



FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES

**ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES
ELEMENTOS DIFERENCIADORES
DE UN *TRADING* CONVENCIONAL
CON RESPECTO A UN *TRADING*
BASADO EN LA NEUROECONOMÍA
COMO HERRAMIENTA DE TRABAJO**

Autor: María Victoria Rodríguez Huertas
Director: Javier Márquez Vigil

Madrid
Marzo de 2015

María Victoria
Rodríguez
Huertas

**ANÁLISIS DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS DIFERENCIADORES
DE UN *TRADING* CONVENCIONAL CON RESPECTO A UN *TRADING*
BASADO EN LA NEUROECONOMÍA COMO HERRAMIENTA DE
TRABAJO**



ÍNDICE

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 0 |
| Abstract..... | 0 |
| 1. Introducción..... | 1 |
| 1.1. Objetivo..... | 1 |
| 1.2. Justificación..... | 1 |
| 1.3. Metodología..... | 2 |
| 1.3.1. Tipo de estudio..... | 2 |
| 1.3.2. Materiales..... | 2 |
| 1.3.3. Procedimiento..... | 3 |
| 1.4. Estructura..... | 4 |
| 2. Concepto y orígenes de la Neuroeconomía..... | 5 |
| 3. Aplicaciones de la Neuroeconomía al <i>Trading</i> | 14 |
| 3.1. La teoría de la mente y el papel de la memoria en el trading..... | 15 |
| 3.2. El proceso de toma de decisiones en el trading: el equilibrio entre el sistema de aversión al riesgo y sistema de recompensa cerebral..... | 18 |
| 3.3. El cambio biológico de los tipos de interés..... | 25 |
| 4. El perfil del <i>trader</i> neoclásico frente al <i>trader</i> neuroeconómico..... | 28 |
| 4.1. Las hipótesis del perfil del <i>trader economicus</i> | 28 |
| 4.2. El modelo observado por la Neuroeconomía..... | 36 |
| 4.3. La influencia de la testosterona en la asunción de riesgos del <i>trader</i> masculino frente al <i>trader</i> femenino..... | 43 |
| 4.4. Diseño experimental: El exceso de confianza relacionado con la testosterona en la variable género en una situación de toma de decisiones monetarias en un juego de póquer..... | 46 |
| 5. Conclusiones..... | 52 |

6. Referencias Bibliográficas. 55

ÍNDICE DE GRÁFICOS Y TABLAS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1: Previsión y cotización real del índice <i>Standard y Poor's</i> (S&P 500) durante el periodo de Enero de 1991 a Enero de 2004. Elaboración de Bermejo (2012)..... | 18 |
| Gráfico 2: Esquema del equilibrio entre el sistema de aversión al riesgo y el sistema de recompensa cerebral. Elaborado por Bermejo et al (2011)..... | 20 |
| Gráfico 3: Arbitraje Triangular de Divisas. Elaboración propia con adaptación de <i>Forex Capital Markets</i> | 22 |
| Gráfico 4: Esquema de la coordinación entre amígdala, hipotálamo y mecanismos corporales. Elaboración propia con adaptación de Coates (2012) | 24 |
| Gráfico 5: Esquema de una opción de compra. Elaboración propia..... | 30 |
| Gráfico 6: Curvas de indiferencia. Elaboración propia con adaptación de Reilly et al. (2003) | 34 |
| Gráfico 7: Frontera de las carteras eficientes y curvas de indiferencia del inversor. Elaboración propia con adaptación de Markowitz (1952) | 34 |
| Gráfico 8: Representación de la función de ganancias o pérdidas de la teoría de las perspectivas. Elaboración propia con adaptación de la Teoría de las Perspectivas (Kahnemann y Tversky, 1979)..... | 39 |
| Tabla 1: Relación de variables consideradas en el diseño experimental. Elaboración propia | 49 |

Resumen

El Trabajo de Fin de Grado que se presenta a continuación, analiza los principales elementos de interacción entre economía y neurociencia en el mundo del *trading*; comparando las principales diferencias, entre el modelo de conducta financiera del *trader* convencional o neoclásico con la conducta observada desde la Neuroeconomía. La Neuroeconomía ofrece una nueva perspectiva de la conducta del agente económico, en general, y del *trader*, en particular. Sin duda alguna, en el contexto financiero actual, resulta de especial trascendencia descubrir las respuestas sobre la conducta del *trader* que nos puede aportar la Neuroeconomía.

Palabras clave: Neuroeconomía, neoclásico, *trader*, conducta, financiero.

Abstract

This present study analyzes relationship between economics and neuroscience in *trading*, by comparison between the neoclassical behavior model and the behavior model of Neuroeconomics, in *traders*. Neuroeconomics offers a new perspective about economic agents' behavior, in general; but, specially, in *traders*. Taking into account the current financial context, it is important to look for information about *trader's* behavior, which could be provided by Neuroeconomics.

Keywords: Neuroeconomics, neoclassical, *trader*, behavior, financial.

1. Introducción

1.1. Objetivo

El objetivo de este trabajo es analizar y comparar los principales elementos del modelo de conducta propuesto por la economía neoclásica y el modelo de conducta propuesto por la Neuroeconomía, en el mundo del *trading*.

1.2. Justificación

Cuestionar el principal postulado del modelo económico neoclásico, como es la racionalidad del comportamiento del agente económico, a través del estudio de la biología humana y los procesos cerebrales implicados en la toma de decisiones económicas, constituye una auténtica revolución científico-económica¹.

No cabe duda de que el contexto reciente de crisis económica y financiera es un estímulo para la investigación de esta nueva ciencia llamada Neuroeconomía. Esta disciplina, en vías de desarrollo, propone un nuevo enfoque, caracterizado, principalmente, por el hecho de que nuestra biología incide en nuestra forma de actuar en el mundo económico.

La influencia del comportamiento del mundo bursátil en el crecimiento económico de un país es, sin duda, la razón por la que es interesante entender el comportamiento financiero de los agentes económicos. Teniendo en cuenta que el comportamiento de los mercados financieros es la suma de todos los inversores que están operando diariamente; comprender la biología del inversor individual podría suponer comprender por qué el mercado presenta situaciones irracionales, motivadas, entre otros factores, por altos niveles de especulación. Desde luego, cabe preguntarse cuál es el origen del comportamiento financiero.

¹ Por ejemplo, un ejemplo lo encontramos en la Teoría de las Perspectivas (Kahneman y Tversky, 1979)

El *trader* como agente financiero representa un foco interés para las finanzas del comportamiento, abordadas desde el punto de vista de la Neuroeconomía. Su trabajo se basa en previsión y percepción, procesos cerebrales complejos llevados a cabo por el sistema de aversión al riesgo y el sistema de recompensa cerebral.

Precisamente, la predicción del comportamiento del *trader*, desde el modelo del *homo economicus* con respecto a la Neuroeconomía, presenta puntos de vista divergentes que hay que tener en cuenta. Y por ello, la realización de este trabajo se justifica por el hecho de que es necesario partir de las diferencias entre un planteamiento y otro, para introducir, en la medida de lo posible, la interacción de la investigación económica y neurocientífica.

1.3. Metodología

1.3.1. Tipo de estudio.

Se trata de un trabajo teórico de revisión bibliográfica en relación a la conducta del *trader*, contemplado desde la perspectiva de la Neuroeconomía. En este trabajo, se pretenden clarificar las diferencias de los modelos de conducta del *trader* previstos en el modelo neoclásico, con respecto a la realidad económica conductual observada por la Neuroeconomía; así como determinar el perfil del operador bursátil, interaccionando economía y neurobiología. Éste, es un estudio con una visión integradora, pues se busca establecer una síntesis de los textos sobre dicho tema, escritos en los últimos años.

1.3.2. Materiales.

En la realización de la presente revisión bibliográfica, se ha llevado a cabo una búsqueda sistemática de la literatura científica, en la que se han consultado artículos de investigación y revisión de la materia investigada, tanto en inglés como en español; recursos de páginas web de asociaciones y periódicos;

capítulos de libros; y, secciones de revistas de divulgación científica. Todos ellos versan sobre el ámbito de la Neuroeconomía en el mundo financiero, la neurobiología de la toma de riesgos, la racionalidad del *homo economicus* y los modelos económicos de la conducta de los operadores bursátiles. Las publicaciones de todos estos materiales corresponden a los años comprendidos entre 2002 y 2015.

1.3.3. Procedimiento.

En primer lugar, se realizó una aproximación a la Neuroeconomía por medio de una investigación sobre concepto, origen y su relación con el comportamiento de los inversores; mediante la introducción, en las bases de datos de PsycInfo y Psycodoc de la Universidad Pontificia de Comillas, de palabras clave como: *Neuroeconomics*, *decisión-making*, *neuroanatomía*, *finanzas*, *trader*, y *neoclásicos*.

Tras haber concluido una primera aproximación a la Neuroeconomía y su relación con comportamiento de los inversores; se pudo comprobar que es una disciplina relativamente joven, cuya importancia ha ido creciendo, particularmente, por su capacidad para explicar el origen biológico de la burbuja económica de 2008.

Considerando el carácter innovador y su particular refutación a los planteamientos del modelo de conducta del *homo economicus*, se eligió la realización de un análisis comparativo, entre el modelo económico convencional y los postulados de la Neuroeconomía, en el mundo del *trading*.

Se ha analizado qué es lo que se sabe y lo que no se sabe del comportamiento de los agentes bursátiles denominados *traders*, desde la perspectiva neurocientífica. En este sentido, se ha establecido el objetivo sobre el que trabajar: comparar los principales elementos que distinguen un modelo de conducta de *trading* neoclásico y neuroeconómico.

A partir de este momento, el trabajo de investigación quedó direccionado hacia el objetivo fijado. Por ello, se llevó a cabo profunda investigación electrónica de

revistas de *trading*, de la información disponible en las bases de datos anteriormente citadas y la información obtenida a través del buscador *Google*; en particular, por medio de *Google Académico* mediante la introducción de expresiones como: *Neuroanatomía de las decisiones financieras, la biología de la toma de riesgos, el modelo neoclásico, aversión al riesgo, recompensa cerebral, homo economicus y las hormonas en los inversores*. Pero, además, se llevó a cabo una investigación en algunos libros de divulgación científica adquiridos mediante compra en tiendas especializadas. La selección de información se centró principalmente en el periodo comprendido entre 2002-2015; siendo especialmente relevante el periodo de 2010 a 2015.

1.4. Estructura

Este Trabajo de Fin de Grado consta de cinco partes. En primer lugar, la introducción consta del objetivo general del trabajo, justificación y metodología empleada. En segundo lugar, se trata el concepto y origen de la Neuroeconomía. En tercer lugar, se han descrito las principales aplicaciones de la Neuroeconomía en el *trading*, desde un enfoque biológico económico. Por ello, desde esta perspectiva, se han analizado las aplicaciones de teoría de la mente, la memoria y el proceso de toma de decisiones en situaciones de riesgo. En cuarto lugar, se han ido refutando las principales premisas del modelo de conducta del *homo economicus*, por medio de las propuestas del modelo de conducta de la Neuroeconomía, aplicado a un perfil estándar de *trader*. También se ha tratado la influencia de la testosterona en la asunción de riesgos de hombres y mujeres. En este análisis de la testosterona, se ha propuesto un diseño experimental que permita determinar si la relación entre la testosterona, el exceso de confianza y el flujo de dinero generado en una partida de póquer, es positiva y a su vez, diferente en grupos de hombres, mujeres y mixtos. Y en quinto y último lugar, este trabajo recoge las conclusiones de la investigación, explicando el cumplimiento de los objetivos, la contribución realizada y las futuras líneas de investigación.

2. Concepto y orígenes de la Neuroeconomía

La Neuroeconomía es una rama de la neurociencia que surge a finales del siglo XX, como una disciplina que estudia el impacto que tienen las decisiones económicas en la actividad cerebral, combinando la economía tradicional con ideas sobre el funcionamiento del cerebro, para conseguir una visión íntegra del hombre económico (Camerer et al., 2005).

Esta disciplina rompe los esquemas de racionalidad del comportamiento de los agentes económicos, puesto que, los últimos descubrimientos en el campo cerebral parecen revelar una fuerte influencia del sistema límbico, regulador de nuestras emociones y sinónimo de irracionalidad, en la toma de decisiones.

Es más, la búsqueda de respuestas a una crisis económica como la de 2008 configurada como la búsqueda de los agentes e instituciones económico-financieras culpables, revelan como la economía neoclásica, fundada en una metodología matemática y racional, no tiene todas las respuestas y necesita un nuevo enfoque. Este enfoque, como nos señala la Neuroeconomía, puede ser de tipo biológico.

Según Glimcher (2010), el origen de la Neuroeconomía se sitúa en los años finales de la década de los 90, a partir de una serie de teorías convergentes que dieron lugar al nacimiento de una nueva disciplina que combinaba aspectos de la psicología y la economía conductual.

En las ciencias económicas, el modelo de toma de decisiones, encabezado por la escuela neoclásica, era un modelo predictivo axiomático de la conducta humana cuya validez se había puesto en duda constantemente². Sin embargo, se había convertido en el único aceptado por la comunidad económica. Como consecuencia de ello, los neoclásicos trataron de perfeccionar y reformular

² El modelo de elección racional había sido refutado por la Paradoja de Allais (1953), la racionalidad limitada (Simon, 1978) y Teoría de las perspectivas (Kanhemann y Tversky, 1979).

dicho modelo ³, pero sin alterar sus axiomas debido a que confiaban ciegamente en él.

Por su parte, los economistas conductuales ⁴ buscaban nuevas teorías matemáticas alternativas al modelo neoclásico predictivo. Su objetivo era proporcionar un enfoque teórico del comportamiento predictivo y una metodología para probar dichos modelos.

De esta forma, estaba surgiendo un debate sobre cuál era la mejor forma de abordar los problemas que se le planteaban al modelo predictivo neoclásico.

En esta situación, surge el enfoque teórico del que va a partir una teoría alternativa para predecir el comportamiento, en la que se encuentra el origen de la Neuroeconomía. Dicho enfoque surgió a partir de dos planteamientos: el proceso dual y el modelo heurístico.

En el modelo de doble proceso o proceso dual, los agentes se encuentran alineados de forma natural para buscar intereses comunes. Esto, traducido por la economía, supone, básicamente, que los agentes interactúan para maximizar su utilidad, y que la actuación conjunta puede entenderse como un solo agente independiente que busca maximizar su utilidad. Para los economistas, lo interesante de este modelo de proceso dual es que las elecciones ineficientes, observadas en las conductas de los seres humanos, pueden deberse a que entre los agentes hay un desequilibrio de intereses, es decir, al interactuar no son capaces de maximizar su utilidad.

En esta misma línea, otros economistas conductuales, como Gigerenzer (2000), en lugar de considerar el modelo de procesamiento dual para explicar la interacción de agentes, se sirvieron de la psicología evolutiva, planteando un modelo de comportamiento heurístico como forma de predecir el comportamiento económico. Este modelo considera que el comportamiento humano puede ser pronosticado porque actúa a través de heurísticos, es decir, los agentes económicos utilizan una especie de atajos mentales para llevar a

³ Un ejemplo de ello es la Teoría de las expectativas racionales (Muth, 1961)

⁴ Camerer, C., Prelec, D., Gintis, H., Lowenstein, G., entre otros.

cabo sus acciones; librándose así de un análisis racional exhaustivo de la situación, por lo que la toma de decisiones no tiene por qué ser siempre racional.

