



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
(ICADE)

**La Volatilidad Implícita: Qué es, qué factores
afectan a su movimiento y cómo impacta a los
inversores.**

Autor: Álvaro Álvarez de la Gala Abellán
Director: Ignacio Prieto Funes

Madrid

Abril 2018



La Volatilidad Implícita: Qué es, qué factores afectan a su movimiento y cómo impacta a los inversores.

Índice

I. Introducción.....	5
II. Revisión literaria:	9
III. Acontecimientos de febrero de 2018:	15
IV. Metodología.....	20
Método de cálculo del VIX: Modelo Black-Scholes	20
Posibilidad de manipulación del índice VIX:	22
Correlación del VIX con los índices del mercado:	23
Capacidad del VIX para incorporar la información relevante del mercado:	24
Relación entre el VIX y sus Futuros:	30
Estudio de la precedencia o Causalidad de Granger en el índice VIX y los rendimientos del S&P 500:	31
V. Conclusiones:	35
VI. Anexo.....	38
VII. Referencias.	46

Índice de gráficos

Gráfico 1: Teoría de las Prospectivas: relación entre las pérdidas y las ganancias.	12
Gráfico 2: Evolución del índice VIX desde 2005.....	15
Gráfico 3: Evolución del índice VIX en enero y febrero de 2018	15
Gráfico 4: Volúmenes de contratos futuros del VIX disparados	17

Índice de tablas

Tabla 1: Correlación entre las rentabilidades de los índices de mercado	23
Tabla 2: Análisis de regresión entre el VIX y la volatilidad futura realizada.....	26
Tabla 3: Análisis de regresión simple entre la volatilidad futura realizada y los principales factores del mercado.....	27

Tabla 4: Análisis de regresión simple entre el VIX y los principales factores del mercado.....	28
Tabla 5: Análisis de regresión simple entre el ratio de volatilidad implícita y VIX y los principales factores del mercado.....	29
Tabla 6: Análisis de autorregresión vectorial entre el VIX y los rendimientos del S&P 500.....	33

Resumen

El siguiente estudio analiza del índice de volatilidad implícita del S&P 500 denominado VIX. A raíz de los acontecimientos ocurridos en febrero de 2018 debido a su atípica evolución, así como las demandas presentadas sobre la manipulación del mencionado índice, consideramos que era necesario un estudio sobre su funcionamiento y relación con el mercado. Tras la revisión literaria y explicación de los principales modelos que explican la relación del VIX con el mercado y su método de cálculo, encontramos una línea de investigación relacionada con la relación de los movimientos del VIX en la toma de decisiones de los inversores. Para ello realizamos un análisis de la causalidad de Granger a través del modelo econométrico VAR, y obteniendo de este modo las evidencias que permiten validar las hipótesis planteadas. Por ello retratamos en las conclusiones la preocupación que supone la posibilidad de su manipulación y los efectos que conlleva su comportamiento en los mercados bursátiles.

Palabras clave: Índice VIX, S&P 500, VAR, Regresión lineal simple, Correlación, Causalidad de Granger, ETF, ETP, Black-Scholes, Anclaje.

Abstract

In this study analyze the implied volatility index from S&P 500, the VIX index. Due to the last news about the VIX's increase and markets drop, in addition to the manipulation of the VIX, we urged to understand and explain how the VIX works and its relation within the markets. We made a literature revision, and after all, we did not find any evidence about the causality of the VIX over the S&P 500 and its influence. So, we used a Grangers causality analysis through a VAR model in order to know which one preceded the other. We found evidence that the VIX precedes and influences the S&P 500 returns, which agreed with our hypothesis. Thus, we concluded that the fact that the VIX index, or “fear gauge” can actually be manipulated and its effects and influences over markets and investors should be worrying.

Key words: VIX Index, S&P 500, VAR, Simple Linear Regression, Correlation, Granger Causality, ETF, ETP, Black-Scholes, Anchoring.

I. Introducción

En la industria financiera existen dos principales conceptos altamente correlacionados que componen las principales preocupaciones de los inversores: el rendimiento de las inversiones, y el riesgo de las mismas.

Ambos conceptos, pareciendo tan simples a primera vista, en realidad son muy complejos y embarcan a los académicos y profesionales de éste área a su estudio y análisis. Siendo la rentabilidad la ganancia procurada al inversor por el aumento del valor del activo o la inversión, del riesgo pueden encontrarse diversos tipos que influyen en la propia rentabilidad.

Una de las formas más extendidas de medir el riesgo de las inversiones es a través de la volatilidad, y uno de los principales medidores de esta se puede encontrar en la estadística básica, utilizando la desviación típica de la rentabilidad de la evolución de los precios registrados en una inversión.

Este estadístico aporta una información muy relevante, ya que, a partir de una muestra, siendo esta en el caso de las finanzas del valor histórico de un activo, nos permitirá conocer las variaciones absolutas con respecto a la media del precio o los rendimientos de un activo.

Este estadístico ha sido ampliamente utilizado para muchos modelos de valoración y construcción de carteras, como es el modelo CAPM de Sharpe (1964) o el modelo de Black-Scholes para la valoración de opciones, siendo el último muy relevante para el estudio que se presenta en adelante.

En febrero del año 2018 ocurrió un hecho muy relevante en relación al objeto de la medición de la volatilidad implícita de los mercados. Uno de los índices más utilizados para medir la volatilidad del mercado incrementó su valor de manera exponencial el 5 de febrero, provocando grandes estragos en los mercados tanto a nivel estadounidense como

a nivel global. Se trataba del índice de volatilidad implícita del S&P 500¹, el índice VIX². Éste se calcula a partir de los precios de las opciones a un mes del S&P 500 a partir del modelo de valoración de Black-Scholes, utilizando como variables independientes los precios de las puts y las calls del S&P 500 y como variable dependiente la desviación estándar de los precios del activo subyacente, en este caso el S&P 500.

El índice VIX, como anticipamos anteriormente, sufrió una fuerte modificación en su valoración el 5 de febrero de 2018, llevándole hasta niveles cercanos a la crisis pasada del año 2008 a la vez que se observaba una gran caída de las bolsas.

Esta circunstancia promovió nuestro interés inicial sobre el funcionamiento de este índice, así como qué influencia podía tener con los mercados en general, ya que se hacía llamar entre los inversores y traders el “indicador del miedo” del mercado. Es por ello que decidimos realizar un estudio sobre el índice de volatilidad implícita del S&P 500, cómo se calcula, su relación con el mercado y el comportamiento de los contratos futuros del VIX y analizar cuál es el factor determinante de los acontecimientos de alta volatilidad, si el VIX tiene suficiente influencia sobre los inversores para provocar una caída en los mercados, o son los mercados los causantes del aumento de la volatilidad implícita del mercado.

El objetivo principal de este estudio es el análisis de la determinación sobre la causalidad entre el índice VIX y los mercados, es decir, el estudio de la precedencia del índice VIX a los movimientos del índice S&P 500, o viceversa. De la revisión de la literatura no identificamos estudios monográficos en relación a esta línea de investigación, y consideramos que, debido a los acontecimientos ocurridos en febrero de 2018, con el índice VIX disparándose y las demandas sugiriendo la manipulación del mismo, seguidas de la caída de la bolsa en Estados Unidos, era de suma importancia analizar este efecto desde una vertiente académica que relacionara la volatilidad implícita del mercado y el comportamiento del mismo.

¹ Ver en el anexo 3.

² Ver en el anexo 2.

Como objetivo secundario consideramos que la revisión literaria sobre el concepto del índice VIX, junto al método de cálculo utilizado por el CBOE para obtener su valoración, son de vital importancia a la hora de estudiar su comportamiento.

Además, la revisión de los principales estudios sobre la relación del VIX con los principales factores que afectan a la volatilidad en el mercado y la relación del índice con los contratos futuros del mismo ayudarían a la comprensión de la información aportada por el mismo.

La metodología utilizada para estudiar la precedencia del índice sobre el mercado consiste en la aplicación del modelo de autorregresión vectorial (VAR) para realizar un análisis de causalidad de Granger, es decir, un análisis de precedencia en la jerga econométrica. De esta forma comprobaremos si es el índice VIX la causa o el efecto de las caídas en la bolsa cuando éste experimenta movimientos bruscos.

El estudio se dividirá en cinco partes. Comenzando por la revisión literaria en cuanto a la materia de la volatilidad implícita, seguido de una explicación en cuanto a los hechos ocurridos en febrero de 2018. Posteriormente explicaremos la metodología del estudio y los resultados del mismo, comenzando por el método de cálculo del VIX y cómo es posible manipular el índice, seguido de un estudio de la correlación del VIX con los principales índices del mercado. Después procederemos con el estudio de la capacidad del VIX para incorporar la información relevante en cuanto a los factores que afectan a la volatilidad del mercado y la relación que tiene el VIX con los futuros del mismo y realizaremos el análisis de causalidad de Granger o precedencia para estudiar el principal objetivo del estudio mencionado anteriormente. Concluiremos con las conclusiones y reflexiones acerca del índice de volatilidad implícita, su comportamiento y los efectos provocados por su comportamiento.

II. Revisión literaria:

El funcionamiento de los mercados financieros ha creado un especial interés por su estudio a lo largo de los últimos siglos. A partir de este estudio han surgido diferentes teorías, siendo las más relevantes la *Teoría de Mercados Eficientes* y *Behavioral Finance*.

La *Teoría Financiera Clásica* o *Teoría de Mercados Eficientes* es la predominante en el siglo XX. Las bases de esta teoría las establece Louis Bachelier en su tesis doctoral “La teoría de la especulación” en donde realiza un estudio de la evolución de los precios de la Bolsa de París (Bachelier, 1900). Bachelier estableció que los precios de las acciones evolucionaban de forma aleatoria, lo que le llevó a defender que los precios pasados no influyen en los precios futuros. Esta hipótesis constituye la base de la Teoría Financiera Clásica.

Posteriormente John Maynard Keynes introdujo que la aleatoriedad de los precios implicaba que los inversores no realizaban ganancias a través de la predicción de la evolución de los precios, sino de la gestión del riesgo de sus inversiones (Keynes, 1923).

Louis Bachelier sin embargo no obtuvo ningún reconocimiento hasta más tarde, décadas después, cuando una serie de economistas rescataron sus estudios para aplicarlos al estudio contemporáneo de la bolsa, con sus principales obras escritas por Markowitz y Cootner.

Markowitz realizó un estudio sobre la construcción de carteras, en el que se basa en la optimización de una cartera que se encuentre en la frontera eficiente del mercado en cuanto a riesgo y rentabilidad, dos factores muy correlacionados (Markowitz, 1952).

Posteriormente se pueden destacar las observaciones realizadas por Fama respecto a los enunciados iniciales referidos a la eficiencia de la información en los mercados (Fama, 1970). Los enunciados consisten en tres hipótesis sobre la eficiencia de la información de los mercados contenida en los precios de los activos.

La primera hipótesis la denomina como hipótesis débil de eficiencia de los mercados. En ella afirma que los precios históricos de los activos no pueden utilizarse para realizar predicciones sobre el comportamiento de los precios futuros, y por ello considera que la información de los precios pasados ya está contenida en el precio presente del activo.

La segunda hipótesis, *semi-strong test* o hipótesis semi-fuerte de eficiencia en los mercados afirma que los precios futuros no pueden predecirse a partir de la información pública, es decir, aquella que está al alcance del público en general. La implicación de esta hipótesis implica que los precios de los mercados ya incorporan toda la información públicamente accesible para los inversores.

