

# La predicción en los mercados de derivados financieros. Una introducción al MEFF y los modelos ARCH (I)



**Carlos Maté**

Profesor Propio de la ETSI (ICAI) de la Universidad Pontificia Comillas de Madrid, adscrito al Departamento de Organización Industrial y al Instituto de Investigación Tecnológica. Doctor en Ciencias Matemáticas y Diplomado en Ciencias Económicas y Empresariales por la Universidad Complutense. Ha escrito varios libros sobre Estadística y es ponente habitual del Congreso Mundial sobre Predicción.



**Alejandro Oliva**

Titulado Superior en Ingeniería Química por la Universidad de Salamanca e Ingeniero en Organización Industrial por I.C.A.I., en la Universidad Pontificia Comillas. Proyecto Fin de Carrera sobre predicción de la volatilidad en las opciones del IBEX-35 negociadas en el MEFF.



## Introducción

En los últimos 30 años los mercados financieros mundiales han experimentado un auge de tal calibre que se puede afirmar que pocas veces la historia de las finanzas había vivido tiempos tan apasionantes como los transcurridos desde los setenta hasta la fecha. La gama de nuevos instrumentos y mercados que han surgido ha provocado una auténtica revolución, a la cual nadie va a ser ajeno en un futuro no muy lejano.

Las enormes posibilidades de inversión y financiamiento que se descubrieron están convirtiendo a las acciones, los índices, los futuros, los swaps, los mercados emergentes, los derivados, etc.; en instrumentos y conceptos de uso común entre todos los ciudadanos, y no deben estar reservados a unos pocos especialistas, como ocurre actualmente.

En este contexto, se puede afirmar que el mercado financiero español experimentó un lento proceso de desarrollo en comparación con otras plazas europeas. De hecho, no fue hasta los años 80 cuando el proceso de desintermediación (proceso por el cual los bancos dejan de monopolizar las alternativas de inversión o financiación en la sociedad) tuvo efectos significativos. En esos años surgieron las letras y bonos del Tesoro y comenzó a legislarse o establecerse las reformas oportunas que regularían la actividad financiera. Entre los acontecimientos más importantes de entonces se encuentran la creación del Mercado Continuo y del Sistema de Interconexión Bursátil, que han permitido un incremento sustancial de la actividad de negociación en los diferentes mercados y una equiparación a la forma de

proceder de los mercados más avanzados del planeta.

Las alternativas de inversión que se consolidan en nuestro país comprenden, además de los valores no negociables (activos bancarios como las cuentas corrientes, depósitos, etc.), los siguientes productos:

- Valores representativos de deuda: pagarés, letras, certificados, obligaciones, etc.
- Valores representativos de patrimonio: acciones.
- Valores representativos de derechos: derivados.
- Fondos de inversión.

Estos productos se negocian en los 5 mercados financieros existentes:

- Mercados de deuda:
  - Mercado Monetario (deuda a corto plazo).
  - Mercado de Renta Fija (deuda a largo plazo).
- Mercado de Renta Variable.
- Mercado de Divisas.
- Mercado de Derivados Financieros.

La aparición del mercado de derivados en España, el MEFF (Mercado Español de Futuros Financieros), no tiene lugar hasta Noviembre de 1989. Los contratos de futuros y opciones sobre el índice IBEX-35 (es un índice ponderado por capitalización, compuesto por las 35 compañías más líquidas que cotizan en el Mercado Continuo de las cuatro Bolsas Españolas) empezaron a negociarse el 14 de enero de 1992 en el MEFF RV (Renta Variable), y han supuesto el verdadero impulso del mercado de derivados. En la actualidad, el mercado financiero español de valores tiene la estructura que se muestra en la Figura I.

Todos los países que disponen de mercados financieros desarrollados han creado mercados de productos derivados donde se negocian contratos de futuros sobre tipos de interés, divisas e índices bursátiles y contratos de opciones sobre divisas, tipos de interés, índices bursátiles, acciones y contratos de futuros.

