



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

**EL BIG DATA EN LA VALORACIÓN DE
INSTRUMENTOS DERIVADOS DEL
MERCADO DE DIVISAS**

Autor: Jaime Goez Sanz

5°E-3B

Tutor: Leandro Sergio Escobar Torres

Madrid

Marzo de 2023

RESUMEN

Tras la aparición del *Big Data* como la nueva herramienta tecnológica dispuesta a cambiar la manera en que entendemos los diferentes ámbitos de la sociedad, con aplicaciones, ya en práctica, en el sector sanitario, público o simplemente en partidos de fútbol, no podemos dejar de lado su posible aplicación en el sector financiero. Y es que, de hecho, comienzan a aparecer estudios que tratan de utilizar estas herramientas para tratar de valorar activos financieros y predecir sus movimientos.

Por ello, en el presente trabajo, se tratan de analizar como estas herramientas del *Big Data* pueden encontrar aplicación también a la hora de valorar instrumentos derivados, enfocando el trabajo, principalmente, en los relacionados con el mercado de divisas.

En este sentido, centraré el trabajo en tratar de investigar de qué manera el *Big Data* puede realizar predicciones más precisas y efectivas en relación con los tipos de cambio, con el fin de poder llevar a cabo una correcta estrategia con los derivados, ya sea de cobertura, de arbitraje o de especulación.

Palabras clave: Derivados financieros, mercado de divisas, tipo de cambio, cobertura, arbitraje, especulación, valoración, *Big Data*, *Big Data Analytics*, herramientas, modelos de valoración.

ABSTRACT

After the emergence of Big Data as the new technological tool ready to change the way we understand the different areas of society, with applications, already in practice, in the health sector, public or simply in soccer matches, we cannot leave aside its possible application in the financial sector. In fact, studies are beginning to appear that attempt to use these tools to try to value financial assets and predict their movements.

Therefore, in this paper, we will try to analyze how these Big Data tools can also find application when valuing derivative instruments, focusing the work, mainly, on those related to the foreign exchange market.

In this sense, I will focus the work on trying to investigate how Big Data can make more accurate and effective predictions in relation to exchange rates, in order to be able to carry out a correct strategy with derivatives, whether hedging, arbitrage or speculation.

Keywords: Financial derivatives, foreign exchange market, exchange rate, hedging, arbitrage, speculation, valuation, Big Data, Big Data Analytics, tools, valuation models.

LISTADO DE ABREVIATURAS

ATM	<i>At-the-money</i>
CNMV	Comisión Nacional del Mercado de Valores
ECC	Entidad de Contrapartida Central
EMIR	<i>European Market Infrastructure Regulation</i>
FRA	<i>Forward Rate Agreement</i>
IRS	<i>Interest Rate Swap</i>
ITM	<i>In-the-money</i>
MEFF	Mercado Español de Futuros Financieros
OTC	<i>Over the counter</i>
OTM	<i>Out-of-the-money</i>
UE	Unión Europea

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA.....	8
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	9
1. EL CONCEPTO DE DERIVADO Y SUS TIPOS	9
1.1. Derivados negociados en mercados organizados.....	10
1.1.1. <i>Futuros</i>	11
1.1.2. <i>Opciones</i>	13
a. <i>Opción call</i>	13
b. <i>Opción put</i>	14
1.2. Derivados OTC.....	16
1.2.1. <i>Forwards</i>	16
1.2.2. <i>Swaps</i>	17
2. DERIVADOS RELACIONADOS CON EL MERCADO DE DIVISAS.....	18
2.1. El mercado de divisas	18
2.2. El arbitraje y las teorías de paridad	22
2.2.1. <i>Purchasing power parity</i>	23
2.2.2. <i>The Fisher effect</i>	24
2.2.3. <i>International Fisher effect</i>	24
2.2.4. <i>Interest rate parity theory</i>	25
2.2.5. <i>Unbiased forward rate</i>	25
2.3. Derivados relacionados con el mercado de divisas.....	26
2.3.1. <i>Derivados sobre divisas</i>	27
2.3.2. <i>Usos de los derivados de divisas</i>	28
a. <i>Cobertura o hedging</i>	28
b. <i>Arbitraje</i>	31
c. <i>Especulación</i>	34
CAPÍTULO IV: VALORACIÓN DE LOS DERIVADOS DE DIVISAS.....	35
1. FUTUROS Y <i>FORWARDS</i>	35
2. OPCIONES	35
3. SWAPS	39
CAPÍTULO V: BIG DATA: CONCEPTO Y APLICACIONES.....	41
1. DEFINICIÓN	41
2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	44

3.	APLICACIONES DEL BIG DATA.....	48
4.	DESVENTAJAS O BARRERAS DEL BIG DATA.....	51
5.	USO DEL BIG DATA PARA LA VALORACIÓN DE ACTIVOS	53
6.	USO DEL BIG DATA PARA VALORAR DERIVADOS DE DIVISAS	55
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES.....		58
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA		60

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Con la constante evolución de la economía mundial y, sobre todo, con la enorme volatilidad que han experimentado todos los mercados, desde materias primas hasta tipos de cambio o tasas de interés, han permitido e impulsado la aparición de nuevos instrumentos financieros con el fin de cubrir las demandas que surgen en este entorno tan cambiante e impredecible.

Dentro de estos nuevos instrumentos financieros aparece y cobran, sin duda, una gran importancia, los instrumentos financieros derivados, de gran utilidad en este entorno por su gran versatilidad. Estos instrumentos derivados permiten dar una ágil respuesta a las necesidades de personas y empresas por su capacidad de actuar como herramientas de cobertura de riesgo, como oportunidades de arbitraje o como herramientas puramente especulativas.

Tal importancia llegaron a tener estos nuevos instrumentos financieros que fueron, en parte, una de las razones por las que se desató la crisis del 2008. Esto llevó a un mayor control de estos derivados, lo que desencadenó en un descenso de su uso. No obstante, desde 2014, la utilización de instrumentos derivados está remontando y expandiéndose.

Normalmente, el riesgo asociado a estos productos financieros es esencialmente alto, por lo que resulta muy interesante encontrar herramientas y modelos que permitan valorarlos y evaluar su riesgo de la manera más precisa posible.

Por otro lado, el *Big Data* está creciendo de manera constante, encontrando aplicación en todos los terrenos profesionales, desde el sector sanitario o biomédico, hasta en sectores tan banales como el deporte, analizando la probabilidad de marcar un gol en un partido de fútbol profesional. El ámbito financiero no se ha quedado atrás, y encuentra utilidad en estas herramientas para, por ejemplo, valorar activos.

De esta manera, con el presente proyecto, analizaremos la posible aplicación del *Big Data* para valorar derivados financieros y, en concreto, los relacionados con el mercado de divisas. El objetivo es analizar de qué manera puede mejorar el uso de estas herramientas la valoración de dichos instrumentos y la evaluación de su riesgo.

He decidido centrar el presente trabajo en el mercado de divisas por considerar que se puede tratar de uno de los mercados en los que mayor aplicación pueda encontrar el *Big Data*, por la cantidad de datos que se pueden recabar de un mercado que opera las veinticuatro horas del día. Además, considero que los factores que producen los movimientos de los tipos de cambio pueden ser fácilmente medibles con las distintas herramientas de análisis del *Big Data*.

Así, básicamente, lo que quiero conseguir a través de este trabajo, es, en primer lugar, realizar una aproximación a los derivados más comunes, siendo estos los futuros, opciones, *forwards* y *swaps*. Más tarde, trataré de explicar de forma sencilla las diferentes estrategias que se pueden realizar con los derivados relacionados con el mercado de divisas, la cobertura, el arbitraje y la especulación, para pasar después a una breve explicación de la valoración de este tipo de derivados.

Pasando ya al *Big Data*, trataré de realizar una introducción al concepto, sus herramientas, aplicaciones y desventajas; para acabar con las maneras en que este ámbito se puede aplicar a las finanzas para valorar activos y, en concreto, los tipos de cambio.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

En cuanto a la metodología utilizada para la realización del presente proyecto, básicamente se ha tratado de la consulta de recursos bibliográficos a través de diferentes aplicaciones, donde destacaría *Google Scholar* y la biblioteca digital de Comillas, donde tenía acceso a multitud de recursos.

En cuanto a la primera parte del trabajo, principalmente he consultado manuales de finanzas con el fin de tratar de explicar los derivados de la forma más sencilla posible, pero dotando a las explicaciones del rigor necesario en un trabajo de fin de grado.

No obstante, he acudido a otros recursos que han sido realizados por la doctrina y a los que he podido tener acceso, se trata principalmente de *papers* que he sido capaz de localizar en relación con el tema de los derivados y de los derivados de divisas en concreto.

En cuanto al apartado del *Big Data*, he tratado de encontrar fuentes recientes que hablasen acerca del tema. En este apartado la mayoría de los recursos han sido *papers* realizados por la doctrina, pues no hay manuales, de momento, que desarrollen en profundidad este concepto y su aplicación a las finanzas.

En definitiva, como ya he dicho al principio, la metodología es básicamente la consulta de recursos bibliográficos que me permitiesen entender los conceptos que trataba de explicar y plasmarlos de la mejor manera posible.

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

1. EL CONCEPTO DE DERIVADO Y SUS TIPOS

Según la Comisión Nacional de los Mercados de Valores, los derivados son “instrumentos financieros cuyo valor deriva de la evolución de los precios de otro activo, denominado ‘activo subyacente’¹”. Estos activos subyacentes pueden ser muy variados, pudiéndose clasificar como activos subyacentes, las acciones, materias primas, divisas o tipos de interés.

La primera definición de derivado la podemos encontrar en el primer tomo de *Política* de Aristóteles, donde cuenta como Tales, el filósofo, había conseguido diseñar “un mecanismo financiero que entraña un principio de aplicación universal”. Según Aristóteles, Tales era capaz de pronosticar acontecimientos y, en cierto momento, predijo que la siguiente cosecha de aceitunas sería excelente.

Teniendo en cuenta esta predicción, Tales decidió llegar a acuerdos con los dueños de los molinos aceiteros, haciendo pequeños depósitos con el fin de garantizar que sería el primero en poder reclamar el uso de dichos molinos. De esta manera, pudo negociar precios muy bajos, pues la cosecha estaba todavía lejana. Así, en el momento de la recolección, Aristóteles relata lo siguiente: “Al llegar la recolección de la aceituna se produjo una gran demanda de la molienda, pero Tales se demoró todo lo que le convino... y ganó gran cantidad de dinero”².

Aunque salvando las distancias, podemos comprobar como actualmente el mercado de derivados financieros funciona de una manera similar, ya sea como los propietarios de los molinos de aceite, con el fin de protegerse frente a la incertidumbre; o como Tales, con el fin de especular intentando anticiparse a movimientos del mercado.

Como protección frente al riesgo, permiten al inversor reducir costes, aumentar rendimientos y reducir la incertidumbre del mercado. Sin embargo, como instrumento especulativo, suponen un riesgo muy alto, debido al grado de apalancamiento que

¹ CNMV, (2020), “Qué debe saber de Opciones y Futuros”, *Guía de la CNMV*.

² Siems, F., (1996), “Los derivados financieros: ¿se justifican nuevas regulaciones?” *Boletín del CEMLA*, 42

conlleven y la volatilidad de estos, que puede ser, y, de hecho, en muchas ocasiones lo es, mayor que los activos subyacentes. Es decir, en los casos en los que los mercados de los activos subyacentes sufren modificaciones, las posiciones de los derivados financieros se moverán en mayor medida, creando grandes cambios en las respectivas ganancias y pérdidas³.

En el presente proyecto, pese a que existen otros tipos, nos centraremos en los derivados financieros, que son aquellos donde el precio depende del precio actual del activo subyacente y las tasas de interés, enfocándolo, más en concreto, en los derivados relacionados con el mercado de divisas.

Antes de entrar en la descripción de los diferentes tipos de derivados, cabe mencionar que existen unos derivados negociados en mercados organizados, que son Futuros y Opciones; y unos contratos de ventanilla o, más conocidos, OTC (*Over The Counter*), que son los Forwards y los Swaps.

1.1. Derivados negociados en mercados organizados.

Los derivados negociados en mercados organizados son aquellos que están estandarizados mediante un contrato, donde se fijan las diferentes reglas necesarias para la negociación y liquidación de dichos derivados⁴.

Anteriormente, el Mercado Español de Futuros Financieros (MEFF) Sociedad Rectora de Productos Derivados, se encargaba de ser tanto el mercado secundario oficial en el que se negociaban este tipo de derivados, como de ser la Entidad de Contrapartida Central (ECC). No obstante, con la entrada en vigor del Reglamento (UE) n° 648/2012, de 4 de julio de 2012, también conocido como la regulación EMIR (European Market Infrastructure Regulation), se decidió separar la función de Entidad de Contrapartida Central de la de Sociedad Rectora de Productos Derivados.

De esta manera, el MEFF se encargaría de la organización del mercado organizado mediante la contratación de todos los derivados financieros negociados en España;

³ CNMV, *op. cit.*

⁴ Hull, J. C., (2003), *Options futures and other derivatives*. Pearson Education India.

mientras que la función de Entidad de Contrapartida Central se encarga a BME Clearing House, siendo la encargada de la compensación de los derivados⁵.

1.1.1. Futuros.

Un futuro se puede definir como un contrato a plazo que se negocia en un mercado organizado donde las partes acuerdan la compraventa de una cantidad concreta de un valor (activo subyacente), que puede ser desde un activo financiero hasta una *commodity*, en una fecha futura predeterminada (fecha de liquidación) a un precio convenido de antemano (precio de futuro)⁶.

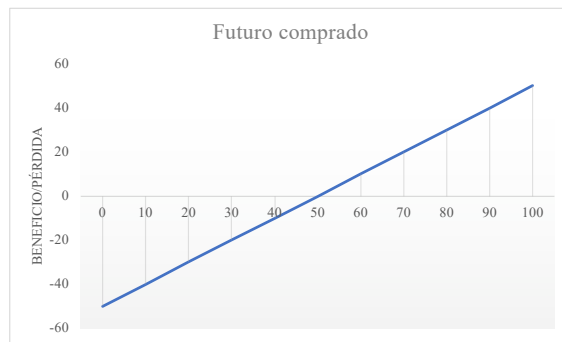
De esta manera, las características básicas de los futuros son las siguientes:

- (a) Las condiciones de estos contratos están predeterminadas y estandarizadas en lo referido a su importe, objeto y fecha de vencimiento.
- (b) Al ser negociados en mercados organizados, pueden comprarse y venderse en cualquier momento, sin necesidad de esperar a la fecha de vencimiento.
- (c) Se deben aportar garantías tanto por el comprador como por el vendedor, con el fin de evitar el riesgo de contrapartida como señal de cumplimiento de su compromiso.