En la tercera y última hipótesis, *strong test* o hipótesis de eficiencia fuerte de los mercados afirma que los precios de los mercados incluyen ya toda la información privada que poseen los inversores, y por ello no se pueden predecir los precios de los activos en el futuro a partir de esta información. Sin embargo, como se puede ver en los mercados, hay individuos que son capaces de superar el rendimiento de los índices con sus carteras de forma consistente, como Warren Buffett, considerado el *Oráculo de Omaha* por los resultados obtenidos en sus inversiones.

Más adelante varios autores logran realizar diversos matices respecto a la Teoría Financiera Clásica y surgen varios modelos de análisis como el CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) realizado por tres académicos: Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966), el VaR (*Value at Risk*), la Moderna Teoría de Carteras o el modelo de valoración de opciones de Black-Scholes. Gracias a este modelo de valoración de opciones fue creado el índice de volatilidad implícita (VIX) por el CBOE (Chicago Board Options Exchange) en 1993.

El modelo de valoración de Black-Scholes está diseñado para dar el precio de las opciones put y call de un activo subyacente dada una específica volatilidad en el cambio del precio del activo subyacente siguiendo una distribución normal de los precios. Este modelo funciona siguiendo una serie de supuestos que siguen a continuación: los precios de las acciones siguen una distribución normal logarítmica con una desviación estándar y una media constante de los precios, sin restricciones para las posiciones cortas, sin costes de transacción ni impuestos, no existen dividendos en la vida del activo ni

oportunidades de arbitraje sin riesgo y las acciones cotizan de forma continua. Siendo la media constante en el modelo, el cálculo de los precios de las opciones se hace en base a los precios de la opción y el activo subyacente y de la volatilidad en el precio de este activo.

Simplificando el modelo según sus inputs y outputs, podría resumirse según la ecuación: $c=f(\sigma)$, siendo c el precio de la opción y σ la volatilidad del precio. En el caso del VIX en CBOE lo que hizo fue utilizar una fórmula inversa para calcular la volatilidad de los precios del activo subyacente, en este caso el S&P 500, en base a los precios de las opciones con diferentes precios *Strike* siguiendo la ecuación $\sigma=f^{-1}(c)$ (Figueroa-Ferretti, 2018).

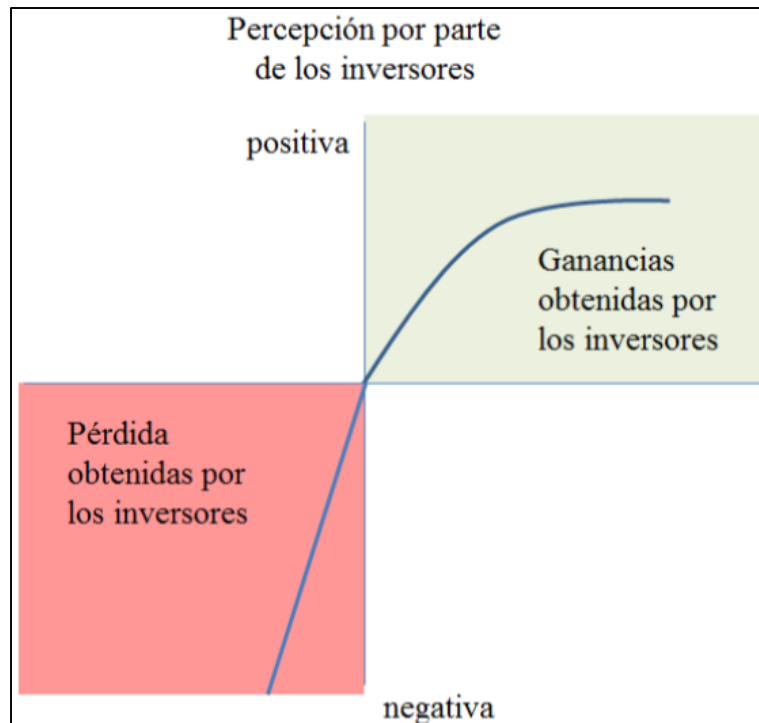
A partir de los años 70 comienza a surgir un nuevo enfoque en el ámbito económico-financiero. En vez de enfocarse únicamente en un estudio matemático, comienzan a tener en cuenta a la hora de estudiar el comportamiento del valor de los activos las implicaciones psicológicas de los inversores, y surgió la teoría del *Behavioral Finance*.

Ya en el Análisis Técnico se incorporaban la psicología de masas en la creación de tendencias y el estudio del sentimiento del inversor, pero nunca más lejos del estudio econométrico.

Esta corriente nació en el siglo XVIII de la mano de Adam Smith, que relacionó la economía con la psicología de masa, pero no fue hasta 1970 cuando académicos del área de la psicología intentaron modelizar el comportamiento de los inversores y la toma de las decisiones.

Las mayores influencias en esta teoría son Daniel Kahneman y Amos Tversky, cuyos principales logros fueron el desarrollo de la Teoría de las Prospectivas donde describen el estudio sobre el proceso mental en la toma de decisiones del ser humano (Kahneman & Tversky, 1979). En ella tiene gran relevancia las percepciones de los inversores respecto a las pérdidas y las ganancias que se realizan en la gestión de las inversiones, demostrando que la utilidad otorgada por el inversor al riesgo de pérdidas y a la probabilidad de beneficios no es directamente proporcional, siendo la aversión al riesgo de 2 a 2,5 veces mayor (Lewis, 2017).

Gráfico 1: Teoría de las Prospectivas: relación entre las pérdidas y las ganancias.



Fuente: Kanehman (1979).

Ambas teorías están enfocadas al estudio del comportamiento de los mercados, y ambas coinciden en que el riesgo del mercado es un factor determinante a la hora de estudiar tanto la evolución del mercado como la percepción de los inversores respecto a sus inversiones. Es por ello que en esta tesis estudiaremos el riesgo en cuanto a la volatilidad del mercado, centrándonos principalmente en el índice VIX, el llamado “*fear gauge*” de los inversores.

La volatilidad es un concepto muy utilizado en el área financiera. Corresponde a la medida que representa la magnitud de cambio en la evolución de un activo (Prieto, 2016). Esta medida juega un papel importante a la hora de analizar los mercados y, por lo tanto, se ha invertido tiempo y dinero al estudio de la volatilidad de los mercados y, aun así, como demuestran Goldstein y Taleb (2007) la mayoría de los profesionales y estudiantes de esta área malinterpretan el significado de la desviación estándar, el principal estimador matemático que mide la volatilidad. Además, con el surgimiento de teorías alternativas

a la *Teoría de Mercados Eficientes*, como *Behavioral Finance*, se ha podido ver que los modelos que surgían de esta teoría llevaban a malinterpretaciones de determinados eventos como las burbujas financieras (Shiller, 2003).

Esta teoría, *Behavioral Finance*, introduce al estudio de los mercados áreas sociales como la psicología, e incluye el comportamiento de los inversores hacia el riesgo. El comportamiento de estos individuos es variable, como estudian Grable y Wookjae (2017), que distinguen diferentes actitudes frente al riesgo en circunstancias en las que la volatilidad es baja, pero al aumentar la volatilidad observan cómo ambos grupos tienden a un punto medio, donde los individuos propensos al riesgo (risk lovers) tienden a proteger sus carteras y reducir su exposición al riesgo y los individuos con aversión al riesgo (risk averse) aprovechan para aumentar su exposición a la volatilidad para intentar aumentar su rentabilidad (Grable y Wookjae, 2017).

También existen otros métodos e índices para medir la volatilidad. El principal índice utilizado en todo el mundo es el índice VIX. Es el índice de volatilidad proporcionado por el mercado de opciones de la bolsa de Chicago y su cálculo se deriva del intercambio de opciones puts y calls a un mes vista del S&P 500 (Rennison, 2018). Proporciona un punto de referencia de la volatilidad a futuro del mercado en el próximo mes. Este índice ha sido citado por numerosas revistas y artículos del área financiera y llega a considerarse incluso el “fear gauge” de los inversores, ya que cuando es alto los inversores tienden a proteger sus carteras mientras que cuando es bajo están más tranquilos (Kudryavtsev et al., 2016). Kudryavtsev y sus colegas (2016) realizan un estudio del índice VIX, tomando los valores diarios de cierre del índice desde 2005 hasta 2012. Realizaron un análisis de la regresión y comprobaron que la predicción de la volatilidad implícita, véase el VIX, era capaz de predecir con gran exactitud la volatilidad a un mes vista del S&P 500, tomando como variable independiente para este estudio la desviación típica de las variaciones del S&P del mes siguiente. Sin embargo, no se detuvieron ahí, y estudiaron si el VIX realmente representaba de forma total e inmediata los factores que afectan a los mercados. Se centraron principalmente en tres factores. El volumen de comercialización bursátil del mercado, la volatilidad de los precios históricos y los días en los que los precios varían de forma sustancial. Para estudiar si se cumple la hipótesis de la efectividad del VIX para representar estos factores de forma inmediata y total, realizan primero un análisis de la regresión de los citados factores con la volatilidad realizada del

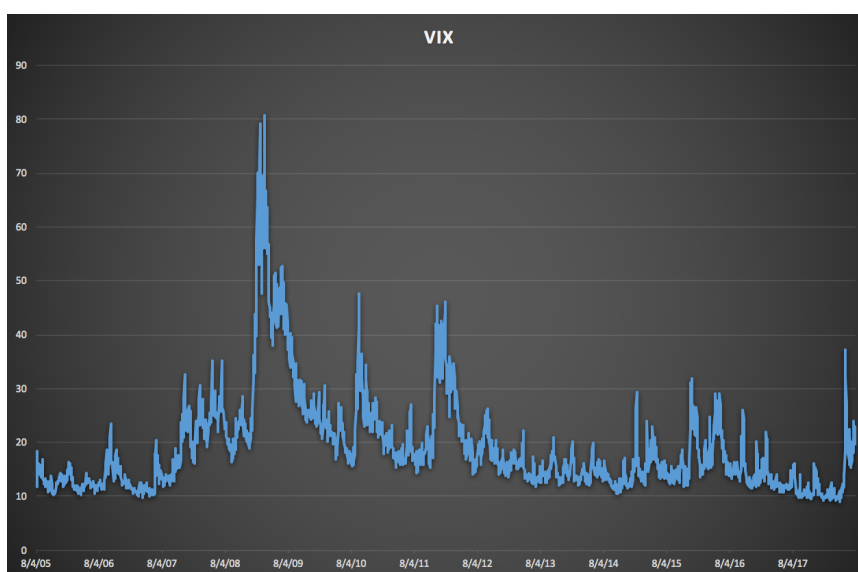
mes siguiente, observando que la correlación de la volatilidad y cada uno de los factores estaba positivamente correlacionada. Además, observaron que la capacidad predictiva de la volatilidad implícita del mercado, índice VIX, es mayor que la de los precios históricos, ya que su R^2 en el análisis de regresión es mayor.