El origen de los mercados de futuros y opciones financieros se encuentra en la ciudad de Chicago, que puede considerarse el centro financiero más importante en lo que a productos derivados se refiere. El subsector de productos derivados da empleo directo a 150.000 personas, ya que es en dicha ciudad donde se ubican los tres mercados más importantes en cuanto a volumen de contratación.

**Figura I. Estructura del Mercado de Valores Español**



**Tabla I. La introducción de los mercados de derivados en algunos países europeos**

País	Nombre del mercado de derivados	Fecha de comienzo del mercado
Holanda	EOE (European Options Exchange)	1978
Reino Unido	LIFFE (London International Financial Futures Exchange)	1978
Francia	MATIF (Marché a Terme International de France)	1985
Suiza	SOFFEX (Swiss Financial Futures Exchange)	1988
España	MEFF (Mercado Español de Futuros Financieros)	1989
Alemania	DTB (Deutsche Terminbourse)	1990
Italia	MIF (Mercato Italiano Futures)	1993

En la década de los ochenta, aproximadamente diez años después de su creación en Estados Unidos, los contratos de futuros y opciones financieros llegan a Europa, constituyéndose mercados de forma gradual según se puede observar en la Tabla I.

Suecia, Bélgica, Noruega, Irlanda, Dinamarca, Finlandia, Austria y Portugal también disponen de mercados organizados de productos derivados.

Además, existen mercados de futuros y opciones en países como Japón, Canadá, Brasil, Singapur y Australia; o en la ciudad de Hong Kong.

Actualmente son muchos los países que se encuentran trabajando para construir mercados de derivados. A modo de ejemplo podemos citar por un lado a Méjico, Chile o Colombia, entre los de lengua castellana, y a India o Turquía, por otro lado.

Una característica consustancial a todos los países que han implantado mercados de productos derivados ha sido la sinergia que se ha

**Tabla 2. Principales diferencias entre los dos tipos de mercados de derivados**

Característica	Mercado organizado	Mercado OTC
Asunción del riesgo de incumplimiento	Cámara de Compensación	Comprador
Relación entre comprador y vendedor	A través de la Cámara de Compensación	Directa
Tipo de contrato	Estandarizado	A medida de ambas partes
Regulación	A nivel gubernamental o propia del Mercado	No existe
Formación de precios	Por cotización	Por negociación
Liquidez	Amplia	Escasa en muchos contratos

creado con el mercado de valores matriz. El éxito en cuanto a los volúmenes de contratación, que han crecido espectacularmente, ha superado en muchas ocasiones a los volúmenes de contratación de los respectivos productos subyacentes que se negocian al contado, considerando que éstos también han experimentado considerables incrementos en sus volúmenes de negociación.

Todo ello permite afirmar que el contexto financiero de los mercados internacionales se sitúa bajo un marco de creciente globalización, tanto en la información manejada por analistas e inversores como en el ámbito de sus actuaciones. El creciente desarrollo de la actividad financiera y la aparición de numerosos nuevos productos de inversión, ha supuesto la génesis de un entorno con elevada profesionalización y competitividad entre los agentes y operadores económicos.

La enorme cantidad de factores que intervienen en las cotizaciones actualmente, y la extraordinaria necesidad que tienen los profesionales e inversores por capturar adecuadamente la información que contienen las cotizaciones, provoca un nuevo paradigma en el que los modelos econométricos tradicionales no tienen aplicación. Entonces surgen nuevas especificaciones que recogen más eficazmente las enormes fluctuaciones de las series, y producen predicciones más fiables sobre las variables de interés.

En la primera parte de este artículo describimos el mercado de derivados financieros en el caso español y, en particular, el MEFF; así como los productos que mayor negociación tienen en dicho mercado: los futuros y las opciones. En la segunda parte estudiamos las características de las series temporales que se manejan en estos mercados y la importancia del concepto de volatilidad y de su predicción. Por último, se introducen los modelos ARCH y su vinculación

con la predicción de las magnitudes analizadas, valorando la eficacia de ese modelado.