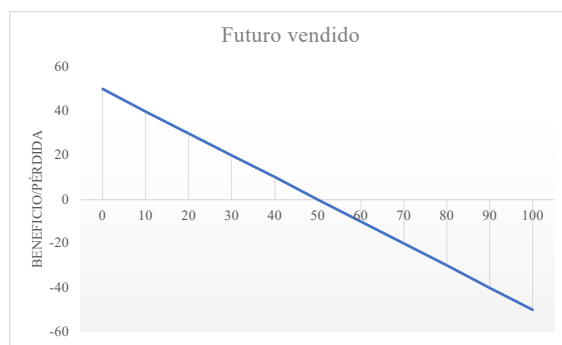
Con el fin de ejemplificar el funcionamiento de los futuros, veamos un ejemplo sencillo. Pongámonos en el caso de que se produce una compra de un futuro sobre un activo a un precio de futuro de 50€. En la fecha de liquidación, si el precio del activo subyacente es superior a 50€, el comprador del futuro habrá obtenido una beneficio, por estar obligado a comprar por más barato que el precio real del activo; mientras que si el precio del activo subyacente es inferior a 50€, habrá obtenido una pérdida, por estar obligado a comprar más caro que el valor de mercado. Se expone un gráfico y una tabla mostrando esta situación:

⁵ Vargas, I., (2014), “Qué es MEFF y qué contratos de futuros puedo negociar”, *Blog Operativa con futuros*.

⁶ CNMV, *op. cit.*



Por el contrario, en el caso de que se venda el futuro, este obtendrá beneficios cuando el valor del activo en la fecha de liquidación sea inferior a 50€, mientras que obtendrá pérdidas siempre que el precio del activo en la fecha de liquidación sea superior a 50€.



De esta manera, los beneficios o pérdidas de cada actor en el futuro quedarían expresados de la siguiente manera:

Futuro comprado			Futuro vendido		
Valor de mercado	Precio de futuro	Beneficio/Pérdida	Valor de mercado	Precio de futuro	Beneficio/Pérdida
0	50	-50	0	50	50
10	50	-40	10	50	40
20	50	-30	20	50	30
30	50	-20	30	50	20
40	50	-10	40	50	10
50	50	0	50	50	0
60	50	10	60	50	-10
70	50	20	70	50	-20
80	50	30	80	50	-30
90	50	40	90	50	-40
100	50	50	100	50	-50

Como se puede ver, desde un punto teórico, las pérdidas que puede llegar a soportar el vendedor del futuro son ilimitadas, puesto que el precio del activo podría subir sin límite, mientras que, en el caso del comprador, las pérdidas máximas que puede llegar a soportar son el equivalente al precio de futuro, en este caso 50€.

1.1.2. Opciones

En el caso de las opciones, se trata de un contrato que otorga a su comprador el derecho, pero no la obligación, de comprar (*call*) o vender (*put*) una determinada cantidad del activo subyacente a un precio determinado (*strike*) en un determinado periodo de tiempo⁷.

Existen dos tipos de opciones, las de tipo europeo, las cuales solo pueden ser liquidadas o ejecutadas por el comprador en el momento señalado para su vencimiento; y las de tipo americano, que pueden ser liquidadas por el comprador en cualquier momento hasta llegada la fecha límite⁸.

En este tipo de contratos, el comprador de la opción tiene el derecho de ejercer la compra o la venta, mientras que el vendedor de la opción está obligado a comprar o vender en el caso de que el comprador quiera ejecutar la opción. Debido a esta asimetría, el vendedor siempre recibirá una prima, que será el precio que le cuesta al comprador esa opción. Por ello, en el caso del comprador de una opción, la pérdida máxima que podrá soportar es el pago de esta prima, ya sea una opción *call* o una opción *put*⁹. No obstante, para analizar los beneficios y pérdidas en cada posición de los contratos de opciones, conviene estudiar cada tipo por separado.

a. Opción *call*

En este caso, el comprador de la opción *call*, compra el derecho, que no la obligación, de adquirir el activo subyacente a un precio determinado en el momento del vencimiento; y el vendedor de la opción *call*, está obligado a vender el activo subyacente en el caso de que el comprador quiera ejecutar la opción. A cambio, se entrega la prima que se ha comentado anteriormente que, en ningún caso, será recuperable.

El comprador de este tipo de opciones tiene expectativas alcistas del mercado, es decir, que considera que los activos subyacentes sobre los que se contrata la opción van a incrementar su valor en los mercados. De esta manera, encontramos tres situaciones:

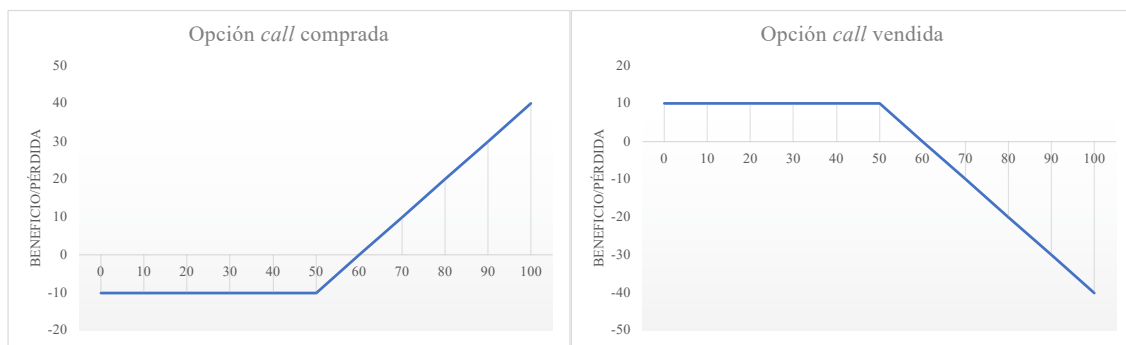
⁷ CNMV, *op. cit.*

⁸ *Id.*

⁹ Gray, S. T., y Plance, J. (2003). *Derivados financieros*. Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos

- (a) El precio del activo subyacente (S) es superior al precio de *strike* (K): en este caso, el comprador de la opción *call* ejercerá su derecho.
- (b) El precio del activo subyacente (S) es igual al precio de *strike* (K): será indiferente que ejercite la opción o no, pues la prima ya la ha perdido y no obtendrá ningún beneficio ni pérdida excepcional.
- (c) El precio del activo subyacente (S) es inferior al precio de *strike* (K): en este caso, el comprador de la opción *call* no ejercerá su derecho, perdiendo únicamente la prima pagada al inicio.

Observemos un ejemplo de una compra de opción *call* en la que el precio de *strike* es 50€ y la prima es de 10€¹⁰.



Observando estos gráficos, podemos identificar que, en el caso de una compra de opción *call*, las pérdidas están limitadas al 10€, que es la prima pagada, mientras que los beneficios son ilimitados en función del valor que alcance el activo. De manera contraria, en el caso del vendedor de la opción *call*, los beneficios están limitados a 10€, mientras que las pérdidas son ilimitadas.

b. Opción *put*

En el caso de una opción *put*, el comprador de la opción adquiere el derecho, que no la obligación, de vender el activo subyacente a un precio determinado en el momento del vencimiento; por otro lado, el vendedor de la opción tiene la obligación de comprar el

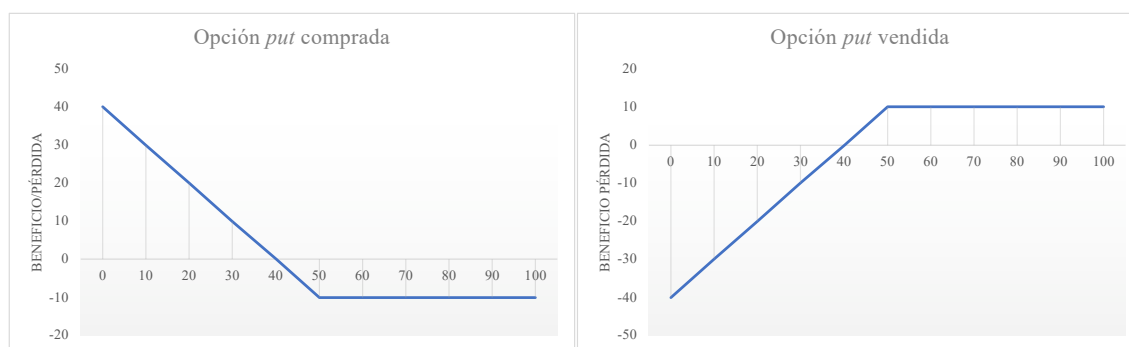
¹⁰ Elaboración propia

activo subyacente en el caso de que el comprador quiera ejercitar su derecho. Del mismo modo, el vendedor obtiene una prima que tampoco en este caso será recuperable.

En este caso, el comprador de la opción *put* tiene expectativas bajistas del mercado, lo que significa que considera que el valor del activo subyacente va a disminuir. De la misma manera que en el caso de la opción *call*, las alternativas que el comprador tiene en este tipo de opciones son tres:

- (a) El precio del activo subyacente (S) es superior al precio de *strike* (K): en este caso, el comprador de la opción *put* no ejercerá su derecho, soportando únicamente la pérdida de la prima.
- (b) El precio del activo subyacente (S) es igual al precio de *strike* (K): será indiferente que ejercite su derecho o no, pues la prima no se podrá recuperar de ninguna manera, por lo que no tendrá ningún beneficio ni pérdida adicional.
- (c) El precio del activo subyacente (S) es inferior al precio de *strike* (K): si esto sucede, el comprador de la opción *put* ejercerá su derecho en todo caso.

Vamos a poner un ejemplo como el anterior, pero en el caso de una opción *put*, se trata de una compra de esta opción con un precio de *strike* de 50€ y una prima de 10€¹¹:



Analizando estos gráficos, podemos observar que, en el caso de comprar una opción *put*, las pérdidas estarán limitadas a 10€, que es el importe de la prima, mientras que los beneficios, de manera teórica, son ilimitados; por el otro lado, en el caso de vender una

¹¹ Elaboración propia

opción *put*, los beneficios están limitados a 10€, mientras que las pérdidas podrían llegar a ser ilimitadas.

De esta manera, analizando los elementos principales de las opciones, podemos resumir las diferentes posiciones con la siguiente tabla¹²:

	Prima	Aceptación	Expectativas	Beneficios	Pérdidas
Compra de <i>call</i>	Paga	Derecho	Alcistas	Ilimitados	Limitadas (prima)
Venta de <i>call</i>	Ingresa	Obligación	Bajistas	Limitados (prima)	Ilimitadas
Compra de <i>put</i>	Paga	Derecho	Bajistas	Ilimitados	Limitadas (prima)
Venta de <i>put</i>	Ingresa	Obligación	Alcistas	Limitados (prima)	Ilimitadas

1.2. Derivados OTC

1.2.1. *Forwards*

Los *forwards* son contratos de compraventa en los cuales el vendedor se compromete a vender un determinado activo a un precio determinado y en una fecha determinada. Se trata de un instrumento derivado que es igual que los futuros, pero que, como única diferencia, se negocian en mercados OTC. Esto implica que son derivados que no están estandarizados, sino que las partes los diseñan según sus necesidades o apetencias¹³.

Existen muchos tipos de *forwards*, pero podemos destacar como más importantes los siguientes¹⁴:

- (a) *Forwards* de divisas: son contratos en los que los participantes se intercambian una moneda por otra, a un tipo determinado, en una fecha futura especificada. Estos contratos se basan en el tipo de cambio al contado y en el diferencial de la tasa de interés entre los países implicados.

¹² Elaboración Propia

¹³ Figueroa, V. M. (2008). Los instrumentos financieros derivados: concepto, operación y algunas estrategias de negociación. *Revista de Ciencias Económicas*, 26(2).

¹⁴ Gray, S. T., y Place, J., *op. cit.*

- (b) *Forwards* de tipo de interés (FRA – *Forward Rate Agreements*): son acuerdos mediante los que las partes pactan un tipo de interés para una operación que se llevará a cabo en una fecha determinada en el futuro y por una cantidad determinada.
- (c) *Forwards* de materias primas: se trata simplemente de pactar un precio para una compraventa en una fecha futura.

1.2.2. *Swaps*

Un *swap* se puede definir como un contrato a través del cual dos partes se comprometen a intercambiar determinados flujos de efectivo en una fecha determinada en el futuro en función de una cantidad determinada de principal y de una regla específica. Este principal puede ser intercambiado o no. En el caso de que no sea intercambiado, es conocido como principal notional y se utiliza únicamente como base del cálculo de los flujos de efectivo que se deben intercambiar periódicamente¹⁵.

Al igual que los *forwards*, los *swaps* no son negociados en mercados estandarizados, por lo que pueden modelarse según las necesidades de las partes. Los principales tipos de *swaps* que podemos encontrar son los siguientes:

- (a) *Swaps* de tipos de interés (IRS – *Interest Rate Swap*): se trata de contratos en los que se intercambian flujos de efectivo que están relacionados con el pago de intereses. El tipo más común de este tipo de *swaps* es el que se intercambian unos flujos de pagos de tipos fijos por otros flujos de pagos de tipos variables, calculados con base en el principal notional del contrato. En estos casos, el notional nunca es intercambiado, sino que lo que se intercambian son los importes de los pagos de intereses que, por lo general, se netean¹⁶.

¹⁵ Figueroa, V. M., *op. cit.*

¹⁶ Gray, S. T., y Place, J., *op. cit.*

- (b) *Swaps* de divisas¹⁷: es un tipo de *swap* muy parecido al anterior, pero los flujos que se intercambian son calculados sobre dos divisas distintas. Dentro de este tipo de *swaps*, encontramos tres posibilidades:
- i. Ambas partes pagan un tipo de interés fijo por las divisas recibidas.
 - ii. Ambas partes pagan un tipo de interés variable por las divisas recibidas.
 - iii. Una de las partes paga un tipo de interés fijo, mientras que la otra parte paga un tipo de interés variable, lo que se conoce como *plain vanilla currency swap*.
- (c) *Swaps* de materias primas¹⁸: en este tipo de contratos, se intercambian flujos de efectivo que se calculan sobre la base de un *commodity*, el cual no se intercambia en ningún momento. En este tipo de *swaps*, los pagos también suelen ser neteados.
- (d) *Swaps* de índices¹⁹: estos *swaps* son muy similares a los de *commodities* o los de tipos de interés, pues el principal siempre es nocional y se intercambian tipos fijos con tipos variables, pero la diferencia está en que la base del cálculo de este tipo de *swaps* es una determinada cartera de valores. En este sentido, una de las partes se compromete a pagar un rendimiento fijo sobre la cartera, mientras la otra parte se compromete a pagar un rendimiento variable de mercado.

2. DERIVADOS RELACIONADOS CON EL MERCADO DE DIVISAS

2.1. El mercado de divisas

Para comenzar, es necesario definir lo que es una divisa, que no es más que la unidad monetaria que identifica un país extranjero. Por otro lado, la moneda es la unidad monetaria que identifica un país local. A modo de ejemplo, si estamos en España,

¹⁷ Delgado, D. J., (2008), *Swap de Divisas*.

¹⁸ Whaley, R. E., (2006), *Derivatives: markets, valuation, and risk management* (Vol. 345), John Wiley & Sons.

¹⁹ Siems, F., *op. cit.*

podemos decir que la moneda es el Euro, y las monedas de distintos países que se usan en España para realizar transacciones con el exterior son las divisas, como por ejemplo el dólar estadounidense, la libra esterlina...²⁰.

Así, el mercado de divisas se puede definir de forma sencilla como el lugar donde se comercian divisas, una frente a otra. Es, sin ninguna duda, el mercado más grande del mundo, con cifras a las que no se acerca ningún otro mercado.