Posteriormente realizaron el mismo análisis de regresión con los tres factores y el VIX. Observaron que la correlación del VIX con los factores era menor que la de la volatilidad futura, siendo aun así bastante alta, significando que, aunque tenga una correlación un poco más débil, los inversores recurren al índice como indicadores de la volatilidad de forma correcta. Asimismo, pudieron denotar que la correlación de la volatilidad pasada con el VIX es muy alta (0,786), siendo el factor que más incide en este índice. Gracias a estos resultados pueden resolver la hipótesis sobre la capacidad del índice de volatilidad implícita de representar los factores que afectan a los mercados de forma total e inmediata y concluyen con que éste está positivamente correlacionado con el comportamiento del mercado, pero que no representa el total de la información que proporcionan los mercados inmediatamente. Argumentan que este suceso puede estar debido a que el índice está *anclado* (término que introduce Khaneman (1995) en su libro *Thinking, Fast & Slow*) a la volatilidad implícita existente en ese momento en el mercado, y por ello los factores del mercado no afectan de forma total al índice. Esto ocurre ya que las personas a la hora de hacer estimaciones los hacen a partir de un valor previamente impuesto, realizando las estimaciones por encima o por debajo del valor previamente impuesto. Este efecto de anclado genera un sesgo en el análisis de la volatilidad, ya que el VIX estando basado en los precios de las opciones del S&P, dichos precios de las opciones a un mes futuro están ancladas al valor presente del S&P (Kudryavtsev et al., 2016). Posteriormente estudiaremos en profundidad los modelos de regresión de este estudio para poder estudiar la viabilidad de las hipótesis que plantearemos.

III. Acontecimientos de febrero de 2018:

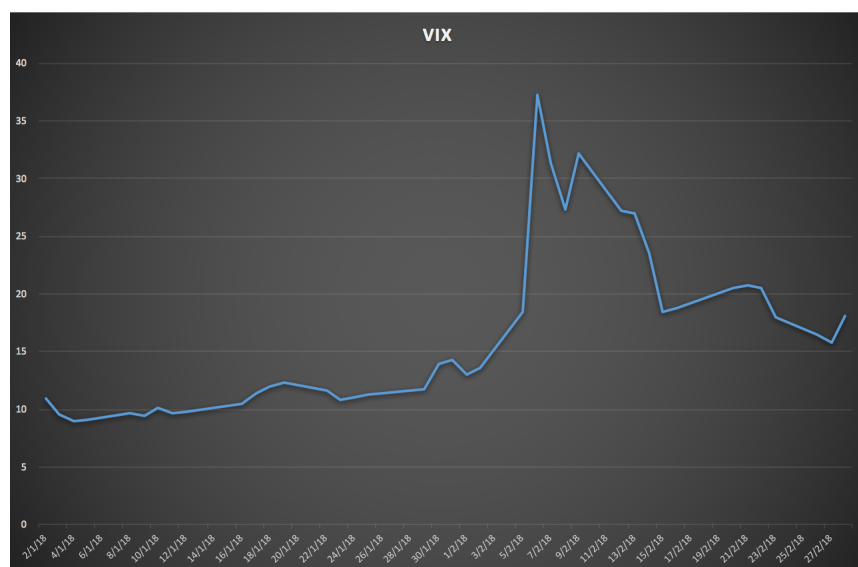
Recientemente, en febrero de 2018, se puede observar en los siguientes gráficos, este índice se ha disparado, con su mayor crecida en un solo día de 17 a niveles de 37, creando enormes volúmenes de ventas en los mercados con sus respectivas caídas en las bolsas. Sin embargo, este aumento en el índice no se debe solamente a que la volatilidad de los mercados se dispare, sino que también guarda relación con una venta de productos derivados de este índice.

Gráfico 2: Evolución del índice VIX desde 2005



Fuente: Yahoo Finance

Gráfico 3: Evolución del índice VIX en enero y febrero de 2018



Fuente: Yahoo Finance

Este suceso ya ha sido bautizado por los traders como “VIX-mageddon”. El 5 de febrero de 2018 se disparó el VIX y la bolsa sufrió una de sus más rápidas correcciones del 10% en toda su historia. Este hecho ha despertado el interés en un nicho del mercado en el que la inversión, en el que el principal vehículo de inversión es la propia volatilidad del mercado.

Debido a que la volatilidad en los mercados se ha mantenido significativamente baja en los últimos años, ha crecido entre los inversores el interés por el uso de *inverse VIX Exchange-Traded-Products (ETFs)*³. Estos ETFs simulan inversamente los movimientos del VIX, por lo que durante los últimos años generaron cuantiosos beneficios. Sin embargo, en cuanto el valor del índice de volatilidad implícita ascendió, las posiciones cortas en el mismo se trasladaron a posiciones en futuros del VIX. Esta es la causa por la que muchos inversores indican que el valor del VIX se disparara con su mayor crecida histórica el 5 de febrero de 2018. (Dallas, 2018).

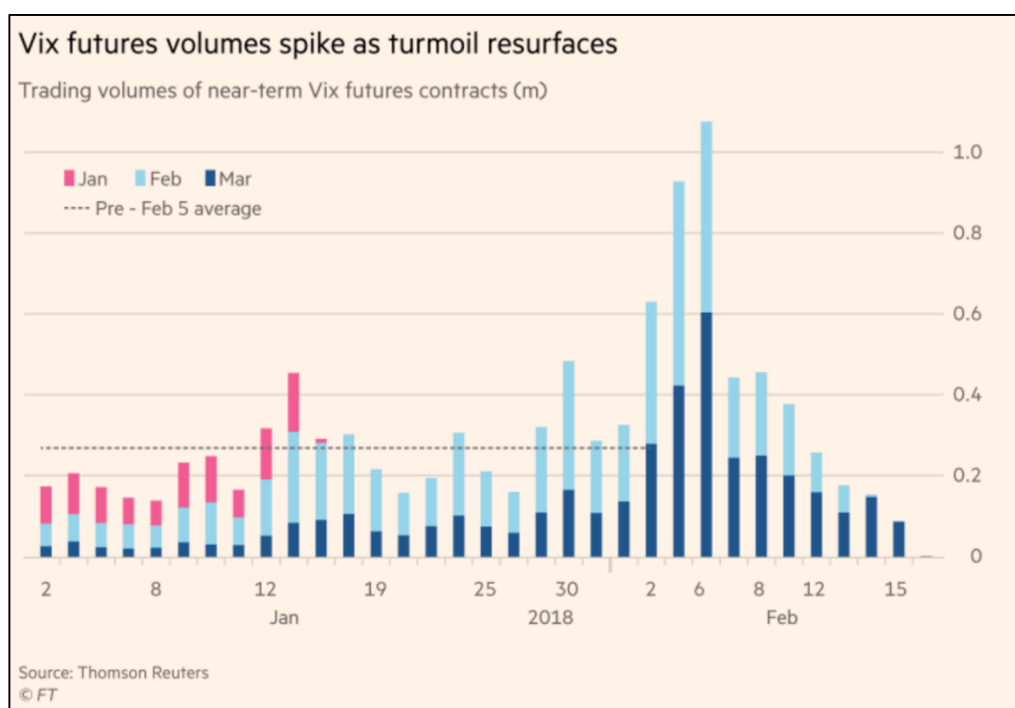
Como hemos dicho, existen productos en el mercado que replican el recorrido de la volatilidad de la bolsa de forma inversa, denominados *inverse Exchange Traded Products (ETPs)*⁴. Estos productos se han extendido y han ido ganando fama entre los inversores debido al periodo de baja volatilidad que hemos vivido en el último año y medio, superando mínimos históricos en varias ocasiones en el último año. Gracias a estos niveles mínimos de volatilidad los fondos invertidos en los ETPs mencionados anteriormente mostraban un increíble crecimiento. Sin embargo, con la implosión del VIX el pasado 5 de febrero, estos productos vinculados al índice de volatilidad implícita se desplomaron y colapsaron. Este aumento del índice VIX se vio acelerado por la propia reacción de los traders para *hedgear* sus carteras, otros traders que procuraban aprovecharse de esta situación para ganar beneficios y la falta de liquidez en el mercado de derivados del VIX. Esta situación hizo colapsar productos como el *ProShares Short VIX Short-Term Futures (SVXY)* o el *VelocityShares Daily Inverse VIX ETN (XIV)*.

³ Ver en el anexo 4.

⁴ Ver en el anexo 5.

El 5 de febrero, cuando el VIX comenzó a dispararse, los inversores de estos productos que suponían una posición en corto contra el VIX comenzaron a cerrar sus posiciones y a comprar futuros en el VIX. Esto supuso que en el mismo día el precio de estos futuros se disparara de 15 a 27 USD y que el volumen de transacciones de los contratos de futuros del VIX tanto de febrero como de marzo superara el millón en la semana del 2 al 9 de febrero, como se puede observar en la siguiente gráfica. (Pfrang & Wigglesworth , 2018)

Gráfico 4: Volúmenes de contratos futuros del VIX disparados



Estos productos, como hemos podido comprobar, tienen una alta volatilidad, y el riesgo de introducirlos en la cartera como inversor es extremadamente alto. Como hemos dicho, estos productos y fondos (ETPs) se dedican a utilizar cálculos para replicar el rendimiento de un índice u otra clase de activo, o a replicarlo de forma inversa, lo que supondría una posición corta en el subyacente. Sin embargo, ha quedado demostrado que estos productos financieros no consiguen replicar de forma exacta el movimiento del activo o índice que pretenden replicar en contadas ocasiones. Clowers y Jones (2016) realizaron un estudio centrado en los ETPs y el índice VIX. Su objetivo consistía en estudiar si estos productos realmente imitaban el comportamiento del índice de volatilidad y hasta qué punto no lo hacían.

El estudio comienza explicando cómo los VIX ETPs, para replicar el VIX, lo que utilizan son los contratos futuros del VIX, ya que el VIX no es más que un índice, y no un producto que cotice en el mercado. Para ello, ya que la madurez de los contratos ha de ser a un mes vista, estos deben vender los futuros con madurez al mes actual e incrementar su exposición a los futuros del VIX del mes siguiente. Este hecho es una cuestión determinante a la hora de invertir en este tipo de activos en el largo plazo, ya que los precios de los futuros del VIX se encuentran por norma general en *Contango*, es decir, que los precios de los contratos de los futuros u opciones aumentan según aumenta la madurez de los contratos de los futuros de un mismo activo subyacente, por lo que en la actividad normal de este tipo de fondos que compren futuros del mes siguiente y venden los del mes actual, lo que están haciendo es comprar caro y vender barato, lo que conlleva a un deterioro del patrimonio contenido por parte de los inversores en el fondo de inversión. Aunque como se ha podido comprobar, invertir en estos fondos sí que puede ser rentable, esto conlleva una alta monitorización de la gestión del fondo, junto con el alto riesgo que conlleva invertir en este tipo de activos (Clowers et al., 2016).

En el estudio, examinando el comportamiento de los dos fondos mencionados anteriormente, se puede comprobar cómo, aun teniendo un gran potencial para obtener rentabilidad en periodos de corto plazo, son productos cuya evolución alberga una alta volatilidad en el precio, suponiendo un gran riesgo en el caso de mantener estos activos en un periodo largo de tiempo. Sin embargo, se puede observar en el estudio que estos dos productos son los únicos con una media de rendimientos similar a la del VIX estadísticamente hablando, aunque, como cabría esperar, tienen un mayor tracking error que los demás fondos, lo que indica que la volatilidad de la diferencia entre el rendimiento de estos productos y los del índice es bastante alta. (Clowers & Jones, 2016)

Tras varios días, el 12 de febrero de 2018, una carta fue enviada a los responsables de la SEC (Security and Exchange Commission)⁵ y de la CFTC (Commodity Futures Trading Commission)⁶ (disponible en el anexo) denunciando posibles prácticas fraudulentas en la manipulación de los precios de los contratos de opciones futuras con el S&P como activo subyacente, influyendo en el cálculo del índice VIX. Estas acciones consisten,

⁵ Ver en el anexo 7.