El modelo de procesamiento dual y el modelo heurístico podían evolucionar y desarrollar un contenido relacionado con el sistema de compensación y el procesamiento de la elección eficiente en el comportamiento humano. De esta forma, dicho desarrollo podía encaminarse a la formulación de hipótesis sobre procesamientos cerebrales en la toma de decisiones.

En este contexto, Glimcher (2010), dio un paso más allá cuando sugirió que el marco de la economía neoclásica podría ser una herramienta de tipo teórico muy útil para la neurociencia.

A partir de este momento, podemos distinguir dos comunidades de expertos que utilizaron enfoques diferentes para desarrollar la propuesta de Glimcher. Por un lado, un grupo de economistas conductuales y psicólogos cognitivos⁵, y por otro, un grupo de fisiólogos y neurocientíficos cognitivos⁶ que, aunque pertenecían a comunidades científicas separadas, sus planteamientos estaban, de alguna manera, convergiendo, pues constituían un enfoque controvertido en las disciplinas a las que pertenecían. Esta forma de abordar la teoría económica y el sistema de procesamiento neuronal constituye el nacimiento de la Neuroeconomía.

A pesar de que a estas perspectivas no les faltaron detractores neurobiólogos y economistas neoclásicos extremos, el crecimiento de la Neuroeconomía desde finales de los años noventa y primeros del 2000 fue explosivo. Así, un grupo de economistas, neurocientíficos y psicólogos cognitivos, con ideas afines, comenzaron a concertar conferencias y reuniones que fomentaron la colaboración interdisciplinaria.

⁵ Los economistas conductuales y psicólogos cognitivos trataron de desarrollar alternativas a la teoría neoclásica del comportamiento mediante la observación de imágenes cerebrales.

⁶ Los fisiólogos y neurocientíficos cognitivos examinaron la teoría económica del comportamiento como punto de partida para el desarrollo de modelos algorítmicos del sistema neuronal encargado de la toma de decisiones

En el año 1997, en la Universidad *Carnegie Mellon*, Colin Camerer y George Loewenstein organizaron la primera reunión informal de Neuroeconomía. Sin embargo, no fue hasta el año 2001, en la reunión anual de la *Gruter Foundation for Law*, en *Squaw Valley*, donde el tema de la Conferencia se centró en la intersección entre neurociencia y economía, mediante la invitación a los conferenciantes expertos, tanto economistas como neurocientíficos, a interconectar sus disciplinas.

Ese mismo año, tuvo lugar otra reunión, organizada por el neurocientífico Jonathan Cohen y la economista Christina Paxson, en la Universidad de *Princeton*; considerada, a día de hoy, como la creación de la actual *Society for Neuroeconomics*. Dicho evento se centró más directamente en lo que, posteriormente, sería la Neuroeconomía, ya que expertos neurocientíficos y economistas discutieron explícitamente la concurrencia de sus campos y el valor que dicha convergencia implicaría.

A pesar de la falta de consenso, la reunión en *Princeton* supuso un impulso importante a esta nueva disciplina, y en el año 2003, Greg Berns organizó un Congreso durante tres días, a la que se accedía tan sólo por invitación, en la Universidad *Emory*, en *Martha Vineyard*. A dicha conferencia acudieron economistas, psicólogos y neurobiólogos que empezaron a identificarse como neuroeconomistas. Esto marcó un punto de inflexión en el desarrollo de los acontecimientos neuroeconómicos, y por esta razón, en 2004, se celebró un encuentro abierto en la Isla *Klawah* que organizó el *Baylot College of Medicine's Read Montague*. En este encuentro al que acudieron todas las figuras interesadas en la emergencia de esta nueva disciplina, decidieron dar forma a la *Society for Neuroeconomics*; eligiendo como presidente a Paul Glimcher y, consagrando dicha reunión como un evento anual que sirviera como punto de referencia internacional para el desarrollo de la Neuroeconomía. En el año 2005, se celebró la primera reunión formal de la Sociedad en la Isla *Klawah*.

En este contexto, también se publicaron artículos en revistas de divulgación científica estadounidenses, que permitieron establecer interacciones entre los

académicos de las diversas disciplinas y transmitir los objetivos de la comunidad neuroeconómica a neurobiólogos y economistas.

En los dos primeros artículos neuroeconómicos que se publicaron, (Shizgal y Conover, 1996; Shizgal, 1997) se analizaron los resultados de un experimento de auto estimulación intracraneal realizado en ratas, con el objetivo de describir el sustrato neurobiológico de la toma de decisiones; a partir de un modelo teórico de utilidad relacionado vagamente con la Teoría de los Juegos (Von Neumann y Morgenstern, 1944). Lo que trataron de explicar es que las decisiones del animal, sobre llevar a cabo una determinada acción o no para conseguir estimulación eléctrica, podrían interpretarse como que el animal trata de hacer un esfuerzo, a cada instante, para maximizar la utilidad en todas sus elecciones. De esta forma, afirmaron que la actividad de las neuronas implicadas en la toma de decisiones se podía representar como una función que dependía de la probabilidad y recompensa esperadas.

La conclusión resultaba especialmente significativa, puesto que la teoría de la utilidad esperada afirmaba, precisamente, que la toma de decisiones podía ser representada por una función que dependía de esas mismas dos variables. Lo que se estaba afirmando, de alguna manera, es que el modelo económico es el punto de partida de la neurociencia. Sin embargo, estos autores habían dado un paso en falso al examinar el modelo de utilidad, ya que con el ejemplo que se propuso en el artículo, no quedaba probado que el modelo de utilidad tradicional fuera capaz de predecir el comportamiento.

El mismo año que se publicaron los artículos de Peter Shizgal ya referenciados, estaba siendo difundido el famoso manuscrito *Grey Matters*, donde sus autores⁷ explicaban, desde una perspectiva neuroeconómica, que los fallos que presentaba el modelo predictivo tradicional eran debidos a limitaciones de tipo neurobiológico del proceso algorítmico responsable de la toma de decisiones en el cerebro. Por tanto, lo que ellos proponían era enfocar el estudio del proceso de toma de decisiones a partir de dichas limitaciones, para entender las desviaciones en el comportamiento que no era capaz de abarcar el modelo

⁷ Colin Camerer, George Lowenstein y Drazen Prelec

predictivo neoclásico. Y de esta forma, trataban de que la neurobiología partiera del modelo predictivo tradicional buscando en sus limitaciones, indicios acerca de las bases neurobiológicas del comportamiento. Sin embargo, los economistas vieron en estas conclusiones una nueva perspectiva sobre el comportamiento de los agentes económicos, alternativa al modelo tradicional, por lo que, en los estudios orientados a la búsqueda de nuevos modelos predictivos, utilizaron como referencia las bases neurocientíficas. En esta situación, los grupos de investigación neurocientífica se sumieron en la búsqueda de un experimento de tipo neuroeconómico; y tan sólo dos grupos de expertos tuvieron éxito en esta tarea, publicando, en 2001, sus respectivos trabajos.

El primero de estos experimentos publicados (Breiter et al, 2001) demostraba la eficacia predictiva de la Teoría de las Perspectivas (Kahneman y Tversky, 1979) a través de una técnica de resonancia magnética para la captación de imágenes cerebrales. Breiter y sus colegas manipularon el resultado de un juego de lotería, distinguiendo tres escenarios; uno en el que no se ganaba nada, y otros dos en los que sí se ganaba, siendo uno de ellos aquél con la ganancia más alta. Los sujetos debían distinguir el peor resultado, identificándolo negativamente; y el mejor resultado, identificándolo positivamente. En el reconocimiento de los diferentes escenarios por parte de los sujetos del experimento, observaron la actividad cerebral a través de la técnica de resonancia magnética, comprobando la activación del estriado ventral, es decir, sistema de motivación cerebral. De esta forma, pudieron comprobar que las predicciones de la Teoría de las perspectivas concordaban con los resultados obtenidos en el experimento.

El segundo experimento publicado (McCabe et al, 2001), por su parte, llevaba a cabo un análisis de los resultados obtenidos en un experimento neurobiológico que consistió en la simulación de un juego estratégico basado en la confianza, en el que los sujetos se enfrentaban a otro sujeto humano desconocido, o bien, a un ordenador. Fue la primera vez que se representó la Teoría de los Juegos (Von Neumann y Morgenstern, 1944), al mismo tiempo que se ponía a prueba su eficacia predictiva en el comportamiento humano. En el experimento se

observó la actividad cerebral que estaba teniendo lugar en los sujetos, lo que les permitió comprobar que la actividad de la corteza prefrontal no siempre era la misma, sino que dependía de las condiciones en las que se examinaba al sujeto; resultando especialmente significativa cuando los sujetos utilizaban estrategias de cooperación. Estos datos neurobiológicos se desviaban del comportamiento que pronosticaba la Teoría de los juegos. Los autores concluyeron que el patrón de cooperación en el comportamiento de los sujetos tiene su origen en las conexiones de la actividad cerebral de la corteza prefrontal.

Cohen y Blum (2002) analizaron las tendencias neuroeconómicas emergentes que habían sido analizadas en una previa Conferencia organizada por la *Society for Neuroscience*. Uno de los aspectos relevantes es que los autores consideraban que, si bien a nivel de las ciencias económicas, los hechos del comportamiento humano más básicos evidenciaban que el modelo económico normativo neoclásico no era un buen predictor del comportamiento económico, a nivel neurocientífico, había datos que aún no se comprendían; es decir, la Neuroeconomía había supuesto un punto de inflexión en la economía, lo que no había sido posible aún en la neurociencia donde aún quedaban interrogantes sin respuesta.

Este mismo año 2002, se publicaron una serie de artículos propiamente neuroeconómicos⁸ que suscitaron un debate, presente a día de hoy, respecto del juego de la dopamina en el sistema de recompensa cerebral, lo que, actualmente, es muy importante para la Neuroeconomía.

A nivel de neurociencia, desde 1990 hasta 2006, se publicaron muchos artículos relacionados con estudios sobre toma de decisiones, muchos de los cuales se apoyaban en el modelo normativo económico neoclásico. En este contexto, destaca Glimcher (2003), quien sugirió que las ciencias económicas sirvieran como fundamento teórico de la neurociencia.

⁸ Schultz (2002), Dayan y Balleine (2002), Gold y Shadlen, (2002), Glimcher (2002).

Al final de este periodo inicial, las revistas que publicaban artículos sobre la interacción entre neurociencia y economía eran muy abundantes, lo que evidenció que la Neuroeconomía se había consolidado como una auténtica disciplina en vías de desarrollo.

A partir de 2005, la Neuroeconomía, dentro de la comunidad económica, comenzó a adquirir ese papel relevante que ya se le había concedido en la comunidad neurocientífica. Sin duda, lo más influyente en este campo fue el artículo de Rustichini (2005), que permitió definir con más precisión el concepto de Neuroeconomía entre los economistas.

Este mismo año, un grupo de investigación de la Universidad de *Zurich* (Kosfeld et al, 2005) publicó los resultados de un experimento neurofarmacológico, donde los sujetos estaban inmersos en un juego de simulación económica en el que invertían dinero real. Con dicho experimento se pudo comprobar que la oxitocina aumenta la sensación de confianza hacia otras personas.

Y al año siguiente, se publicó un artículo⁹ que, actualmente, constituye uno de los hallazgos más significativos en el campo de la Neuroeconomía, ya que puso de manifiesto cómo las personas tomamos decisiones económicas inconscientes. Aunque el experimento realizado no era totalmente nuevo ya que se llevó a cabo el famoso Juego del Ultimátum, el equipo de economistas y neurólogos utilizaron la técnica de resonancia magnética funcional para observar la actividad de la corteza prefrontal dorsolateral de los sujetos implicados durante el juego y una técnica de estimulación magnética transcraneal para interrumpir temporalmente la actividad del cortex prefrontal dorsolateral; es decir, pudieron observar cómo el cerebro toma una decisión económica irracionalmente.

El Juego del Ultimátum es un juego de economía experimental, en el cual interactúan dos personas, los jugadores A y B, que no se conocen, para ponerse de acuerdo en el reparto de una cantidad de dinero real. De esta

⁹ Knoch et al. (2006)

forma, al jugador A se le entrega una cantidad de dinero para que lo divida en dos partes y se quede con la que quiera, teniendo en cuenta que las partes no tienen por qué ser iguales. El jugador A sólo puede realizar una propuesta, por lo que, si el jugador B acepta el reparto del jugador A, ambos se quedarán con el dinero; pero, si no lo acepta, ninguno se llevara nada. Además, ambos sujetos saben cuáles son las reglas previamente. En realizaciones previas de este experimento, los jugadores a los que se les hacía la propuesta de reparto no siempre la aceptaban, pues si la cantidad de dinero que iban a recibir, era demasiado pequeña en comparación con la que se había quedado su oponente, preferían que ambos se quedaran sin nada, es decir, optaban por castigar a su oponente.

En el experimento de 2006, se observó que, si se interrumpía la actividad de la región de la corteza prefrontal dorsolateral de forma temporal, los sujetos eran capaces de aceptar porcentajes de dinero más pequeños, pero si eran cantidades muy poco significativas, las rechazaban. Lo interesante es que la decisión racional, de acuerdo con la Teoría de los Juegos, sería aceptar cualquier cantidad de dinero, con independencia de si es muy pequeña o no, porque siempre es mejor que no recibir nada. Sin embargo, con este experimento quedó demostrado que hay zonas cerebrales que suavizan la racionalidad de las decisiones, por lo que nuestras decisiones económicas están influenciadas por nuestras emociones, es decir, son irracionales.

Este experimento abrió, de nuevo, un debate, que parecía haberse cerrado cuando Paul Glimcher afirmó que la economía debía servir como fundamento teórico de la neurociencia: no estaba claro si el modelo económico abriría las puertas a la investigación neurocientífica, o bien, la investigación neurocientífica proporcionará nuevos enfoques a las ciencias económicas.

Por todo ello, podemos comprobar que la Neuroeconomía ha conseguido grandes logros desde su nacimiento, ya que a pesar de ser una ciencia relativamente joven, ha conseguido plantear cuestiones sobre axiomas económicos y procesos cerebrales, mediante la interacción entre neurociencia

y economía. En cualquier caso, aún tiene que demostrar que puede adquirir un papel fundamental en la neurociencia, psicología y economía.

3. Aplicaciones de la Neuroeconomía al *Trading*

A pesar de que el funcionamiento del cerebro siempre ha sido un campo exclusivamente científico, la neurociencia ha conseguido interaccionar con otras disciplinas durante los últimos años del siglo XXI¹⁰. En particular, el nacimiento de la Neuroeconomía y su influencia en las ciencias económicas, ha puesto de manifiesto el deseo de los economistas por entender los procesos cerebrales que empujan a las personas a la tomar decisiones económicas. El cerebro, actualmente, no es sólo materia de investigación en ciencias de la salud. En este sentido, si para entender el comportamiento financiero, hemos de comprender el funcionamiento del cerebro, es innegable que la Neuroeconomía tiene un papel esencial en la investigación del *behavioral finance*¹¹.

En el mundo financiero, el comportamiento de los agentes económicos se ha convertido en un factor esencial para descubrir la causa de todos aquellos fenómenos económico financieros que denominamos irracionales. Por ello, es posible afirmar que, el desarrollo de la Neuroeconomía ha sido impulsado por la necesidad de explicar la ineficiencia del mercado, las incongruencias de las teorías económicas clásicas (Bermejo, 2012) y, especialmente, por la crisis financiera de 2008.