Las divisas se valoran siempre en comparación con otra divisa a través de la tasa de cambio, siendo las más comunes el Euro (EUR), el Dólar Americano (USD), el Yen Japonés (JPY), la Libra Esterlina (GBP) y el Franco Suizo (CHF). Cuando estas divisas se combinan, forman los pares de divisas que se negocian de manera más común:

- (a) EUR/USD
- (b) USD/JPN
- (c) GBP/USD
- (d) USD/CHF

La primera divisa de estos pares de divisas es la que se conoce como divisa base, mientras que la segunda de ellas es la divisa cotizada. Cuando compras un par de divisas, la divisa base es la que se compra, mientras que la divisa cotizada es la que se vende; y de manera opuesta en el caso de vender un par de divisas. Normalmente, el par de divisas se considera como una sola unidad.

No hay ninguna bolsa en la que se negocie el mercado de divisas, sino que se trata de un mercado no organizado o OTC. Esta falta de organización en el mercado de divisas permite al inversor poder elegir entre un número elevado de intermediarios o *brokers* con los que llevar a cabo las operaciones. Además, permite realizar una comparación mucho más pormenorizada de los precios y *spreads* antes de comprar o vender las divisas,

²⁰ Solano, L. F. (2019). *Mercado de divisas*.

contando con herramientas que permiten deducir si comprar o vender un determinado par de divisas²¹.

Por otro lado, es importante conocer que, en un intercambio de divisas, existen dos precios:

- (a) Precio *bid*: es la cantidad que el mercado pagará por una unidad de divisa base, en relación con la divisa cotizada.
- (b) Precio *ask*: es la cantidad que el mercado recibirá por una unidad de divisa base, en relación con la divisa cotizada.

Como regla general, el precio *bid* siempre será más bajo que el precio *ask*.

Este mercado de divisas opera en todo el mundo, por lo que las divisas son negociadas durante las 24 horas del día. Además, a diferencia de otros mercados, no existe ninguna entidad que tenga la capacidad de influir en las condiciones del mercado, al menos durante un largo periodo de tiempo, siendo el precio de cada divisa determinado por diferentes variables, como pueden ser²²:

- (a) Factores naturales: catástrofes naturales, como terremotos, temporales o sequías, pueden afectar al tipo de cambio de las divisas, tanto de forma positiva como de forma negativa. Así, una catástrofe, en un primer momento afectará de forma negativa, pues alejará la inversión extranjera, el turismo y la producción nacional, afectando en última instancia al comercio exterior. No obstante, la fase de reconstrucción de las zonas afectadas por estos sucesos naturales podrá producir el efecto contrario, pues se considera un área que puede tener un crecimiento alto.
- (b) Factores políticos: los cambios en el liderazgo político, medidas llevadas a cabo por estos líderes, guerras y otras circunstancias que afecten a la política

²¹ King, M. R., Osler, C., y Rime, D., (2012), "Foreign exchange market structure, players, and evolution", *Handbook of exchange rates*, 1-44.

²² Solano, L. F., *op. cit.*

de un país, son factores que pueden afectar también en ambos sentidos en la tasa de cambio.

- (c) Factores sistemático: aunque he dicho antes que, a priori, no existen entidades con el tamaño suficiente como para condicionar el mercado, sí que se puede producir una cadena de quiebras en instituciones importantes que, finalmente, deriven en una afectación en los tipos de cambio.
- (d) Factores soberanos: la incertidumbre acerca de la posibilidad de un país de pagar la deuda pública afecta, sin ninguna duda, a la inversión extranjera en el país, lo que afectará indirectamente en el tipo de cambio de la moneda del país. Esto cada vez va tomando mayor importancia, pues los grados de endeudamiento son cada vez mayores en la mayor parte de los países alrededor del globo.
- (e) Factores económicos: las políticas que un país lleva a cabo tienen su incidencia en tasas como la inflación, el desempleo, de interés, o el Producto Interior Bruto, las cuales afectan también al tipo de cambio. Por ello, una moneda que es estable a lo largo del tiempo es algo deseado por todos los países, pues refleja un desarrollo estable del país. Así, el grado de volatilidad del tipo de cambio de una moneda refleja el éxito o el fracaso de las políticas económicas que lleva a cabo un Estado.

Con el fin de entender un poco mejor el funcionamiento de este mercado, pongámonos en la situación de un inversor que está analizando el par de divisas EUR/USD, donde el EUR es la divisa base y el USD es la divisa cotizada. En el caso de que el valor del EUR ha subido, hará que se produzca una subida del par de divisas EUR/USD, mientras que, en el caso de que aumente el valor del USD, desembocará en una bajada del par de divisas EUR/USD. Cualquiera de los dos escenarios puede producir pérdidas o ganancias, esto solo depende de que divisa de las que forman el par es la que se compre o se venda.

De esta manera, cuando estás operando con divisas, lo que negocias es una divisa contra otra y, ya que el tipo de cambio puede variar a lo largo del tiempo, es posible ganar dinero con el comercio de divisas. No obstante, es muy complicado poder predecir el tipo de cambio de una divisa en el futuro, por lo que producir estos beneficios es complicado. Un elemento importante para poder predecir en parte ese posible beneficio,

es el *spread*, que se trata de la diferencia entre el tipo de cambio de compra y el tipo de cambio de venta de la divisa. Observemos la siguiente tabla como ejemplo:

	Bid	Ask
EUR/USD	1,3507	1,3512

En este caso, el *spread* sería de 0,0005 ($1,3512 - 1,3507 = 0,0005$), lo que implica que si quieres comprar USD con EUR, recibirás \$1,3507 por cada euro. Si de forma inmediata compras EUR con los USD, solo recibirás 0,9996€ ($1,3507/1,3512 = 0,9996$) por cada dólar. De esta manera, se produce una pérdida de 0,0004€ por el simple hecho de cambiar una divisa por otra y de vuelta. Por ello, es importante tratar de observar un *spread* bajo para asegurarse de que el dinero no se perderá por el simple hecho de comerciar con divisas²³.

2.2. El arbitraje y las teorías de paridad

Al enfrentarse al mercado de divisas, es especialmente importante conocer lo que es el arbitraje, que puede ser definido como la compra y venta simultánea de los mismos productos en diferentes mercados con el objetivo de obtener beneficios por disparidades en los precios de estos productos. La ley de un precio supone que, en mercados competitivos en los que existen numerosos compradores y vendedores, los cuales tienen un acceso fácil a toda la información disponible, los precios ajustados al tipo de cambio deben ser iguales a nivel mundial. Así, en ausencia de imperfecciones en el mercado, los beneficios deben ser iguales a nivel mundial²⁴.

Antes de continuar, es importante definir dos conceptos. El primero es el *forward discount*, que es el caso de que una el tipo de cambio *forward* es inferior que el tipo de cambio *spot*. Por otro lado, el *forward premium* se da en el supuesto de que el tipo de cambio *forward* es superior al tipo de cambio *spot*²⁵.

En este sentido, surgen algunas teorías, cinco principalmente, que son resultado de estas actividades de arbitraje.

²³ Solano, L. F., *op. cit.*

²⁴ Shapiro, A. C., y Hanouna, P., (2019), *Multinational financial management*, John Wiley & Sons.

²⁵ Whaley, R. E., *op. cit.*

2.2.1. Purchasing power parity²⁶

Existen varias versiones dentro de esta teoría. La versión absoluta de esta teoría determina que los precios deben ser iguales en todo el mundo cuando se expresen en una misma moneda. Es decir, que una unidad de moneda nacional debería tener el mismo poder adquisitivo en todo el mundo.

Un ejemplo muy ilustrativo de esta teoría es el índice Big Mac, que compara los precios de las Big Macs alrededor del mundo para poder determinar si, comparando este índice con los tipos de cambio reales, una moneda está sobrevalorada o no. No obstante, tanto el ejemplo del índice Big Mac como la versión absoluta de esta teoría son incompletas, pues no tienen en cuenta algunos costes de servicios, impuestos, aduanas..., que influyen también en estos cambios en los precios de un país a otro.

Por otro lado, la versión relativa de esta teoría, que es la que más se utiliza actualmente, establece que el tipo de cambio entre la moneda nacional y cualquier moneda extranjera se ajustara para determinar los cambios en los precios entre dos países. Como ejemplo, si la inflación en Estados Unidos es del 5% y en Japón es del 4%, el valor en dólares del yen japonés debe incrementarse en un 4%, con el fin de igualar el precio de los bienes en ambos países. La ecuación básica de esta teoría es la siguiente:

$$e_t = e_0 \frac{(1 + i_h)^t}{(1 + i_f)^t}$$

En este sentido, i_h y i_f son las tasas de inflación del país de origen y del país extranjero respectivamente; e_0 es la tasa de cambio *spot* en el primer momento o en el inicio del periodo; y e_t es la tasa de cambio *spot* en el periodo t .

De esta manera, esta teoría viene a decir que aquellas divisas que tienen tasas de inflación altas deben depreciarse en relación con otras divisas que tengan las tasas de inflación más bajas.

²⁶ Saphiro, A. C., y Hanouna, P., *op. cit.*

2.2.2. The Fisher effect²⁷

Normalmente, los tipos de interés se fijan en tipos de nominales, es decir, como el tipo de cambio entre el dinero actual y el dinero futuro; pero lo que realmente importa es el tipo de interés real, que significa el tipo al que los bienes actuales se convierten en bienes futuros.

De esta manera, como la mayoría de contratos financieros se fijan en tipos nominales, se debe ajustar el tipo real para reflejar la inflación. Por ello, el *Fisher effect* determina que la tasa de interés nominal (r), está compuesta por una tasa real de rendimiento (a) y una tasa de inflación esperada (i). Por ello, la ecuación básica de esta teoría es la siguiente:

$$1 + r = (1 + a)(1 + i)$$

Básicamente, lo que trata de determinar esta teoría es que aquellas divisas que tienen altas tasas de inflación deben llevar aparejadas tipos de interés más altos que aquellas divisas que tienen tasas de inflación más bajas. Otra de las conclusiones de esta teoría es que la diferencia entre los tipos nominales entre dos países es, aproximadamente, el diferencial entre las tasas de inflación esperadas de ambas economías.

2.2.3. International Fisher effect²⁸

Esta teoría puede definirse como una combinación del *Purchasing Parity Theory* y el *Fisher effect*. De esta manera, en el caso de que la tasa de inflación aumente en un país en relación con el extranjero, hará que la divisa de dicho país se deprecie y los tipos de interés de ese país se aprecien en comparación con el extranjero. La ecuación básica de esta teoría es la siguiente:

$$e_t = \frac{(1 + r_h)}{(1 + r_f)} e_0$$

La principal conclusión de esta teoría es que se espera que las divisas que tienen tipos de interés bajos se aprecien en relación con aquellas divisas con tipos de interés altos. Esta teoría también afirma que el arbitraje debe garantizar que el diferencial de los tipos de

²⁷ Saphiro, A. C., y Hanouna, P., *op. cit.*

²⁸ *Id.*

interés entre dos países puede ser un predictor de la posible variación del tipo de cambio, lo que no significa que sea un predictor preciso.

2.2.4. Interest rate parity theory²⁹

El movimiento de fondos entre dos divisas distintas con el objetivo de aprovechar los diferenciales de tipos de interés es uno de los principales causantes del diferencial de los tipos de cambio *forward* y *spot*.

Según esta teoría, la divisa del país con el tipo de interés más bajo deberá estar en *forward premium* con respecto a aquellas divisas con un tipo de interés más alto. De hecho, el diferencial de interés debería ser, aproximadamente, el mismo que el diferencial del *forward*. Si se cumple esta condición, el mercado estará en equilibrio y el tipo de cambio *forward* estará en paridad.

La ecuación básica que se cumple en esta teoría, en el caso de que se trate de un mercado, sin costes de transacción, el diferencial de interés y el diferencial del *forward* deben ser iguales:

$$e_0 = \frac{(1 + r_h)}{(1 + r_f)} f_t$$

De esta manera, siguiendo con esta teoría, los elevados tipos de interés en una divisa son compensados con *forward discounts*, mientras que los tipos de interés bajos son compensados con *forward premiums*. Esta es una de las teorías más desarrolladas por la doctrina, hasta el punto de que las oportunidades de arbitraje se calculan en función de las posibles desigualdades que se generen en la fórmula básica.

2.2.5. Unbiased forward rate³⁰

Según lo que entendemos ahora como el funcionamiento del mercado de divisas, tanto el tipo de cambio *spot* como el *forward*, están influidos por las expectativas que tenemos ahora de acontecimientos que pueden suceder en el futuro. Con nueva información a nuestra disposición, como puede ser un cambio en los diferenciales de tipos de interés,

²⁹ Saphiro, A. C., y Hanouna, P., *op. cit.*

³⁰ Saphiro, A. C., y Hanouna, P., *op. cit.*

afectará de forma inmediata tanto a los tipos *spot* como a los *forward*. Así, la presión del mercado *forward*, se transmite al mercado *spot*, y viceversa.

De esta manera, si ignoramos el riesgo, el equilibrio en el mercado solo se logra cuando el diferencial del *forward* es igual a la expectativa de cambio en el tipo de cambio. En este supuesto, ya no existe ningún interés en comprar o vender divisas al precio *forward*. Así, la ecuación básica en esta teoría sería la siguiente:

$$f_t = e_t$$

Es decir, el tipo de cambio *forward* debe reflejar el tipo de cambio *spot* del futuro en el momento de liquidación del *forward*. No obstante, esto no es un predictor exacto.

2.3. Derivados relacionados con el mercado de divisas

He considerado que en el presente apartado no resulta tan interesante, por repetitivo, explicar los tipos de derivados que se encuentran relacionados con el mercado de divisas, pues se trata de los mismos derivados que ya he explicado anteriormente, pero cuyo activo subyacente son divisas. No obstante, sí que puede resultar interesante considerar los usos que se puede dar a este tipo de derivados, que son muy similares en todos los tipos.

De forma sencilla, podemos definir los derivados como contratos a plazo en los que se pactan en el momento del acuerdo todos los detalles, pero el intercambio efectivo se realiza en un momento posterior. De esta manera, la ventaja que aportan este tipo de contratos es que, tanto comprador como vendedor, conocen con exactitud la cantidad que pagarán y que recibirán de ese activo subyacente³¹. Por ello, existen diferentes maneras de utilizar este tipo de contratos en el mercado, centrándonos en el uso que se dará en el mercado de divisas.

³¹ CNMV, *op. cit.*

2.3.1. Derivados sobre divisas

Aunque definirlos en profundidad resultaría repetitivo, sí que considero que puede resultar útil un pequeño resumen de los principales derivados que existen en el mercado de divisas:

- (a) Un futuro sobre divisas se puede definir, básicamente, como el acuerdo de entregar o recibir una divisa en una fecha concreta en el futuro, a un tipo de cambio que se fija en el presente³². Al tratarse de un futuro, efectivamente cumple las características básicas que estos tienen, que ya han sido mencionadas anteriormente. Por otro lado, los *forwards* sobre divisas se diferencian de estos futuros simplemente en que se negocian OTC, por lo que la definición es muy similar.
- (b) Las opciones sobre divisas son contratos que otorgan al comprador la opción, pero no la obligación de comprar o vender una determinada cantidad de divisas a un tipo determinado y en un momento determinado³³.
- (c) Por último, los *swaps* de divisas son contratos por los que las partes aceptan intercambiar flujos de efectivo calculados sobre dos divisas distintas, en una fecha determinada, en función de una cantidad específica de principal y siguiendo una determinada regla³⁴. En este tipo de contratos, dos partes pacta intercambiar, durante un periodo de tiempo, flujos de intereses en distintas monedas y, al inicio y al vencimiento del acuerdo, se intercambia el principal de la operación, con el objetivo de cubrir esta evolución desfavorable de los tipos de cambio, con un tipo de cambio determinado de antemano en todos los flujos de efectivo. Así, los *swaps* de divisas se componen de un intercambio inicial de principales, unos pagos de intereses recíprocos, y un intercambio final de principales. En este sentido, encontramos tres tipos de *swaps* de divisas³⁵:

³² Cerviño, J., y Pérez, J. H., (1995), “Gestión del riesgo de cambio a través de futuros sobre divisas”, *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC*.

