



Universitat Politècnica de
Catalunya

Programa de Doctorat en Administració i
Direcció d'Empreses

Tesis Doctoral

RENTABILIDAD Y RIESGO EN EL MERCADO
BURSÁTIL MEXICANO

Doctorando: Pedro Enrique Lizola Margolis
Director: Dr. Anastasi Pérez Peral

Barcelona, España
17 de mayo de 2017

CONTENIDO

Introducción	1
1. Marco contextual.....	7
1.1. Dimensión de la economía nacional	7
1.2. El valor del mercado bursátil y la clasificación de las empresas	8
1.3. Las crisis económicas y financieras en México	10
1.4. Las crisis bursátiles o la transmisión entre mercados	11
2. Planteamiento del problema	35
2.1. Descripción del problema	35
Primer problema. La turbulencia en los mercados y los rendimientos atípicos	36
Segundo problema. La globalización crea una fragilidad entrelazada.....	41
Tercer problema. La psicología individual y colectiva: el contagio de la desconfianza	44
2.2. Objetivos del trabajo de investigación	44
Objetivo general.....	44
Objetivos específicos	44
2.3. Justificación	45
La esperanza de vida y las decisiones económicas	45
El ciclo de vida productiva. Ingreso y ahorro	47
Maximizar el rendimiento y minimizar el riesgo inherente	48
La aversión al riesgo (o el umbral del dolor)	49
2.4. Preguntas de investigación.....	51
2.5. Hipótesis y variables	51
Hipótesis de investigación	51
Constructos	52
Hipótesis nulas, alternativas y estadísticas	54
3. El Estado del Arte	58
3.1. Breves reflexiones acerca del marco epistemológico	58
3.2. Consideraciones teóricas.....	62
Corrientes académicas en el marco de la racionalidad de los mercados	62
Corrientes académicas en el marco de las finanzas conductistas.....	67
La transmisión de las perturbaciones.	71
Postura sobre las corrientes de pensamiento.....	74
3.3. Antecedentes científicos relevantes	75
Sobre la teoría moderna del portafolio.....	76
Sobre la hipótesis de la eficiencia de los mercados y el contagio bursátil.....	80
4. Especificación del modelo hipotético.....	86
4.1. Coeficiente de correlación de Pearson	86
4.2. Modelo de regresión lineal.....	86
4.3. Modelo de regresión con variables dicotómicas	87
4.4. Modelos autorregresivos y de rezagos distribuidos	88
Memoria a corto plazo: modelización Box-Jenkins (ARIMA).....	88
Modelos Arch y Garch.....	90
4.5. Valor en Riesgo (VaR).....	90
5. Método de trabajo	93
5.1. Tipo y diseño de la investigación.....	93
5.2. Población y muestra	94
5.3. Recolección de datos secundarios	95
6. Tratamiento estadístico de los datos y análisis de resultados.....	97
6.1 Prueba de hipótesis.....	97
6.2. Análisis descriptivo.....	98

Observaciones registradas y estudiadas	98
Frecuencia	99
Prueba de normalidad en el periodo de estudio	100
6.3. Análisis de correlación	106
Dispersión de los rendimientos	106
Coeficientes de correlación	106
Coeficientes de correlación de precios y rendimientos NYSE_EE.UU.-IPC_México	108
Coeficientes de correlación de precios del SSE_Shanghái con los índices en estudio	110
6.4. Análisis de regresión	111
Análisis de regresión lineal <i>múltiple</i> de los precios y rendimientos	111
Análisis de regresión <i>simple</i> de los precios y rendimientos del IPC y del DJIA	121
Estudio de eventos y el modelo de regresión con variables dicotómicas	126
Valor en Riesgo (VaR).....	134
Comparación de resultados	137
7. Resultados del modelo de sensibilidad.....	139
Conclusiones, aportaciones y líneas de investigación.....	143
Conclusiones y aportación de la investigación al conocimiento.....	143
En cuanto a la Hipótesis 1.....	144
En cuanto a la Hipótesis 2.....	147
En cuanto a la Hipótesis 3.....	150
Líneas futuras de investigación.....	155
Línea 1. Los supuestos de normalidad	155
Línea 2. Sobre el tema de la ley de gravitación universal de Newton	157
Línea 3. Modelar los datos en el marco de los sistemas dinámicos (no lineales)	159
Bibliografía	166
Índice de Tablas, Gráficos y Figuras.....	175
Tablas	175
Gráficos.....	176
Figuras.....	177
Anexos.....	178
Anexo 1. Regla empírica (Nota metodológica).....	178
Anexo 2. Tamaño del mercado (Nota metodológica)	190
Anexo 3. Conceptos estadísticos de los modelos (Apunte académico)	201
Anexo 4. Análisis bibliométrico (Nota metodológica)	217
Anexo 5. Determinación de la variable dicotómica (Nota metodológica).....	230
Anexo 6. Síntesis de los resultados de los modelos autorregresivos.....	232
Anexo 7. Serie de tiempo utilizada: IPC y DJIA	235