⁶ Ver en el anexo 8.

según el autor anónimo de la carta, en que un inversor realizara ofertas en los contratos puts con multiplicador 1000 vinculadas con el S&P, que sólo consiguieran beneficios en el caso de que el S&P obtuviera pérdidas del 60%. Debido a la baja probabilidad de que estas opciones resulten en beneficios, no obtendrían una contraparte en el contrato, pero sí que conllevarían un impacto en el cálculo del índice VIX, incrementando su valor, aunque no se realice ninguna transacción de las opciones en cuestión. (FT Reporters, 2018).

Posteriormente, explicaremos cómo la Chicago Board Options Exchange utiliza el modelo de valoración de precios de opciones de Black-Scholes para poder calcular la volatilidad implícita del mercado como la desviación típica del mercado teniendo en cuenta como variable independiente los precios de las opciones del S&P 500 a un mes vista.

Es por ello que, tras los recientes acontecimientos ocurridos en el mercado, con la acentuada subida del índice de volatilidad implícita VIX, el colapso de los productos ETPs y ETNs vinculados con el índice, una de las caídas más rápidas de la bolsa en su historia y los indicios de prácticas fraudulentas vinculadas con las opciones con el S&P como subyacente y efectos en el índice VIX y subsecuentes colapsos de los productos anteriormente dichos, estudiaremos el impacto del VIX en estos factores y viceversa.

IV. Metodología.

El objeto de estudio es el índice de volatilidad implícita del S&P 500, VIX. A continuación, vamos a detallar el procedimiento que realiza el Chicago Board Options Exchange (CBOE) para obtener este índice, así como el motivo por el que ha adoptado el sobre nombre del “índice del miedo”. Por último, centraremos el análisis en los mecanismos potencialmente utilizados para la manipulación de su valoración.

Proseguiremos con la explicación del modelo aportado por Kudryavtsev (2016) para estudiar la capacidad del índice para incorporar la información de los sucesos que ocurren en el mercado. Después explicaremos el estudio de Frijns y sus colegas sobre la relación del índice VIX con sus futuros y las implicaciones que conllevan los resultados obtenidos y por último realizaremos un estudio sobre la causalidad de Granger, traducida desde la jerga del campo de la econometría como precedencia, entre el índice de volatilidad implícita VIX y los rendimientos del S&P 500, prosiguiendo con las conclusiones de nuestro estudio.

Método de cálculo del VIX: Modelo Black-Scholes

El VIX, como introducimos anteriormente, se calcula utilizando el modelo de valoración de opciones de Black-Scholes. Black-Scholes asume para su modelo que el logaritmo del nivel de los precios sigue una distribución normal, por lo que el nivel de los precios y las rentabilidades son variables aleatorias. Los movimientos en los precios siguen el modelo geométrico Browniano, lo que implica que los precios seguirán una distribución normal logarítmica, por lo que su logaritmo seguirá una distribución normal. Gracias a esto llegamos a la siguiente ecuación:

$$: \ln S_T \sim N[\ln S_0 + (\mu - (\sigma^2/2))T; \sigma^2 * \sqrt{T}]$$

donde μ es la rentabilidad esperada y σ la volatilidad de los precios. La principal implicación de seguir esta distribución es que la varianza de los precios incrementa con T y la volatilidad de los mismos incrementa con la raíz de T .

Black-Scholes realiza una serie de hipótesis básicas para explicar su modelo:

1. Los precios siguen una distribución normal logarítmica con volatilidad σ y media μ constantes.
2. No existen restricciones de posiciones cortas en el mercado.
3. No existen costes de transacción ni impuestos.
4. No existen dividendos durante la vida de la opción.
5. No existen oportunidades de arbitraje libres de riesgo.
6. Las acciones cotizan de forma continua en el mercado.

El modelo de Black-Scholes deriva en una serie de deducciones. El modelo asume que no existen oportunidades de arbitraje. En el modelo se obtiene una posición corta en una call y Δ unidades del activo derivado siendo $-1 < \Delta < 1$. Además, por simplicidad el modelo utiliza una call europea con un precio c sujeto a una acción con precio S , siendo el valor de la cartera $V_C = -c + \Delta S$. Y, por último, para que V_C sea independiente del precio del activo subyacente asumiremos que en el modelo $\Delta = (\partial c / \partial S)$.

Con esto llegamos a la ecuación del modelo para valorar el precio de una call, siendo su ecuación:

$$c = SN(d_1) - e^{-rT} XN(d_2)$$

con $d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{X}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$, $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$ y $N(x)$ es la distribución normal acumulada de una variable aleatoria tipificada.

Estableciendo la ecuación para valorar el precio de la put como:

$$p = e^{-rT} XN(-d_2) - SN(-d_1)$$

con $d_1 = \frac{\ln(\frac{S}{X}) + (r + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}}$, $d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$ siendo $N(-d_1) = 1 - N(d_1)$ y $N(-d_2) = 1 - N(d_2)$.

Como hemos podido observar este modelo consiste en una función del precio de las opciones en base a la volatilidad $c = f(\sigma)$. Debido a que esta función es monótonica, cuando la volatilidad sube el precio de la opción asciende también, podemos invertir la

fórmula de forma que podamos estimar la volatilidad a partir de los precios de las opciones $\sigma = f'(c)$.

De esta forma es como el CBOE realiza los cálculos para obtener la volatilidad implícita del S&P 500, a través de un amplio rango de contratos con diferentes precios de ejercicios y aplicando los precios de las puts y las calls que aporta el mercado para obtener la volatilidad del modelo. (Hull, 2009) & (Figuerola-Ferretti, 2018).

Posibilidad de manipulación del índice VIX:

Como mencionamos anteriormente, una carta anónima, disponible en el anexo, fue enviada a la SEC y la CFTC denunciando la manipulación por parte de los inversores del índice de volatilidad implícita VIX. Como hemos visto, el índice VIX se calcula a partir del modelo de valoración de precios de las opciones de Black-Scholes. Siendo la desviación típica el valor a calcular del modelo siguiendo una distribución de probabilidad normal, a partir de los precios de las puts y las calls a un mes del índice S&P 500, los inversores lo que hacían es realizar ofertas en las opciones que no tuvieran ninguna lógica para invertir en ella, ya que no obtendrían beneficios a no ser que el S&P 500 se desplomase un 60%, teniendo por ello una alta volatilidad implícita, pero cuyos precios ofrecidos por la opción vinculada al S&P 500 sí influyera en el índice VIX, manipulando de esta forma la desviación típica de los precios de mercado del modelo.

De esta forma, sin realizar ninguna acción ilegal, los productos vinculados en corto al VIX se estaban lucrando obteniendo cuantiosos retornos por la volatilidad tan baja que llevábamos teniendo en los últimos años, sin embargo, el 5 de febrero de 2018, alrededor de las 16:00 horas, momento en el que los ETPs (Exchange Traded Products) finalizan los ajustes en sus balances, se realizaron estas ofertas en las opciones del S&P, causando una gran subida del índice volatilidad, de forma que pudieron lucrarse de este repentino ascenso del VIX y la terrible caída y colapso de los ETPs vinculados al VIX, como el VelocityShares Daily Inverse VIX ETN (XIV) o el ProShares Short VIX Short-Term Futures (SVXY). (Anónimo, 2018) De esta forma, tomando posiciones en corto de estos fondos, o posiciones largas en los contratos futuros del VIX, se obtuvieron grandes ganancias para aquellos inversores que pudieron aprovechar la ocasión.

Correlación del VIX con los índices del mercado:

Ahora que conocemos los procedimientos que se necesitan realizar para calcular el índice VIX podemos comprender mejor su comportamiento, pudiendo afirmar que en los momentos de alta volatilidad los precios de las opciones subirán, mientras que en momentos de baja volatilidad estos disminuirán. De esta forma podemos asumir que cuando los precios de las opciones suben es por un aumento del riesgo de la opción, es decir, un aumento de la diferencia entre el precio de ejercicio de la opción y el precio del mercado. Realizando un análisis de la correlación entre el VIX y los demás índices de mercado del mundo, incluyendo el S&P 500 podemos observar las siguientes cifras:

Tabla 1: Correlación entre las rentabilidades de los índices de mercado

	IBEX 35	Euros toxx 50	FTS E 100	NASDAQ 100	S&P 500	S MI	UBS	NIKKEI 225	HSI	VIX	Telefónica	Bono 5A EE.UU.	Bono 30A EE.UU.	Euro / Dólar
IBEX 35		,671"	,528"	,240"	,302"	,499"	,358"	,144"	,193"	-.276"	,673"	,130"	,113"	-0,0077
Euros toxx50	,671"		,628"	,273"	,346"	,588"	,385"	,164"	,226"	-.303"	,577"	,155"	,137"	-.027"
FTS E 100	,528"	,628"		,245"	,325"	,541"	,340"	,156"	,228"	-.285"	,454"	,136"	,124"	-0,0155
NASDAQ 100	,240"	,273"	,245"		,649"	,214"	,378"	,061"	,082"	-.492"	,244"	,134"	,105"	-0,0018
S & P 500	,302"	,346"	,325"	,649"		,280"	,481"	,073"	,098"	-.589"	,282"	,132"	,099"	,020
S MI	,499"	,588"	,541"	,214"	,280"		,373"	,173"	,206"	-.244"	,423"	,121"	,107"	-.052"
UBS	,358"	,385"	,340"	,378"	,481"	,373"		,085"	,119"	-.390"	,286"	,170"	,161"	,199"
NIKKEI 225	,144"	,164"	,156"	,061"	,073"	,173"	,085"		,327"	-.054"	,128"	,053"	,055"	0,0022
HSI	,193"	,226"	,228"	,082"	,098"	,206"	,119"	,327"		-.075"	,168"	,059"	,054"	0,0137
VIX	-.276"	-.303"	-.285"	-.492"	-.589"	-.244"	-.390"	-.054"	-.075"		-.230"	-.189"	-.168"	-.061"
Telefónica	,673"	,577"	,454"	,244"	,282"	,423"	,286"	,128"	,168"	-.230"		,170"	,160"	,046"
Bono 5A EE.UU.	,130"	,155"	,136"	,134"	,132"	,121"	,170"	,053"	,059"	-.189"	,170"		,652"	-.028"
Bono 30A EE.UU.	,113"	,137"	,124"	,105"	,099"	,107"	,161"	,055"	,054"	-.168"	,160"	,652"		-0,0052
Euro / Dólar	-0,0077	-.027"	-0,0155	-0,0018	,020	-.052"	,199"	0,0022	0,0137	-.061"	,046"	-.028"	-0,0052	

****** La correlación es significativa al nivel 0,01.

***** La correlación es significativa al nivel 0,05.

Fuente: Prieto Funes (2016).

De esta tabla podemos obtener la correlación entre el VIX, índice principal que queremos estudiar, y los demás índices:

	VIX
S&P 500	-0,58
NASDAQ 100	-0,49
UBS	-0,39
Eurostoxx 50	-0,30
FTSE 100	-0,28
IBEX 35	-0,27
SMI	-0,24
Telefónica	-0,23
Bono EE.UU. Vto. 5 años	-0,18
Bono EE.UU. Vto. 30 años	-0,16
HSI	-0,07
Euro / Dólar	-0,06
NIKKEI 225	-0,05

Como se puede observar las correlaciones del índice VIX con los demás índices del mercado indican que cuando los mercados caen la volatilidad implícita asciende con un análisis muy preciso, con un p-valor del 0,01. También se puede observar que la correlación es más significativa en los índices pertenecientes a Estados Unidos, mientras que, en los demás índices, aunque tenga la misma dirección, la correlación no es tan significativa. Aunque no podemos garantizar con este análisis cual es la causa y cual el efecto ni la capacidad del VIX para incorporar la información relevante del mercado en cuanto a lo que se refiere como volatilidad del mismo.