³³ Wystup, U., (2017), *FX options and structured products*, John Wiley & Sons.

³⁴ Costa, L., y Font, M., (1995), *Divisas y Riesgos de Cambios*, McGraw-Hill.

³⁵ Delgado, D. J., *op. cit.*

- i. *Swap* de divisas fijo-fijo: se trata, por así decirlo, de un intercambio de préstamos en distintas monedas, donde las corrientes de intereses se calculan en función de tipos fijos.
- ii. *Swaps* de divisas fijo-variable: son intercambios de préstamos en distintas monedas, uno de ellos a tipo fijo y el otro a tipo variable.
- iii. *Swaps* de divisas variable-variable: es también un intercambio de préstamos en distintas monedas, cuyas corrientes de intereses se calculan en función de tipos variables.

2.3.2. Usos de los derivados de divisas

Igual que cualquier otro derivado, estos encuentran varios usos, siendo los más importantes la cobertura o *hedging*, el arbitraje y la especulación. Por ello, en este apartado trataremos de definir cada uno de estos usos y como se pueden aprovechar los derivados de divisas para sacar su mejor partido en cada uno de estos aspectos.

a. Cobertura o *hedging*³⁶

Las estrategias de cobertura o *hedging* son un conjunto de técnicas que tratan de eliminar o reducir el riesgo asociado a una inversión, sin renunciar a los posibles beneficios que se deriven de esta. Por lo general, este tipo de estrategias se llevan a cabo con la adquisición de posiciones opuestas en el mercado de derivados a la posición inicial en relación con el activo subyacente, tratando de mantener, por lo menos, cierto margen. Aunque para que se lleve a cabo la cobertura no es necesario, aunque sí recomendable, que ambas operaciones se realicen sobre el mismo activo, sí que es necesario que estén relacionados de forma negativa entre ellos.

Como en todos los derivados, la utilización de estos como cobertura de determinados riesgos también es aplicable en el caso de derivados de divisas. En este caso, los derivados de divisas se utilizarían para cubrir las fluctuaciones de los tipos de cambios, encontrando ejemplos en los que se pueden llevar a cabo operaciones para cubrirlos:

³⁶ Hull, J. C., *op. cit*

- (a) Cobertura con futuros y *forwards*: en este caso, se puede pensar en el ejemplo de un exportador estadounidense que vende un determinado producto a una empresa española por 50.000€, con una entrega en un plazo de 3 meses. En este caso, el exportador podría negociar un contrato de futuro o *forward* con el objetivo de garantizar un tipo de cambio determinado llegada dicha fecha. La decisión entre contratar un futuro o un *forward* dependerá de la rigidez que se desea que tenga el contrato, siendo el *forward* un tipo de derivado que permite un mayor ajuste a las necesidades de las partes. Este tipo de operaciones se realizan, de una u otra manera, en función del riesgo a cubrir y la posición que tengas en el mercado:
- i. Si tienes una cartera con divisas y quieres cubrirte frente a bajadas en los tipos de cambio: en este caso, lo que se haría es vender futuros o *forwards* sobre los tipos de cambio, con el objetivo de cubrir la posible subida de estos en el plazo indicado.
 - ii. Vas a adquirir divisas a corto plazo y quieres cubrirte frente a subidas en los tipos de cambio: de forma opuesta al caso anterior, se comprarían futuros o *forwards*, para, de esta manera, protegerse de la esperada bajada en los tipos de cambio.
- (b) Cobertura con opciones: siguiendo con el ejemplo anterior, también es posible la cobertura de estas fluctuaciones a través de opciones, en concreto, en la compra de acciones. Así, también de esta manera las partes pueden asegurar un tipo de cambio con el único riesgo de acabar perdiendo la prima pagada. El tipo de opción que se compre también depende de las expectativas que se tenga del mercado de divisas:
- i. Si tienes una cartera con divisas y quieres cubrirte frente a bajadas en los tipos de cambio: en este caso, lo que se haría sería comprar una opción *put*, pues de esta manera estas limitando la posible o esperada subida de los tipos de cambio.
 - ii. Vas a adquirir divisas a corto plazo y quieres cubrirte frente a subidas en los tipos de cambio: lo que se llevaría a cabo en este supuesto es la

compra de una opción *call*, con el objetivo de cubrir la bajada de los tipos de cambio.

(c) Cobertura con *swaps*³⁷: la cobertura de las fluctuaciones de los tipos de cambio con *swaps* suelen ser operaciones que llevan aparejadas la financiación en otra moneda. En este caso, para poder protegerse de las fluctuaciones de tipos de cambios, es necesario que existan dos empresas interesadas en realizar operaciones en distintos países, por lo que la elección por un tipo u otro de divisas dependerá de las condiciones de los préstamos de cada parte. Así:

i. *Swap* fijo-fijo: sería el ejemplo de dos empresas, una estadounidense y otra española que, por sus características, tienen mayor facilidad en encontrar financiación en su moneda local, resultándoles también más barato. No obstante, la empresa estadounidense quiere realizar una operación en euros, mientras que la española en dólares. Ambos préstamos estarían pactados a un tipo fijo.

De esta manera, lo que harían ambas empresas sería obtener su financiación en su moneda local y realizar un primer intercambio de principales para convertir esos euros en dólares. Durante la duración del contrato irían intercambiando intereses, cada uno en su moneda local, al tipo de cambio pactado al inicio de la operación y, una vez finalizada la inversión, se devolverían el principal al tipo de cambio pactado.

ii. *Swap* fijo-variable: este tipo de *swap* es el más utilizado en el mercado. Piénsese en un ejemplo similar al anterior en el que la empresa estadounidense pide prestados \$100.000, con un tipo de interés del 6% anual; y la empresa española pide prestados 50.000€, con un tipo de interés del EURIBOR + 50 pb, pagaderos por semestres; con un tipo de cambio de 2 EUR/USD, lo que hace ambos préstamos equivalentes.

³⁷ Delgado, D. J., *op. cit.*

En un primer momento, las partes se intercambiarán ambos importes y mantendrán este tipo de cambio para el resto de flujos de efectivo. Durante la duración de los préstamos, la empresa española pagará el 6% de intereses del préstamo americano, más los 50 pb de su propio préstamo, mientras que la empresa americana simplemente pagará el EURIBOR. Una vez terminada la relación, se devolverán el principal el uno al otro al mismo al mismo tipo de cambio inicial, lo que hace que realmente se protejan de las fluctuaciones de los tipos de cambio.

- iii. *Swap* variable-variable: este tipo de *swaps* es muy similar al anterior, con la única diferencia de que ambas partes pactan pagar intereses variables que suelen estar referenciados al mismo índice (EURIBOR, LIBOR...).

b. Arbitraje³⁸

El arbitraje consiste en conseguir beneficios sin asumir ningún riesgo, por lo que solo cabe esperar ganancias. Estas oportunidades de arbitraje aparecen cuando existen diferencias en los precios entre dos mercados, normalmente entre el mercado *spot* y el mercado *forward*. Se trata de una opción que es más recomendable para inversores cualificados y con grandes sumas de dinero, pues el margen de beneficio no es muy alto y, sin embargo, los conocimientos requeridos para llevarlos a cabo son muy elevados.

Efectivamente, se trata de oportunidades de arbitraje, es decir, no es una alternativa que exista de forma constante en el mercado, sino que se tienen que dar unas circunstancias específicas para que se pueda llevar a cabo. Además, son oportunidades que aparecen en periodos de tiempo muy cortos, pues debido a la ley de la oferta y la demanda, los precios se ajustarán en ambos mercados, pudiendo durar estas oportunidades incluso solamente segundos.

Es aquí donde cobran realmente importancia las diferentes teorías de la paridad y, en concreto, la *interest rate parity theory*, que, recordando brevemente, establece la siguiente fórmula:

³⁸ Hull, J. C., *op. cit.*

$$e_0 = \frac{(1 + r_h)}{(1 + r_f)} f_t$$

O, en términos del *forward*, sería:

$$f_t = \frac{(1 + r_f)}{(1 + r_h)} e_0$$

Básicamente, lo que se establece en esta teoría es que, el tipo de cambio *forward* debe ser en todo momento igual al tipo de cambio *spot* multiplicado por el diferencial del tipo de interés existente entre los países involucrados en el par de divisas.

De esta manera, cuando se producen diferencias en los cálculos derivados de esta fórmula y los precios establecidos en el mercado, es cuando aparecen oportunidades de arbitraje. Realmente se trata de operaciones complejas, por lo que expondré un ejemplo práctico donde observar el funcionamiento de estas estrategias³⁹:

Piéñese en un caso en el que el tipo de cambio *spot* USD/MXN en el mercado es de 20,5397 (MXN/USD = 1/20,5397 = 0,04869), mientras que el tipo de cambio *forward* USD/MXN en el mercado es de 21,7496 (MXN/USD = 1/21,7496 = 0,04598). Por otro lado, el tipo de interés en Estados Unidos a un año es de 0,25%, mientras que el tipo de interés en México a un año es de 6,01%.

Para observar si existen oportunidades de arbitraje, debemos aplicar la formula expuesta anteriormente:

$$f_t = \frac{(1 + 6,01\%)}{(1 + 0,25\%)} \times 20,5397 = 21,7198$$

De esta manera, podemos observar cómo hay una disparidad entre el precio de mercado y el precio teórico del *forward*, por lo que aparecen oportunidades de arbitraje. Así, como el valor teórico es distinto que el valor de mercado, existen diferentes opciones:

- (a) Comprar el “barato”: en el caso del tipo de cambio USD/MXN, sería comprar el precio teórico del *forward*, lo que no es posible. Por ello, lo que habría que

³⁹ Clase magistral de Borja Zamorano Moro

hacer es comprar el tipo de cambio *forward* MXN/USD, que equivale a 0,04604 (1/21,7198).

- (b) Vender el “caro”: ocurre algo similar que, en el caso anterior, en el tipo de cambio MXN/USD, como el que habría que vender es el teórico, no sería posible. De esta manera, habría que vender el tipo de cambio *forward* USD/MXN, que es igual a 21,7496.

En conclusión, lo que debería llevarse a cabo es vender *forward* USD/MXN y, al mismo tiempo, comprar *forward* MXN/USD. Por ponerlo en términos numéricos, en primer lugar, lo que se haría es vender el *forward* USD/MXN a un año, por el importe que más adelante explicaré.

En segundo lugar, compraré *spot* USD/MXN por el que recibiríamos, pongamos, 1.000.000 USD, lo que serían 20.539.700 MXN. Para ello, tendré que pedir prestados esos 20.539.700 MXN por un año, al tipo de interés existente en México. El coste que este préstamo supondrá es el siguiente:

$$\text{Coste} = 20.539.700 \times (1 + 6,01\%) = 21.774.135,97 \text{ MXN}$$

Ese 1.000.000 USD que obtendremos con esta operación, lo invertiremos en Estados Unidos a su propio tipo de interés. El resultado de esta transacción es el importe por el que venderemos el *forward* USD/MXN que anteriormente he comentado:

$$\text{Inversión} = 1.000.000 \times (1 + 0,25\%) = 1.002.500 \text{ USD}$$

Estas dos operaciones son las que realmente permiten que se aproveche ese diferencial de los tipos de interés que hacen que cambiar el precio teórico. Por último, observemos el importe que ganaremos con la venta del *forward* USD/MXN por la inversión:

$$\text{Forward USD/MXN} = 1.002.500 \times 21,7469 = 21.801.267,25 \text{ MXN}$$

Así, si observamos los diferentes flujos, analizamos que todos se compensan excepto dos, el coste de la deuda y el *forward* USD/MXN, que son distintos. Así, observamos como el dinero que se obtiene de vender el *forward* USD/MXN, se utiliza para financiar el coste de la deuda y, finalmente, obtener una ganancia sin haber incurrido en ningún tipo de riesgo que asciende a 27.131,28 MXN.

Como se puede observar, para la dificultad que esto conlleva, no supone una gran ganancia, pero no hay que olvidar que no se ha incurrido en ningún tipo de riesgo en la operación. Además, como ya he comentado, si estas operaciones se realizan múltiples veces y por importes superiores, resultará en una vuelta al equilibrio del mercado en el que el precio teórico sea igual al precio de mercado. Hay que tener en cuenta también que este supuesto es el supuesto más sencillo de arbitraje con divisas, pero podemos encontrar operaciones mucho más sofisticadas y complicadas. No obstante, para comprender el funcionamiento de estas oportunidades, con este ejemplo es suficiente.

c. Especulación⁴⁰

La especulación consiste, básicamente, en realizar inversiones en determinados activos que permitan obtener beneficios en el menor periodo de tiempo posible. Esto es, son las operaciones financieras cuyo objeto es la consecución de una ganancia a través de las fluctuaciones de los precios.

En estos casos, por regla general, el sujeto no busca disfrutar del activo con el que se especula, sino que simplemente trata de obtener un rendimiento económico de este. Al contrario que en el caso del arbitraje, en estos casos sí que se intenta conseguir grandes sumas de dinero con la especulación y, si es factible, en el menor tiempo posible.

Las estrategias de especulación con divisas se pueden llevar a cabo con cualquier tipo de derivados, adoptando una posición corta o larga, con la única condición de que no se cubra con la posición contraria en el mercado. Es, por así decirlo, lo contrario a la cobertura con derivados. No es necesario poner ningún ejemplo del uso de derivados con la especulación, pues sería repetitivo con la primera explicación que se ha ofrecido.

⁴⁰ Hull, J. C., *op. cit.*

CAPÍTULO IV: VALORACIÓN DE LOS DERIVADOS DE DIVISAS

1. FUTUROS Y *FORWARDS*

Debemos recordar que este tipo de derivados, el objetivo que tienen es determinar cuál será el precio de las divisas en un futuro por lo que, como ya he dejado entrever en apartados anteriores, la valoración de los futuros o *forwards* relacionados con el mercado de divisas tienen mucho que ver con las diferentes teorías de la paridad.

En concreto, la teoría que más se utiliza para tratar de determinar cuál será el precio del *forward* o futuro es la *interest rate parity theory*, la cual determina que los tipos de cambio futuros se basan en el tipo de cambio al contado y en el diferencial de la tasa de interés de los países implicados⁴¹. De esta manera, la fórmula que se utilizaría para calcular el precio sería la siguiente:

$$f_t = \frac{(1 + r_f)}{(1 + r_h)} e_0$$

Donde f_t es el tipo de cambio *forward*, e_t es el tipo de cambio *spot*, r_f es el tipo de interés de la divisa cotizada, y r_h es el tipo de interés de la divisa base. Así, podemos observar cómo esta fórmula consigue relacionar a la perfección el precio del *forward* con el diferencial de los tipos de interés y el tipo de cambio *spot*, pues recordemos que esta teoría establece que los elevados tipos de interés en una divisa son compensados con *forward discounts*, mientras que los tipos de interés bajos son compensados con *forward premiums*, es decir, que el precio del *forward* depende de la situación del tipo de interés⁴².

