Pairs trading in the UK equity market: risk and return. *The European Journal of Finance*, 22 (14), 1-25.
- Bowen, D., Hutchinson, M. C., & O'Sullivan, N. (2010). High frequency equity pairs trading: transaction costs, speed of execution and patterns in returns. *Journal of Trading*, 5 (3), 31-38.
- Broel-Plater, J., y Nisar, K. (2010). *A Wider Perspective on Pairs Trading. A Trading Application with Non-Equity Assets*. Tesis de Master, Lund University, Departamento de Económicas.
- Burgess, A. N. (1999). Statistical arbitrage models of the FTSE 100. *Computational Finance*, 99, 297-312.
- Burton, E. T., y Shah, S. N. (2013). *Behavioral Finance: Understanding the Social, Cognitive and Economic Debates*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Caldeira, J. F., y Moura, G. V. (Marzo de 2013). Selection of a Portfolio of Pairs Based on Cointegration: The Brazilian Case. *Revista Brasileira de Finanças*, 11 (5), 48-80.
- Chen, H., y Zhu, Y. (2015). An empirical study on the threshold cointegration of Chinese A and H cross-listed shares. *Journal of Applied Statistics*, 42, 2406-2419.
- Chiu, M. C., y Wong, H. Y. (2015). Dynamic cointegrated pairs trading: mean-variance time-

- consistent strategies. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 290, 516-534.
- Chng, M. (2009). There is Something about Pairs Trading. *Corporate Finance Review*, 13 (5), 27-35.
- Chung, K. H., y Jo, H. (1996). The impact of security analysts' monitoring and marketing functions on the market value of firms. *Journal of Financial and Quantitative analysis*, 31 (4), 493-512.
- Cui, L., Huang, K., y Cai, H. J. (2015). Application of a TGARCH-Wavelet Neural Network to Arbitrage Trading in the Metal Futures Market in China. *Quantitative Finance*, 15 (2), 371-384.
- Do, B., y Faff, R. (2010). Does Simple Pairs Trading Still Work? *Financial Analysts Journal*, 66 (4), 83-95.
- Do, B., y Faff, R. (2012). Are Trading Profits Robust to Trading Costs? *Journal of Financial Research*, 35 (2), 261-287.
- Do, B., Faff, R., y Hamza, K. (2006). *A New Approach to Modeling and Estimation for Pairs Trading*. Proceedings of 2006 Financial Management Association European Conference.
- Ehrman, D. S. (2006). *The Handbook of Pairs Trading. Strategies Using Equities, Options, and Futures*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Elliot, R. J., Van Der Hoek, J., y Malcolm, W. P. (2005). Pairs Trading. *Quantitative Finance*, 5 (3), 271-276.
- Fama, E. F. (1965). The Behaviour of Stock Market Prices. *The Journal of Business*, 38 (1), 34-105.
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25 (2), 383-417.
- Ferreira, L. (2008). New tools for spread trading. *Futures: News, Analysis & Strategies for Futures, Options & Derivatives Traders*, 37 (12), 38-41.
- Figuerola-Ferretti, I., Paraskevopoulos, I., y Tang, T. (2014). *Pairs Trading and Relative Liquidity in the European Stock Market*. 22 Finance Forum, Zaragoza, España.
- Galenko, A., Popova, E., y Popova, I. (2012). Trading in the Presence of Cointegration. *The Journal of Alternative Investments*, 15 (1), 85-97.
- Gatev, E. G., Goetzmann, W. N., y Rouwenhorst, K. G. (1999). *Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule*. National Bureau of Economic Research.
- Gatev, E. G., Goetzmann, W. N., y Rouwenhorst, K. G. (2006). Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule. *Review of Financial Studies*, 19 (3), 797-827.
- Giannetti, A., y Viale, A. (2011). A Dynamic Analysis of Stock Price Ratios. *Applied Financial Economics*, 21 (6), 353-368.
- Gomide, P., y Milidiú, R. L. (s.f.). Assessing stock market time series predictors quality through a pairs trading system. *Eleventh Brazilian Symposium on Neural Networks (SBRN)* (pp. 133-139). Sao Paulo: IEEE.
- Gupta, S. (2015). Statistical Arbitrage: Profits through Pairs Trading. *Journal of Business Management and Information Systems*, 2 (1), 140-148.
- Herlemont, D. (2004). *Pairs Trading, Convergence Trading, Cointegration*. YATS Finances & Technologies.
- Hong, G., y Susmel, R. (2004). *Pairs-Trading in the Asian ADR Market*. Manuscrito no publicado,