Capacidad del VIX para incorporar la información relevante del mercado:

Para poder realizar este análisis vamos a crear una base de datos con los valores de cierre del S&P 500 y del índice VIX, que podremos utilizar posteriormente para poder recrear los modelos de regresión simple de Kudryavtsev con una serie de cálculos y variaciones para poder ajustarnos al modelo, a la vez que utilizamos los resultados obtenidos por Kudryavtsev en su modelo. Compondremos la base de datos obteniendo los valores de cierre desde Yahoo Finance. Utilizaremos los valores de cierre históricos en composición diaria desde el 1 de febrero de 1990 hasta marzo de 2018. De esta forma obtendremos una muestra lo suficientemente amplia, 6976 datos, para evitar sesgos en los posteriores análisis de regresión. Además, complementaremos esta base de datos con los volúmenes de comercio bursátil, los valores de cierre de diferentes productos derivados del índice VIX con sus respectivos volúmenes y diferentes cálculos derivados de los valores de ambos índices y productos financieros que son necesarios para nuestro estudio.

Ahora comenzaremos con la explicación del estudio que realiza Kudryavtsev. Su objetivo es rellenar un hueco que se encontraba libre dentro de la literatura referida al índice VIX, comprobando la eficacia y capacidad del VIX de incorporar la información del mercado de forma inmediata y completa. Para ello considera que la información relevante se centra en el efecto que tiene la volatilidad histórica, el volumen de comercio bursátil y el efecto de rentabilidades significativas del ratio del VIX y la volatilidad posterior realizada del mercado.

Kudryavtsev utilizó para medir la volatilidad de las rentabilidades S&P 500 la desviación estándar de las rentabilidades logarítmicas diarias del mismo, y para que pudiesen ser comparadas con los datos del índice VIX siendo la volatilidad implícita del S&P 500 y expresándose en porcentajes y anualmente, el autor multiplica el resultado por 100 y después por 20. Teniendo en cuenta que los días en que el mercado bursátil de encuentra en funcionamiento en un mes es de una media de 22 días la ecuación quedaría de la siguiente manera:

$$V_{1,22} = \frac{\sum_{t=1}^{22} (r_t - \bar{r}_{1,22})^2}{22} * 100 * 20$$

Donde r_t es el rendimiento logarítmico del S&P 500 en el día t y $\bar{r}_{1,22}$ es la media de los rendimientos diarios del S&P del día 1 al 22. De esta forma el modelo puede representar la volatilidad realizada de los rendimientos de S&P del mes pasado, $PV = V_{t-1, t-22}$, y de las rentabilidades realizadas a un mes vista, $FV = V_{t+1, t+22}$.

Posteriormente construye un ratio que representa la relación entre la volatilidad implícita del mercado, VIX, y la volatilidad realizada, siendo el ratio:

$$VR = \frac{VIX}{FV}$$

A partir de estas ecuaciones aplicadas a nuestra base de datos de Excel utilizamos el programa de estudio econométrico *Gretl* para realizar un estudio de regresión simple siguiendo el modelo de los Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). Realizando este

análisis con la volatilidad realizada futura como variable dependiente del modelo y el VIX como variable independiente:

$$FV_t = \delta_0 + \delta_1 VIX_t + \varepsilon_t$$

Obtenemos los siguientes datos del análisis de regresión:

Tabla 2: Análisis de regresión entre el VIX y la volatilidad futura realizada

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1990-02-01:2016-10-26 (T = 6975) Variable dependiente: SDLogrSP1Tmas22				
	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-1,38459	0,0987444	-14,02	4,52e-44 ***
VIX	0,499998	0,00470966	106,2	0,0000 ***
Media de la vble. dep.	8,332096	D.T. de la vble. dep.	5,006397	
Suma de cuad. residuos	66809,08	D.T. de la regresión	3,095337	
R-cuadrado	0,617789	R-cuadrado corregido	0,617734	
F(1, 6973)	11270,86	Valor p (de F)	0,000000	
Log-verosimilitud	-17777,13	Criterio de Akaike	35558,25	
Criterio de Schwarz	35571,95	Crit. de Hannan-Quinn	35562,97	
rho	0,959288	Durbin-Watson	0,081097	

Fuente: elaboración propia.

Podemos observar que, al igual que en el estudio de Kudryavtsev, el coeficiente estimado es positivo con un p-valor ínfimo y el R-cuadrado ajustado corregido es bastante alto, 0,61, lo que afirma que el VIX representa una previsión de buena calidad de la volatilidad futura del mercado.

Posteriormente realiza el mismo análisis de regresión siguiendo el modelo de los MCO de tres variables que Kudryavtsev consideró ser muy relevantes para la volatilidad del mercado con el VIX y con la volatilidad realizada futura. Estas variables son la rentabilidad realizada pasada, $PV = V_{t-1, t-22}$, los volúmenes extraordinarios de comercio bursátil y los días en que los rendimientos de la bolsa son considerablemente importantes. Siguiendo las ecuaciones siguientes para describir las dos últimas variables:

-Volúmenes extraordinarios de comercio bursátil:

$$AVol_t = \frac{Vol_t - Average(Vol_{t-22}:Vol_{t-1})}{SD(Vol_{t-22}:Vol_{t-1})}$$

Siendo Vol_t el volumen de comercio bursátil del S&P 500 en el día t .

Días en que los rendimientos del S&P 500 son considerables $SDum_t$: se crea una variable Dummy, que considera aquellos días con mayores rendimientos como 1 y los días con rendimientos despreciables como 0.

Utilizando las tres variables descritas anteriormente, Kudryavtsev realiza un análisis de regresión con FV_t como variable dependiente y cada una de las anteriores variables descritas anteriormente y con el VIX como variable dependiente y las tres variables independientes de nuevo.

De esta forma obtiene los siguientes resultados:

Tabla 3: Análisis de regresión simple entre la volatilidad futura realizada y los principales factores del mercado

THE EFFECTS OF THREE MARKET FACTORS ON SUBSEQUENT MARKET VOLATILITY (DEPENDENT VARIABLE – FV)					
Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)	Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)	Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)
Intercept	***5.459 (25.69)	Intercept	***20.206 (127.39)	Intercept	***17.342 (82.29)
PV	*** 0.731 (81.61)	AVol	*** 0.593 (4.66)	SDum	*** 6.160 (20.01)
Adjusted R-Squared	0.535	Adjusted R-Squared	0.004	Adjusted R-Squared	0.064
Asterisks denote 2-tailed p-values: *** $p < 0.01$					

Fuente: Kudryavtsev (2016)

Como se puede observar, las tres variables están positivamente correlacionadas con la volatilidad implícita futura, como cabría esperar, ya que tanto la volatilidad pasada, como el volumen de comercio bursátil, así como los días de importantes rendimientos en la bolsa influyen en la volatilidad del mercado. Cabe resaltar el R-cuadrado de la variable de la volatilidad pasada (PV) que es sustancialmente elevada, de 0,535, aunque no tanto como el R-cuadrado del análisis de regresión del índice VIX con la volatilidad pasada,

que llegaba a niveles de 0,6, lo que nos indica que la capacidad del índice VIX para realizar predicciones es de mayor calidad que la de la volatilidad histórica.

Tabla 4: Análisis de regresión simple entre el VIX y los principales factores del mercado

THE EFFECTS OF THREE MARKET FACTORS ON VIX (DEPENDENT VARIABLE – VIX)					
Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)	Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)	Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)
Intercept	***8.386 (87.03)	Intercept	***20.443 (191.41)	Intercept	***18.023 (129.75)
PV	*** 0.596 (145.83)	AVol	** 0.176 (2.05)	SDum	*** 5.177 (25.51)
Adjusted R-Squared	0.786	Adjusted R-Squared	0.001	Adjusted R-Squared	0.101
Asterisks denote 2-tailed p-values: ** $p < 0.05$; *** $p < 0.01$					

Fuente: Kudryavtsev (2016)

En cuanto al análisis de regresión de la variable dependiente VIX con las tres variables influyentes en la volatilidad del mercado, podemos apreciar que también están las tres positivamente correlacionadas, sin embargo, lo están en menor medida que la volatilidad futura realizada. Un dato importante que el autor del estudio resalta es el alto valor que representa el R-cuadrado del análisis de regresión del VIX con la volatilidad de los rendimientos pasados, que alcanza niveles bastante elevados llegando a 0,786, lo que indica la bondad de ajuste del modelo de regresión, que resalta la importancia de la volatilidad de rendimientos pasados en la volatilidad implícita del mercado.

Llegados a este punto, Kudryavtsev formula la hipótesis dirigida al tema principal de su estudio, que es si aun estando el índice VIX positivamente correlacionado con los factores más relevantes del mercado, este no es capaz de incluir de forma total y e inmediata la información relevante del mercado, y es por ello que el VIX no reacciona como debería ante esta información. Estas expectativas son fundadas en el hecho de que, personas que están bien informadas sobre diferentes temas tienden a realizar sus predicciones ajustándolas a partir de un valor que ya está dado, y es a partir de este que realizan sus ajustes llegando a conclusiones basadas en ajustes insuficientes. A este hecho se le denomina *anclaje*, término introducido por Daniel Khaneman y Amos Tversky en 1974, que ya explicamos en la introducción. Es por este efecto que el VIX

no reacciona ante los factores del mercado, ya que es un índice basado en un cálculo que toma como variables independientes los precios de la oferta y la demanda de las opciones del S&P 500, basándose en las expectativas de los inversores a un mes vista para poner esos precios.

Para demostrar este hecho Kudryavtsev utiliza de nuevo un análisis de regresión simple, pero esta vez utilizando como variable dependiente el ratio de volatilidad realizada y volatilidad implícita $VR = \frac{VIX}{FV}$. Kudryavtsev realiza el análisis de regresión igual que vino haciendo con la volatilidad realizada y con el índice VIX, introduciendo como variable independiente cada uno de los factores relevantes en la volatilidad del mercado. Si su hipótesis a cerca de la falta de reacción por parte del VIX en representar la información del mercado es correcta, la correlación entre el ratio de volatilidad VR y cada uno de los factores será negativa, ya que la correlación entre la volatilidad futura realizada sería mayor que la de la volatilidad implícita. De esta manera, realizando el análisis de correlación con la siguiente ecuación obtenemos lo resultados: $FV_t = \delta_0 + \delta_1 Factor_t + \varepsilon_t$.

Tabla 5: Análisis de regresión simple entre el ratio de volatilidad implícita y VIX y los principales factores del mercado

THE EFFECTS OF THREE MARKET FACTORS ON THE RATIO OF VIX AND FV (DEPENDENT VARIABLE – VR)					
Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)	Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)	Explanatory variables	Regression coefficients (t-statistics)
Intercept	***1.199 (148.17)	Intercept	***1.121 (267.49)	Intercept	***1.140 (198.50)
PV	***-0.004 (-11.24)	AVol	***-0.012 (-3.51)	SDum	***-0.041 (-4.86)
Adjusted R-Squared	0.021	Adjusted R-Squared	0.002	Adjusted R-Squared	0.004
Asterisks denote 2-tailed p-values: *** $p < 0.01$					

Fuente: Kudryavtsev (2016)

Como podemos observar en la tabla, las hipótesis de Kudryavtsev se cumplen, demostrando que, aunque el índice VIX está positivamente correlacionado con los factores del mercado y su capacidad para predecir la volatilidad futura es de gran calidad,

este no lo hace de forma total e inmediata, implicando que el índice no reacciona ante la información contenida en el mercado como cabría esperar (Kudryavtsev 2016).