2. OPCIONES⁴³

A la hora de valorar una opción, existen dos perspectivas desde las que podemos llevar a cabo la valoración. En primer lugar, podemos valorar la opción en el momento de ejercicio de la opción, que variará en función de que sea una opción americana o europea.

⁴¹ Gray, S., y Place, J., *op. cit.*

⁴² Saphiro, A. C., y Hanouna, P., *op. cit.*

⁴³ Lamothe, P., y Pérez, M., (2006), *Opciones financieras y productos estructurados*, 3a edición. McGraw-Hill.

Así, encontramos las siguientes situaciones, todas vistas desde el punto de vista del comprador de la opción:

- (a) *In-the-money* (ITM): es el supuesto en el que se ejercerá el derecho por parte del comprador, pues es rentable. En el caso de las opciones *call*, se da en el supuesto de que el precio del activo subyacente es superior al precio de *strike* ($S > K$); mientras que en el caso de las opciones *put*, se da en el supuesto de que el precio del activo subyacente sea inferior al precio de *strike* ($S < K$).
- (b) *At-the-money* (ATM): se da en el caso de que sea indiferente ejercer la opción, que en ambos tipos de opciones se dan en el supuesto de que el precio del activo subyacente y el precio de *strike* sean iguales ($S = K$).
- (c) *Out-of-the-money* (OTM): en este caso, no se ejercerá la opción, pues no se obtiene ninguna ganancia con el ejercicio. En el caso de las opciones *call* se da en el supuesto de que el precio del activo subyacente sea inferior al precio de *strike* ($S < K$); y, en cambio, en el caso de las opciones *put*, sucede cuando el precio del activo subyacente sea superior al precio de *strike* ($S > K$).

En definitiva, podemos decir que el valor de las opciones en su vencimiento se resume en la siguiente fórmula. Ambas fórmulas indican cual es el máximo beneficio que se puede obtener en el vencimiento de una opción si se produce el ejercicio:

- (a) Opciones *call*: $c = \max \{S - K, 0\}$
- (b) Opciones *put*: $p = \max \{K - S, 0\}$

Por otro lado, y la parte que, quizás sea la más complicada, se debe valorar la opción antes de su vencimiento, que consiste básicamente, en otorgar un valor a la prima que se debe pagar. Para ello, habría que definir dos conceptos básicos que determinan el valor de mercado de la opción:

- (a) Valor intrínseco (VI): es el valor que tendría la opción si se ejercitase en un determinado momento. En definitiva, se trata del valor que tendría la opción en ese determinado momento, por lo que no hace falta más que remitirse a lo comentado en cuanto a la valoración de las opciones en su vencimiento.

- (b) Valor temporal (VT): es el valor que se da por parte del mercado a que exista un movimiento favorable en el precio del activo subyacente. El valor temporal de una opción siempre disminuye con el paso del tiempo, siendo nulo en el vencimiento de la opción, puesto que, cuanto más se acerca el vencimiento, menos probabilidades existen de que se produzcan cambios en el precio del activo subyacente. De esta manera, es la diferencia entre la prima y el valor intrínseco:

$$VT = Prima - VI$$

De esta manera, la prima que se paga por comprar una opción no refleja simplemente el valor intrínseco de esta, sino también refleja las expectativas que se tienen de las posibles fluctuaciones del precio del subyacente hasta el vencimiento. Por lo que:

$$Prima = VT + VI$$

Así, a la hora de determinar el precio de las opciones, podemos encontrar una serie de variables que influyen en su determinación, entre las que se encuentran:

- (a) Precio del activo subyacente (S): evidentemente, el precio que tiene en el mercado el activo subyacente afecta directamente en el precio de la opción, pues afecta en el valor intrínseco, que forma parte de la prima. De esta manera, en el caso de las opciones *call*, si sube el precio del activo subyacente, subirá también el precio de la opción; mientras que, si baja el precio del activo subyacente, se reduce también el valor de la prima. Por otro lado, en el caso de las opciones *put*, si sube el precio del activo subyacente, bajará el valor de la prima; mientras que, si baja el precio del subyacente, se aumenta el valor de la prima.
- (b) Precio de *strike* (K): al igual que en el caso anterior, al ser el precio de *strike* parte del valor intrínseco, este afectará directamente en el valor de la prima, pero, en este caso, de forma contraria al anterior. Es decir, en el caso de las opciones *call*, una subida en el precio de *strike* desemboca en una bajada del precio de la opción; mientras que una bajada en el precio de *strike* produce una subida en el valor de la prima. Por el contrario, en el caso de las opciones *put*, una subida del precio de *strike* produce una subida en el precio de la

opción; y, en cambio, una bajada en el precio de *strike* hace que disminuya el valor de la prima.

- (c) Tiempo a vencimiento (T): como ya he comentado anteriormente, el tiempo afecta al valor de las opciones. Así, cuando más cerca se esté de la fecha de vencimiento, el precio de la opción disminuirá puesto que existen menos posibilidades de que se produzcan eventos favorables en los precios del activo subyacente.
- (d) Volatilidad del activo subyacente (V): la volatilidad de un activo hace referencia al grado de fluctuación de los precios de dicho activo. Cuanto más volátil es un activo, más posibilidades de grandes ganancias, pero también de grandes pérdidas. Es por eso por lo que, a mayor volatilidad del activo subyacente, mayor debe ser el valor de la prima, tanto en las opciones *put* como en las opciones *call*, puesto que existe mayor probabilidad de que el precio del activo subyacente se mueva de manera favorable al comprador y, en todo caso, la máxima pérdida que se puede producir es la prima.
- (e) Tipo de interés (i): el tipo de interés en las opciones se utiliza para calcular el valor actual del precio de *strike* de manera que, cuando mayor sea este tipo de interés, menor será el valor actual. Por ello, esto hace que, en el caso de las opciones *call* un aumento del tipo de interés suponga un aumento de la prima, mientras que una disminución del tipo de interés lleve consigo una disminución del precio de la opción. Por otro lado, en las opciones *put*, un aumento del tipo de interés supone una disminución de la prima, mientras que una disminución del tipo de interés desemboca en un aumento del valor de la prima.

En definitiva, el valor de la prima depende de la siguiente función:

$$Prima = F(S, K, T, V, i)$$

Se ofrece la siguiente tabla para observar de forma sencilla como afectaría un cambio en cualquiera de estos elementos en el valor de la prima:

Aumento de:	Efecto	
	Opción <i>call</i>	Opción <i>put</i>
Precio del activo subyacente	+	-
Precio de <i>strike</i>	-	+
Tiempo a vencimiento	+	+
Volatilidad	+	+
Tipo de interés	+	-

Por último, resulta interesante conocer los parámetros que se utilizan en las opciones para conocer la sensibilidad ante cambios en algunos de estos elementos, lo que se conoce como “las griegas”. Estos parámetros se utilizan para tratar de mitigar al máximo los riesgos. De esta manera, encontramos las siguientes:

- (a) Delta: es la variación que sufre la prima ante variaciones en el precio del activo subyacente.
- (b) Gamma: es la variación que se produce del Delta ante sucesivas variaciones en el precio del activo subyacente.
- (c) Vega: mide la variación del precio de la opción ante cambios en la volatilidad del activo subyacente.
- (d) Theta: trata de medir la variación que se produce en la prima por el transcurso del tiempo.
- (e) Rho: es la variación de la prima por cambios producidos en los tipos de interés.

3. SWAPS

Recordemos que el *swap* de divisas es básicamente la conversión de un préstamo contraído en una moneda, en otro préstamo equivalente en otra moneda distinta⁴⁴. En

⁴⁴ Delgado, D. J., *op. cit.*

este sentido, recordemos que, básicamente, es un intercambio de préstamos donde las partes se encargan de gestionar la deuda de la contraparte.

Debido a la cantidad de estructuras de este tipo de *swaps* que encontramos en el mercado, es muy difícil determinar un método de valoración que sea útil para todo tipo de *swaps* de divisas, pues este tipo de contratos se realizan a la medida de cada cliente y en atención a la situación del mercado. No obstante, sí que podemos determinar las diferentes variables que se deben tener en cuenta a la hora de valorar un *swap* de divisas⁴⁵:

- (a) El diferencial de los tipos de interés entre los países involucrados en el intercambio de divisas.
- (b) La manera en la que se comportan los mercados y cuál es la posibilidad que existe de financiarse.
- (c) Las necesidades estrictas de cada una de las partes que interviene en el contrato en relación, sobre todo, a los flujos de efectivo que se realizan en la duración del *swap*.

Por otro lado, y para terminar con los *swaps*, hay que tener en cuenta que la mayoría de estos contratos, al ser OTC, suelen llevar aparejados la aparición de intermediarios que actúen como punto de conexión entre las partes. Por ello, a la valoración de los *swaps* normalmente habrá que añadirle las comisiones que este intermediario quiera recibir por su trabajo pues, evidentemente, no se tratará de un trabajo gratuito.

⁴⁵ Delgado, D. J., *op. cit.*

CAPÍTULO V: BIG DATA: CONCEPTO Y APLICACIONES

1. DEFINICIÓN

Como ya he comentado antes, el *Big Data* es un concepto que, actualmente, se encuentra en boca de todos, por la cantidad de aplicaciones prácticas que ha encontrado en diferentes ámbitos, como el sanitario o el biomédico. No obstante, aunque sea un concepto que es usado por todos, muy poca gente conoce en realidad su significado y su alcance. Por ello, con este apartado, trataremos de dar una explicación de lo que es realmente el *Big Data*.

Es conveniente destacar en primer lugar, que ni siquiera existe una definición precisa de lo que significa *Big Data*, existiendo distintas definiciones por parte de diferentes voces dentro de la doctrina. Esta discrepancia se puede deber a diferentes cuestiones, pero lo que parece que afecta en mayor medida, es el uso de manera indefinida de los términos *Big Data* y *Big Data analytics*. Es decir, que se usa de la misma manera como el fenómeno de la cantidad desorbitada de información, como las herramientas que se utilizan en este ámbito para ser capaces de gestionar, procesar y aprovechar esas vastas cantidades de información⁴⁶.

Así, encontramos definiciones de organismos internacionales como la Comisión Europea⁴⁷, que lo define de la siguiente manera:

“El término «macrodatos» (en inglés, big data) se refiere a una ingente cantidad de distintos tipos de datos procedentes de diversas fuentes, tales como personas, máquinas o sensores. Puede tratarse de datos climáticos, imágenes por satélite, fotos y vídeos digitales, registros de operaciones o señales de GPS. Los macrodatos pueden englobar también datos personales, es decir, cualquier información relativa a una persona y que puede ser un nombre, una foto, una dirección de correo electrónico, datos bancarios,

⁴⁶ Maltby, D., (2011), “Big data analytics”, *74th Annual Meeting of the Association for Information Science and Technology (ASIST)*.

⁴⁷ Jourová, V., (2016), “La reforma de la protección de datos en la UE y los macrodatos”, *Comisión Europea*.

entradas publicadas en redes sociales, información médica o la dirección IP de un equipo”.

De la misma manera, la Fundación Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América, ha definido el concepto de *Big Data* como un conjunto de datos muy grande, diversos, complejos, longitudinales y/o que han sido distribuidos, que han sido generados a través de diferentes fuentes digitales disponibles tanto en el presente como en el futuro⁴⁸.

No obstante, podemos encontrar otras definiciones ofrecidas por empresas como McKinsey⁴⁹, que ha ofrecido la definición más popular entre la doctrina, describiendo el *Big Data* de la siguiente manera:

“‘Big data’ se refiere a conjuntos de datos cuyo tamaño está más allá de la capacidad de las herramientas de software de base de datos típicas para capturar, almacenar, gestionar y analizar (...). El big data puede desempeñar un papel económico significativo en beneficio no solo del comercio privado, sino también de las economías nacionales y sus ciudadanos. Nuestra investigación muestra que los datos pueden crear un valor significativo para la economía mundial, mejorando la productividad y la competitividad de las empresas y el sector público, y creando un excedente económico sustancial para los consumidores”.

Otras grandes empresas como Oracle, en informes similares, han ofrecido definiciones que se asemejan bastante a la de McKinsey. Así, podemos observar que, en unas y otras definiciones, se pone el foco en distintos ámbitos del concepto de *Big Data*. En el caso de las organizaciones más gubernamentales, la definición se centra en que el *Big Data* consiste en grandes volúmenes de datos que son obtenidos de muy diversas fuentes digitales. En contraposición, las grandes corporaciones entienden este concepto unido de manera inherente a las herramientas que permiten procesar, comprender y aprovechar esos datos para conseguir ventajas.

⁴⁸ NSF-NIH Interagency Initiative, (2012), *Core techniques and technologies for advancing big data science and engineering (BIGDATA)*.

⁴⁹ Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., y Hung Byers, A., (2011), *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. McKinsey Global Institute.

Como vemos, todas estas definiciones hacen referencia simplemente al volumen de datos que se manejan, pero es importante conocer que, para que una serie de datos puedan ser considerados como *Big Data*, es necesario que cumplan con las tres Vs⁵⁰:

- (a) Volumen: consiste en la cantidad de los datos. Probablemente sea la característica que más se asocia con el *Big Data*, y se refiere únicamente en que, para que un conjunto de datos pueda ser considerado, debe tener un volumen significativo para que sea útil para la toma de decisiones. No obstante, lo que es considerado como significativo no es igual en todos los sectores, pudiendo ser considerado un volumen suficiente en un ámbito y no en otro⁵¹.
- (b) Variedad: implica básicamente que el origen de los datos y el tipo de datos que se recopilan sea diverso. Así, es necesario que se integran y combinen datos estructurados, semiestructurados y no estructurados, así como procedentes de fuentes tradicionales como no tradicionales⁵².
- (c) Velocidad: esta característica se refiere a la velocidad en la generación de los datos. Actualmente, con el avance de la tecnología, la generación y el procesamiento de estos datos es prácticamente instantánea. Esta velocidad de generación de datos es la que provoca, principalmente, que el volumen de estos sea tan elevado⁵³.

Algunos autores han incluido otras Vs, principalmente dos, que son las siguientes:

- (a) Veracidad: es importante que, debido a las anteriores Vs, el nivel de fiabilidad de los datos recogidos sea elevado. Es importante tratar de lograr que estos datos sean fiables y de alta calidad, lo que supone un reto importantísimo en este entorno. Por mucho que se intente, a pesar de que se disponga de los mejores procesadores de datos, existen ciertos datos que son completamente

⁵⁰ Borrás, F., et al., *Estadística Empresarial en 101 ejemplos (volumen I)*, EV Services

⁵¹ Schroeck, M., Shockley, R., Smart, J., Romero, D., y Tufano, P., (2012), “Analytics: el uso de big data en el mundo real: Cómo las empresas más innovadoras extraen valor de datos inciertos”, *IBM Institute for Business Value, Oxford, Informe ejecutivo*.

⁵² Russom, P., (2011), “Big data analytics”, *TDWI best practices report, fourth quarter, 19(4)*, 1-34.