La Neuroeconomía considera que la mayor parte de las decisiones económicas son inconscientes, por lo que, de acuerdo con esto, los inversores son más emocionales que racionales.

¹⁰ Dando lugar a nuevas disciplinas como el Neuromarketing, la Neuroeducación, o la Neuroeconomía, entre otras.

¹¹ Finanzas del comportamiento.

La técnica de resonancia magnética funcional¹² y la tomografía de emisión de positrones¹³ han impulsado los estudios sobre la teoría de la mente, la memoria, la toma de decisiones, la toma de decisiones en situaciones de riesgo y la elección intertemporal (Heukamp y Panina, 2006).

Desde una perspectiva financiero bursátil, resultan especialmente interesantes los estudios sobre la teoría de la mente, la memoria y la toma de decisiones en situaciones de riesgo.

3.1. La teoría de la mente y el papel de la memoria en el *trading*

La teoría de la mente, cuyo interés se centra en los procesos de mentalización¹⁴, posee características en común con la teoría económica, en la medida en que la economía trata de predecir el comportamiento de otras personas (Heukamp y Panina, 2006). En concreto, en el ejercicio del *trading* es fundamental predecir correctamente el comportamiento del mercado bursátil y las reacciones de los diferentes inversores. Por ello, hay que tener presente que, uno de los puntos fuertes del *trading* es la capacidad de anticipar la conducta del mercado financiero; mediante la previsión de tendencias y precios de activos y productos financieros. De hecho, los operadores utilizan el análisis

¹² Es un procedimiento que permite medir pequeños cambios metabólicos que tienen lugar en una parte activa del cerebro, mediante imágenes de resonancia magnética (*Radiological Society of North America*, 2014).

¹³ La tomografía por emisión de positrones o diagnóstico por imágenes PET, es un tipo de diagnóstico por imágenes de medicina nuclear que se combina, generalmente, con la resonancia magnética nuclear para generar varias vistas de la misma zona corporal, al mismo tiempo (*Radiological Society of North America*, 2014).

¹⁴ Capacidad que tiene una persona para juzgar de forma correcta, el comportamiento y sentimientos de otras personas, así como de ser capaz de prever reacciones en otras personas. (Gergely, 2003)

técnico para predecir las tendencias de los precios de los activos bursátiles que, en suma, dependen del comportamiento de los mercados financieros.

Los mercados financieros se alimentan de la información que reciben (Coates, 2012). De esta forma, los *traders* forman sus opiniones y las transforman en posiciones concretas. En esta dinámica, los operadores juegan con la volatilidad, siendo, precisamente, la capacidad de anticiparse a los movimientos del mercado una oportunidad de hacer dinero.

Los procesos de memoria, esto es, la memoria episódica¹⁵ (Tulving, 1985) y la memoria de trabajo o memoria operativa¹⁶ (Baddeley y Hitch, 1974) representan un interés para Neuroeconomía. A pesar de que la memoria hace referencia al pasado; es fundamental para entender el futuro, (Heukamp y Panina, 2006) porque éste se proyecta en base a los acontecimientos vividos previamente. Para el caso de la memoria episódica, es imprescindible poseer un cierto sentido de uno mismo para poder asociar las imágenes del pasado, con las del presente y el futuro (Heukamp y Panina, 2006).

En el *trading*, la consideración que un operador tiene de un determinado activo financiero, en cuanto a su volatilidad, depende de la trayectoria de precios pasada que tiene dicho activo. De hecho, el análisis técnico basa las predicciones de los activos en el estudio e interpretación de su comportamiento histórico (Pring, 2014). Y, una de las principales premisas del análisis técnico, es la repetición sistemática de la historia en la conducta del mercado (Pring, 2014). Por su parte, el análisis fundamental tiene como objetivo predecir el comportamiento futuro del precio de un activo financiero para determinar si se encuentra infra o sobrevalorado (Murphy, 1999). Aunque no toda su estimación está basada en el comportamiento histórico del activo, es cierto que realiza un análisis de las tendencias pasadas en el precio de dicho activo. En ambos

¹⁵ tipo de memoria declarativa que implica la capacidad para codificar experiencias personales y recuperar de forma consciente los sucesos de nuestro pasado.

¹⁶ se trata de un mecanismo cerebral que posee la cualidad de almacenar la información temporal necesaria para desempeñar tareas cognitivas como el aprendizaje, el razonamiento y la comprensión del lenguaje.

casos, podemos ver cómo la dinámica de las herramientas de las que puede hacer uso un operador bursátil para llevar a cabo su trabajo, concuerdan con el proceso de cómo los seres humanos proyectan el futuro, en base a la memoria episódica.

De acuerdo con lo anterior, es evidente que, si un activo es muy volátil, se verá reflejado en el análisis correspondiente; por lo que será más predecible una subida o bajada repentina del precio de dicho activo. Por el contrario, si el activo es muy estable, se verá reflejado en el análisis oportuno; por lo que, un cambio repentino en su precio puede suponer una sorpresa en el mercado; siempre que no existieran auténticos indicios de una brusca subida o bajada.

En este sentido, si se analizan las recomendaciones que habían recibido, en el mes de agosto de 2007, los valores del Ibex 35 que más cayeron durante dicho mes¹⁷, después de la primera inyección de liquidez del Banco Central Europeo, como consecuencia de la crisis hipotecaria de Estados Unidos; podremos comprobar que en su gran mayoría eran alcistas, es decir, comprar o mantener (El país, 2007).

Pero, además, si en el año 2007 nos hubiéramos cuestionado qué iba a ocurrir con el precio de los pisos, prácticamente nadie se habría inclinado por una caída en picado del mercado inmobiliario. La razón es que los datos de los últimos años revelaban un crecimiento ininterrumpido del precio de los inmuebles (Bermejo, 2012).

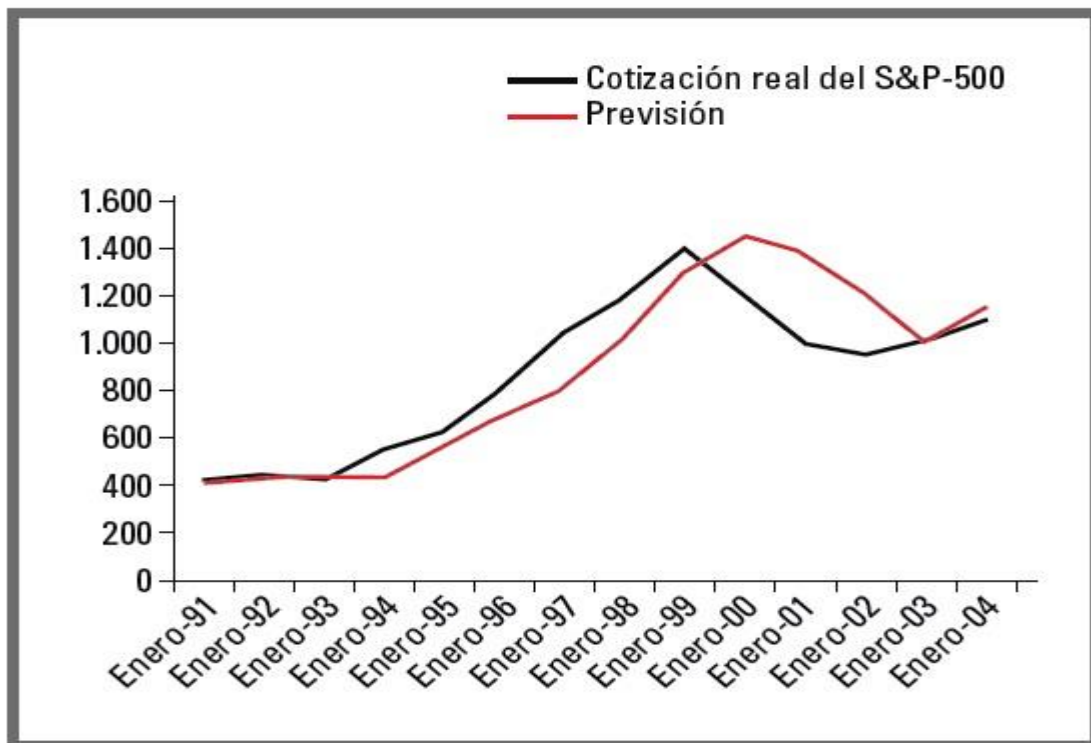
Por tanto, es innegable que los analistas bursátiles se basan en el presente y el pasado para realizar sus predicciones; y, de hecho, según Bermejo (2012) puede comprobarse que las previsiones de los analistas de mercados bursátiles reflejan los cambios en los precios de los activos, una vez que se ha producido un cambio de tendencia (Gráfico 1)¹⁸. Las previsiones cambian, una

¹⁷ Sacyr, Bankinter, ACS, Sabadell, Banesto, FCC, Sogecable, Mapfre, NH Hoteles y Banco Popular.

¹⁸ A la vista de los datos, se pone de manifiesto que el máximo alcanzado en la cotización del índice durante el año 1999, fue pronosticado a partir del año 2000.

vez que hay indicios para ello. Esto es así, porque biológicamente nuestro cerebro tiende a realizar predicciones (Bechara et al, 2003)

Gráfico 1: Previsión y cotización real del índice *Standard y Poor's* (S&P 500) durante el periodo de Enero de 1991 a Enero de 2004. Elaboración de Bermejo (2012).



3.2. El proceso de toma de decisiones en el *trading*: el equilibrio entre el sistema de aversión al riesgo y sistema de recompensa cerebral

El proceso de la toma de decisiones, y en concreto, la toma de decisiones en situaciones de riesgo, son aspectos que hemos de considerar para realizar un análisis de las aplicaciones de la Neuroeconomía en el *trading*.

Los procesos de toma de decisiones son muy complejos, puesto que, en ellos, intervienen procesos cognitivos y emocionales. En situaciones de riesgo, la toma de decisiones se vuelve aún más complicada; ya que, para elegir bajo

esta circunstancia, los seres humanos utilizamos una gama más amplia de rutas neurales en las que interviene el sistema mesolímbico, regulador de nuestras emociones (Heukamp y Panina, 2006).

La asunción de riesgos representa, por su propia naturaleza, una advertencia para nuestro cuerpo. El riesgo amenaza con dañarnos físicamente; la mente se agudiza y se activa una reacción de tipo biológico, denominada respuesta de lucha o huida (Coates, 2012). En el *trading*, la toma de riesgos financieros desencadena esta misma reacción en el operador, como si éste se enfrentara a un tigre de bengala.

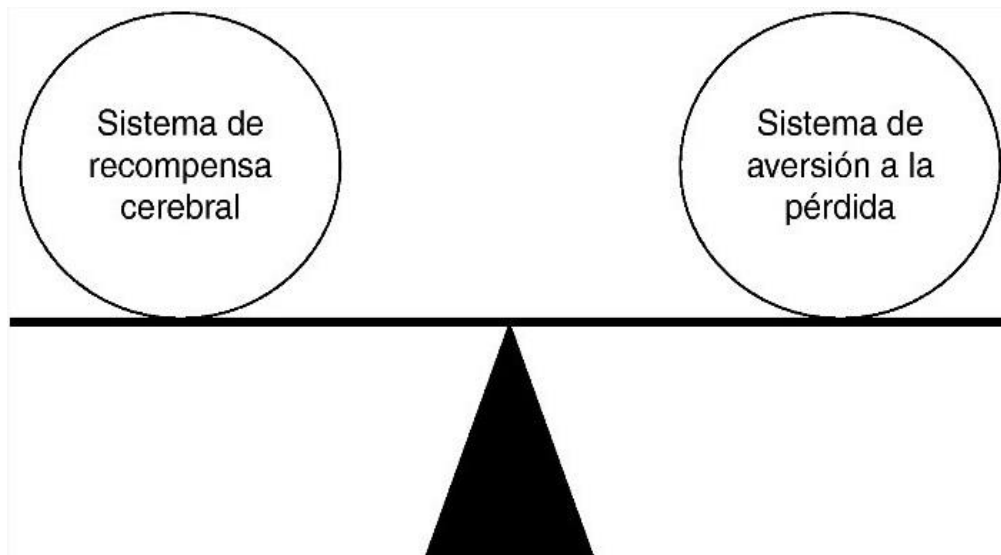
La cuestión es que, aunque la toma de riesgos financieros no supone una amenaza de muerte, está en juego el dinero que se gana o se pierde. Es inevitable reconocer el papel tan importante que juega el dinero en la vida de cualquier persona, que, de forma consciente o inconsciente, tomará decisiones condicionadas por el factor monetario. Lo mismo podemos decir de un *trader*, que toma posiciones financieras que pueden amenazar su trabajo, la seguridad económica de su familia o su prestigio personal. Cuando un operador bursátil toma una posición de apertura o cierre con respecto a un determinado activo, no sólo realiza una tarea intelectual¹⁹, sino que su cuerpo se prepara fisiológicamente, activándose una red de emergencia de circuitos eléctricos (Coates, 2012). En nuestro organismo, se produce una invasión de actividad eléctrica y química que retroalimenta el cerebro, afectando a su manera de pensar (Coates, 2012).

La reacción del cuerpo y el cerebro, unidos, suele proporcionar respuestas más instintivas que racionales, pues la intervención del sistema límbico en situaciones de riesgo es algo natural, que nos permite enfrentar las diferentes situaciones de peligro; ya que estas estructuras cerebrales han desempeñado un papel en la supervivencia de la especie humana (Bermejo, 2011). Por ello, se dice que nuestro cerebro está preparado para responder, de forma rápida e intensa, ante una noticia negativa (Bermejo, 2011).

¹⁹ Tarea que consistente, principalmente, en calcular beneficios, probabilidad de obtener beneficios o pérdidas u optimización del capital.

Los comportamientos humanos se definen por medio de un equilibrio entre el sistema de recompensa cerebral y el sistema de aversión a la pérdida o riesgo. El equilibrio entre estos dos sistemas es lo que influye en la toma de decisiones y la conducta de las personas (Bermejo, 2012). La toma de decisiones financieras se produce de la misma forma, por lo que una determinada posición de apertura o cierre dependerá del equilibrio entre estos sistemas (Gráfico 2).

Gráfico 2: Esquema del equilibrio entre el sistema de aversión al riesgo y el sistema de recompensa cerebral. Elaborado por Bermejo et al (2011).



El sistema de recompensa cerebral está formado por las vías dopaminérgicas que conectan el mesencéfalo, el sistema límbico y la neocorteza. Se trata de un sistema basado en un neurotransmisor llamado dopamina, que es el encargado de producir sensaciones de placer en el ser humano. La dopamina es la razón por la que situaciones como, comer, ganar dinero, consumir alcohol o tener sexo, producen una sensación placentera en las personas. Por eso, es también, el sistema al que se deben las adicciones como el tabaco o el consumo de drogas. Resulta curioso que podamos afirmar que un operador

bursátil que haya estado obteniendo grandes ganancias experimenta la misma sensación corporal que si hubiera estado consumiendo cocaína (Lo, 2011).

Las estructuras que forman el sistema de recompensa cerebral son, por un lado, el núcleo *accumbens* y la corteza prefrontal.