Relación entre el VIX y sus Futuros:

En 2004 la Chicago Board Options Exchange (CBOE) introdujo en el mercado un nuevo producto que permitiría a sus usuarios invertir de forma más directa en la volatilidad, aparte de las ya existentes opciones con el S&P 500 como subyacente. Este hecho abrió puertas en la composición de carteras para poder diversificarlas en los momentos de gran turbulencia en los mercados, ya que dichos futuros, con una correlación negativa a la de los rendimientos del S&P 500, ascenderían cuando el valor dicho índice descendiera.

La información que proporcionan ambos, el índice de volatilidad implícita VIX y los futuros del mismo índice, es muy valiosa en cuanto a la predicción de la volatilidad futura del mercado. Entonces surgen preguntas sobre el origen de la información sobre la volatilidad en el mercado y cuál de los activos incorpora realmente esta información. Los siguientes autores, Frijns, Tourani-Rad y Webb (2016) realizan un estudio para poder responder a estas preguntas, que, aun existiendo ya literatura sobre el tema, decidieron realizar el estudio con datos recopilados con una frecuencia mucho mayor para poder estudiar la relación dinámica entre el VIX y sus futuros, en vez de estudiarla con una frecuencia diaria, que recogería la complejidad de las asimetrías de la información aportada por la relación entre ambos activos por la liquidez de sus mercados.

Los autores realizan un análisis de regresión vectorial (VAR)⁷ para estudiar la causalidad de Granger, que utilizando una alta frecuencia de la muestra pudieron observar que la correlación residual es nula, mientras que se hayan evidencias de una causalidad de Granger bi-direccional, entre el índice VIX y los futuros con el mismo índice como subyacente, siendo la causalidad de Granger de los futuros del VIX sobre los del propio VIX mayor, sugiriendo que la información sobre la volatilidad futura de los precios se refleja antes en los futuros del VIX que en el propio índice de volatilidad implícita. Esto

⁷ Ver en el anexo 6.

supone una cuestión crucial sobre el tema, ya que el índice VIX es considerado como hemos mencionado anteriormente como el índice del miedo en el mercado.

Para ello plantean el sistema de ecuaciones para realizar el análisis de Autoregresión Vectorial (VAR) de forma que ambas variables se encuentren como variables explicativas de las dos ecuaciones del sistema. Se puede apreciar la diferencia entre al análisis VAR diario del índice VIX y sus futuros y el análisis VAR de los mismos con una frecuencia mayor, de 15 segundos.

Esta diferencia se encuentra en la causalidad de Granger, siendo en el primero de la precedencia de los futuros al VIX de 3,04 y viceversa de 0,07, sugiriendo que la información aportada de los futuros precede a la del VIX, mientras que la evidencia en el análisis de causalidad de Granger es mayor, utilizando en este caso un nivel de retardo mayor del modelo, se puede apreciar que la media del estadístico de causalidad de Granger de los futuros al VIX es de 108, mientras que con la relación inversa la media del estadístico, aun siendo relevante, es significativamente menor, alcanzando el estadístico F el valor de 13. Esto significa que, aunque exista una regresión revertida entre el índice de volatilidad y sus futuros, el efecto es mayor desde los futuros hacia el índice VIX que al revés.

Estudio de la precedencia o Causalidad de Granger en el índice VIX y los rendimientos del S&P 500:

Para realizar este análisis utilizaremos los datos diarios de cierre del S&P 500 y del VIX en una serie temporal desde el 1 de febrero de 1990 hasta el 1 de marzo de 2018, recopilando una muestra lo suficientemente grande, compuesta por 6976 datos, para evitar sesgos y que las predicciones del modelo de causalidad de Granger sean lo más precisas posibles.

Para realizar el modelo utilizaremos los niveles de cierre diario del índice VIX y los retornos logarítmicos diarios del S&P 500, ya que de esta forma los rendimientos del índice seguirán una distribución normal, al igual que el índice VIX, que como vimos

anteriormente, el método de Black-Scholes utiliza una distribución normal para realizar el cálculo de la volatilidad implícita del S&P 500.

Como hemos anunciado, el análisis de causalidad de Granger nos permite conocer a partir de dos variables, cuál de ellas precede a la anterior. El análisis de causalidad de Granger (1969) lo que hace es ver cuánto de la actual variable a puede ser explicada por valores anteriores de la misma variable a , y entonces mira cuánto de una variable b puede explicar a con una serie de niveles de retardo. De esta forma el modelo nos dice si la variable a es causada de la forma de Granger por b si b ayuda a predecir a , es decir, nos informa de la significancia de los coeficientes de b con un nivel de retardo previamente instaurado.

En nuestro modelo, debido a la alta correlación entre el S&P 500 y el índice VIX, vamos a utilizar un nivel de retardo de 1, es decir, de un día. De esta forma el sistema de ecuaciones que utilizaremos para el modelo de autorregresión vectorial (VAR) es el siguiente:

$$\begin{cases} VIX_{t+1} = \beta_1 + \beta_2 VIX_t + \beta_3 \text{Log}_{10}(1 + r_t) \\ \text{Log}_{10}(1 + r_{t+1}) = \beta_1 + \beta_2 VIX_t + \beta_3 \text{Log}_{10}(1 + r_t) \end{cases}$$

Donde β_1 , β_2 y β_3 son los coeficientes de cada ecuación y r_t es el rendimiento del S&P 500. Utilizando el programa econométrico Gretl exportamos nuestra base de datos creada anteriormente y realizamos el análisis de autorregresión vectorial (VAR) y obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 6: Análisis de autorregresión vectorial entre el VIX y los rendimientos del S&P

500

Sistema VAR, orden del retardo 1

estimaciones de MCO, observaciones 1990-02-02-2016-10-27 (T = 6975)

Log-verosimilitud = 18014,396

Determinante de la matriz de covarianzas = 1,9576666e-05

AIC = -5,1631

BIC = -5,1553

HQC = -5,1604

Contraste Portmanteau: LB(48) = 725,4, gl = 188 [0,0000]

Ecuación 1: VIX

	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	0,327201	0,0579385	5,647	1,69e-08 ***
VIX_1	0,983133	0,00230821	425,9	0,0000 ***
LogrSP1_1	20,4473	3,75878	5,440	5,51e-08 ***
time	-1,20315e-06	8,94962e-06	-0,1344	0,8931

Media de la vble. dep. 19,43126 D.T. de la vble. dep. 7,870648

Suma de cuad. residuos 15785,64 D.T. de la regresión 1,504817

R-cuadrado 0,963461 R-cuadrado corregido 0,963445

F(3, 6971) 61270,10 Valor p (de F) 0,000000

rho -0,037848 Durbin-Watson 2,075679

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de VIX F(1, 6971) = 1,8142e+05 [0,0000]

Todos los retardos de LogrSP1 F(1, 6971) = 29,592 [0,0000]

Ecuación 2: LogrSP1

	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico t	Valor p
const	-6,75918e-05	0,000185786	-0,3638	0,7160
VIX_1	1,22625e-05	7,40152e-06	1,657	0,0976 *
LogrSP1_1	-0,0519880	0,0120529	-4,313	1,63e-05 ***
time	-1,04765e-08	2,86979e-08	-0,3651	0,7151

Media de la vble. dep. 0,000128 D.T. de la vble. dep. 0,004832

Suma de cuad. residuos 0,162313 D.T. de la regresión 0,004825

R-cuadrado 0,003382 R-cuadrado corregido 0,002953

F(3, 6971) 7,886057 Valor p (de F) 0,000030

rho -0,002190 Durbin-Watson 2,004340

Contrastes F de restricciones cero:

Todos los retardos de VIX F(1, 6971) = 2,7448 [0,0976]

Todos los retardos de LogrSP1 F(1, 6971) = 18,605 [0,0000]

Fuente: elaboración propia.

De los datos obtenidos podemos observar que la correlación entre el VIX y los rendimientos del S&P es positiva cuando la variable endógena del análisis es el VIX, con un p-valor muy pequeño, menor al 1%, lo que nos da seguridad en la exactitud de los datos. Además, también cabe destacar el elevado R^2 del modelo, que alcanza niveles de 0,96, lo que nos indica el modelo de predicción que utiliza el análisis de causalidad de Granger utilizado es muy explicativo. Sin embargo, en el caso contrario, cuando los rendimientos del S&P 500 se utilizan en el modelo como variable endógena, el R^2 es menor, siendo la correlación entre los rendimientos del S&P 500 positiva, aunque con un nivel de seguridad del 10% (p-valor = 0,09)

Para poder realizar este análisis debemos formular dos hipótesis nulas respecto a las dos ecuaciones del sistema confeccionado anteriormente:

1. H_0 : El índice VIX no es causalidad de Granger del rendimiento del S&P 500.
2. H_0 : El rendimiento del S&P 500 no es causalidad de Granger del índice VIX.

Como podemos observar en los resultados aportados por el análisis VAR los estadísticos F de cada una de las hipótesis son los siguientes:

1. $F(1, 6971) = 29, 592 (0,0000)$
2. $F(1, 6971) = 18,605 (0,0000)$

Podemos apreciar que ambas hipótesis poseen un estadístico F bastante elevado, y ambas tienen un p-valor mínimo, por lo que se pueden rechazar ambas hipótesis nulas, significando que tanto el índice VIX tiene una causalidad de Granger en los rendimientos del S&P 500, como que los rendimientos del S&P 500 tienen una causalidad de Granger sobre el índice VIX. Este caso es muy casual y fácil de encontrar, sin embargo, como podemos apreciar, el estadístico de la primera hipótesis nula es mayor que el de la segunda. Este hecho supone que el valor del índice VIX tiene una mayor influencia sobre los rendimientos diarios del S&P 500 de los que lo tiene el S&P 500 sobre el índice de volatilidad implícita, implicando que el VIX es realmente el medidor del miedo en el mercado, ya que como hemos podido comprobar, tiene una gran influencia sobre el comportamiento del índice del S&P 500, es decir, sobre los inversores.

V. Conclusiones:

El día 5 de febrero de 2018, el índice de volatilidad implícita del S&P 500, el VIX, se disparó de forma desmesurada, siendo este el día en que tuvo su mayor subida histórica. A este evento los traders del sector lo bautizaron como “VIX-maggeddon”. Esta gran subida en lo que se conoce como el medidor del miedo en el mercado ha tenido diversas consecuencias en el mercado. En esta fecha el mercado sufrió un shock, que se contagió a las diferentes bolsas de Estados Unidos y posteriormente del mundo.

No solo tuvo la subida del índice de volatilidad implícita repercusiones en el índice del S&P 500, sino que los productos existentes que replican el índice VIX también se vieron afectados por la subida. Algunos de ellos vieron su valor incrementado, como es el caso de los futuros del VIX cuyos volúmenes de comercio bursátil se dispararon entre el 5 y el 7 de febrero mientras veían sus precios ascender, mientras que otros productos, como los *inverse ETPs*, cuyo propósito es replicar el curso del valor del índice VIX de forma inversa, es decir, constituyendo una posición corta en la volatilidad implícita del mercado a través de los futuros del VIX, colapsaron de forma estrepitosa, haciendo perder a los inversores millones de dólares.