⁵³ *Id.*

imprevisibles. Por ello, en ocasiones no se trata de predecir estos datos, sino de ser capaz de gestionar esa impredecibilidad de alguna manera, puesto que, aunque sean imprevisibles, muchos de esos datos pueden ser de gran utilidad para el *Big Data*⁵⁴.

- (b) Valor: implica básicamente el beneficio que se desprende de una correcta utilización del *Big Data*⁵⁵.

De esta manera, el *Big Data* se podría definir como una combinación de las características que he mencionado, que permiten crear una ventaja competitiva. Así, se erige como una oportunidad que las empresas pueden aprovechar con el objetivo de mejorar las decisiones que se toman el día a día de la compañía y los propios resultados del ejercicio.

2. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Existen muchas técnicas basadas en la estadística y la informática que pueden ser utilizadas para analizar conjuntos de datos. Por ello, en este apartado, trataré de definir algunas de estas técnicas que pueden ser utilizadas de forma más generalizada. Esto implica que no se va a tratar de una lista exhaustiva de este tipo de técnicas de análisis de datos, pues existen algunas específicas para determinados sectores, pero se tratará de explicar aquellas que se consideran más relevantes por regla general.

Dicho esto, las diferentes técnicas son las siguientes⁵⁶:

- (a) *A/B testing*: consiste en una técnica en la que se comprara un grupo de control con diferentes grupos de testeo con el objetivo de determinar qué cambios producen mejoras o deterioros en el grupo de control. Los conjuntos de datos de *Big Data* permiten crear grupos que sean significativos estadísticamente con el objetivo de identificar diferencias significativas entre el grupo de control y los grupos de testeo.

⁵⁴ Schroek, M., et al., *op. cit.*

⁵⁵ Puyol, J., (2014), "Una aproximación a Big Data", *Revista de Derecho de la UNED (RDUNED)*, (14), 471-506.

⁵⁶ Manyika, J., et al., *op. cit.*

- (b) *Association rule learning*: se trata de una técnica que busca encontrar reglas de asociación a través de relaciones o patrones interesantes entre datos que se encuentren dentro de estos grandes conjuntos de datos. De esta manera, se prueban diferentes reglas que traten de confirmar estas reglas de asociación. Este tipo de técnicas se utilizan mucho en análisis de cestas de la compra, donde se intenta determinar que productos suelen comprarse juntos y aprovechar esta información para llevar a cabo estrategias de *marketing*.
- (c) *Classification*: son un conjunto de técnicas que sirven para identificar las categorías a las que pertenecerían nuevos datos, basándose en un conjunto de entrenamiento que contiene datos que ya han sido categorizados. Estas técnicas son útiles para tratar de predecir el comportamiento de determinados segmentos de clientes. Por la existencia de un conjunto de entrenamiento, se trata de una técnica de aprendizaje supervisado.
- (d) *Cluster analysis*: es un método estadístico para clasificar objetos que divide un grupo diverso de datos en pequeños grupos de datos similares, pero cuyas características de similitud no son conocidas de antemano. Un ejemplo de la utilización de esta técnica es la segmentación de consumidores en grupos similares para llevar a cabo estrategias de *marketing* dirigido. En este caso, como no existe un conjunto de entrenamiento, se trata de aprendizaje no supervisado.
- (e) *Crowdsourcing*: más que una técnica de análisis de datos se trata de una técnica de recopilación de datos. Consiste en recopilar datos que han sido presentados por un grupo de personas o una comunidad a través de una convocatoria abierta. Es un tipo de colaboración masiva que, por regla general, se suele llevar a cabo a través de Internet.
- (f) *Data fusion and data integration*: consiste en un conjunto de técnicas que integran y analizan datos que provienen de distintas fuentes, con el objetivo de desarrollar ideas de una manera que las haga más eficientes y precisas que si fuesen desarrolladas analizando únicamente una sola fuente de datos.
- (g) *Data mining*: es una técnica que combina métodos de estadística y *machine learning* para extraer patrones procedentes de grandes conjuntos de datos.

Así, combina técnicas como *Association rule learning*, *cluster analysis*, *classification* y *regression*. Probablemente sea una de las técnicas más importantes de análisis de datos, pues puede ser capaz de detectar patrones en conjuntos de datos que a simple vista pueden estar ocultos. Ejemplos del uso de esta técnica puede ser para detectar que segmentos de clientes son más propensos a responder ante una oferta, detectar las características de los empleados más exitosos, o determinar el comportamiento de compra de clientes.

- (h) **Aprendizaje en conjunto:** consiste en la utilización de modelos predictivos para obtener una predicción mejor que la que se podría obtener utilizando individualmente cada modelo predictivo. Es un ejemplo de aprendizaje supervisado.
- (i) ***Genetic algorithms:*** se trata de una técnica utilizada para la optimización, que está inspirada en la propia evolución o la “ley del más fuerte”. En esta técnica, las posibles soluciones se codifican como “cromosomas” que se pueden combinar y mutar. Estos “cromosomas” individuales son seleccionados para sobrevivir en un entorno que determina la actuación de cada individuo dentro de la población. Son técnicas muy útiles para resolver problemas no lineales, y ejemplos de su aplicación pueden ser para mejorar la organización del trabajo en fábricas o para optimizar el rendimiento posible en una cartera de inversión (muy interesante para nuestro caso).
- (j) ***Machine learning:*** es otra de las técnicas de análisis de datos más importantes, pues, a pesar de su muy alta evolución, va a seguir en este proceso evolutivo. Trata de diseñar algoritmos que permitan a los ordenadores evolucionar en sus posibilidades a través de estos conjuntos de datos. Ahora mismo, el foco está en permitir que los ordenadores aprendan a reconocer patrones complejos y tomar decisiones basadas en los conjuntos de datos. Un ejemplo de *machine learning* es el *natural language processing*, que utiliza algoritmos que tratan de analizar el lenguaje humano.

- (k) *Neural networks*: son modelos inspirados en la estructura y funcionamiento de redes neuronales, que tratan de encontrar patrones en los datos, sobre todo para encontrar patrones no lineales.
- (l) *Network analysis*: son un conjunto de técnicas que tratan de caracterizar relaciones entre nodos discretos en una red social. Las conexiones entre personas en una comunidad u organización se analizan para aplicar estrategias de *marketing*, con el fin de identificar las personas que más influencia tienen sobre el resto o como viaja la información.
- (m) *Optimization*: son técnicas numéricas que se usan para rediseñar sistemas complejos y procesos que mejoran el rendimiento de estos sistemas en atención a alguna medida objetiva, como el coste, la velocidad o la fiabilidad.
- (n) *Pattern recognition*: son técnicas de *machine learning* que asignan un determinado valor de salida a un valor de entrada, en atención a un determinado algoritmo.
- (o) *Predictive modeling*: se trata de un conjunto de técnicas donde se crea o escoge un modelo matemático para poder predecir un determinado resultado. Los ejemplos más típicos son aquellos en los que se usan este tipo de modelos con el objetivo de estimar la probabilidad de que un cliente cambie de proveedor.
- (p) *Regression*: es una técnica estadística que se usa para determinar como el valor de una variable dependiente cambia cuando se producen modificaciones en una o varias variables independientes. Se utiliza para predecir, por ejemplo, el volumen de ventas en función del mercado y variables económicas.
- (q) Estadística: es la ciencia que se encarga de recoger, organizar e interpretar datos, incluyendo el diseño de cuestionarios y experimentos. Estas técnicas se utilizan para juzgar que relaciones entre variables se deben al puro azar y cuales a relaciones causales.

- (r) Simulación: se trata de diseñar el comportamiento de sistemas complejos, con el objetivo de predecir o planear un determinado escenario. Con esto, se logra determinar las probabilidades de determinados resultados.
- (s) *Time series analysis*: son técnicas que analizan secuencias de datos, detectando los valores en el tiempo para poder sacar conclusiones significativas de esos conjuntos de datos. Un ejemplo del uso de esta técnica es el análisis del valor horario de un índice de bolsa, con el fin de predecir el valor que puede tener, por lo que puede resultar interesante para analizar el valor de los derivados.
- (t) Visualización: son técnicas que crean imágenes, gráficos o animaciones , con el fin de comunicar, entender y mejorar los resultados del análisis de grandes conjuntos de datos.

3. APLICACIONES DEL BIG DATA

Una vez analizadas las distintas técnicas para analizar esos conjuntos de datos, es importante identificar los campos donde estas técnicas pueden ser útiles:

- (a) Sector sanitario: este sector es uno de los sectores con mayor potencial en lo que a aplicación del *Big Data* se refiere. La aplicación de este fenómeno puede implicar una mejora que, todavía hoy en día, es difícil de calibrar. La atención al paciente, la prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades, o la reducción de los costes de sanidad, pueden ser aspectos en los que se produzca esta mejora, si bien es cierto que supone un gran reto porque es imprescindible que todos los actores implicados en el proceso que supone estén realmente comprometidos con llevar a cabo esta evolución del sector sanitario⁵⁷. Aunque todavía queda mucho trabajo que hacer en la aplicación del *Big Data* a la medicina, existen ya proyectos en marcha en esta materia, sobre todo en la investigación de posibles efectos de medicamentos. No obstante, esta no es la única aplicación, pues con la aplicación de estos grandes conjuntos de datos, se podría también mejorar en el diagnóstico,

⁵⁷ Menasalvas, E., Gonzalo, C., y Rodríguez-González, A., (2017), “Big Data en Salud: retos y oportunidades”, *Economía industrial*, 405, 90.

permitiendo que este no sea basado en un análisis clínico, sino basado en datos y evidencias⁵⁸. Así, podemos determinar que el uso de estas técnicas está siendo beneficioso en dos aspectos principales, por un lado, el mejor conocimiento de los pacientes y de sus necesidades; y, por otro lado, un mejor servicios y un ahorro de costes⁵⁹. Sin embargo, es importante tener precaución en este ámbito, pues pequeños cambios en algunos tratamientos o personas pueden causar reacciones muy grandes⁶⁰.

(b) Sector público: a pesar de que en ocasiones se piensa que, debido a que este sector no tiene tantas fuentes de datos como otros, no puede aprovechar de la misma medida las técnicas de análisis del *Big Data*, la realidad es que tiene mucho margen de actuación y de aplicación de estas herramientas⁶¹. Muchos gobiernos ya han comenzado a usar este tipo de herramientas con el objetivo de publicitar campañas, movilizar a los votantes, la discusión y aplicación de políticas, donaciones y otros campos⁶². Otros ámbitos en los que resultaría interesante la aplicación del *Big Data* son los siguientes:

- i. Turismo: actualmente los estudios que existen sobre turismo están enfocados en encuestas o entrevistas, no contando realmente el sector con datos reales de turistas. De esta manera, con la introducción del *Big Data*, se tratará de analizar datos de acciones efectivamente realizadas por los turistas, en lugar de respuestas a determinadas preguntas, de manera que la toma de decisiones en este ámbito sea mucho más eficiente⁶³.
- ii. Gestión urbana: con las ingentes cantidades de datos que se generan en las ciudades, los organismos encargados de gestionarlas tienen la oportunidad de aprovecharlos para aportar valor a su gestión y una

⁵⁸ Long, P., y Siemens, G., (2014), "Penetrating the fog: analytics in learning and education", *Italian Journal of Educational Technology*, 22(3), 132-137.

⁵⁹ Maroto, C., (2017), "Big Data y su impacto en el sector público", *Harvard Deusto business review*, 256, 16-25.

⁶⁰ Maltby, D., *op. cit.*

⁶¹ *Id.*

⁶² Chen, H., Chiang, R. H., y Storey, V. C., (2012), "Business intelligence and analytics: From big data to big impact", *MIS quarterly*, 1165-1188.

⁶³ Maroto, C., *op. cit.*

mejor atención al ciudadano a través de, sobre todo, mapas, que pueden ser de salud, de energía, de construcción, de colegios...⁶⁴.

- iii. Seguridad: a través de la conexión de diferentes redes como cámaras de vigilancia, semáforos, sensores..., con algún operador central, se podrá compartir información en tiempo real que permita sumar un añadido de seguridad pudiendo anticiparse a los sucesos⁶⁵.
 - iv. Gestión de eventos: con la información proveniente de los ingresos que generan ciertos eventos, así como los comercios en esos días de eventos, se puede conocer que partes de la ciudad son más activas y cuales necesitan un impulso económico⁶⁶.
 - v. Tráfico: seguramente sea uno de los campos donde más interesante sea la aplicación de estas herramientas, pues ofrecerá la oportunidad a las ciudades a realizar una gestión más adecuada del tráfico, y permitirá analizar otras alternativas más ecológicas que el coche y que, a la vez, sean competitivas con este⁶⁷.
- (c) Educación: con la evolución que está sucediendo en el ámbito de la educación, puede resultar muy útil la aplicación de herramientas de este estilo. Durante los últimos años, han surgido muchos cursos de educación en línea, además de la implementación por parte de universidades y colegios de plataformas en línea. Esto hace que se cuente con muchos más datos e información que permiten mejorar la oferta de educación⁶⁸. Ejemplos de este tipo de aplicaciones puede ser el seguimiento de cada alumno o conocer cuáles son los cursos que más atracción generan en los estudiantes⁶⁹.

⁶⁴ Jaokar, A., (2013), *Big data for Smart cities: How do we go from Open Data to Big Data for Smart Cities*.

⁶⁵ Maroto, C., *op. cit.*

⁶⁶ Jaokar, A., *op. cit.*

⁶⁷ *Id.*

⁶⁸ Picciano, A. G., (2012), "The evolution of big data and learning analytics in American higher education", *Journal of asynchronous learning networks*, 16(3), 9-20.

⁶⁹ Maltby, D., *op. cit.*

- (d) Sector privado: es evidente que, en el ámbito de las empresas privadas, la implementación del *Big Data* ha supuesto un antes y un después. Todo sector que cuente con clientes puede aprovecharse de las ventajas que supone la aplicación del *Big Data* en la implementación de estrategias, de cualquier tipo, en la compañía⁷⁰.

Podemos destacar también que existen muchas aplicaciones del *Big Data* en el ámbito de las finanzas y la economía, pero su desarrollo se dejará para más tarde, bastando ahora mismo con esta simple mención.

4. DESVENTAJAS O BARRERAS DEL BIG DATA

Conocidas sus posibles aplicaciones y las grandes ventajas que el *Big Data* puede tener, es importante tener presentes sus desventajas con el objetivo de que ser capaces de encontrar la aplicación de este fenómeno superando dichas barreras. Algunas de las desventajas más importantes serían las siguientes:

- (a) Privacidad y seguridad: por la propia naturaleza de la tecnología del *Big Data*, es inevitable que una gran cantidad de datos personales sea conocida en estos entornos. En este sentido, existe cierta preocupación por los usuarios del destino de estos datos, pues estos no están cómodos con la cantidad de información instantánea con la que cuentan las corporaciones que utilizan estos grandes conjuntos de datos. De esta manera, es importante que se implementen medidas de seguridad y privacidad informando a los usuarios de la manera en que serán tratados sus datos y obteniendo su permiso antes de poder utilizarlos⁷¹.
- (b) Coste: dentro de esta problemática, encontramos tanto el coste humano como el coste técnico:
 - i. En cuanto al coste humano, me refiero a la dificultad de encontrar personal capacitado para llevar a cabo este tipo de trabajos tan

⁷⁰ Russom, P., *op. cit.*

⁷¹ Payton, T., y Claypoole, T., (2023), *Privacy in the age of Big data: Recognizing threats, defending your rights, and protecting your family*, Rowman & Littlefield.

cualificados que, aunque cada vez sea mayor el número de especialistas, sigue existiendo más demanda que oferta en este campo. Además, como toda nueva tecnología que consideramos las personas como una amenaza a nuestros puestos de trabajo, existe cierta aversión a su uso, por lo que las empresas deben ser capaces de compatibilizar el uso de estas herramientas demostrando que estas pueden ser también una fuente de ventaja para los trabajadores⁷².

ii. Por otro lado, existe un gran coste técnico y económico en el que las empresas tienen que invertir con el fin de poder utilizar este tipo de herramientas. Estas técnicas de manejo de grandes conjuntos de datos requieren unas inversiones muy grandes tanto en *hardware* como en *software*. Así, es necesario analizar como de rentable es la implantación de estas herramientas, es decir, si realmente reducirán los costes de tal manera a largo plazo que hagan rentable la gran inversión inicial⁷³.