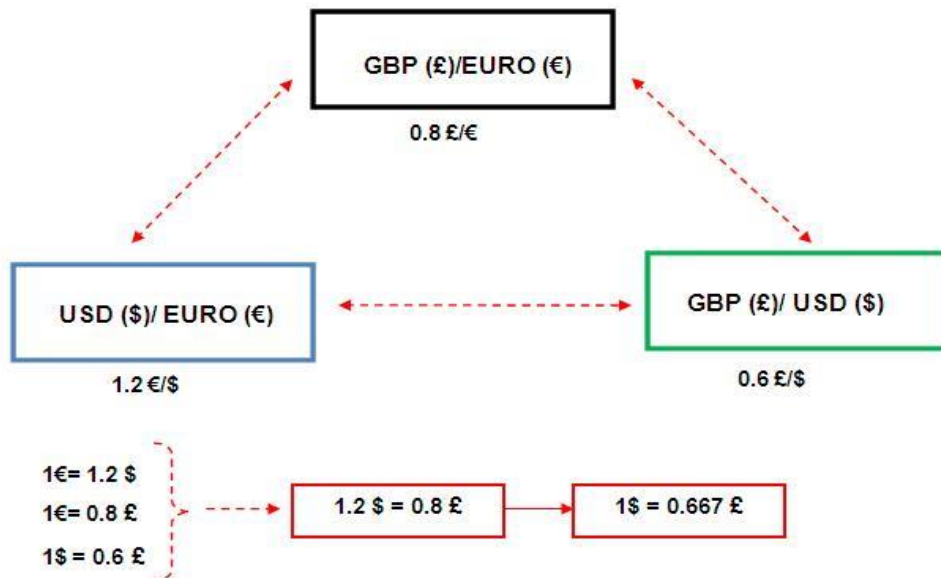
En el ejercicio de la actividad del *trading*, si las estructuras del sistema de recompensa se activan en una mayor medida, la probabilidad de realizar una determinada inversión, que pueda producir beneficio, será más alta. Cuanto mayor sea el beneficio económico esperado, más se accionará el núcleo *accumbens*; y, por otra parte, cuanto más altas sean las probabilidades de conseguir dicho beneficio en la inversión, la corteza prefrontal se activará en mayor medida (Bermejo, 2011). Esta situación puede trasladarse a una estrategia de arbitraje en *trading* conocida con el nombre del Arbitraje Triangular de Monedas. Esta estrategia de *Forex*²⁰ es utilizada en el *trading* que tiene lugar en el mercado de divisas. (*Forex Capital Markets*, 2015).

Toda estrategia de arbitraje consiste en abrir y cerrar posiciones, simultáneamente, sobre un mismo activo que tiene un precio diferente en diversos mercados financieros mundiales. Precisamente, la diferencia de precio es lo que permite a un operador bursátil obtener ganancias, comprando al precio más bajo y vendiendo al precio más alto. Se trata una estrategia muy arriesgada, en la que hay que ser especialmente hábil y rápido, pues las diferencias de precio en el mismo activo se producen por cuestión de minutos o incluso segundos. En concreto, la estrategia de Arbitraje Triangular de Divisas es un sistema de tres puntos, es decir, se opera en tres mercados a la vez, siendo necesario que los tipos de cambio no estén alineados. La operación financiera se fundamenta en la relación que existe entre las cotizaciones de tres divisas²¹ (Ver Gráfico 3).

²⁰ Abreviatura de *foreign exchange* o cambio de divisas que se suele emplear para describir el *trading* en el mercado de divisas que tiene lugar entre inversores, fundamentalmente, especuladores.

²¹ por ejemplo, dólar (\$), libra (GBP) y euro (€)

Gráfico 3: Arbitraje Triangular de Divisas. Elaboración propia con adaptación de *Forex Capital Markets*.



En esta estrategia, de acuerdo con los datos de la figura 2, por cada euro vendido obtenemos 1.2 dólares. Si esos dólares se venden, el operador obtiene 0.8 libras por cada dólar, que, al cambiarlas por euros, obtenemos 1.02 euros por libra. Cuando el operador localiza esta relación entre variables, se activan las estructuras a las que se ha hecho referencia anteriormente: por un parte, el núcleo *accumbens* se activa al determinar un beneficio de 0.02€ por cada libra intercambiada; y a su vez, la corteza prefrontal se activa porque se prevé que el precio de compra del euro permite ganar una cantidad considerable de euros, a través de la relación entre dólares y libras.

El sistema de aversión a la pérdida está formado por la amígdala, el hipotálamo, la corteza insular y el locus cerúleo (Bermejo, 2012).

La amígdala es una estructura cerebral que forma parte del sistema límbico y su función es, básicamente, otorgar un significado emocional a los diferentes acontecimientos (Coates, 2012). Gracias a la amígdala, las personas podemos identificar situaciones peligrosas tanto en nuestro propio cuerpo, como en el

exterior (Coates, 2012). Así, la amígdala, cuando percibe señales de peligro, provoca un estado de alerta en todo el cuerpo. Por ejemplo, sin la amígdala, un *trader* no se inmutaría ante una situación de crac bursátil.

Por ello, la amígdala también ha sido relacionada con la toma de decisiones sociales (Amaral, 2002) de forma que, si una persona lleva un comportamiento contrario al grupo social, esta pequeña estructura cerebral con forma de almendra se activa intensamente, generando una especie sensación de peligro o alerta roja (Bermejo, 2012).

De esta forma, si en el mercado se prevé una tendencia bajista del precio de cotización de las acciones de una sociedad, debido a que, por ejemplo, se prevé que la sociedad se ve obligada a realizar una operación de aumento del capital social para estabilizar su situación económico financiera²²; los inversores venderán a los primeros precios que se presenten dichas acciones, debido a la segregación de serotonina por los cuerpos de los inversores²³. Por ello, aunque un inversor viera una oportunidad de comprar a precios bajos, tendría que luchar contra la activación de la amígdala que le incita a imitar comportamientos sociales.

El hipotálamo es una estructura cerebral que se ocupa de regular las hormonas segregadas en diferentes situaciones y, a su vez, también se encarga de coordinar hormonas y tronco cerebral. Esto permite integrar la conducta emocional, de forma que las respuestas cerebrales sean coherentes con los estímulos recibidos (Coates, 2012).

²² Operación que consiste en un aumento del capital social una sociedad anónima mediante la emisión de nuevas acciones o aumento del valor nominal de las acciones ya emitidas. Una sociedad puede verse obligada a realizar una reducción de capital por encontrarse en una situación de desequilibrio patrimonial debido a que las pérdidas han provocado una disminución del Patrimonio Neto por debajo de la mitad de la cifra del Capital social, para evitar la disolución de la sociedad.

²³ Hormona que está relacionada con el seguimiento de las decisiones tomadas por el grupo (Bermejo, 2012)

Las funciones del hipotálamo y la amígdala realizan el control homeostático²⁴ del comportamiento en el inversor. Simplificando exageradamente el funcionamiento de estos mecanismos, la amígdala nos causa estado de alarma al identificar el riesgo de pérdida financiera, el cuerpo se prepara iniciándose un metabolismo acelerado y una segregación de hormonas que, coordinadas todas ellas por el hipotálamo, ordenan la reacción del tronco cerebral (Ver gráfico 4)

Gráfico 4: Esquema de la coordinación entre amígdala, hipotálamo y mecanismos corporales. Elaboración propia con adaptación de Coates (2012).



Es importante tener claro que si afirmamos que el cuerpo es como una marioneta movida por el cerebro, nos alejamos totalmente de la realidad. Cuerpo y cerebro intercambian gran cantidad de información y dicho intercambio se produce entre iguales (Coates, 2012). Los pensamientos están íntimamente ligados a la fisiología lo que puede sugerir que, pensamos con el cuerpo (Kahneman, 2011).

La ínsula o corteza insular es una estructura cerebral que juega un papel importante en emociones básicas como el miedo, el dolor o el odio (Bermejo, 2012). Además, múltiples estudios²⁵ han sugerido la posibilidad de que la ínsula influya en el proceso de toma de decisiones cuando las circunstancias de tipo social son especialmente complejas y, además, poseen un marcado componente emocional. A nivel económico, estaríamos en el caso de una crisis económica grave, como la de 2008.

²⁴ Término utilizado para designar el flujo de reacciones y respuestas corporales entre cuerpo y cerebro.

²⁵ Lamm y Singer (2010); Bar-On et al (2003) y Singer et al (2009).

Además, en un experimento llevado a cabo por Shiv (2005) se demostró que, debido fundamentalmente a la acción de la amígdala y la ínsula, el sistema de aversión al riesgo puede constituir un obstáculo para la toma de decisiones económicas racionalmente prudentes.

El locus cerúleo es un núcleo situado en el tronco del cerebro que está involucrado en las respuestas fisiológicas al estrés y pánico (Bermejo, 2011). Se trata de una especie de sistema de alarma temprana que forma parte del cerebro más primitivo, de forma que es capaz de registrar un cambio caleidoscópico antes de que lo detecte la conciencia (Coates, 2012). El cerebro, en estado de alerta, percibe hasta los movimientos más sutiles. Por ello, no en vano se dice que un buen director experimentado de una sala de negociaciones de *Wall Street* es capaz de percibir cambios en el mercado, explicando su comportamiento, simplemente al observar una sala de operadores bursátiles mientras están trabajando (Coates, 2012).

3.3. El cambio biológico de los tipos de interés

Las subidas o bajadas de los tipos de interés por parte de las autoridades monetarias como el Banco Central Europeo o la Reserva Federal, representan para los mercados financieros momentos de gran tensión y actividad tanto física como cerebral. Por ello, si nos situamos en un escenario previo a una bajada o subida de tipos de interés por parte del Banco Central, centrándonos en la actividad de un *trader*, podremos comprobar el proceso biológico, de forma simplificada, que conlleva su decisión económica.

Si llega un ligero soplo de cambio en los tipos de interés, un profesional del mundo del *trading* advertirá, de forma inconsciente, una alteración en el patrón de precios de los activos bursátiles. No sabría decir por qué, pero no cabe duda de que el ambiente se revela novedoso, pues se ha podido deshacer una correlación entre acontecimientos que provocan sin dudas un estado de excitación en el operador (Coates, 2012). Como se ha hecho referencia más

arriba, es el locus cerúleo el sistema encargado de detectar estos sutiles cambios en el ambiente.

En este momento, un operador debe saber jugar sus cartas, y por ello, su cuerpo se prepara para enfrentarse al desafío que tiene entre manos. Haya una bajada de tipos o una subida, el resultado se traduce en volatilidad para el mercado, un factor clave en el éxito o fracaso del *trading* (Coates, 2012).

La detección de amenazas u oportunidades, de forma preconsciente, promueve un estado de sobreexcitación en las personas, por lo que es inevitable que un cambio en los tipos de interés provoque un disparo del metabolismo y la aceleración de la respiración y ritmo cardiaco (Coates, 2012).

Si se detecta una oportunidad de ganancia, comienzan a segregarse esteroides, y en particular, testosterona, que prepara a los inversores para el reto que tienen por delante. Pero además, la testosterona provoca un aumento de la confianza en sí mismos, y son capaces de aumentar sus niveles de tolerancia al riesgo. Para que la testosterona no conduzca a la pérdida, las glándulas suprarrenales generan adrenalina que genera reservas de combustible para que la actividad de inversión se mantenga al mismo ritmo metabólico (Coates, 2012).

El sistema de recompensa cerebral entra en juego cuando el cortisol²⁶ estimula la liberación de dopamina. El esteroide cortisol es la hormona del estrés, pero a niveles bajos, combinado con la dopamina produce un placer excitante (Coates, 2012). Esta experiencia en el agente financiero le incita a pensar que no hay un mejor trabajo en el mundo que el suyo (Coates, 2012).

Pero además, cuando efectivamente un operador bursátil realiza una operación financiera por la que obtiene beneficio, nuestro sistema de recompensa lleva a cabo dos acciones, que demuestran la tendencia que tiene nuestro cerebro a la predicción y generación de patrones: por un lado, se potencia el aprendizaje, y por el otro, se refuerzan los patrones de la conducta que han permitido obtener un beneficio económico (Bermejo, 2012). De esta manera, cuando el *trader*

²⁶ Hormona producida por el hígado.

consigue generar ganancias, provoca que su sistema de recompensa cerebral convierta la acción llevada a cabo por el operador bursátil en algo repetible, es decir, hay más probabilidades de que vuelva a llevar a cabo la misma estrategia (Lo, 2011). En términos más coloquiales, digamos que nuestro cerebro aprende a realizar determinadas conductas porque le gustan.

Es necesario dejar claro que son diferentes las áreas del cerebro que se estimulan en el proceso de toma de decisiones económicas, pues dependen de si el contexto económico es positivo o negativo. De hecho, se ha demostrado mediante la resonancia magnética funcional que, si el contexto económico es positivo, se activan las estructuras del sistema de recompensa cerebral; mientras que, si el contexto económico presenta aspectos negativos, más propios de una crisis económica, la activación se produce en las estructuras del sistema de aversión al riesgo, en particular, en la corteza insular y la amígdala (Peterson, 2005). Estos estudios nos permiten afirmar que los operadores bursátiles pueden reaccionar, de una forma financieramente más acertada, cuando la coyuntura económica es positiva.

Una sala de operadores de un Banco de Inversión puede considerarse un campo de estudio de mucho interés para un neurocientífico. La clave de este planteamiento de investigación es que los *traders* afrontan situaciones de incertidumbre en los mercados bursátiles. Esta incertidumbre puede traducirse en oportunidades de ganancias, o bien, amenazas de grandes pérdidas. Al afrontar este tipo de situaciones, cuerpo y mente evolucionan al mismo tiempo, pues el cerebro inicia una tormenta de actividad eléctrica hacia los músculos y órganos; y un torrente de hormonas se precipita en nuestro organismo con el fin de producir una respuesta física (Coates, 2012).

La toma de decisiones financieras en los mercados bursátiles implica reacciones rápidas e instintivas, más emocionales que racionales, relacionadas con un riesgo similar al que se desata en tiempos de guerra (Coates, 2012). Las pantallas de los operadores muestran una abrumadora cantidad de información sobre los precios; y cuando llega un ligero soplo de cambio, se pone en juego algo más que la certeza de simples cálculos de probabilidad

sobre los valores de los activos bursátiles. La realidad es mucho más compleja de lo que parece, pues estamos utilizando una estructura cerebral destinada a la supervivencia (Bermejo, 2011) para tomar decisiones en un enmarañado sistema financiero mundial.

4. El perfil del *trader* neoclásico frente al *trader* neuroeconómico

4.1. Las hipótesis del perfil del *trader economicus*.

Los modelos de toma de decisiones convencionales que han dominado la explicación del proceso de toma de decisiones económicas provienen de la consideración del agente económico como una especie peculiar, denominada *homo economicus*.

En su origen, la teoría de la decisión se servía de un modelo normativo matemático, cuya hipótesis principal radica en el hecho de que el ser humano actúa como un ser racional.

Este modelo normativo (Pascal y Fermat, 2001) afirma, básicamente, que el ser humano toma sus decisiones en base a un objetivo, al que, mediante una función de probabilidad, asigna un valor esperado medio. Es lo que se denomina *Expected Value Theory* o Teoría del Valor Esperado.