Después de ver el impacto que ha tenido la subida del índice VIX una carta fue enviada a la SEC y la SCTF para que investigaran ciertos actos de una serie de inversores que sugerían que el índice VIX había sido sujeto de manipulación el día 5 de febrero. Como hemos mencionado anteriormente, este índice sigue el modelo de valoración de Black-Scholes de forma inversa, obteniendo la desviación típica de la variación del valor del S&P 500 a partir de los precios de los contratos puts y calls que se comercian en el mercado. De esta forma, los sujetos involucrados en la manipulación del índice VIX realizaron una serie de bids en unos contratos de opciones del S&P 500, pero que se caracterizaban en que serían ejercidos por el inversor a no ser que el S&P 500 perdiera al menos un 60% de su valor. Por ello los contratos no obtenían una contraparte, suponiendo que el inversor no debía realizar ningún desembolso de dinero por los contratos, pero a su vez estos suponían una enorme volatilidad, o desviación típica en el modelo de cálculo del índice VIX, que hizo que el índice de volatilidad implícita se disparara.

Después de que ocurrieran estos sucesos decidimos hacer un estudio del índice VIX para conocer cómo se comporta este índice, de dónde sale y cómo se calcula, qué implica, cuál es su relación con el mercado y si verdaderamente es el “indicador de miedo” del mercado. Además, después de los acontecimientos del 5 de febrero, con la caída de la bolsa y la manipulación del índice de volatilidad implícita nos preguntamos cuál de los dos sucesos influía más en el otro. ¿Es el S&P 500 el que influye en la volatilidad implícita del mercado, o es el “indicador del miedo” el que tiene el poder de influir en el S&P 500?

Como hemos visto el índice VIX se calcula a partir de los precios de la oferta y la demanda de las opciones del S&P 500 con diferentes precios *strike*, es decir, que a partir de las expectativas de los inversores sobre cómo va a comportarse el S&P 500. Como hemos podido ver en el estudio de Kudryavtsev (2016), el índice tiene una gran capacidad predictiva sobre la volatilidad de los rendimientos del S&P 500, sin embargo, en cuanto a la capacidad para incorporar la información de los factores que afectan a la volatilidad del mercado el índice está anclado (Khaneman, 1979), lo que quiere decir que los inversores de opciones del S&P 500 sufren de este efecto por el que las expectativas que tienen sobre el futuro comportamiento del S&P 500 lo hacen desde un punto de referencia a partir del cual hacer sus ajustes. Sin embargo, según un estudio sobre la relación entre el VIX y los futuros del VIX (Frijns, 2016) afirma que, aunque la influencia es recíproca entre ambos, los futuros del VIX tienen una mayor influencia en el índice VIX que al contrario, cuestionando el papel del índice VIX como “índice del miedo” en el mercado.

Después estudiamos la correlación entre el índice VIX y los índices del mercado, y observamos que la correlación entre ambos era significativa, pero no encontramos una evidencia clara sobre cuál de los dos era el efecto y cual la causa. Por lo que decidimos rellenar este pequeño hueco en la literatura realizando un estudio de precedencia a partir de la causalidad de Granger. Tras realizar el estudio observamos un resultado chocante, indicando que, aunque la relación entre ambos índices era recíproca, ambos podían tener una influencia sobre el otro, el poder de influencia del índice VIX sobre el S&P 500 es mayor.

Estos resultados dan lugar a una gran controversia, ya que como hemos podido ver, el índice VIX puede ser sujeto a manipulación en su cálculo. Teniendo en cuenta la influencia que tiene el índice de volatilidad sobre los inversores y por ello sobre el S&P 500, el poder de ciertos individuos para manipularlo puede repercutir en grandes pérdidas para los inversores y llegar a ser peligroso para el sistema financiero e incluso la economía global.

VI. Anexo.

1. Carta anónima en denuncia a la manipulación de los precios de las opciones del S&P y su repercusión en el cálculo del VIX:



JASON ZUCKERMAN
(202) 262-8959 (V)
(202) 888-7555 (F)
JZUCKERMAN@ZUCKERMANLAW.COM
WWW.ZUCKERMANLAW.COM

1629 K STREET, NW
SUITE 300
WASHINGTON, DC 20006
BY APPOINTMENT ONLY
LICENSED IN DC, MD AND VA

February 12, 2018

Via Facsimile and Mail

James McDonald, Esq.
Director Division of Enforcement
Commodity Futures Trading Commission
Three Lafayette Centre
1155 21st Street, NW Washington, DC 20581

Stephanie Akavian, Esq. and Steven Peikin, Esq.
Co-Directors, Division of Enforcement
Securities and Exchange Commission
100 F Street, NE Washington, DC 20549

Dear Ms. Akavian, Mr. McDonald, and Mr. Peikin:

We represent an anonymous whistleblower who has held senior positions at some of the largest investment firms in the world, and have previously disclosed to the SEC and CFTC on his behalf a market manipulation scheme that is causing nearly \$2 billion in annual gains/losses.⁸ The recent market turmoil further confirms the fraud and exposes

⁸ On behalf of our client, we filed a TCR disclosing ongoing market manipulation of the VIX, which costs investors hundreds of millions of dollars each month.

its systemic risk to the entire equity market. **We urge the SEC and CFTC to promptly investigate the matter before investors suffer additional losses due to this fraud.**

Though the whistleblower wishes to remain anonymous to protect his career, the whistleblower would be willing to speak with SEC or CFTC Enforcement staff anytime. For additional information, please contact me at (202) 262-8959 or Matt Stock at (202) 930-5901.

Our client's TCR submission disclosed market manipulation scheme that takes advantage of a pervasive flaw in the Chicago Board Options Exchange (CBOE) Volatility Index (VIX). The flaw allows trading firms with sophisticated algorithms to move the VIX up or down by simply posting quotes on S&P options and without needing to physically engage in any trading or deploying any capital. This market manipulation has led to multiple billions in profits effectively taken away from institutional and retail investors and cashed in by unethical electronic option market makers.

Last week, the CBOE issued a statement and hosted a call to assure investors that the massive losses were limited to a small number of exchange-traded products (ETPs) that were flawed by design. Consistent with our TCR submission, we contend that the liquidation of the VIX ETPs last week was not due solely to flaws in the design of these products, but instead was driven largely by a rampant manipulation of the VIX index.

Although it is not surprising that an inverse exchange-traded fund would lose nearly all its value should the underlying security appreciate over 100% rapidly, we contend that market manipulation is playing a significant role in driving the price of VIX ETPs. And as described below in an excerpt from a widely circulated note by hedge fund Artemis capital in Q3 2015, regulators arguably should have taken action to address the reflexive self-fulfilling danger created by inverse VIX ETPs which require the ETP managers to purchase large amounts of VIX futures around market close when the futures rise rapidly, thereby accelerating their own demise. Knowing that there is such danger created by these products, why did the CME Group not implement circuit

breakers on the VIX futures just like it exists for S&P futures for example? Given the high correlation between VIX and S&P, by not placing any safeguards around an unstable market structure for VIX products, the exchange exposes the entire equity market to unnecessary systemic risk. **The turmoil in financial markets, which cost American and foreign investors several trillions this week, originated from a known flaw in the market structure by most sophisticated practitioners in the field, and the magnitude of losses experienced calls for accountability from both the exchange and market actors who engage in the manipulation of the VIX.**

As described in detail in our TCR filing, the VIX is highly subject to manipulation by market participants with the ability to rapidly post quotes in the market for S&P option. That is because the VIX is a theoretical index, which does not rely on trading activity but mid-prices, that can be moved up or down by posting quotes without any physical trading taking place.

The chart below shows an overlay of the VIX index and the first VIX future contract, which inverse VIX ETPs eventually had to buy as they were forced into a rebalancing that became a liquidation. Note how the VIX index led the way higher, bringing with it the price of VIX futures. Ultimately the VIX reached 50 and futures surged above 30 as the ETPs settled. When stating the VIX led the futures higher, we are stressing the causality effect -- VIX futures at expiry do not settle based on the last trading price, but instead based on where the VIX index opens the morning after the last trading day.

It is crucial to bear in mind that the VIX is not a tradable instrument, but instead a derived index calculated using a complex formula that relies on mid-prices for S&P options. Should the VIX index computation result in price movements that are totally disconnected from any economic reality, VIX futures would have to trade so as to reflect these abnormal VIX levels because they settle based on the value of the VIX index and not trading activity.

The second chart below shows the values of the VIX index for the trading session of February 6, 2018. The VIX index surged to 50 in the early morning, staying constant above that level for over two hours, before collapsing to nearly 22 within 30 minutes

(or approximately 9:30 a.m.) around the time of the market open, and then surged to 46 by 11:00 a.m. In theory, the VIX represents a measure of the volatility for one-month options on the S&P 500. But in the absence of any major economic development, this estimate of volatility fell by over 50% and rallied back close to its initial value within 3 hours. It is in our view very clear that the VIX index calculation is not only just subject to manipulation, but is in fact actively being manipulated. On this point, and as referenced in our initial filing, the CME documentation itself states unambiguously in its technical documentation on the calculation that the index is quite vulnerable to price manipulation. The document is highly technical and several hundred pages long. This disclosure is woefully inadequate in that most institutional investors, let alone retail investors, would neither be able to find nor comprehend this warning, and are unlikely to heed the warning in the context of the relentless promotion of VIX-related products by the exchange in the past few years, including a barrage of press releases citing ever increasing volume records. The CBOE derives an estimated 20% to 25% of its revenues from VIX-related products. We allege a breach of fiduciary responsibility driven by the motive to increase trading revenues for the exchange.

Significant systemic risk remains. VIX ETPs need to rebalance daily based on price changes. A rapid move higher into the close of the VIX, which drives VIX futures higher, could easily exacerbate a large rebalancing need which did, as we witnessed last week, trigger a self-fulfilling forced liquidation of inverse VIX ETPs. A simple detail in the VIX calculation that is rarely discussed is that S&P option prices included for the calculation take into account all option strikes – no matter how far from current level they are – so long as there are no two consecutive S&P options for which there are no bids.

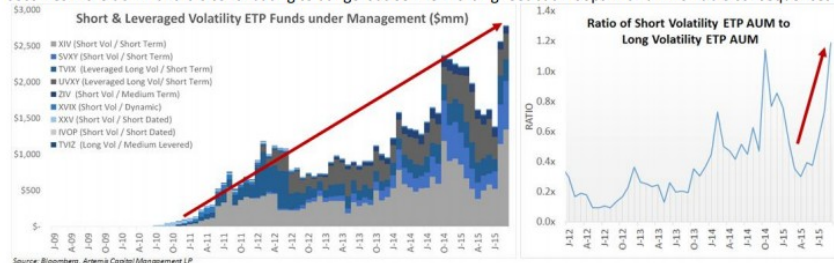
The screenshot below shows how the 1000 put expiring on March 16, 2018 (an option standing to benefit if the S&P loses over 60% of its value within just over month) had zero bids until shortly after 4:00 p.m. on February 5, 2018. The S&P futures close for trading between 4:00 p.m. and 4:15 p.m., and this is usually the time when ETPs finalize their rebalancing. Market participants bidding for these rarely traded options, which have a very high implied volatility (due to the lack of likelihood they would ever result in a profit), cause these options to be included in the VIX calculation, whereas they were not included prior to the bids being inserted. These bids also result in an

increase in the VIX index value due to the high volatility implied by the mid-price of these options. As such, the manipulation we have observed for months in the settlement of VIX futures and options played a role as a catalyst to precipitate the collapse of inverse VIX ETPs.