## Mercados de productos derivados en España

Los productos derivados (*derivatives*) son valores o instrumentos financieros cuya cotización o precio deriva de un activo subyacente, es decir, dependen del precio de éste. Los mercados que acogen el intercambio o compra-venta de este tipo de productos pueden estar organizados o no. Los productos que se negocian en los mercados financieros no organizados se denominan OTC (*over the counter*). Las principales diferencias entre los mercados organizados y los OTC se presentan esquemáticamente en la Tabla 2.

La gama de productos OTC es extraordinariamente variada y heterogénea, ya que la innovación financiera genera nuevas variedades de dichos productos con gran abundancia. Algunos de los productos OTC más utilizados en España son los siguientes:

- *Forwards* (Operaciones a plazo que obligan a vendedor y comprador, cuyas características de tamaño, fecha de vencimiento o método de transacción son establecidas directamente por las partes contratantes. Son habituales sobre deuda pública o divisas).
- *Swaps* (Acuerdo de intercambio del rendimiento de un valor o título por el rendimiento de otro. Los más habituales son sobre tipos de interés, divisas, activos y acciones).
- *Warrants* (Títulos negociables en bolsa que dan a su poseedor el derecho, pero no la obligación, a comprar (*CALL*) o a vender (*PUT*) un número determinado de títulos sobre un activo subyacente, a un precio de ejercicio determinado (*strike*), en una fecha prefijada (vencimiento)).

Las importantes ventajas que ofrecen los productos derivados en cuanto a la rentabilidad (posiciones largas o cortas para tendencias alcistas o bajistas en los mercados) y a la cobertura del riesgo, los ha convertido en actores principales de cualquier cartera de productos financieros, e incluso han ido integrándose en numerosas operaciones de las empresas. Así, por ejemplo, se dispone de una extensa variedad de alternativas para acometer una operación de comercio exterior:

- Futuros sobre divisas para el riesgo de cambio.
- Futuros sobre tipos de interés para una financiación internacional.
- Futuros sobre fletes marítimos.
- *Swaps* de divisas o intereses.

No obstante, es necesario contemplar numerosas variables en las estrategias que se acometen con estos productos: acceso a mercados organizados o soluciones no estandarizadas, la cobertura planteada, coste asociado, efectividad de la solución, fuentes de riesgo, cancelación o liquidación de la posición del inversor; etc.

Los futuros y las opciones son los productos más importantes que se negocian en los mercados de derivados. A continuación vamos a analizarlos someramente para luego adentrarnos en los dos mercados de productos derivados organizados en España.

## Futuros

El artículo 1 del Real Decreto 1814/1991, de 20 de noviembre, por el que se regulan los mercados oficiales de futuros y opciones, define los futuros como: "Contratos a plazo que tengan por objeto valores, préstamos o depósitos, índices u otros instrumentos de naturaleza financiera; que tengan normalizados su importe nominal, objeto y fecha de vencimiento, y que se negocien y transmitan en un mercado organizado cuya Sociedad Rectora los registre, compense y liquide, actuando como compradora ante el miembro vendedor y como vendedora ante el miembro comprador".

Por tanto, un contrato de futuros es un acuerdo, negociado en una bolsa o mercado organizado, que obliga a las partes contratantes a comprar o vender un número de bienes o valores (activo subyacente) en una fecha futura, pero con un precio establecido de antemano. Quien compra contratos de futuros, adopta una posición "larga", por lo que tiene el derecho a recibir en la fecha de vencimiento del contrato el activo subyacente objeto de la negociación. Asimismo, quien vende contratos adopta una posición "corta" ante el mercado, por lo que al llegar la fecha de vencimiento del contrato deberá entregar el correspondiente activo subyacente, recibiendo a cambio la cantidad correspondiente, acordada en la fecha de negociación del contrato de futuros.