Esta teoría fue reformulada por Bernouilli (1738) quien, a través de la Paradoja de San Petesburgo, consiguió reorientar la Teoría del valor esperado. Su aportación al modelo normativo consistió en demostrar que las personas maximizan la utilidad esperada más que el valor esperado; por lo que no se utiliza una función de probabilidad, sino una función de utilidad. De esta forma, pasamos a lo que se denomina *Expected Utility Theory* (EUT), o Teoría de la Utilidad esperada, como modelo de conducta del *homo economicus*.

Este modelo clásico posee un carácter axiomático. Por lo que las aportaciones²⁷ en el campo de las ciencias económicas del comportamiento, han partido de sus principales hipótesis, perfeccionándolas y redundando en ellas.

De esta forma, la Teoría de la Utilidad Esperada fue aceptada, no sólo como modelo normativo de selección racional, sino también como un modelo para describir el comportamiento económico, con una especial incidencia en las decisiones tomadas bajo riesgo (Leavy, 2013).

Dejando a un lado las refutaciones que, a lo largo de la historia, ha ido recibiendo el modelo²⁸; vamos a realizar una breve consideración de las principales hipótesis del modelo de conducta *homo economicus*, así como las principales consecuencias en cuanto a la conducta de los *traders*.

La primera hipótesis de la que parte el *homo economicus* es que realiza una búsqueda a toda costa de su propio interés. Los individuos, en la toma de decisiones económicas, son seres egoístas que guían su conducta, en todo momento, hacia la consecución de su máximo beneficio económico personal (Smith, 1776).

Es importante aclarar que esta afirmación no quiere decir que el ser humano trate a los demás desde el punto de vista del resentimiento o la envidia; pues, respecto a los otros *homo economicus*, adopta una postura neutral, es decir, su conducta no se ve afectada por la conducta de otros agentes económicos.

Si trasladamos esta hipótesis a los mercados financieros, un *trader* que cumpla con estas consideraciones, actúa al margen de lo que hagan otros inversores. Esta premisa le permitirá mantenerse al margen de situaciones de pánico en el mercado, como el estallido de un crac bursátil. Podríamos ir más allá, si

²⁷ Es el caso de Von Neumann y Morgensten (1947). Estos autores se encargaron de definir los axiomas que deben cumplir las preferencias del agente económico.

²⁸ Paradoja de Allais (1953) o racionalidad limitada de Simon (1955) o, la teoría de las perspectivas (Kahneman y Tversky 1979).

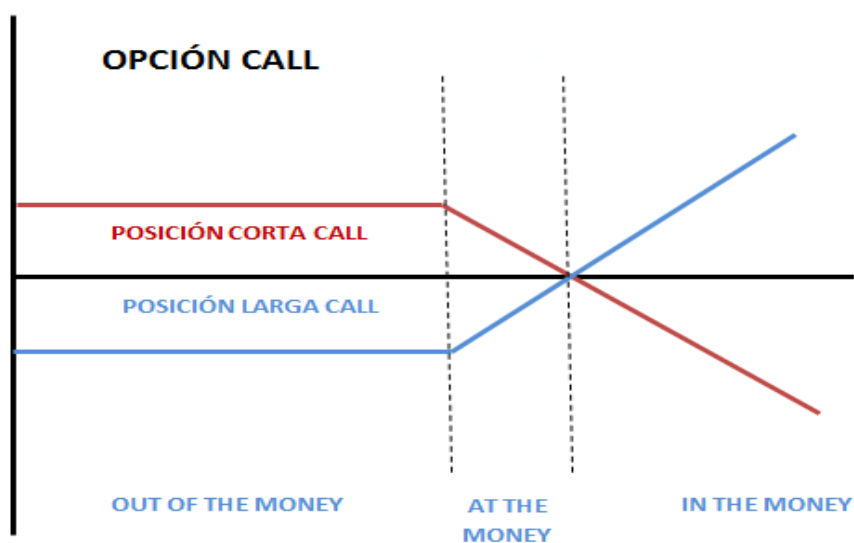
tenemos en cuenta el hecho de que, su postura neutral, podría beneficiarle de los errores de otros inversores.

Por ejemplo, en el mundo de los derivados financieros, si nos centramos, en concreto, en las opciones *call*, podemos visualizar esta última afirmación, ya que la posición larga o comprador pierde si la posición corta o vendedor obtiene beneficios, y viceversa; precisamente por una diferencia en las expectativas alcistas o bajistas del mercado.

Es decir, puede haber un error de estimación sobre las expectativas del mercado en comprador o vendedor. De esta forma, el comprador de una *call* adopta una posición alcista, y el vendedor una posición bajista; por lo que, si el mercado efectivamente disminuye el precio del subyacente, será el vendedor el que se beneficie al quedarse con la prima de la opción, puesto que no tendrá que vender el activo subyacente al comprador de la opción *call* al precio de ejercicio.

De esta forma, el hecho de que el vendedor no se haya guiado por el comportamiento de los que tenían unas expectativas alcistas del mercado, y sólo se haya guiado por su propio interés, al considerar una tendencia bajista del mercado; nos permite afirmar que puede beneficiarse de los errores de otros inversores (Ver gráfico 5).

Gráfico 5: Esquema de una opción de compra. Elaboración propia.



La segunda hipótesis del modelo de conducta del *homo economicus* es lo que se conoce con el nombre de principio de racionalidad. Se trata del principio que rige toda su actuación económica, por lo que, en esta investigación, es la premisa que presenta un interés especial.

Este principio de racionalidad considera que toda conducta es racional si busca el máximo beneficio y minimiza el coste de llevarla a cabo. Los agentes económicos que cumplen con este principio, poseen capacidad racional y ausencia total de cualquier tipo de emoción, a la hora de escoger aquella opción que maximiza su beneficio.

Por tanto, esta hipótesis supone que las decisiones económicas son tomadas mediante razonamientos y cálculos de probabilidad que estiman la utilidad del agente económico.

De esta forma, si la sociedad económica se mueve conforme al principio de racionalidad, es posible deducir y predecir el comportamiento de los agentes económicos. Por tanto, la lógica que dirige la conducta de los agentes económicos, permite anticiparse a los movimientos de mercado de forma racional. Mediante el uso de la probabilidad, como principal herramienta de trabajo del *homo economicus*, utiliza cálculos sobre valores esperados de utilidad. Esto le permite identificar la solución óptima que debe tomar el *homo economicus*. A nivel puramente financiero bursátil, hablamos en términos de rentabilidad para referirnos al beneficio, y a la asunción de riesgo, para hablar de asunción de costes.

Por tanto, los agentes inversores, en general; y los *traders*, en particular, actúan de acuerdo con el principio de racionalidad, porque toman posiciones de apertura o cierre que les aportan la máxima rentabilidad a su cartera, minimizando el riesgo de dichas posiciones. Este principio de racionalidad se asume en la Teoría de las carteras eficientes. (Markowitz, 1952).

En esta teoría, en la selección de carteras que permitan obtener al inversor el máximo rendimiento, se consideran carteras eficientes aquellas que se encuentran en la frontera eficiente. Es decir, aquellas que proporcionan la

mayor rentabilidad para un determinado riesgo, al tiempo que asumen mínimo riesgo para un nivel de rentabilidad concreto.

Una de las hipótesis de este modelo es, precisamente, este principio de racionalidad en la conducta de los inversores, de forma que, el gestor de carteras siempre prefiere, al mismo rendimiento, el mínimo riesgo; y a su vez, a mismo riesgo, preferirá el máximo rendimiento. Esta hipótesis implica el establecimiento de una relación positiva entre rentabilidad y riesgo, pues se considera que los inversores son adversos al riesgo.

Pero, además, la racionalidad implica que los seres humanos aprenden de los errores de su pasado (Muth, 1961), y son capaces de formular inferencias sobre el comportamiento futuro; de manera que, cuando forman expectativas de los resultados posibles de sus decisiones, tienen en cuenta los resultados pasados y la probabilidad de que éstos vuelvan a suceder.

Es importante determinar que esta hipótesis de racionalidad en la actuación está íntimamente relacionada con la tercera asunción del modelo de conducta del *homo economicus*. La tercera hipótesis es el principio de máxima utilidad, es decir, toda conducta realizada por el *homo economicus* es llevada a cabo porque le reporta la máxima utilidad. Esto implica que la base de toda operación financiera es la obtención de la utilidad máxima para cada inversor, ya que los agentes económicos decidirán en base a la consecución de máxima utilidad; es decir, si al llevar a cabo una acción determinada, el coste es menor que el beneficio de obtenerla.

Para poder determinar una actuación acorde con el principio de máxima utilidad, es preciso asumir que el agente económico tiene una serie de preferencias que se mantienen estables en el tiempo. De esta forma, cuando el agente fija un objetivo, de acuerdo con sus preferencias, trata de maximizar el valor esperado²⁹ que se mide a través de una escala de utilidad (Sen, 1964)

Para ordenar las preferencias del agente económico de acuerdo con el principio de racionalidad, es necesario que dichas preferencias cumplan cuatro

²⁹ El valor esperado se estima por medio de su probabilidad de ocurrencia.

axiomas: Completitud, Transividad, Continuidad y Sustitución. (Von Neumann y Morgenstern, 1947)

De esta forma, para que el principio de máxima utilidad sea consecuente con el principio de racionalidad, se formaliza el modelo de conducta a través del teorema de la utilidad esperada, cuya expresión es la siguiente:

Cuadro 1: Expresión matemática de Teoría de la Utilidad Esperada. Elaborado por Bernouilli (1738).

| |
|---|
| $EU(X) = p(x) \cdot u(x)$ <p>Siendo X^{30} un suceso que reporta utilidad al individuo</p> |
|---|

Por tanto, la herramienta utilizada para determinar si una decisión racional reporta la máxima utilidad al agente es el Teorema de la Utilidad Esperada, en el que se hace uso de la utilidad marginal³¹ y las curvas de indiferencia³².

En el mundo financiero, una operación de apertura o cierre solo será tomada por el *trader*, si, efectivamente, le reporta más rentabilidad que riesgo. Por tanto, las dos variables que tendrá en cuenta el *trader* son la rentabilidad y el riesgo, por lo que en realidad, hablamos de utilidad esperada de riqueza o rentabilidad final. Y por esta razón, en las curvas de indiferencia vamos a considerar dos variables que definen las preferencias del *trader*: la rentabilidad y el riesgo. Así, cada una de las curvas de indiferencia quedará definidas como el lugar geométrico donde quedan descritas todas las combinaciones posibles de rentabilidad y riesgo que le proporcionan al inversor el mismo nivel de utilidad.

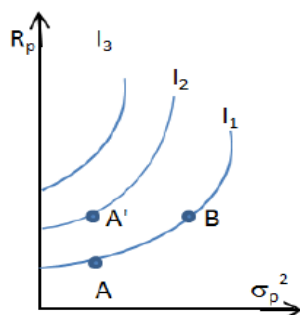
³⁰ Para un inversor determinado, “x” representa todas las combinaciones de riesgo y rentabilidad que le pueden reportar un nivel de utilidad esperado.

³¹ Aumento o disminución de la utilidad total que se produce cuando aumenta o disminuye la cantidad de un bien.

³² Se trata del lugar geométrico donde quedan descritas las diferentes combinaciones de dos bienes que atribuyen al consumidor un mismo nivel de utilidad o satisfacción.

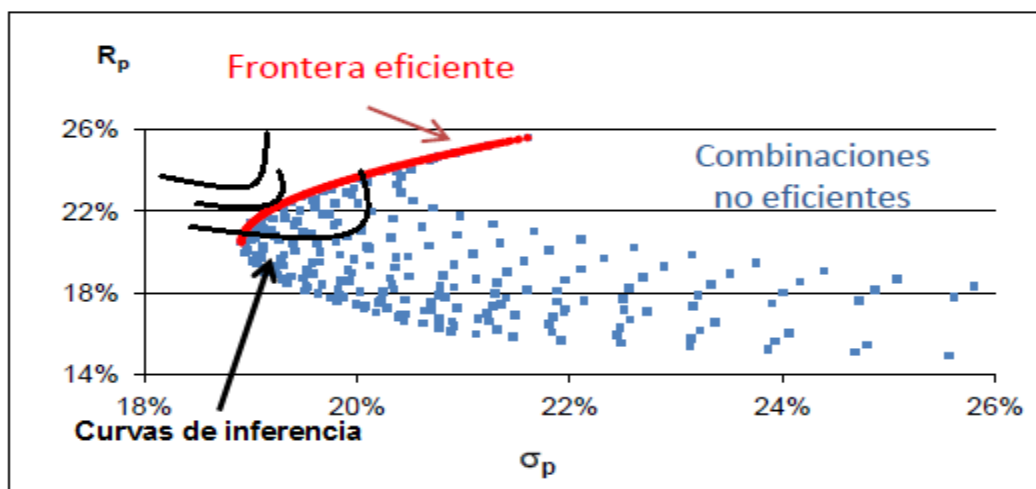
De esta forma, fijando un nivel de volatilidad determinado que el *trader* está dispuesto a asumir y un objetivo de rentabilidad, se ordenan las curvas de indiferencia (Ver gráfico 6).

Gráfico 6: Curvas de indiferencia. Elaboración propia con adaptación de Reilly y Brown (2003)



Precisamente, en la selección de títulos para la formación de carteras eficientes (Markowitz, 1952), tras determinar el conjunto de carteras eficientes que forman la frontera eficiente, para elegir la cartera óptima, es necesario especificar sus curvas de indiferencia, ya que se supone que el inversor va a tratar siempre de maximizar la utilidad esperada de su beneficio final (Ver gráfico 7).

Gráfico 7: Frontera de las carteras eficientes y curvas de indiferencia del inversor. Elaboración propia con adaptación de Markowitz (1952)



Por supuesto, para cumplir con el principio de máxima utilidad en la actuación racional, partimos del hecho que el *homo economicus* sabe lo que quiere. Es decir, en este modelo, se asume que las preferencias de las personas son estables; aunque, no son directamente observables, ya que cada persona tiene su propio sistema de valores. Pero, como saben perfectamente qué es aquello que les reporta la máxima utilidad, según su sistema de valores, al ordenar sus preferencias, saben cuál es aquella que les reporta la máxima utilidad que será la que escojan, puesto que les reporta más beneficios.

Por tanto, al tener claro, exactamente, qué es lo que necesita, no cabe duda de que nos movemos en una cuestión de cantidad. Se escoge en función de aquello que aumente nuestra utilidad. Por tanto, es lógico que se utilicen la utilidad marginal y las curvas de indiferencia para medir el nivel de satisfacción que aporta una decisión determinada.

La quinta hipótesis afirma que los agentes económicos actúan racionalmente, si responden ante los cambios que se producen en las variables tenidas en cuenta, a la hora de ordenar sus preferencias; ajustando su conducta y decisiones. Es decir, reaccionan ante las restricciones del mercado, particularmente las restricciones presupuestarias. Las restricciones se consideran aspectos circunstanciales que influyen en la toma de decisiones, lo que, en el mundo financiero se traducen, por ejemplo, en restricciones en la volatilidad estimada de un activo, o restricciones impositivas, como una subida del porcentaje de retención de dividendos.

La sexta, y última hipótesis del modelo de conducta del *homo economicus*, es la consideración del *homo economicus* como un individuo plenamente informado, abstraído de la existencia de incertidumbre y costes de información.

Esto concuerda con la hipótesis más fuerte del mercado eficiente (Fama, 1970), según la cual, los mercados son eficientes en la medida que los mercados reflejan toda la información disponible, de forma que no existen costes de información. Esto implica que los precios de los activos reflejan su valor real, por lo que no existen posibilidades de arbitraje.