Universidad de Houston, EE. UU.

Huang, C. F., Hsu, C. J., Chen, C. C., Chang, B. R., y Li, C. A. (2015). An Intelligent Model for Pairs Trading Using Genetic Algorithms. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 501.

Huck, N. (2009). Pairs Selection and Outranking: An Application to the S&P 100 Index. *European Journal of Operational Research*, 196 (2), 819-825.

Huck, N. (2010). Pairs Trading and Outranking: The Multi-Step-Ahead Forecasting Case. *European Journal of Operational Research*, 207 (3), 1702-1716.

Jacobs, B. I., y Levy, K. N. (2005). *Market Neutral Strategies*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Jacobs, H. (2014). *The Limits of the Market-Wide Limits of Arbitrage: Insights from the Dynamics of 100 Anomalies*. Singapore: Singapore Management University.

Jacobs, H., y Weber, M. (2013). *Losing Sight of the Trees for the Forest? Pairs Trading and Attention Shifts*. Manuscrito no publicado, Universidad de Mannheim, Área de Finanzas.

Jacobs, H., y Weber, M. (2015). On the Determinants of Pairs Trading Profitability. *Journal of Financial Markets*, 23, 75-97.

Karvinen, M. (2012). *Statistical Pairs Trading and Analyst Recommendations*. Trabajo de fin de master, Aalto University, School of Economics, Departamento de Finanzas.

Kuo, K., Luu, P., Nguyen, D., Perkerson, E., Thompson, K., y Zhang, Q. (septiembre de 2015). Pairs trading: An optimal selling rule. *Mathematical Control and Related Fields*, 5 (3), 489-499.

Li, M. L., Chui, C. M., y Li, C. Q. (2014). Is pairs trading profitable on China AH-share markets? *Applied Economics Letters*, 21 (16), 1116-1121.

Liew, R., y Wu, Y. (2013). Pairs trading: A copula approach. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 9 (1), 12-30.

Lin, Y. X., McCrae, M., y Gulati, C. (2006). Loss protection in pairs trading through minimum profit bounds: A cointegration approach. *Advances in Decision Sciences*, 2006.

Loodh, D., y Carlsson, D. (2015). *An Empirical Assessment of Statistical Arbitrage: A Cointegrated Pairs Trading Approach*. Uppsala University, Departamento de Estadística.

Madhavaram, G.R. (2013). *Statistical Arbitrage using Pairs Trading with Support Vector Machine Learning*. Trabajo fin de máster. Londres: Saint Mary's University.

Malkiel, B. G. (2005). Reflections on the Efficient Market Hypothesis: 30 years later. *The Financial Review*, 40, 1-9.

Mazo, M.L. (2016). *La estrategia de pairs tradins: una propuesta para mejorar su rentabilidad*. Tesis doctoral. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.

Mudchanatongsuk, S., Primbs, J. A., y Wong, W. (2008). Optimal pairs trading: A stochastic control approach. *American Control Conference*, (pp. 1035-1039).

Muslumov, A., Yuksel, A., y Yuksel, S. A. (2009). The Profitability of Pairs Trading in an Emerging Market Setting: Evidence from the Istanbul Stock Exchange. *Empirical Economics Letters*, 8 (5), 1-6.