El contrato de futuros, cuyo precio se forma en estrecha relación con el activo de referencia o subyacente, cotiza en el mercado a través del proceso de negociación, pudiendo ser comprado o vendido en cualquier momento de la sesión de negociación, lo que permite la activa participación de operadores que suelen realizar operaciones especulativas con la finalidad de generar

beneficios, pero que aportan la liquidez necesaria para que quienes deseen realizar operaciones de cobertura puedan encontrar contrapartida.

Los contratos de futuros sobre materias primas, metales preciosos, productos agrícolas y mercaderías diversas se negocian desde hace más de dos siglos. La razón de su dilatado éxito radica en que han venido proporcionando una forma de protegerse o limitar el riesgo que entraña el futuro. Por ejemplo, los productores de cereales pueden limitar el riesgo en la producción futura de trigo y cebada fijando un precio con la otra parte para el intercambio en una fecha futura de una determinada cantidad del bien considerado, consiguiendo así una protección ante la incertidumbre de que aparezca una mala cosecha o el mercado hunda los precios por un exceso de oferta. Obviamente, la contrapartida del contrato de futuros es un precio inferior al que en promedio se obtendría en situaciones normales.

Sin embargo, los productos financieros se negocian desde hace dos décadas, existiendo futuros sobre tipos de interés a corto, medio y largo plazo, futuros sobre divisas y futuros sobre índices bursátiles.

## Opciones

Uno de los productos derivados más importantes son las opciones financieras (*options*), que podríamos definir las como un contrato normalizado a través del cual el comprador adquiere el derecho, pero no la obligación, de comprar (*call option*) o vender (*put option*) una cantidad determinada de un activo subyacente (*underlying asset*) a un cierto precio denominado precio de ejercicio (*strike price*) y en una fecha futura llamada fecha de liquidación (*settlement date*). Las opciones se negocian sobre tipos de interés, divisas e índices bursátiles, aunque también se negocian opciones sobre acciones y opciones sobre contratos de futuros.

La simetría de derechos y obligaciones que existe en los contratos de futuros, donde las dos partes se obligan a efectuar la compraventa al llegar la fecha de vencimiento, se rompe en las opciones puesto que una de las partes (la compradora de la opción) tiene el derecho, pero no la obligación de comprar (*call*) o vender (*put*), mientras que el vendedor de la opción solamente va a tener la obligación de vender (*call*) o de comprar (*put*). Esta diferencia de derechos y obligaciones genera la existencia de la prima, que

**Tabla 3. Principales características de las posibles operaciones simples con opciones**

Operaciones simples	Gráfico de pagos según cotice el subyacente	Ganancias potenciales	Pérdidas potenciales	Momento a ejecutar según la situación del subyacente
Compra de una opción call (+C)		Ilimitadas	Limitadas a la prima que paga por la opción	Expectativas alcistas
Venta de una opción call (-C)		Limitadas a la prima que recibe por la opción	Ilimitadas	Expectativas no alcistas
Venta de una opción put (-P)		Limitadas a la prima que recibe por la opción	Ilimitadas	Expectativas no bajistas
Compra de una opción put (+P)		Ilimitadas	Limitadas a la prima que paga por la opción	Expectativas bajistas

es el importe que abonará el comprador de la opción al vendedor de la misma en concepto de compensación por el riesgo que asume.

Dicha prima, que refleja el valor de la opción, cotiza en el mercado y su valor depende de diversos factores que se enumeran a continuación:

- Cotización del activo subyacente (S). Está en relación directa con el valor de una call e inversa con el de una put.
- Precio de ejercicio de la opción (K). Constante a lo largo de toda la vida del contrato.
- Volatilidad (es una medida de la dispersión del activo subyacente, de manera que a mayor volatilidad hay una mayor probabilidad de que se ejerza la opción, con lo cual también habrá un mayor precio en la opción, tanto de compra como de venta. Más detalles se consideran en la segunda parte de este artículo).
- Tipo de interés del mercado monetario.
- Tiempo restante hasta el vencimiento.
- Dividendos (sólo para opciones sobre acciones).