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo doctoral tiene por objetivo estudiar las ventanas de alta volatilidad para explicar el comportamiento atípico de los precios y de los rendimientos de la Bolsa Mexicana de Valores y de sus principales emisoras por el efecto transmisión, particularmente de la Bolsa de Valores de Nueva York.

Para tal efecto, se modela una selección de índices bursátiles de las regiones de Asia-Pacífico, Europa y América durante un periodo de 18 meses, del 1 de enero de 2015 al 30 de junio de 2016, que proporciona 367 jornadas bursátiles en donde se capta la turbulencia de los mercados generada por la volatilidad en las bolsas griegas, chinas y británicas.

En la teoría económica el precio de un bien, en un mercado de competencia perfecta, es aquel en donde coinciden el comprador y el vendedor. Es el punto en el cual ambos jugadores suponen que maximizan su utilidad en el marco de la *hipótesis de la eficiencia del mercado*: el precio, en un momento dado, refleja plenamente toda la información disponible para la toma de decisiones.

Este paradigma dominante en las finanzas bursátiles, en conjunción con la teoría de las *expectativas racionales*, que establecen que los agentes económicos que intervienen en los mercados son totalmente racionales y toman decisiones correctas en función de la información de que disponen.

Para tal efecto se identificaron los problemas tipo, situaciones comunes que caracterizan la toma de decisiones en los mercados bursátiles. De este estudio se desprendieron tres líneas de trabajo, como una suerte de eje rector para el planteamiento de los objetivos, de las preguntas de investigación y de las hipótesis correspondientes: 1. los *eventos atípicos*, 2. la *interacción de los mercados* y, 3. la *psicología colectiva*.

Así, la tesis está estructurada por la presente *Introducción*, de seis capítulos centrales, de un apartado con las conclusiones más importantes de la investigación, las recomendaciones y líneas futuras de investigación, además de las referencias bibliohemerográficas y una sección de anexos con notas metodológicas y apuntes académicos.

Se utilizó el sistema de citas y referencias de las Normas APA (2010), elaboradas por la Asociación Americana de Psicología, que indica requerimientos específicos de trabajos científicos en lo referente a contenido, estilo, edición, citación, referenciación, etcétera.

Capítulo 1. Marco Contextual

Se integra por cuatro apartados: la Dimensión de la economía nacional; el Valor del mercado bursátil; las Crisis económicas y financieras en México; y, las Crisis bursátiles.

En el primero de ellos, la *Dimensión de la economía nacional*, se hace un breve análisis de las dimensiones de la economía estadounidense, en términos del Producto Interno Bruto, comparado con la economía mexicana con lo que se cuantifica las asimetrías económicas de ambos países y la correlación existente como resultado del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

En el segundo apartado, el *Valor del mercado bursátil y la clasificación de las empresas*, se describe el tamaño de las principales bolsas de valores en función del valor de capitalización de mercado, también llamada valor de mercado de una bolsa de acuerdo a los reportes de la Federación Mundial de Bolsas (WFE). También se especifica la clasificación de las empresas que cotizan en una bolsa. La agrupación clásica es por segmentación de mercado permite medir el riesgo potencial de las emisoras. Se encuentra que el 82% de las empresas listadas en todo el mundo son de mediana y pequeña capitalización.

En cuanto a las *Las crisis económicas y financieras en México*, tercer apartado, se hace un breve repaso de los momentos especialmente críticos, de los grandes problemas económicos a lo largo de la historia reciente. El desarrollo se lleva a cabo a través de un diagrama en el que se repasan brevemente las principales crisis nacionales de 1976, 1982, 1987 y 1994, los llamados *Annus horribilis* mexicanos.