(c) Problemas éticos: como toda nueva tecnología que no está del todo implantada en el día a día, existen ciertos problemas éticos que pueden suponer una barrera a la hora de aplicar estas técnicas. Entre estos problemas éticos podemos encontrar, en primer lugar, el ya mencionado relacionado con la privacidad y seguridad en el tratamiento de los datos; por otro lado, encontramos el problema, que también llega a ser legal, del responsable en el tratamiento de datos y de quién es propietario de los datos. Por ello, es importante que las empresas que pongan en práctica el uso de este tipo de tecnologías pongan en marcha políticas que respeten y resuelvan de forma adecuada estos problemas⁷⁴.

⁷² Mayer-Schönberger, V., y Cukier, K., (2013), *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*, Houghton Mifflin Harcourt.

⁷³ Russom, P., *op. cit.*

⁷⁴ Warren, J., y Marz, N., (2015), *Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems*, Simon and Schuster.

5. USO DEL BIG DATA PARA LA VALORACIÓN DE ACTIVOS

Teniendo en cuenta las características del *Big Data*, parece lógico que encuentre aplicación en el ámbito de las finanzas, pudiéndose relacionar cada una de las Vs que forman parte de la definición con una posible ventaja en el ámbito de las finanzas⁷⁵.

No obstante, el uso que se dé de estas herramientas no será el mismo para todas las instituciones. De esta manera, mientras que los bancos comerciales utilizarán estas técnicas como una manera de atraer nueva clientela, los bancos de inversión aprovecharán estas tecnologías para mejorar la toma de decisiones, aumentar la rentabilidad y reducir el riesgo⁷⁶.

Con la tendencia que se está siguiendo, podría (y parece que así será) llegarse a una combinación de análisis técnico y modelos cuantitativos de *trading* que resulten en carteras gestionadas de manera automática. Estos nuevos modelos, podrían llegar a combinar varios aspectos, como pueden ser⁷⁷:

- (a) Máquinas que utilicen datos propios para poder determinar las inversiones.
- (b) Programas que determinen la posible volatilidad o la fluctuación de precios basándose en correlaciones históricas.
- (c) La gestión de la cartera y toma de decisiones automáticas en el mercado.

La idea central de un modelo predictivo es, efectivamente, predecir futuras probabilidades y tendencias. Así, los datos son recopilados, se realizan predicciones y el modelo se valida o revisa a medida que se va disponiendo de datos adicionales. Por ello, en el entorno del *Big Data*, se explotan estos datos para prever tendencias y patrones de comportamiento social o natural⁷⁸. Posteriormente, las herramientas de *Machine learning*

⁷⁵ Moussi, A., (2021), “Big Data analysis and Finance: a literature review”, *EHEI-Journal of Science & Technology*, 1(1), 16-25.

⁷⁶ *Id.*

⁷⁷ Citi Business Advisory Services, (2022), *Big Data & Investment Management: The Potential to Quantify Traditionally Qualitative Factors*.

⁷⁸ Siegel, E., (2005), “Predictive Analytics with Data mining: How it works”, *DMReview*, Feb.

utilizan los resultados de estos modelos para construir algoritmos que puedan aprender autónomamente y tomar decisiones basadas en datos⁷⁹.

Por otro lado, se puede considerar el ejemplo de un programa lingüístico, que sea capaz de detectar cambios en la proporción de palabras positivas o negativas utilizadas en relación con una empresa en los últimos meses, con una proporción hacia más palabras positivas y menos negativas. Más recientemente, el programa observa que el ritmo de cambio hacia los comentarios positivos se está acelerando y, además, observa determinados comentarios que indican ciertas actuaciones por parte de la compañía, por lo que podría ser interesante invertir en ella. Esto se podría combinar con el análisis de las redes sociales de los empleados para conocer sus ubicaciones y posibles expansiones en el futuro⁸⁰.

Así, a medida que avanzan estos programas y los modelos predictivos avanzan, es posible que ambos campos se combinen para poder desarrollar modelos de gestión automática de carteras que base sus inversiones en el valor futuro de una empresa.

Estos modelos de valor futuro comenzarían con un resultado obtenido del modelo lingüístico de un evento futuro en una determinada empresa. Posteriormente, identificaría que tipo de evento futuro es y buscaría eventos similares en registros de la empresa y de sus competidores. De esta manera, se analizarían las fechas de dichos anuncios y los gráficos de estas durante las semanas anteriores y posteriores al evento futuro.

En este sentido, el modelo podría evaluar el patrón de los movimientos diarios de los precios con el objetivo de poder prever y anticipar su posición frente al posible evento futuro. Es decir, podrá tanto comprar sus acciones por el aumento de la probabilidad de acontecimiento del evento futuro; como vender sus acciones por la anticipación de que el evento no se llevará a cabo⁸¹. En este caso se ha puesto el ejemplo de un evento en el que el precio de las acciones sube, pero podría suceder también en el otro sentido, esto es, con la posibilidad de un evento futuro que disminuyese el valor de la empresa.

⁷⁹ Laney, D., (2001), “3D data management: Controlling data volume, velocity and variety”, *META group research note*, 6(70), 1.

⁸⁰ Citi Business Advisory Services, *op. cit.*

⁸¹ *Id.*

No obstante, cabe indicar que no solo es posible realizar estos modelos con análisis lingüísticos, sino que existen muchas otras herramientas que permiten llevar a cabo modelos que sean capaces de predecir el movimiento de las acciones como el análisis de sentimientos, simplemente el análisis de precios, creación de *neural networks*...⁸².

6. USO DEL BIG DATA PARA VALORAR DERIVADOS DE DIVISAS

Igual que en el caso de la valoración de activos, en el caso de los derivados de divisas, la utilización de técnicas de *Big Data*, se van a aplicar en la predicción del valor del activo subyacente que, en este caso, son las divisas. Lo que hace realmente interesante la aplicación del *Big Data* en este tipo de activos, es la cantidad de datos con los que se cuenta para poder predecir comportamientos y movimientos del mercado, y más en el mercado de divisas, el cual está abierto las veinticuatro horas del día por ser un mercado en el que se puede en todo el planeta⁸³. Como hemos visto, sea cual sea la utilidad que le quieras dar a los derivados de divisas, lo más importante en el mercado de divisas es tratar de conocer cuál va a ser la dirección que se espera que tengan las divisas, para tomar la correcta decisión, ya sea especulativa, de arbitraje o de cobertura.

A la hora de predecir los valores de los tipos de cambios, existen dos técnicas principales, que son el análisis fundamental y el análisis técnico. En el caso del análisis fundamental, se trata de un método que examina las situaciones económicas, sociales y políticas que pueden influir en los precios de las divisas en el mercado. Por otro lado, el análisis técnico se centra en datos históricos que ofrecen una descripción de cómo han ido actuando las divisas tradicionalmente, es decir, analizan el pasado⁸⁴.

Así, en este ámbito, podemos encontrar ya trabajos de la doctrina con la intención de observar como el *Big Data* puede tratar de predecir movimientos del mercado de divisas en función de diferentes técnicas. En primer lugar, encontramos trabajos que, aunque todavía no utilizan el término *Big Data*, sí que establecen que con el análisis diario de los datos del mercado y que, cuanto mayor número de datos se disponga, mejor se puede

⁸² Rajput, V., y Bobde, S., (2016), "Stock market forecasting techniques: literature survey", *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 5(6), 500-506.

⁸³ Trelewicz, J. Q., (2017), "Big data and big money: The role of data in the financial sector", *IT professional*, 19(3), 8-10.

⁸⁴ Ayitey Junior, M., Appiahene, P., Appiah, O., y Bombie, C. N., (2023), "Forex market forecasting using machine learning: Systematic Literature Review and meta-analysis", *Journal of Big Data*, 10(1), 9.

predecir, en este caso, los cambios que se producirán en el mercado como consecuencia de una intervención de un Banco Central⁸⁵.

A pesar de que existen diferentes técnicas para estas predicciones que, como ya he comentado, tan importantes son, la mayoría de los estudios que se han realizado en relación con la predicción de los movimientos del mercado de divisas, han centrado su atención en una herramienta en concreto⁸⁶. Esta herramienta es el *Neural Network* que, como ya he explicado, tratan de encontrar patrones en los datos, sobre todo para encontrar patrones no lineales. Por lo general, se ha llegado a la conclusión de que este tipo de herramientas funcionan bien a la hora de predecir el mercado de divisas⁸⁷.

No obstante, existen otros autores que critican el uso desmedido de este tipo de herramientas de *Neural Network*, por dos principales razones. La primera de ellas es que el estudio de las técnicas de *Big Data* en la predicción de las divisas se ha centrado en exceso en ellas, sin tratar de experimentar con otro tipo de herramientas, o una combinación de estas, que permitan una mejor predicción. Por otro lado, consideran que no existe un solo modelo que sea aplicable a todos los casos, sino que es posible que, en atención a las características propias de dicho par de divisas, sea óptimo otro tipo de modelo⁸⁸.

A pesar de que esta primer parte del presente apartado la he dedicado a un estudio más específico de cómo afectaría el *Big Data* en el estudio de las posibles predicciones en el campo del mercado de divisas, no hay que olvidar que, al fin y al cabo, las divisas y los derivados de estas, no son más que activos y que, por lo tanto, se pueden aplicar las mismas herramientas y modelos que los mencionados en el apartado anterior.

Además, por la propia naturaleza de las divisas, considero que es un ámbito en el que el *Big Data* tiene mucho que aportar. Si se observan los factores que influyen en los tipos de cambio, se observa que, todos y cada uno de ellos podrían analizarse para predecir las

⁸⁵ Neely, C. J., (2005), “An analysis of recent studies of the effect of foreign exchange intervention”, *FRB of St. Louis Working Paper*.

⁸⁶ Islam, M. S., Hossain, E., Rahman, A., Hossain, M. S., y Andersson, K., (2020), “A review on recent advancements in forex currency prediction”, *Algorithms*, 13(8), 186.

⁸⁷ Fletcher, T. S. (2012). *Machine learning for financial market prediction* (Doctoral dissertation, UCL (University College London)).

⁸⁸ Ajumi, O., y Kaushik, A., (2017), “Exchange rates prediction via deep learning and machine learning: A literature survey on currency forecasting”, *Int. J. Sci. Res*, 7.

posibles fluctuaciones en estos precios. Si simplemente a priori, podemos determinar aproximadamente los cambios que se producirían si sucediese alguno de los eventos que he mencionado antes, piénsese en la exactitud a la que se podría llegar en estas predicciones si añadimos el *Big Data* al análisis de estos factores.

Se puede llegar a imaginar que, con el uso de estas herramientas, teniendo en cuenta la cantidad de datos históricos que tiene un mercado como el de las divisas, se pueda llegar a predecir el valor de una divisa en función de las políticas que tome el Gobierno de ese determinado país, o en que temporada del año es conveniente comprar una determinada divisa debido a la estacionalidad de su turismo, o en función de la posibilidad de un evento natural.... Lo que quiero decir es que, con la interconexión de estas herramientas, considero que no solo va a ser posible determinar la fluctuación del tipo de cambio en atención a ese análisis técnico, que parece que es lo que se ha estado realizando hasta el momento; sino combinándolo también con un análisis fundamental.

Considero que el *Big Data* puede tener un gran impacto en la predicción de los eventos del mercado de divisas si se basa en el análisis fundamental. De esta manera, no solo se estaría observando patrones del mercado a través de esas redes neuronales que están poniéndose en práctica, sino que se podría llegar a pensar en combinaciones de todas estas herramientas. Así, como ya he comentado antes, se podría atender a las razones políticas, económicas o sociales que afectan a este mercado, y combinarlo con un análisis histórico de los movimientos que se han producido en las divisas con estas circunstancias, pudiendo así establecer predicciones a futuro de los tipos de cambio.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

Una vez concluido el presente proyecto que se ha centrado en estudiar cual es el impacto o la utilidad del *Big Data* en la valoración de instrumentos derivados relacionados con el mercado de divisas, podemos extraer una serie de conclusiones.

En primer lugar, al analizar los diferentes tipos de derivados que existen, se puede observar la versatilidad y la gran utilidad de estos instrumentos pero que, sin embargo, deben ser utilizados con cautela para no sufrir consecuencias negativas, pues son instrumentos sofisticados que requieren conocimiento para actuar adecuadamente con ellos. No obstante, con un buen uso de ellos, las oportunidades que se plantean ante nosotros son inmensas, pues permiten tanto la cobertura, como el arbitraje, como la especulación.

En cuanto al *Big Data*, podemos ver como el futuro comienza a ser el presente, a pesar de que todavía tiene un gran potencial en todos los campos de la sociedad. Hemos analizado como ya encuentra gran aplicación en sanidad, educación, sector público.... No obstante, como toda nueva tecnología hay que avanzar con cuidado, pues existen ciertas desventajas y barreras que hay que tener en cuenta a la hora de utilizar estas novedosas herramientas. Sin embargo, a pesar de estos inconvenientes, sí que parece que las potenciales ventajas que ofrece parecen justificar su uso y desarrollo.

Por otro lado, se ha observado como, además de las distintas aplicaciones que ya he mencionado, el *Big Data* también encuentra aplicación en el sector de las finanzas. En concreto, en el presente trabajo hemos analizado como se están empezando a usar herramientas que tratan de predecir el movimiento de los activos en el mercado. Sin ninguna duda, estas herramientas pueden llevarnos a un nivel de precisión en la predicción de precios a la que no hemos llegado por el momento. No obstante, es importante aclarar que no son herramientas sustitutivas, sino que se deben combinar y complementar con los modelos tradicionales de la valoración de los activos.

Por último, en cuanto a la posible aplicación del *Big Data* en la valoración del mercado de divisas, se ha observado que ya se están desarrollando estudios que comienzan a aplicar herramientas de *Big Data* con el fin de tratar de predecir los movimientos de los tipos de cambio. En concreto, una de las técnicas que más aplicación está encontrando son las *Neural Networks*, pues la idea de estas herramientas es detectar anomalías en

patrones. Por ello, con la aplicación de esta herramienta, podemos tratar de determinar cuándo será el mejor momento en el que realizar nuestra operación, sobre todo en el caso de la especulación o el arbitraje, pues son estrategias que, para que funcionen, exigen que no exista una posición contraria en el mercado.