Es necesario aclarar que esta hipótesis no supone afirmar que las personas sepan lo que les depara el futuro sino que, los agentes, plenamente informados de los diferentes cursos que puede tener una acción, son capaces de evaluar y mediar las repercusiones y consecuencias de dichas acciones, ponderándolas por las respectivas probabilidades. Por esta razón, el individuo debe ser capaz de realizar predicciones sobre el futuro.

Esta premisa, junto con la consideración de que el futuro presenta la misma estructura que el pasado, son los fundamentos de la eficacia de una de las herramientas de trabajo del *trader*, como es el análisis técnico.

4.2. El modelo observado por la Neuroeconomía

Las conductas observadas por la Neuroeconomía son más bien refutaciones a lo establecido por el modelo de conducta del *homo economicus*, que, en este apartado, serán tratadas desde un punto de vista de la conducta del *trader*, en la medida que sea posible.

La primera de las consideraciones que hay que tener en cuenta es lo que se conoce en Psicología como “efecto manada”, que se traduce como una tendencia a seguir a los demás, a imitar conductas (Blazek et al, 2011). Las estructuras cerebrales implicadas en lo que se ha denominado efecto manada son las neuronas espejo y la amígdala. Estas estructuras forman parte del sistema de aversión al riesgo. Pero, además, tiene un papel relevante la segregación de serotonina, en una mayor o menor cantidad, por parte del individuo.

Las neuronas espejo se hallan en el lóbulo frontal y la región inferior del lóbulo parietal. Estas neuronas se activan en dos situaciones: cuando se imita la conducta de otra persona para aprenderla, y a su vez, cuando, simplemente la persona está observando una determinada conducta en otro individuo (Bermejo, 2012). Pero, es más, se ha demostrado que estas neuronas que están relacionadas con comportamientos sociales y la imitación de las conductas de otros individuos (Noordzij et al, 2011).

Por su parte, la amígdala, como se ha explicado más arriba, también está relacionada con toma de decisiones de tipo social. Y, en este sentido, se ha demostrado que se produce una activación intensa de la amígdala cuando las decisiones que se toman son contrarias a las del grupo. Así, se genera en los individuos una especie de carga emocional negativa, difícil de controlar, porque funciona como una especie de señal de alarma (Bechara et al, 2003).

Y por último, los niveles de serotonina segregados por un agente económico determinan si dicho agente se verá, en mayor o menor medida, afectado por las decisiones de sus semejantes.

Por tanto, es claro que los individuos, precisamente por el rol del sistema de aversión a la pérdida, no son capaces de adoptar posturas neutrales con respecto a los demás agentes económicos. Es, precisamente, nuestra tendencia a seguir a los demás, lo que ha jugado un papel fundamental en la historia evolutiva de nuestra supervivencia (Bermejo, 2011).

Estos planteamientos sobre la influencia de las estructuras cerebrales del sistema de aversión al riesgo, concuerdan con lo que, en economía, se denominan efecto arrastre³³ y efecto *snob*³⁴. En éstos, subyace la consideración de que los individuos tienen en cuenta la conducta de otros individuos, que llevan a cabo decisiones económicas similares. De acuerdo con esto, se ha llegado a atribuir la ausencia de cambio en una estrategia bursátil, en las fases de auge y caída del ciclo económico, precisamente, por infecciones de optimismo y de propagación de conductas (Akerlof y Shiller, 2009).

Por tanto, es imposible que, incluso un profesional del *trading*, no pueda verse afectado por la conducta de otros inversores. Una cuestión distinta es que pueda frenar su tendencia a seguir a los demás.

³³ Efecto provocado en la demanda de un bien debido a que un individuo desea poseer un bien que otros individuos han adquirido (Pindyck, 2001).

³⁴ Efecto provocado en la demanda de un bien debido a que un individuo deja de interesarse en la adquisición de dicho bien, precisamente porque lo poseen otras personas (Pindyck, 2001).

El sistema de aversión al riesgo, además de jugar un papel muy importante en la imitación de conductas sociales, también se considera un impedimento en la toma de decisiones económicas racionales. El experimento publicado por Shiv (2005) demostró, precisamente, que la racionalidad puede verse afectada por este sistema cerebral.

Este experimento se centró en la actividad de la amígdala y la corteza insular, que tiene lugar en una situación de toma de riesgos. Por esta razón, comparó la conducta de los sujetos con lesiones en estas zonas cerebrales con la conducta de sujetos que no sufrían ese tipo de lesiones. Cada sujeto recibió 20 dólares, los cuales podía invertir hasta veinte veces, lo que supone que, en cada ronda, decidía si invertir un dólar o no.

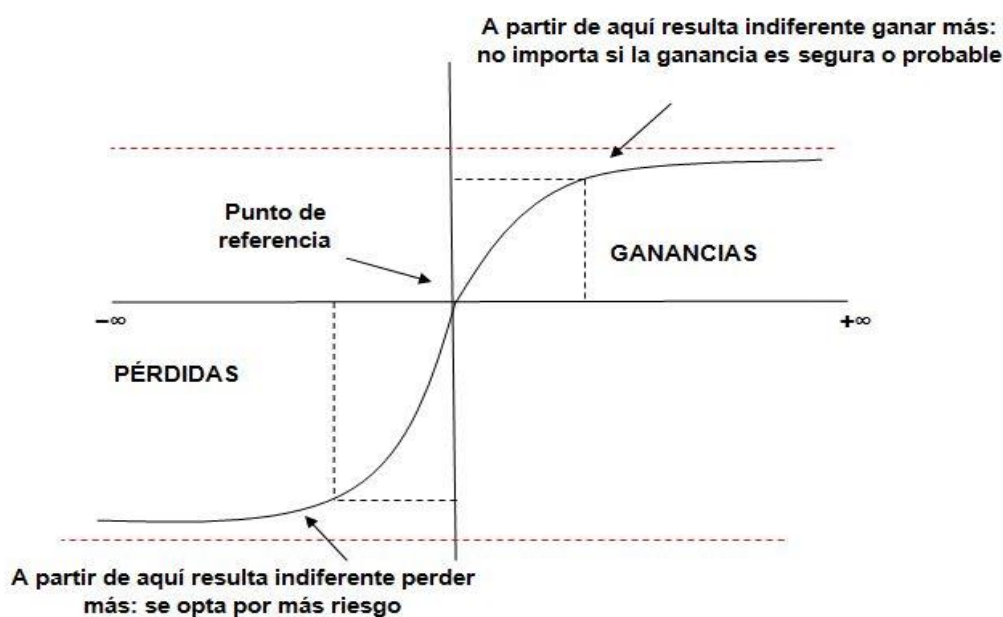
Cuando decidieran no invertir, podían quedarse con el dólar de esa ronda. Sin embargo, si su decisión era llevar a cabo la inversión del dólar, se lanzaba una moneda al aire. Si salía cruz, ganaban 2.5 dólares en esa ronda; y si salía cara, perdían un dólar. Por el contrario, si no se invertía nunca, te quedabas con 20 dólares, pero si se invierte en todas las rondas, si se acierta la mitad de las veces, es decir, si sale cruz en 25 rondas, te quedas con 25 dólares. Esto implica que lo racional es jugar siempre, porque el beneficio es mayor que no jugar, ya que aumentas tus posibilidades de ganar dólares frente a que no haya posibilidad de ganar ningún dólar. En los resultados, los sujetos con lesiones cerebrales en la amígdala y la ínsula invirtieron un 26,1% más que los sujetos sin lesiones, ya que invirtieron el 83.7% de las veces (Shiv, 2005).

Esto tiene dos implicaciones para el tema que nos atañe. La primera de ellas es el papel negativo que tiene el sistema de aversión al riesgo en la conducta económica. La segunda de ellas es que, en el mundo financiero, los *traders* son unos sujetos más agresivos que, lógicamente, están más acostumbrados a llevar a cabo apuestas en contra de las señales de alarma de su sistema de aversión al riesgo. Sin embargo, no podemos afirmar que, por ello, sean racionales, en todo caso, que deben tener un alto control emocional de las “falsas alarmas”.

La Teoría de las Perspectivas (Kahnemann y Tversky, 1979) nos explica que las personas, al evaluar sus diferentes alternativas, no lo hacen en función de la utilidad, mediante un análisis coste-beneficio; sino que, más bien, su elección se mueve por el valor subjetivo que se le atribuye al resultado. Es decir, si tenemos 100 euros y ganamos 50, se considera una mayor ganancia que si tenemos 1000 y ganamos 50; a pesar de que, objetivamente, la rentabilidad es mayor en el primer caso que en el segundo. En realidad, no se trata de una cuestión de una mayor o menor ganancia o pérdida, en términos absolutos, sino en términos relativos; es decir, con respecto a una mayor o menor cercanía de lo que se ha denominado punto de referencia. El punto de referencia se refiere al *status quo* de la persona que toma la decisión que, por lo general, se mantiene estable en el tiempo.

Al definir el punto de referencia, podemos pasar a construir los dominios de pérdidas y ganancias, a través de una función asimétrica que se presenta cóncava en el dominio de las ganancias y convexa en el dominio de las pérdidas (Ver gráfico 8).

Gráfico 8: Representación de la función de ganancias o pérdidas de la teoría de las perspectivas. Elaboración propia con adaptación de la Teoría de las Perspectivas (Kahnemann y Tversky, 1979).



De esta forma, el punto de referencia se sitúa en el origen de coordenadas y constituye el punto crítico a partir del cual una persona evalúa las pérdidas o ganancias que su decisión implicará. Precisamente porque las pérdidas o ganancias se evalúan al referenciarse a un punto que tiene carácter subjetivo, decimos que al resultado de ganancia o pérdida se le atribuye un valor subjetivo.

En los tramos en los que la función crece o decrece se produce, efectivamente, un impacto de la decisión, y en este sentido, es mejor ganar un resultado seguro que un resultado muy probable. Decimos que hay aversión al riesgo. Pero si perdemos, como la inclinación de la función en el dominio convexo es mayor, el impacto de nuestra decisión es mucho mayor que en el caso de una ganancia. En términos más coloquiales, esto quiere decir que odiamos perder más de lo que nos gusta ganar. En un ejemplo práctico, el impacto de perder 50 euros es mayor que el impacto que tiene ganar 50 euros.

Sin embargo, hay un punto a partir del cual, resulta indiferente ganar o perder. Esto quiere decir que a partir del momento en el que se asumen una determinada cantidad de pérdidas, los resultados negativos que siguen no tienen impacto en nuestra aversión al riesgo, y, de esta forma, nos volvemos más propensos al riesgo, puesto que en lugar de evitarlo, lo buscamos.

Lo mismo ocurre con las ganancias, pues llega un momento en el que resulta indiferente ganar o perder, de forma que ya no se opta por una ganancia segura en lugar de una ganancia probable. Es indiferente una que otra porque la aversión al riesgo se ha suavizado. Podríamos decir que está fundamentalmente motivado porque ya no se produce, efectivamente, una alteración del *status quo*.

Así, el denominado punto de referencia constituye un concepto crítico en la evaluación de las pérdidas o ganancias de una persona, ya que es el centro de las nociones de dominio y riesgo en las que se basa esta teoría.

Esto implica que los agentes económicos evalúan, en general, de forma subjetiva las ganancias o las pérdidas esperadas. Por tanto, podríamos decir que la utilidad que reporta una elección no tiene un carácter objetivo estimado

por la probabilidad de ocurrencia, sino que, está inevitablemente relacionada con la aversión al riesgo. No se definen nuestras decisiones por las utilidades que reportan, sino precisamente porque es prácticamente cierto que vamos a conseguir esta utilidad. Por tanto, esos cálculos objetivos y racionales que realiza el *homo economicus*, en base a la probabilidad de los resultados que otorgan la máxima utilidad, quedan descartados de la conducta humana.

Por otro lado, hemos de tener en cuenta que el esquema de la racionalidad del inversor y el principio de máxima utilidad también quedan refutados por el exceso de confianza del inversor. Estas situaciones de exceso de confianza se ven claramente en los ciclos bursátiles.

El exceso de confianza está causado, biológicamente, por el sistema de recompensa cerebral, y, económicamente, por las fases de auge y recesión del ciclo bursátil.

El sistema de recompensa cerebral, gracias a la acción de la dopamina, refuerza las conductas que han contribuido a generarnos un beneficio. Este mecanismo, unido a la tendencia a la predicción de nuestro cerebro, en base a los acontecimientos vividos previamente; provoca que sea complicado cambiar de estrategia cuando las cosas empiezan a ir mal en el mercado (Bermejo, 2011).

Esto se debe al exceso de confianza y la ilusión de control que se genera en las personas. La estructura del sistema de recompensa cerebral que se ha relacionado con esta situación es la corteza prefrontal, ya que las vías de acción de la dopamina llegan hasta esta región (Weber et al, 2009). Cuando la dopamina activa la corteza prefrontal, se transmite la señal de que la acción que se está llevando a cabo es la correcta, de acuerdo con el resultado que queremos conseguir. Por ello, cuando se han conseguido muy buenos resultados económicos durante una temporada, el sistema dopaminérgico promueve la realización de las conductas que dieron lugar a buenos resultados (Matsumoto y Kanata, 2004), a pesar de que, haya un momento en que esas conductas no consigan beneficios.

Este exceso de confianza parece que se genera por la interpretación que atribuye el cerebro a las relaciones de causa y efecto (Linser y Goschke, 2007). Para percibir un evento causado por la propia conducta es necesaria comparar el pronóstico de dicho evento con el resultado conseguido a través de dicha conducta. Si el resultado pronosticado se visualiza antes de la conducta, el resultado causado quedará atribuido a la conducta propia. Sin embargo, si se percibe, primero, nuestra conducta y, posteriormente, el pronóstico; el resultado obtenido, si difiere del pronóstico, se asocia a una causa externa (Wenke et al, 2010).

Esto es especialmente relevante y complejo en el análisis técnico que utilizan los *traders*. Lógicamente si se atribuyen las pérdidas de las posiciones a causas externas, cuando las previsiones dadas por los gráficos chartistas eran contrarias a lo que efectivamente ocurre en el mercado; es mucho más complicado darse cuenta que no se ha llevado a cabo una buena previsión ni una estrategia que permitiera obtener beneficios.

Es claro que todo depende de la experiencia del *trader*, puesto que alguien menos experimentado posee unas estructuras cerebrales con menos capacidad para frenar estos excesos de confianza generados por la interpretación de las relaciones causales. Lógicamente, si un operador ya ha vivido experiencias que no han dado los buenos resultados que el cerebro hace pensar, poseerá una mayor facilidad para que su corteza prefrontal reciba una estimulación de noradrenalina, promoviendo la búsqueda de nuevas oportunidades. Esto podría suponer afirmar que, un *trader* que hubiera vivido el auge y posterior caída de la bolsa provocado por el nacimiento de las puntocom, pudo estar más preparado para afrontar la crisis de 2008.

Por otro lado, la experiencia es un factor que rompe con la hipótesis de estabilidad de las preferencias. En el sistema financiero, es cierto que hay perfiles de inversores más y menos adversos al riesgo, pero ello no puede suponer que no varíen sus preferencias por el riesgo a lo largo de su experiencia en el trabajo.