A diferencia del caso de futuros donde el inversor dispone de dos estrategias elementales (la compra y la venta de contratos), en opciones existen cuatro estrategias elementales:

- Compra de opción de compra (*long call*).
- Venta de opción de compra (*short call*).
- Compra de opción de venta (*long put*).
- Venta de opción de venta (*short put*).

Estas operaciones simples poseen unas características que se presentan esquemáticamente en la Tabla 3. Como se puede imaginar es posible llevar a cabo operaciones

más complejas como, por ejemplo, la estrategia de compra y venta simultánea de opciones de compra (o de venta) denominada “*spread alcista (bajista)*”, que están fuera del alcance de este artículo y que el lector interesado puede consultar en las referencias.

El precio de ejercicio es aquel al que se podrá comprar o vender el activo subyacente de la opción si se ejerce el derecho otorgado por el contrato al comprador del mismo.

Una opción tiene cinco características fundamentales que la definen, siendo éstas el tipo de opción (compra *-call-* o venta *-put-*), el activo subyacente o de referencia, la cantidad de subyacente que permite comprar o vender el contrato de opción, la fecha de vencimiento y el precio de ejercicio de la opción.

Las opciones pueden ser ejercidas en cualquier momento hasta su vencimiento (opciones americanas) o solamente en el vencimiento (opciones europeas).

La comparación entre el precio de ejercicio y la cotización del activo subyacente sirve para determinar la situación de la opción (*in, at o out of the money*) y su conveniencia de ejercerla o dejarla expirar sin ejercer el derecho otorgado por la compra de la opción. Se dice que una opción call está “*in the money*” si el precio de ejercicio es inferior a la cotización del subyacente, mientras que una opción put está “*in the money*” cuando el precio de ejercicio es superior a la cotización del subyacente; por supuesto, una opción está “*out of the money*” cuando se da la situación contraria a la descrita anteriormente para las opciones “*in the money*”, con la excepción de las opciones que están “*at the money*” que sólo sucede cuando el precio de ejercicio y el precio del subyacente coinciden.

### MEFF Renta Fija

Sociedad rectora situada en Barcelona, responsable de gestionar y supervisar el mercado de productos derivados cuyo subyacente es la renta fija o los tipos de interés, y sobre divisas. Cuenta con su propio sistema de liquidación y compensación de operaciones. Algunos de los productos negociados son: contratos de opción (sobre los Bonos a 3 y 10 años, o sobre el MIBOR a 90 días) y contratos de futuros (sobre los Bonos a 3 y 10 años, o el MIBOR a 90 ó 360 días).

Es un mercado de carácter netamente mayorista, en el que el grueso de participaciones en el mercado está constituido por más de 700 bancos de todo el mundo.

## MEFF Renta Variable

Sociedad rectora situada en Madrid, responsable de la gestión y supervisión del mercado de opciones y futuros sobre el índice IBEX 35 y de las opciones sobre acciones. Al igual que MEFF Renta Fija, cuenta con su propio sistema de liquidación y compensación de valores. Algunos de los productos negociados son: contratos de opción (sobre IBEX-35 o sobre acciones) y contratos de futuros (sobre IBEX-35).

Este mercado está mucho más orientado hacia los particulares, que tienen una participación relativa superior al 60% en el volumen de la negociación.

La evolución del volumen de contratos (en millones) negociados en este mercado, durante el periodo 1995-2001, se muestra en la Figura 2. Con respecto a 2002 se observa que hasta el 18 de julio se habían negociado un total de 22,7 millones de contratos, es decir, algo más del 60 % de lo negociado el año pasado. Por lo que a pesar de las consecuencias derivadas del 11 de Septiembre, de los escándalos contables destapados recientemente y de la situación generalizada de atonía económica que se percibe, parece desprenderse de estos datos que este mercado goza de buena salud.