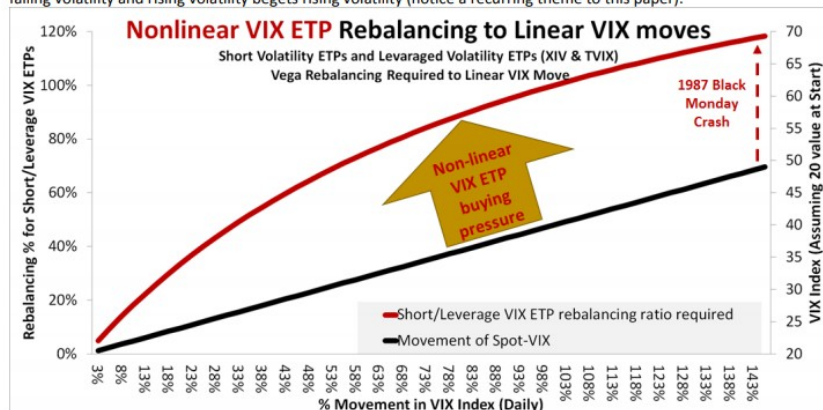
SPX US 03/16/18 P1000 I										1 Actions		97 Settings		Page 25		Trade/Quote Recap			
Range		02/05/18		11:00:00		-		02/05/18		16:30:00									
Trade Recap										Quote Recap									
Cond Code Definitions																			
High	0.40		Low	0.05															
Time		Bid/Trd/Ask				Size				Cond		Volatility				Und. Price			
						<min size>													
16:02:49		0.15 / 1.40				200 x 200						96.83				2636.95			
16:02:48		0.15 / 1.40				200 x 220						96.83				2636.95			
16:02:48		0.05 / 9.80				35 x 1						88.92				2636.95			
16:02:38		0.15 / 1.35				200 x 200						96.83				2636.95			
16:02:38		0.05 / 3.70				35 x 593						88.92				2636.95			
16:02:37		0.05 / 9.80				35 x 1						88.92				2636.95			
16:02:21		0.10 / 1.35				200 x 200						93.85				2641.70			
16:02:21		0.10 / 1.35				200 x 220						93.85				2641.70			
16:02:20		0.05 / 9.80				35 x 1						89.07				2641.70			
16:02:20		0.05 / 3.70				35 x 593						89.07				2641.70			
16:02:20		0.05 / 9.80				35 x 1						89.07				2641.70			
16:01:55		0.05 / 1.30				235 x 200						89.07				2641.70			
16:01:53		/ 3.70				x 591						-				-			
16:01:46		/ 3.70				x 592						-				-			
16:01:35		/ 3.70				x 591						-				-			
16:01:31		/ 3.70				x 590						-				-			
16:01:29		/ 3.70				x 589						-				-			
16:01:22		/ 3.70				x 590						-				-			
16:01:21		/ 3.70				x 591						-				-			
Currency USD																		(Price: Best Quote, MM Quote, Previous Quote)	

Short Volatility in the Prisoner's Dilemma

Global central banking has **artificially incentivized** bets on **mean reversion** resulting in tremendous demand to short volatility. The growth of short volatility exchange traded products ("ETPs") since 2012 is nothing short of extraordinary and at the end of August, total short volatility assets exceeded long for only the second time in history. The rise of this short complex is intrinsically linked to the recent schizophrenic behavior of the VIX and adds significant shadow convexity to markets. Velocity Shares Daily Inverse VIX ("XIV") is the largest of these short VIX ETPs and has a cult-like following among day traders. Although the product has gained **+111%** since 2012, when decomposed on a risk-adjusted basis, it basically resembles a 3x levered position in the S&P 500 index with more risk. As the short and leveraged volatility complex becomes more dominant it is contributing to dangerous self-reinforcing feedback loops with unknowable consequences.



Many retail investors simply do not understand that short and leveraged volatility ETPs **rebalance nonlinearly** (see below). To the casual observer it may appear that short and long assets counterbalance one another but this is not the case. For example if the first two VIX futures move 20% higher the short volatility ETP providers must buy an estimated 33% more volatility (vs. 25% for long) to balance that exposure. **The first rule of derivatives hedging is that you never hedge a nonlinear risk with a linear tool.** The mismatch means a large move in spot-volatility in either direction requires excessive buying or selling pressure whenever short volatility assets are dominant. Therein lies the problem. Falling volatility begets falling volatility and rising volatility begets rising volatility (notice a recurring theme to this paper).



From Artemis Capital, **Q3 2015**

We urge a prompt investigation of this matter before the consequences of this market manipulation risk to threaten not only the stability of financial markets but also have dramatic economic consequences.

Sincerely,

/s/Jason Zuckerman and Matt Stock Jason Zuckerman and Mat Stock.

2. Índice VIX/ Volatilidad implícita:

La volatilidad implícita corresponde a la volatilidad estimada a partir de los precios de las opciones en el mercado con los precios de su subyacente y de una tasa de interés previamente dada. Lo que se estima es la desviación estándar de los precios del activo subyacente.

El índice VIX es la volatilidad implícita del índice S&P 500. Se calcula a partir de la suma ponderada de las desviaciones estándar de diferentes opciones con diferentes precios.

A continuación, se puede observar un gráfico con los valores históricos del índice de volatilidad implícita VIX.



Fuente: Yahoo Finance.

3. Índice S&P 500:

Se trata de uno de los índices considerado más representativo del mercado y por ello uno

de los más seguidos del mundo. Está compuesto por 400 compañías industriales, 20 de transporte, 40 de servicio público y 40 financieras. Además, omite el efecto dividendo en su cálculo. A continuación, se encuentra un gráfico de los datos históricos del índice S&P 500.



Fuente: Yahoo Finance.

4. ETF/ETP:

Los *Exchange Traded Funds* (ETFs) son fondos que cotizan en el mercado y que en vez de suscribirse y comprar participaciones se compran acciones. Sus principales objetivos consisten en obtener el rendimiento de algún índice, con la liquidez de estar cotizando en el mercado imitando de la forma más exacta a algún índice o activo que esté en el mercado. (Gallego, 2014).

Los *Exchange Traded Products* (ETPs) a diferencia que un ETF lo que hace es replica el rendimiento de una serie de activos. Siendo este un activo de inversión en sí mismo. Los ETPs también pueden replicar índices, además de materias primas o divisas. (Sisternes, 2014).

5. Análisis de auto-regresión vectorial (VAR):

Se trata de un modelo que nos permite estudiar las relaciones simultáneas que acontecen ante un grupo de variables. Se trata de un sistema de ecuaciones de forma reducida y sin

restringir. Es decir, que los valores de las variables no aparecen como variables explicativas y que en cada una de las ecuaciones aparecen el mismo grupo de variables explicativas.

6. Security Exchange Commission (SEC):

Es la Comisión de mercados y valores de Estados Unidos. Es independiente del gobierno de EEUU y es el órgano encargado de regular el mercado de valores de EEUU con el fin de proteger a los inversores y asegurar la integridad de los mercados. Sus tareas comprenden desde velar por la transparencia del mercado hasta supervisar a todos los participantes del mercado bursátil. (Anónimo, 2018).

7. Commodity Futures Trading Commission (CFTC):

Es el órgano encargado de la regulación del mercado de futuros y opciones de Estados Unidos. Sus objetivos se encargan desde la promoción de un mercado competitivo y eficiente hasta la protección de los inversores ante prácticas abusivas, manipulación y fraude.

VII. Referencias.

- Anónimo (2018). Securities and Exchange Commission (SEC). Expansión. Recuperado de: <http://www.expansion.com/diccionario-economico/securities-and-exchange-commission-sec.html>
- Anónimo (2011). Uncommon Returns through Quantitative and Algorithmic Trading: Why Log Returns? Quantity. Disponible en: <https://quantity.wordpress.com/2011/02/21/why-log-returns/>
- Clowers, R. P., & Jones, T. L. (2016). Is a VIX ETP an Investment in the VIX? *Financial Services Review*, 25(1), 73-85.
- Dallas, C. (2018). With the Recent Surge in Volatility, Should Investors Modify Their Asset Allocation or Exit Systematic Strategies? *Cambridge Associate Insights*. Boston, US.
- Fama, E. F. (1998). Market efficiency, long-term returns, and behavioral finance. *Journal of financial economics*, Vol. 49, N° 3, 283-306.
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*. Vol. 5, N° 2, Blackwell Publishing for the American Finance Association, pp. 383-417.
- Figuerola-Ferretti, I. (2018). Topic 6: Options 2. Derivatives Course. Universidad Pontificia Comillas (ICADE). Madrid.
- Frijns, B., Tourani-Rad, A., & Webb, R. I. (2016). On the Intraday Relation Between the VIX and its Futures. *Journal of Futures Markets*, 36(9), 870-886.
- Gallego, E. (2014). ETF, qué son, ventajas e inconvenientes. Rankia España. Recuperado de: <https://www.rankia.com/blog/egallego/361645-etf-que-son-ventajas-inconvenientes>
- Goldstein, D. G. & Thaleb, N. N. (2007). We don't quite know what we are talking about when we talk about volatility. *Journal of Portfolio Management*, 33 (4), 84 - 86.
- Grable, J. E., & Wookjae, H. (2017). Insights into the Relationship between Risk Tolerance and Market Volatility. *Journal Of Financial Service Professionals*, 71(1), 17-20.
- Hudson, R. & Gregoriou, A. (2010) Calculating and Comparing Security Returns is Harder than you Think: A Comparison between Logarithmic and Simple Returns. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1549328> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1549328>.
- Hull, J. (2009) Options Futures and Other derivatives. Pearson International Edition. Ch 9 & Ch 13.

- Jacowitz, K.E. & D. Kahneman (1995). Measures of Anchoring in Estimation Tasks. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 21, 1161–1166.
- Kaneman, D. & Tversky, A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, 47(2), pp. 263-291, March 1979.
- Kudryavtsev, A. (2016). IMPLIED VERSUS REALIZED VOLATILITY OF S&P 500: EFFECTS OF STOCK MARKET FACTORS. *Business Studies Journal*, 8(2), 36-45.
- Lewis, M. (2017). *The Undoing Project*. United States. Allen Lane.
- MARINIČEVAITĖ, T., & MAURICAS, Ž. (2017). The Usage of Safe Haven Currencies in Mitigating Portfolio Risk during Market Turmoil Periods. *Applied Economics: Systematic Research*, 11(1), 145-163. doi:10.7220/AESR.2335.8742.2017.11.1.9
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The journal of finance*, 7(1), 77-91.
- Pfrang, C. & Wigglesworth, R. (6 de marzo de 2018). Wall Street's volatility products in the spotlight. Financial Times. Recuperado de <https://www.ft.com/content/7d88e23e-1d13-11e8-aaca-4574d7dabfb6?desktop=true&segmentId=7c8f09b9-9b61-4fbb-9430-9208a9e233c8#myft:notification:daily-email:content>
- Prieto, I. (2016). *Fractales en Finanzas: Una Triple Aplicación*. (Tesis Doctoral) Universidad Pontificia Comillas (ICAI-ICADE), Madrid.
- Rennison, J. (15 de febrero de 2018). Can the Vix index really be tampered with? Financial Times. Recuperado de <https://www.ft.com/content/db1709b6-11fc-11e8-8cb6-b9ccc4c4dbbb>
- Sisternes, A. (2014). ETP sobre oro: ¿qué es? Rankia España. Recuperado de: <https://www.rankia.com/blog/materias-primas/2528993-etp-oro-que>
- Shiller, R. J. (2003). From efficient Markets Theory to Behavioral Finance. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 17, N° 1, 83 - 104.
- Taleb, N. N. (2012). *Antifragile. Things that Gain from Disorder*. United States. Penguin Books