4.3. La influencia de la testosterona en la asunción de riesgos del *trader* masculino frente al *trader* femenino.

Se ha determinado previamente el papel de la testosterona en el sistema de aversión al riesgo como un factor que incita a una mayor o menor asunción del riesgo. Coates et al (2009) determinaron que el carácter agresivo de un *trader* tiene relación con la testosterona y la proporción del dedo anular con respecto al índice, en los individuos del sexo masculino.

El estudio se realizó con operadores de la ciudad de Londres y los datos con los que se trabajó fueron las ganancias de los *traders* durante un periodo de varios años, y la proporción existente entre el dedo índice con respecto al dedo anular. Generalmente, esta proporción en los hombres, suele situarse por debajo de 1, por lo que el dedo índice tiene una menor longitud con respecto al dedo anular. De esta forma, cuanto menor es la proporción entre ambos dedos, podemos afirmar que el individuo se considera más masculino (Coates et al, 2009).

En el experimento midieron la proporción entre el dedo índice y el anular, en los *traders* y compararon dicha proporción con los resultados obtenidos por los operadores en el periodo de años considerado. Se dieron cuenta que aquellos *traders* que tenían una proporción menor habían sido capaces de ganar hasta diez veces más que aquellos que poseían una mayor proporción entre sus dedos, más similar a las mujeres (Coates et al, 2009).

En una interpretación de los resultados, podemos decir que las personas con una menor proporción entre los dedos considerados son más masculinas, y por tanto, más agresivas. De esta forma, al ser más agresivas, son capaces de asumir un mayor riesgo, lo que explicaría por qué son capaces de ganar más dinero (Coates et al, 2009). En realidad, esta afirmación tiene sentido porque digamos que se necesitan agallas para asumir más riesgo, es necesario ser valiente para invertir o no cantidades muy grandes de dinero en activos concretos, en cuestión de segundos (Punset, 2011).

No podemos olvidar que, además de la testosterona, es necesario ser capaz de procesar la información a toda velocidad y ser capaz de detectar oportunidades rápidamente, por lo que, se trata de personas que son muy inteligentes (Coates et al, 2009). Aunque la incidencia de dicha hormona en otras facultades del inversor no queda clara; no se puede negar que en este caso, el riesgo y el saber cómo asumirlo van unidos (Punset, 2011).

Considerando las conclusiones del estudio de Coates et al (2009), y teniendo en cuenta que la asunción excesiva de riesgos unida a épocas de grandes ganancias conlleva un estado de excesiva confianza en el inversor, podríamos decir que la testosterona tiene un papel importante en la inestabilidad de los mercados financieros.

No cabe duda de que la comunidad financiera, bajo la influencia de unos niveles hormonales patológicos, puede llegar a convertirse en una población clínica tanto en momentos de auge como declive del ciclo bursátil (Coates, 2012).

Especialmente en la situación de crac bursátil o estallido de burbujas, la comunidad financiera se vuelve insensible a los movimientos de tipos de interés, contribuyendo a mercados potencialmente desenfrenados que acaban convirtiéndose en auténticos cisnes negros (Taleb, 2007).

Por tanto, cabe preguntarse, si la gestión de los riesgos puede ser encaminada hacia una perspectiva biológica y económica. Por ello, hay autores como Coates (2012) que han planteado la posibilidad de que las mujeres que poseen unos niveles de testosterona considerablemente más bajos que los hombres, pudieran ser capaces de reducir la agresividad de los mercados financieros.

Si consideramos que un mercado alcista está provocado por un bucle de retroalimentación de testosterona de operadores e inversores, se puede justificar que la biología de la mujer puede ser un factor capaz de interrumpir la inestabilidad de ciertos momentos del mercado (Coates, 2012).

Los niveles de testosterona de la mujer, no sólo son más bajos que los del hombre³⁵, sino que son menos proclives al efecto ganador, a ese exceso de confianza del que venimos hablando.

A pesar de que a largo plazo, las mujeres posean unos niveles de cortisol³⁶ semejantes a los hombres; varios estudios³⁷, sugieren que la respuesta a situaciones de estrés es diferente en hombres que en mujeres. Por ejemplo, las mujeres no tienen tanta presión o estrés como los hombres en relación con los fracasos en situaciones de competición; aunque, sufren más estrés que los hombres en situaciones sociales (Coates, 2012).

Estas diferencias endocrinas entre ambos sexos se pueden traducir en que las mujeres son menos reactivas hormonalmente que los hombres a ganar o perder dinero (Coates et al, 2010). Esta afirmación podría sugerir que un mayor número de mujeres en las profesiones bursátiles donde haya una intensa y continua asunción de riesgos, podría contribuir a reducir la volatilidad (Coates, 2012).

De hecho, hay varios estudios realizados en el campo de las finanzas del comportamiento que muestran que, en la toma de decisiones de tipo monetario, las mujeres son más reacias al riesgo que los hombres³⁸.

De acuerdo con lo anterior, se propone un diseño de un experimento en este campo que pudiera poner de manifiesto cómo afecta la testosterona y el nivel de confianza, como medidores del riesgo asumido en un juego de póquer, al flujo de dinero de una partida y en función de la variable de género masculino o femenino.

³⁵ Una media del 5 al 10% de la testosterona que producen los hombres (Coates, 2012)

³⁶ Hormona del estrés

³⁷ Stroud et al (2002); Kivlighana et al (2005) y Bowman (2005)

³⁸ Eckel y Grossman (2008) y Powel y Ansic (1998)

4.4 Diseño experimental: El exceso de confianza relacionado con la testosterona en la variable género en una situación de toma de decisiones monetarias en un juego de póquer.

El objetivo de este experimento será determinar la relación existente entre la testosterona, el exceso de confianza y el flujo monetario en función del género masculino o femenino, en un juego de póquer.

Para la realización del experimento, sería necesario extraer una muestra de 60 *traders*, hombres y mujeres, en ejercicio profesional, en un tramo de edad de 25 a 35 años, que no se conozcan entre sí. Por tanto, se considerarán variables controladas del experimento la edad y la familiaridad de los participantes.

Cada uno de los grupos tomará participación en un juego de póquer que posee las siguientes reglas:

- El objetivo es conseguir una jugada superior a la de los demás con cinco cartas. No es necesario que efectivamente se consiga tener mejores cartas que los demás, basta que se induzca a los oponentes a pensar que efectivamente se tienen. Cuando se descubran las cartas de los jugadores, ganará aquél que en sus cartas tenga la mejor jugada.
- El número de cartas de la baraja francesa que se utilizarán serán 52, considerando los comodines.
- Número de jugadores 4.
- La duración será la correspondiente a 10 rondas.
- Cada jugador puede realizar con sus cartas once jugadas que, ordenadas de mayor a menor son las siguientes:
 - Repóquer: un comodín que acompaña a cuatro cartas iguales.
 - Escalera de color: Cinco cartas que sean consecutivas y del mismo palo.
 - Póquer: De las cinco cartas, cuatro de ellas deben ser iguales.
 - Full: jugada que consta de un trío y una pareja

- Color: Las cinco cartas deben ser del mismo palo, pero no deben ser consecutivas.
- Escalera: igual que la escalera de color pero sin que las cinco cartas sean del mismo palo.
- Doble pareja: Dos parejas de cartas.
- Trío: de las cinco cartas, tres de ellas deben ser iguales.
- Pareja: De las cinco cartas, dos deben ser iguales.
- Si al descubrir las cartas, ningún jugador tiene una de estas jugadas, ganará la ronda, aquél jugador que tenga una carta mayor.
- La cantidad total que se repartirá entre los jugadores de forma figurada en fichas de 5 €, 10€, 20€, 50€, 100€ y 200€, será de 5000 €. Los jugadores recibirán la cantidad que efectivamente ganen, al final del juego.
- Si un jugador se queda sin dinero antes de la finalización de las diez rondas, deberá pedir prestado la mitad de lo que inicialmente recibió a la banca, que deberá devolver cuando consiga recuperar el dinero mediante las correspondientes jugadas.
- Antes de iniciar cada ronda, los jugadores están obligados a hacer una apuesta mínima de 10€. A continuación, tendrán derecho a hacer un único cambio de una, algunas o todas las cartas inicialmente repartidas en dicha ronda. Se utilizará otra baraja para hacer el cambio de cartas.
- A partir de que haya vencido la posibilidad de hacer el cambio de cartas, los jugadores pueden empezar a apostar las cantidades que quieran, y en cualquier momento los jugadores se pueden abandonar la participación en la ronda.
- Todos los jugadores, se hayan retirado durante la ronda o hayan continuado jugando hasta el final, deberán entregar al ganador una ficha de 20 euros.

En esta propuesta experimental, se han de considerar tres variables dependientes y una variable independiente.

La variable independiente considerada será la composición de los grupos en los que quedará dividida la muestra. Los grupos estarán compuestos por cuatro personas de la siguiente forma:

1º Grupo: 4 hombres

2º Grupo: 4 mujeres

3º Grupo: 2 hombres y 2 mujeres

4º grupo: 3 hombres y 1 mujer

5º grupo: 1 hombre y 3 mujeres

Para controlar posibles variabilidades individuales, será necesario seleccionar tres grupos de cada tipo, razón por la cual, la muestra debe ser de 60 personas³⁹.

La primera variable dependiente considerada será el flujo de dinero total, calculado como la suma de las ganancias en cada una de las rondas.

La segunda variable dependiente considerada será el nivel de testosterona en sangre, antes de comenzar la partida de póquer, y justo al acabar la partida. La medición se realizaría a través del análisis de sangre correspondiente. Teniendo en cuenta que los niveles de testosterona en hombres serán más altos que en mujeres, lo que se tendrá en cuenta será el nivel total de testosterona al finalizar el juego respecto del nivel de testosterona medido al principio.

La tercera variable dependiente considerada será el nivel de confianza subjetivo que se obtendrá mediante la formulación de una pregunta de evaluación del nivel de confianza, en una escala del 1 al 9, justo al empezar el juego e inmediatamente después de terminar las rondas, de forma separada a cada uno de los jugadores.

La pregunta previa al juego quedaría formulada de la siguiente manera:

³⁹ Un grupo de 4 personas x 3 grupos de cada categoría x 5 grupos de personas = 60 personas.

P.1. "Evalúe su nivel de confianza en sí mismo, en una escala del 1 al 9, sobre si considera que puede ser el ganador del juego".

La pregunta posterior al juego quedaría formulada de la siguiente manera:

P.2. "Evalúe su nivel de confianza en sí mismo, en una escala del 1 al 9, al considerar las pérdidas o ganancias conseguidas".

Podemos resumir en el siguiente cuadro la relación de variables dependientes y variable independiente del experimento:

Tabla 1: Relación de variables consideradas en el diseño experimental. Elaboración propia.

| Variable | Definición |
|--|---|
| Variable Independiente (VI) | Composición de los grupos de hombres y mujeres |
| Variable Dependiente Flujo (VD ₁) | Flujo de dinero total generado como ganancia en diez rondas |
| Variable Dependiente Nivel Testosterona (VD ₂) | Nivel de testosterona previo y posterior al juego |
| Variable Dependiente Nivel de confianza subjetivo (VD ₃) | Nivel de confianza subjetivo previo y posterior al juego |

Al considerar la composición de cada uno de los grupos de los sujetos del experimento, podríamos obtener diferentes conclusiones, según los resultados esperados.

Por un lado, si consideramos la posibilidad de que se produzcan diferencias significativas entre los grupos de hombres y mujeres, los resultados que se obtendrían a través de las tres variables dependientes consideradas serían:

- **Grupo de cuatro hombres (4H / 0M):** presentaría unos niveles más altos de testosterona al finalizar el juego, con respecto a los niveles

del principio. A su vez, el flujo de dinero generado en cada una de las rondas será el más volátil de los cinco grupos. Y también cabría esperar un nivel de confianza subjetivo bastante alto, tanto al principio como al final, pero especialmente al final.

- **Grupo de cuatro mujeres (0H / 4M):** presentaría unos niveles más estables de testosterona, es decir, no se habría segregado tanta testosterona por parte de las participantes, durante el juego, lo que implicaría que el flujo de dinero generado en cada una de las rondas de la partida sería el menos volátil de los cinco grupos. Y también cabría esperar un nivel de confianza subjetivo alto al principio; aunque al final podría mantenerse o disminuir, dependiendo del número de partidas ganadas o perdidas, respectivamente.
- **Grupo de tres hombres y una mujer (3H / 1M):** presentaría una predominancia del sexo masculino, por lo que los resultados serían más similares a los del grupo formado por todo hombres. Esto se traduce en unos niveles de testosterona del grupo más elevados al final del juego que los niveles del principio, es decir, una mayor apetencia al riesgo. Esto implicaría que el flujo de dinero generado en cada una de las rondas sería el segundo más volátil. En cuanto al nivel de confianza subjetivo, si los niveles de testosterona han aumentado al finalizar la partida, entonces el nivel de confianza también habrá aumentado.
- **Grupo de un hombre y tres mujeres (1H / 3M):** presentaría una predominancia del sexo femenino, por lo que los resultados serían más similares que los del grupo formado tan sólo por mujeres. Esto se traduce en unos niveles más estables de testosterona, es decir, una menor apetencia por el riesgo. Esto implicaría que el flujo de dinero generado en cada una de las rondas de la partida sería menos

volátil que el grupo de todo hombres y de tres hombres y una mujer; pero ligeramente más volátil que el grupo de cuatro mujeres. En cuanto al nivel de confianza subjetivo, debido a una mayor estabilidad del nivel de testosterona y dependiendo del número de partidas ganadas o perdidas, podría mantenerse o disminuir, respectivamente.

- **Grupo de dos hombres y dos mujeres (2H / 2M):** si efectivamente la volatilidad del flujo del dinero generado en cada una de las rondas es mayor o menor según haya más hombres o más mujeres; este grupo, presentaría los resultados más interesantes que, a priori, tampoco se vislumbran con claridad.

Está claro que los niveles de testosterona pueden presentarse más bajos que los del grupo formado por cuatro hombres y más altos que los del grupo de cuatro mujeres. Pero lo que no queda claro es si efectivamente la misma proporción de mujeres que de hombres podría estabilizar la volatilidad del flujo de dinero generado en las diferentes rondas de una partida de póquer⁴⁰.

De acuerdo con las inferencias realizadas sobre estos posibles resultados del experimento, podemos afirmar que cabría esperar la existencia de una fuerte correlación positiva entre la variable “nivel de testosterona” y la variable “nivel de confianza subjetivo”. Estos datos a su vez podrían estar correlacionados de forma positiva con el flujo de dinero total de cada partida de diez rondas.

Concluiríamos que la testosterona tiene un papel importante en la toma de decisiones bajo riesgo y que, existen diferencias significativas entre hombres y mujeres profesionales del *trading* a la hora de asumir riesgos.

Por otro lado, si los resultados anteriormente descritos no se produjeran, no podríamos afirmar que existen diferencias significativas entre hombres y mujeres, *traders* profesionales, a la hora de asumir riesgos.

⁴⁰ Por un lado, realizar la prueba en tan sólo tres ocasiones, es posible que no pueda clarificar resultados. Cabría considerar un segundo experimento, en el que la prueba se realizara dividiendo la muestra, exclusivamente, en grupos mixtos.