Nath, P. (2004). *High Frequency Pairs Trading with US Treasury Securities: Risks and Rewards for Hedge Funds*. SSRN Working Paper Series, London Business School.

- Perlin, M. S. (2009). Evaluation of Pairs Trading Strategy at the Brazilian Financial Market. *Journal of Derivatives & Hedge Funds*, 15 (2), 122-136.
- Puspaningrum, H. (2012). *Pairs Trading Using Cointegration Approach*. Doctor of Philosophy thesis. Wollongong: University of Wollongong, School of Mathematics and Applied Statistics.
- Puspaningrum, H., Lin, Y. X., y Gulati, C. (2010). Finding the Optimal Pre-set Boundaries for Pairs Trading Strategy based on Cointegration Technique. *Journal of Statistical Theory and Practice*, 4 (3), 391-419.
- Reiakvam, O. H., y Thyness, S. B. (2011). *Pairs Trading in the Aluminum Market: A Cointegration Approach*. Manuscrito no publicado.
- Samuelson, P. A. (1965). Proof that Properly Anticipated Prices Fluctuate Randomly. *Industrial Management Review*, 6 (2), 41-49.
- Schmidt, A. D. (2008). *Pairs Trading: A Cointegration Approach*. Trabajo de fin de grado. Sídney: Universidad de Sídney.
- Schwert, G. W. (2003). Anomalies and Market Efficiency. En Constantinides, G. M., Harris, M. y Stulz, R. M. (eds.), *Handbook of the Economics of Finance* (pp. 939-968). Ámsterdam: Elsevier B. V.
- Smitten, R. (2005). *Trade Like Jesse Livermore*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Song, Q., y Zhang, Q. (2013). An optimal pairs-trading rule. *Automatica*, 49 (10), 3007-3014.
- Thomaidis, N. S., Kondakis, N., y Dounias, G. D. (2006). An intelligent statistical arbitrage trading system. *Advances in Artificial Intelligence*, 596-599.
- Thorp, E. (2005). A Perspective on Quantitative Finance: Models for Beating the Market. En Wilmott, P., *The Best of Wilmott 1: Incorporating the Quantitative Finance Review* (pp. 33-38). Chichester, West Sussex, Reino Unido: John Wiley & Sons.
- Tourin, A., y Yan, R. (Octubre de 2013). Dynamic Pairs Trading Using the Stochastic Control Approach. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 37 (10), 1972-1981.
- Vidyamurthy, G. (2004). *Pairs Trading. Quantitative Methods and Analysis*. Hoboken, New Jersey, EE.UU.: John Wiley & Sons, Inc.
- Xie, W., y Wu, Y. (2013). Copula-Based Pairs Trading Strategy. *Asian Finance Association (AsFA) Conference 2013*.

---

## FOOTNOTES

---

2

Nath, 2043, aplica esta estrategia a la deuda soberana norteamericana entre los años 1991 y 2000.

3

Perlin, 2009, realiza un estudio en la bolsa de Brasil entre los años 2001 y 2006.

---

4

Boel-Plater y Nisar, 2010, utilizan esta estrategia de inversión sobre materias primas, monedas e índices entre los años 1991 y 2010.

---

5

Gupta, 2015, hace un estudio del *pairs trading* aplicado a acciones indias en el año 2010.

---

6

Hong y Susmel, 2004, aplican la estrategia *pairs trading* con el método de cointegración a 64 ADRs y sus acciones gemelas asiáticas.

---

7

Caldeira y Moura, 2013, utilizan la técnica de la cointegración a acciones brasileñas entre enero de 2003 y marzo de 2014.

---

8

Li, Chui y Li, 2014, aplican este método a acciones AH de China entre los años 2009 y 2013.

---

9

Augustine, 2014, realiza un estudio empírico con el método de la cópula sobre cinco pares de acciones de Sudáfrica entre los años 1998 y 2013.

---

10

Este mejor resultado es, en términos mensuales medios, dos veces superior.