La estructura de la negociación en el mercado MEFF RV es similar a la del mercado bursátil. Es decir, se trata de un mercado electrónico dirigido por órdenes, en el que las órdenes recibidas por el sistema se acumulan, teniendo preferencia aquellas que presentan un mejor precio y, a igualdad de precios, tienen preferencia las más antiguas.

Los principales productos que se pueden negociar en España son los siguientes:

- BONO 10: Bono nacional de Deuda Pública.
- FUTUROS IBEX-35, FUTUROS MINI IBEX-35 y OPCIONES IBEX-35.
- OPCIONES SOBRE ACCIONES, FUTUROS SOBRE ACCIONES.

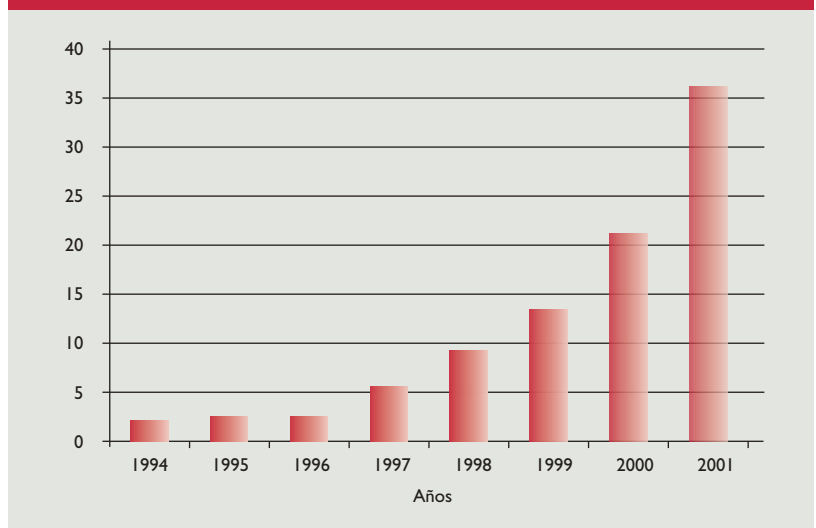
Sobre las acciones de algunas de las empresas más importantes: FUTUROS S&P EUROPE 350, OPCIONES S&P EUROPE 350, S&P EUROPE 350 SECTORS (FUTUROS), S&P EUROPE 350 SECTORS (OPCIONES).

A través del EuroMEFF se pueden contratar derivados sobre deuda pública europea que emiten el Tesoro alemán o francés sobretodo.

## MEFF Sociedad Holding

Las dos organizaciones anteriores dependen totalmente de MEFF Sociedad

Figura 2. Evolución del volumen de contratos en el MEFF (1995-2001)



Holding, cuya sede está en Barcelona y cuya función consiste en coordinar ambos mercados.

Las principales funciones que estas sociedades realizan en los mercados de títulos derivados, como organizadoras de los mismos, son las siguientes:

- Definen los tipos de contratos o títulos derivados que se negocian.
- Establecen quiénes son los agentes que pueden operar directamente en el mercado (miembros liquidadores).
- Actúan como cámara de compensación entre comprador y vendedor, de modo que los compradores y vendedores tienen siempre a la sociedad organizadora como parte contraria. Ésta sólo compra y vende por el mismo precio.
- Fijan las garantías exigidas a los agentes que asumen compromisos futuros.

## Las necesidades de predicción

De lo desarrollado hasta el momento resulta obvio que la compra-venta de productos en un mercado de derivados depende de la evolución de determinadas magnitudes. Por ejemplo, en el caso de las opciones la prima pagada por una opción depende de la volatilidad prevista para el activo subyacente.

Por tanto, resulta ineludible un conocimiento aunque sea muy elemental del comportamiento que presentan las series temporales asociadas a las magnitudes analizadas, así como de los modelos estadísticos que se han mostrado eficaces en la tarea de predecir los valores futuros de esas magnitudes. En los próximos epígrafes se abordan todas estas cuestiones. ■