Podríamos llegar a afirmar, hipotéticamente, que las diferencias biológicas entre hombres y mujeres en el mundo del *trading* no tienen un impacto directo en la asunción de riesgos. Es más, podría parecer que el hecho de que las mujeres escojan un tipo de profesión tan agresiva como es el *trading*, es una cuestión genética, de su personalidad y de la experiencia que han vivido en este trabajo, que ha podido amoldar su conducta y acercar un poco más al hombre y a la mujer en cuestiones de agresividad en la asunción de riesgos.

En cualquier caso, tampoco quedaría muy claro el significado de otro tipo de hipotéticos resultados, puesto que es una cuestión bastante complicada realizar inferencias en el mundo real sin los resultados en la mano.

5. Conclusiones

El objetivo que ha conseguido este trabajo ha sido analizar las principales diferencias entre el modelo económico tradicional de conducta, representado por el *homo economicus*; y el modelo de conducta examinado por la Neuroeconomía, en el *trading*. Lo que se ha pretendido es poner de manifiesto la importancia de la Neuroeconomía en el mundo económico, pues esta nueva ciencia, en vías de desarrollo, puede ser capaz de considerar, individualmente, la capacidad para asumir riesgos de los operadores bursátiles, a través de la medición de la actividad cerebral, los niveles hormonales y la descripción de los rasgos genéticos que pueden influir en las aptitudes de los operadores en bolsa.

En relación a la conceptualización de la Neuroeconomía como una disciplina científica y económica, se ha podido comprobar que su reciente trayectoria ha sido realmente asombrosa. El número de experimentos realizados desde la década de los noventa hasta nuestros días son relativamente numerosos, y sin embargo, han sido capaces de generar resultados que, en ocasiones, ni siquiera eran capaces de preverse, porque se desconocía la realidad.

El gran desarrollo de la tecnología nos ha permitido desarrollar esta nueva ciencia neuroeconómica, cuyo origen está en la Neurociencia. La comprensión del cerebro se presenta como un reto, pero no sólo científico. No sólo puede dar respuestas acerca de enfermedades que, por el momento, no tienen solución; sino que, además, puede aportar soluciones que van más allá de la pura matemática y lógica de las ciencias económicas. Podemos redirigir el perfecto *homo economicus* y dirigirnos hacia la comprensión del ser humano económico real: un ser evolutivamente viable pero incapaz de controlar un sistema financiero que puede parecer contrario a su esencia biológica.

Es, por ello, innegable que la Neuroeconomía posee múltiples aplicaciones en el mundo financiero, en especial, en los tomadores de riesgos más agresivos: los *traders*. La evaluación de la memoria, la toma de decisiones y los procesos de mentalización pueden ayudar a entender ciertas conductas que forman parte del comportamiento del *trader*. Esto inevitablemente se traduce en la posibilidad de una reformulación del ejercicio de la profesión del *trading*, especialmente en las herramientas de trabajo que utiliza, como el análisis técnico.

Por último, resultan especialmente relevantes las diferencias entre el modelo de conducta del *homo economicus*, y los comportamientos que se observan en personas como los *traders*; puesto que es interesante partir de este punto para iniciar futuras investigaciones en este campo. Queda claro que la irracionalidad y la inconsciencia en la asunción de riesgos son aspectos que, motivados de forma biológica y psicológica por una serie de factores, forman parte de la conducta humana. No conseguimos la perfección del *homo economicus* porque si no tendríamos que renunciar a algunos mecanismos biológicos como una buena coordinación entre la activación de la amígdala y la conexión con el hipotálamo para reaccionar en una situación de peligro. Por tanto, podría resultar que el concepto de objetividad y utilidad de las decisiones económicas sean factores que podrían reformularse: si el cuerpo humano con su conducta, en ocasiones irracional, nos ha permitido evolucionar y sobrevivir, es posible que la comprensión del mismo nos permita enfocar mejor los modelos económicos de conducta.

Queda claro, por tanto, que las conclusiones aportadas por el modelo económico tradicional han sido puestas en evidencia con la conducta de los inversores durante la crisis de 2008. Y por ello, abordar el estudio de la Neuroeconomía, desde este punto de vista, puede aportar algo más que soluciones a problemas pasados. Las implicaciones que puede tener, aún no se vislumbran con toda claridad; pero, es cierto que se puede intuir un camino en un futuro no muy lejano.

Además, es importante destacar que las futuras líneas de investigación que puede implicar este trabajo podrían orientarse hacia la evaluación experimental de aspectos como la relación entre la testosterona y el nivel de confianza, diferenciando entre hombres y mujeres. En cualquier caso, se considera significativa la limitación de un trabajo de fin de grado para una compleja y sofisticada ciencia como es la Neuroeconomía.

Sin embargo, podemos adelantar que los estudios de la Neuroeconomía, en general, podrían direccionarse hacia la búsqueda del método para estabilizar mercados financieros, saber afrontar situaciones de exuberancia irracional en los ciclos bursátiles o incluso, ser capaces de prevenir crisis financieras.

6. Referencias Bibliográficas.

Allais, M. (1953). Le comportement de l'homme rationnel devant le risqué: Critique des postulats et axiomes de l'école américaine. *Econometrica*, 21, 503-546.

Amaral, D.G. (2002). The primate amygdala and the neurobiology of social behavior: implications for understanding social anxiety. *Biological Psychiatry*, 51, 7-11.

Akerlof, G., & Shiller, R. (2009). *Animal Spirits. How human Psychology drives the economy, and why it matters for Global Capitalism*. Arizona: Princeton University Press.

Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. En G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (2º ed., pp. 47-49). New York, NY: New York Academic Press.

Bar-On, R., Tranel, D., Denburg, N.L., Bechara, A. (2003). Exploring the neurological substrate of emotional and social intelligence. *Brain*, 126, 800-1790.

Bechara A., Damasio H., Damasio A.R. (2003). Role of the amígdala in decisión-making. *Annual New York Academy of Science*, 985, 356-369.

Bermejo, P., Dorado, R., Zea-Sevilla, M., Sánchez Menéndez, V. (2011). Neuroanatomía de las decisiones financieras. *Neurología*, 26, 81-173.

Bermejo, P. (2011). *Neuroeconomía. Mecanismos cerebrales implicados en la toma de decisiones financieras*. Madrid: Centro de Innovación del BBVA. Recuperado de: http://www.cibbva.com/sites/default/files/content-legacy/documentos/pdfs/2011_11_Informe_NeuroEconomia.pdf

Bermejo, P. (2012). Burbujas Financieras y crisis económicas. Una aproximación desde la neurociencia. *Kranion*, 9, 12-16.

Bernoulli D., & Bernoulli, N. (1738). *La paradoja de San Petesburgo*. San Petesburgo, Actas de la Academia de Ciencias de San Petesburgo.

- Blazek, V., Brůzek, J., Casanova, M. (2011). Plausible mechanisms for brain structural and size changes in human evolution. *Collegium Antropologicum*, 35, 55-949.
- Bowman, R. (2005). Stress-induced Changes in Spatial Memory are Sexually Differentiated and Vary Across the Lifespan. *Journal of Neuroendocrinology*, 17, 526-535.
- Breiter, H.C., Aharon, I., Kahneman, D., Dale, A., Shizgal, P. (2001). Functional imaging of neural responses to expectancy and experience of monetary gains and losses. *Neuron*, 30, 619-639.
- Camerer, C., Loewenstein, G. y Prelec, D. (2005). Neuroeconomics: How neuroscience Can Inform Economics. *Journal of Economic Literature*, 43, 9-64.
- Coates, J., Gurnell, M., Rustichini, A. (2009). Second-to-fourth digit ratio predicts success among high-frequency financial traders. *Proceedings of the national Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 623-628.
- Coates, J., Gurnell, M. y Sarnyai, Z. (2010). From molecule to market: steroid hormones and financial risk-taking. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 365, 331-343.
- Coates, J. (2012). *Mente y cuerpo en los mercados financieros*. En Coates, J., *La biología de la toma de riesgos* (2º ed., pp. 13-51). Barcelona: Anagrama.
- Cohen, J. and Blum, K. (2002). Reward and Decision. *Neuron*, 36, 2.
- Dayan, P., & Balleine, B.W. (2002). Reward, motivation, and reinforcement learning. *Neuron*, 36(2), 285-298
- Eckel, C., & Grossman, P. (2008). Men, women and risk aversion: Experimental evidence. En Plott, C., & Smith, V. (Eds), *Handbook of experimental economics results* (1º ed., pp. 1061-1073).
- Fama, E. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, 25, 383-417.

Fernandez, D. (2007, Septiembre 23). Los analistas se equivocan... y mucho. *El país*. Recuperado de: http://elpais.com/diario/2007/09/23/economia/1190498401_850215.html

Forex Capital Markets (FXCM). (2015). *¿Qué es forex?*. Recuperado el día 2 de Marzo de 2015 en: <http://www.fxcmespanol.com/elementos-basicos/que-es-forex>

Gergely, G. (2003). The development of teleological versus mentalizing observational learning strategies in infancy. *Menninger*, 67, 3, 113-131.

Gigerenzer, G., Todd, P.M., & the ABC Research Group (2000). *Simple Heuristics that Make Us Smart*. New York, NY: Oxford University Press.

Glimcher, P. (2002). Decisions, decisions, decisions: choosing a biological science of choice. *Neuron*, 36, 323 – 332

Glimcher, P. (2003). *Decisions, Uncertainty and the Brain: The Science of Neuroeconomics*. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology (MIT) Press.

Glimcher, P. (2010). Introduction: A Brief History of Neuroeconomics. En Glimcher, P., & Fehr, E. (Eds.), *Neuroeconomics. Decision making and the brain*. (2º ed., pp 7-15) Waltham (Ma), Elsevier.

Gold, J. and Shadlen, M. (2002). Banburismus and the brain: decoding the relationship between sensory stimuli, decisions, and reward. *Neuron*, 36, 299-308.

Heukamp, F., & Panina, O.(2006). *Neuroeconomics*. Navarra: *IESE Business School-University of Navarra*.

Kahneman, D. and Tversky, A. (1979). Prospect theory: an analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263-29.

Kahneman, D. (2011). *Thinking fast and Slow*. Nueva York, NY: Farrar, Straus y Giroux.

- Kivlighana, K., Douglas, A., Booth, A. (2005). Gender differences in testosterone and cortisol response to competition. *Psychoneuroendocrinology*, 30, 58-71
- Knoch, D., Pascual-Leone, A., Meyer, K., Treyer, V., Fehr, E. (2006). Diminishing reciprocal fairness by disrupting the right prefrontal cortex. *Science* 314, 829-832.
- Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P., Fischbacher, U., Fehr, E. (2005). Oxytocin increases trust in humans. *Nature*, 435, 673-676.
- Lamm C. y Singer, T. (2010). The role of anterior insular cortex in social emotions. *Brain Structure Function*, 214, 97-579.
- Leavy, S. (2013). *Ciencias del comportamiento: elementos y anomalías en la toma de decisión*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Linser, K. Goschke, T. (2007). Unconscious modulation of the conscious experience of voluntary control. *Cognition*, 104, 75-459.
- Lo, A. (2011). Fear, Greed, and Financial Crises: A cognitive neuroscience Perspective. En Fouque, J. y Langsam, J.A. (Eds.), *Handbook on Systemic Risk* (1º ed., pp.714-742). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press
- McCabe, K., Houser, D., Ryan, L., Smith, V., Trouard, T. (2001). A functional imaging study of cooperation in two-person reciprocal exchange. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 98, 11832-11835.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *Journal of Finance*, VII, 1.
- Matsumoto, K. & Tanaka, K. (2004). The role of the medial prefrontal cortex in achieving goals. *Current opinion in Neurobiology*, 14, 85-178.
- Murphy, J. (1999). *Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*. New York, NY: New York Institute of Finance.
- Muth, J.F. (1961). Rational Expectations and the Theory of Price Movements. *Econometrica*, 29, 315-335.

- Noordzij, M., Newman-Norlund, S., De Ruiter, JP., Hagoort, P., Levinson, S., Toni, I. (2001). Brain Mechanisms underlying human communication. *Frontiers in Human Neuroscience*, 3, 14.
- Pascal, B., & Fermat, P. (2001). Teoría del Valor esperado. En Camuñez, J., & Santos, J. (Eds.) *La geometría del azar. La correspondencia entre Pierre de Fermat y Blaise Pascal* (1º ed., pp. 179-188). Madrid: Nívola.
- Peterson R.L. (2005). The neuroscience of investing: fMRI of the reward system. *Brain Research Bulletin*, 67, 7-39.
- Pindyck, R., Rubinfeld, D. (2001). *Microeconomía*. Madrid: Prentice Hall.
- Powel, M. y Ansic, D. (1998). Gender differences in risk behavior in financial decision-making: an experimental analysis. *Journal of Economic Psychology*, 18, 605-628.
- Pring, M. J. (2014). *Technical Analysis Explained: The Successful Investor's Guide to Spotting Investment Trends and Turning points*. New York, NY: McGraw Hill Education.
- Punset Grupo Producciones. (2011). Sabemos que no sabemos lo que decidimos. Entrevista a Aldo Rustichini. [Programa de televisión]. En *redes*. Salamanca: RTVE.
- Radiological Society of North America (RSNA). (2014, Julio 18). *RMN funcional (RMNf) - cerebro*. Recuperado el día 2 de Febrero de 2015 de <http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=fmribrain>
- Radiological Society of North America (RSNA). (2013, Mayo 9). *Exploración por tomografía por emisión de positrones – tomografía computada (PET/TC)*. Recuperado el día 2 de Febrero de 2015 de <http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=pet>
- Reilly, F, & Brown, K. (2003). *Investment Analysis and Portfolio Management*. Texas, Tx: Thomson South-Western.
- Rustichini, A. (2005). “Neuroeconomics: Present and future. *Games and economic Behaviour*, 52, 201-2012.

- Sen, A.K. (1997). *Bienestar Justicia y mercado*. Barcelona: Paidós Ibérica.
- Schultz, W. (2002). Getting formal with dopamine and reward. *Neuron*, 36, 241-263.
- Shiv B., Loewenstein G., Bechara A., Damasio H., Damasio AR. (2005). Investment behavior and the negative side of emotion. *Psychological Science*, 16, 9-435.
- Shizgal, P. (1997). Neural basis of utility estimation. *Current Opinion in Neurobiology*, 7, 198-208.
- Shizgal, P., & Conover, K. (1996). On the neural computation of utility. *Current Direction in Psychological Science*, 5, 37-43.
- Simon, H. A. (1957). *Models of Man*. New York, NY: Wiley.
- Singer, T., Critchley, H.D., Preusschoff, K. (2009). A common role of insula in feelings, empathy and uncertainty. *Trends Cognitive Science*, 13, 40-334.
- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and causes of the wealth of Nations*. Londres: W. Trahan & T. Cadell.
- Stroud, L., Salovey, P., Epel, E. (2002). Sex differences in stress responses: social rejection versus achievement stress. *Biological Psychiatry*, 319, 318-327.
- Taleb, N. (2007). *The black swan: the impact of the Highly Improbably*. New York, NY: Random House.
- Tulving, E. (1985). *Elements of episodic memory*. Toronto: Reprint
- Von Neumann, J. and Morgenstern, O. (1944). *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton, NJ: Princeton University Press
- Weber, B., Rangel, A., Wibral, M., Falk, A. (2009). The medial prefrontal cortex exhibits money illusion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 5025-5028.
- Wenke, D., Fleming, S., Haggard, P. (2010). Subliminal priming of actions influences sense of control over effects of action. *Cognition*, 115, 26-38.