Por último, para terminar la conclusión, podemos decir que, en la aplicación del *Big Data* en el mercado de divisas, parece interesante que la aplicación de estas herramientas podría realizarse tanto para el análisis fundamental como para el análisis técnico. Lo que quiero decir es que, hasta ahora, parece que la doctrina ha centrado su estudio en la aplicación de las herramientas en el análisis técnico, pero que podría ser útil aplicar estas herramientas también en el análisis fundamental para, de esta manera, ser capaz de predecir en qué medida los cambios en los factores que afectan a los tipos de cambio producen efectivamente estos cambios.

En definitiva, considero que puede resultar interesante combinar la aplicación de estas herramientas en ambos focos, con el objetivo de conseguir una predicción aún más precisa de los movimientos de los tipos de cambio.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

1. LEGISLACIÓN

Real Decreto de 24 de julio de 1889 por el que se publica el Código Civil

Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores.

Reglamento (UE) nº 648/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 4 de julio de 2012, relativo a los derivados extrabursátiles, las entidades de contrapartida central y los registros de operaciones

2. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ajumi, O., y Kaushik, A., (2017), “Exchange rates prediction via deep learning and machine learning: A literature survey on currency forecasting”, *Int. J. Sci. Res*, 7 (disponible en [Anand, V., Brunner, R., Ikegwu, K., y Sougiannis, T., \(2019\), *Predicting profitability using machine learning* \(disponible en \[Ayitey Junior, M., Appiahene, P., Appiah, O., y Bombie, C. N., \\(2023\\), “Forex market forecasting using machine learning: Systematic Literature Review and meta-\]\(https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3466478\)”\)</p></div><div data-bbox=\)](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/81531908/ART20193849-libre.pdf?1646170277=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DExchange_Rates_Prediction_via_Deep_Learn.pdf&Expires=1680076639&Signature=TOfkU4uvzzPRZcVpzmqlnU73BZ-Z-EQkpOWIFhtTHjW1ExnrIE5VDzUFUQP~UYXkvVMBFzoUMo7s2W170NPzVx6Z3gTcYl76vQLgSwz2PSOaT6aUyBItd1XOBkwo0dLqIciQ8o0GZmQ9Qb4CdQKt5oO6UK7RrD8Mg2l5x7wIwruYrOSyJqEsrYFhfhyPCNfgTDW4H3pkm3VnRjRx6jhNLXDsL0ByxkqeJI2RBQHXBwGHhvaL0BGkF4cq9hRzTAFnl6wyKDN1ptthc2gubm1wBKs7VBYYexvvN0WGiypaYMV2VXBBuQmXxG81DS730QaN0z26JykVKH~DG4bs2yf-cw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)”)</p></div><div data-bbox=)

analysis”, *Journal of Big Data*, 10(1), 9 (disponible en <https://link.springer.com/article/10.1186/s40537-022-00676-2>)

Bernardino, A. C., y Gutiérrez, J. P., (2008), “El mercado de divisas en España”, *Cuadernos de Información económica*, (206), 103-118 (disponible en https://www.funcas.es/wp-content/uploads/Migracion/Articulos/FUNCAS_CIE/206art15.pdf)

Bernedo, M. D. R., y Azañero Saona, J. M., (2003), “La banca central y los derivados financieros: El caso de las opciones de divisas”, *Revista Estudios Económicos*, (9), 113-148 (disponible en <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Documentos-de-Trabajo/2003/Documento-Trabajo-12-2003.pdf>)

Borrás, F., et al., *Estadística Empresarial en 101 ejemplos (volumen I)*, EV Services.

Cerviño, J., y Pérez, J. H., (1995), “Gestión del riesgo de cambio a través de futuros sobre divisas”, *Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC* (disponible en <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/3446>)

Chen, H., Chiang, R. H., y Storey, V. C., (2012), “Business intelligence and analytics: From big data to big impact”, *MIS quarterly*, 1165-1188 (disponible en https://www.cse.fau.edu/~xqzhu/courses/Resources/Chen_big_data_MISQ_2012.pdf)

Clark, I. J., (2011), *Foreign exchange option pricing: A Practitioner's guide*, John Wiley & Sons.

Costa, L., y Font, M., (1995), *Divisas y Riesgos de Cambios*, McGraw-Hill.

Delgado, D. J., (2008), *Swap de Divisas*.

Díez de Castro, L. T., & Mascareñas, J., (1988), *Ingeniería Financiera: Estado de la cuestión* (No. 88-28). Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

Duque-Jaramillo, J.C. y Villa-Enciso, E.M., (2016), “Big Data: desarrollo, avance y aplicación en las organizaciones de la era de la información”, *Revista CEA*, 2(4),

https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3519567)

Figueroa, V. M. (2008). Los instrumentos financieros derivados: concepto, operación y algunas estrategias de negociación. *Revista de Ciencias Económicas*, 26(2). (disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/economicas/article/view/7145/6829>)

Fletcher, T. S. (2012). *Machine learning for financial market prediction* (Doctoral dissertation, UCL (University College London)) (disponible en <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1338146/1/1338146.pdf>)

Géczy, C., Minton, B. A., y Schrand, C., (1997), “Why firms use currency derivatives.”, *The Journal of Finance*, 52(4), 1323-1354 (disponible en https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1540-6261.1997.tb01112.x?casa_token=ftMvCrUTtj8AAAAA:e9ORyl6BojrHP8wQGg0eeSUPG1b-sLNcttbYX5H2hVSZ0wF87ILAM1PO8SxmhtZIDfNmS2k1ChsuzEVbQ)

Gray, S. T., y Place, J. (2003). *Derivados financieros*. Centro de Estudios Monetarios Latinoamericanos (disponible en <https://www.cemla.org/PDF/ensayos/pub-en-69.pdf>)

Hull, J. C., (2003), *Options futures and other derivatives*. Pearson Education India.

Islam, M. S., Hossain, E., Rahman, A., Hossain, M. S., y Andersson, K., (2020), “A review on recent advancements in forex currency prediction”, *Algorithms*, 13(8), 186 (disponible en <https://www.mdpi.com/1999-4893/13/8/186>)

Jaokar, A., (2013), *Big data for Smart cities: How do we go from Open Data to Big Data for Smart Cities*.

King, M. R., Osler, C., y Rime, D., (2012), “Foreign exchange market structure, players, and evolution”, *Handbook of exchange rates*, 1-44 (disponible en <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/209986/1/nb-wp2011-10.pdf>)

- Lamothe, P., y Pérez, M., (2006), *Opciones financieras y productos estructurados*, 3a edición. McGraw-Hill.
- Laney, D., (2001), “3D data management: Controlling data volume, velocity and variety”, *META group research note*, 6(70), 1.
- Long, P., y Siemens, G., (2014), “Penetrating the fog: analytics in learning and education”, *Italian Journal of Educational Technology*, 22(3), 132-137 (disponible en <https://www.learntechlib.org/p/183382/>)
- López de Prado, M. M., (2020), *Machine learning for asset managers*, Cambridge University Press.
- Maltby, D., (2011), “Big data analytics”, *74th Annual Meeting of the Association for Information Science and Technology (ASIST)* (disponible en [https://xodel.diba.cat/sites/xodel.diba.cat/files/big_data_y_su_impacto_en_el_sector_publico.pdf](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34978162/Big_Data_Analytics-libre.pdf?1412316474=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DBig_Data_Analytics.pdf&Expires=1680077894&Signature=RMIRJ0SjcEtcBG9x-clzI1PI6-iWI~yFhS8canElODM3MmPeppK68JjEQzh2Za4y4gfY0YGUC81mrNoZjC0nimP50kk04AWa-VK1vARGswghs5DnFl~psE2oZ9qrjiza3YP~iXyPEJQNbpCzsGxX1KVzpYHQPa8x3-VTqP61cde2xp8bmwuFvx8laVyb6tPcRH9PmTtG5ius7PBpOOcFnbxVNqbd01Bv1ZDNUy2fYy~NzleQNmxXVH6ARRSgZiSzhdbGhQGR2TOYBDUx2DQff5l~8yi1LtKb7Z~2Z~SLNFsckxPkUSc335n9u5D7069UunNb~YGXJA4FV~nlMcXBZQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)”)</p>
<p>Maroto, C., (2017), “Big Data y su impacto en el sector público”, <i>Harvard Deusto business review</i>, 256, 16-25 (disponible en <a href=))
- Mascareñas, J., (1992), “Ingeniería financiera: una estrategia para participar en los mercados financieros internacionales”, *Revista Universidad EAFIT*, 28(86), 31-52 (disponible en <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/16601>)

- Mayer-Schönberger, V., y Cukier, K., (2013), *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*, Houghton Mifflin Harcourt.
- Menasalvas, E., Gonzalo, C., y Rodríguez-González, A., (2017), “Big Data en Salud: retos y oportunidades”, *Economía industrial*, 405, 90 (disponible en <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/405/menasalvas,%20gonzalo%20y%20rodriguez.pdf>)
- Moussi, A., (2021), “Big Data analysis and Finance: a literature review”, *EHEI-Journal of Science & Technology*, 1(1), 16-25 (disponible en <https://revues.imist.ma/index.php/ehei-jst/article/view/31622>)
- Neely, C. J., (1997), “Technical analysis in the foreign exchange market: a layman's guide”, *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, (Sep), 23-38 (disponible en <https://ideas.repec.org/a/fip/fedlr/v1997isep23-38.html>)
- Neely, C. J., (2005), “An analysis of recent studies of the effect of foreign exchange intervention”, *FRB of St. Louis Working Paper* (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=762524)
- Neff, G., (2013), “Why big data won't cure us”, *Big data*, 1(3), 117-123 (disponible en <https://www.liebertpub.com/doi/full/10.1089/big.2013.0029>)
- Nissim, D., (2022), “Big data, accounting information, and valuation”, *The Journal of Finance and Data Science* (disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405918822000034>)
- NSF-NIH Interagency Initiative, (2012), *Core techniques and technologies for advancing big data science and engineering (BIGDATA)* (disponible en <https://www.nsf.gov/pubs/2012/nsf12499/nsf12499.htm>)
- O'Shea, V., y Shah, R., (2014), “Big Data in capital markets: at the start of the journey”, *Prepared for Thompson Reuters*.
- Payton, T., y Claypoole, T., (2023), *Privacy in the age of Big data: Recognizing threats, defending your rights, and protecting your family*, Rowman & Littlefield.

- Picciano, A. G., (2012), “The evolution of big data and learning analytics in American higher education”, *Journal of asynchronous learning networks*, 16(3), 9-20 (disponible en <https://eric.ed.gov/?id=EJ982669>)
- Puyol, J., (2014), “Una aproximación a Big Data”, *Revista de Derecho de la UNED (RDUNED)*, (14), 471-506 (disponible en <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:rduned-2014-14-7150/Documento.pdf>)
- Rajput, V., y Bobde, S., (2016), “Stock market forecasting techniques: literature survey”, *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 5(6), 500-506 (disponible en https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/47151462/V5I6201685-libre.pdf?1468264751=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DSTOCK_MARKET_FORECASTING_TECHNIQUES_LITE.pdf&Expires=1680078625&Signature=Qx7nFLiU0UHAeuPHKLuiomIb2RNpMch8sWrF7ATT2UvxPFih0g4yrIPVeTGazmRzt1m1hxVBBRAKynk6X7-rYj69N7FKDz0RWrr7Bw4ZE2G~4h~aj9g9leyV0VYFEyB51uZJUjm~kQa38I1H2ISYZN~JMn4~FBwrWed5WTsiuDcqeJrUprSKjPGriqzs2EEh4faQnRKNHzPF7GZ7mn9KfseCdEnfDKlGQW8nN2Rzp658rV2ddT1ISvoBU3Im4RqfBTO-X8eiVE49XBe0Ttw0YXFUFJPblWEbhnidsbIqiLCJI7dnggqNTEz5VnVMaYUK3cI8z~-GirN6hbWGj~-SQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA)
- Rusek, R., (2013), “Inteligencia Empresarial, Big Data y gestión de la información urbana para Ciudad Inteligente”, *Cuadernos de Gestión de Información*, 3, 52-59 (disponible en <https://revistas.um.es/gesinfo/article/view/207751>)
- Russom, P., (2011), “Big data analytics”, *TDWI best practices report, fourth quarter*, 19(4), 1-34 (disponible en <https://vivomente.com/wp-content/uploads/2016/04/big-data-analytics-white-paper.pdf>)
- Schroek, M., Shockley, R., Smart, J., Romero, D., y Tufano, P., (2012), “Analytics: el uso de big data en el mundo real: Cómo las empresas más innovadoras extraen valor de datos inciertos”, *IBM Institute for Business Value, Oxford, Informe ejecutivo*.

- Shapiro, A. C., y Hanouna, P., (2019), *Multinational financial management*, John Wiley & Sons.
- Siegel, E., (2005), “Predictive Analytics with Data mining: How it works”, *DMReview*, Feb.
- Siems, F., (1996), “Los derivados financieros: ¿se justifican nuevas regulaciones?” *Boletín del CEMLA*, 42
- Solano, L. F. (2019). *Mercado de divisas* (disponible en <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/4819/Mercado%20de%20divisas.pdf?sequence=1>)
- Tabares, L. F., y Hernández, J. F., (2014), “Big Data Analytics: Oportunidades, Retos y Tendencias”, *Universidad de San Buenaventura*, 20 (disponible en <https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w25569w/Big%20Data%20Analytics.pdf>)
- Taleb, N. N., (1997), *Dynamic hedging: managing vanilla and exotic options* (Vol. 64), John Wiley & Sons.
- Trelewicz, J. Q., (2017), “Big data and big money: The role of data in the financial sector”, *IT professional*, 19(3), 8-10 (disponible en https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7945155?casa_token=giGJFY6ldm0AAAAA:DEboSZAiWVLxAMyqTgtrx64r-p7NzL4-D8FWao97FkhoktCS-q3d-p4KV575umhDd8P4eSfzFOo)
- Violeta, G., (2010), *Introduction to the foreign exchange market* (disponible en <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/28078/>)
- Warren, J., y Marz, N., (2015), *Big Data: Principles and best practices of scalable realtime data systems*, Simon and Schuster.
- Whaley, R. E., (2006), *Derivatives: markets, valuation, and risk management* (Vol. 345), John Wiley & Sons.
- Wystup, U., (2017), *FX options and structured products*, John Wiley & Sons.

3. RECURSOS DE INTERNET

Citi Business Advisory Services, (2022), *Big Data & Investment Management: The Potential to Quantify Traditionally Qualitative Factors* (disponible en <https://www.cmegroup.com/education/files/big-data-investment-management-the-potential-to-quantify-traditionally-qualitative-factors.pdf>)

CNMV, (2020), “Qué debe saber de Opciones y Futuros”, Guía de la CNMV (disponible en https://www.cnmv.es/DocPortal/Publicaciones/Guias/G02_OOFF.pdf)

Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., y Hung Byers, A., (2011), *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*, McKinsey Global Institute (disponible en <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation>)

Jourová, V., (2016), “La reforma de la protección de datos en la UE y los macrodatos”, *Comisión Europea* (disponible en <https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/51fc3ba6-e601-11e7-9749-01aa75ed71a1>)

Vargas, I., (2014), “Qué es MEFF y qué contratos de futuros puedo negociar”, *Blog Operativa con futuros*, (recuperado de <https://www.rankia.com/blog/operativa-con-futuros/2253561-que-meff-contratos-futuros-puedo-negociar>)