En el cuarto, y último, apartado de este primer capítulo, el *Marco Contextual*, se lleva a cabo un análisis cuidadoso de *Las crisis bursátiles y la transmisión entre mercados*. Nueve eventos relevantes, en el periodo de 1929 a 2016, se describen. Todos ellos se caracterizan por los colapsos provocados.

Se inicia con una descripción de la crisis del 24 de octubre de 1929. En el llamado *jueves negro* cuando se desploma la Bolsa de Nueva York y concluye con tres eventos recientes: la crisis griega en 2015, por el elevado endeudamiento; la crisis china en 2015,

ante las dudas sobre el crecimiento económico y la devaluación del yuan; y en 2016, cuando se anuncia que el Reino Unido decide abandonar la Unión Europea (Brexit), de acuerdo a los resultados del referéndum.

Capítulo 2. Planteamiento del problema

Se atienden cinco temas de carácter metodológico: la Descripción general de la problemática; los Objetivos del trabajo de investigación; la Justificación del mismo; las Preguntas de investigación; y, las Hipótesis y variables.

Se identifican tres problemas que guían el desarrollo empírico de este trabajo: 1. la turbulencia en los mercados y los rendimientos atípicos; 2. la globalización que crea una fragilidad entrelazada; y, 3. La psicología individual y colectiva: el contagio de la desconfianza. Con ello se pretende dar respuesta, además del *Objetivo General* plasmado en el primer párrafo de esta Introducción, a un grupo de cuatro objetivos específicos, en los que prevalecen los conceptos de rendimientos en los mercados bursátiles, del supuesto de independencia de los cambios de precios, de periodos de alta volatilidad, del tamaño e influencia de mercados, de la volatilidad y el contagio en los índices como reacción a la incertidumbre y nerviosismo y posible pánico ante la divulgación un evento relevante.

Capítulo 3. El Estado del Arte

Se revisan y confrontan las principales posturas de pensadores líderes que, desde mi perspectiva, se deben considerar en este desarrollo académico:

- En el marco de la *racionalidad de los mercados* se incluyeron los principales conceptos de la teoría de la eficiencia del mercado y el paseo aleatorio de los precios; la teoría de las expectativas racionales; y, el estudio de eventos.
- En cuanto a la corriente académica de las *finanzas conductistas* se revisó, brevemente, el tema de la psicología de masas y la teoría de las perspectivas, planteamiento opuesto a la corriente de las expectativas racionales y de la teoría de los mercados eficientes.

Complemento la revisión teórica con algunas anotaciones sobre la teoría del contagio financiero y de la transmisión de las perturbaciones haciendo referencias a hallazgos recientes, además de una postura personal sobre el tema.

Para la selección y descripción de los *Antecedentes científicos relevantes* se realizó un *análisis bibliométrico* para orientar correctamente el esfuerzo de búsqueda de los artículos y autores líderes en la línea de estudio. La base para determinar el estado del arte y el *quién es quién* en la respectiva corriente del pensamiento fueron los trabajos de los laureados:

- Harry M. Markowitz, con la publicación sobre la *Teoría del portafolio*.
- Eugene F. Fama, con los artículos que dan pauta a la *Hipótesis de los mercados eficientes* y al *Estudio de eventos*, además de la *Teoría del contagio*;

Capítulo 4. Especificación del modelo hipotético

En la especificación del modelo hipotético se se plantea el diseño y aplicación de las técnicas estadísticas necesarias para el análisis, descripción y evaluación del comportamiento del fenómeno en estudio e inferir su representación más allá de la muestra estudiada:

- El *coeficiente de correlación* de Pearson para medir la fuerza o el grado de asociación lineal entre dos variables.
- El *modelo de regresión lineal* para estimar el valor promedio poblacional en términos de los valores conocidos con base en la *función de regresión muestral* a través del método de los mínimos cuadrados ordinarios.

Dentro de este grupo se utiliza el *modelo de regresión con variables dicotómicas* para cuantificar, con el cálculo de probabilidades, la presencia de un evento atípico.

- Los modelos autorregresivos y de rezagos distribuidos, en forma complementaria para enriquecer las conclusiones y marcar las líneas futuras de investigación en la predicción de las series de tiempo:
 - el autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA), y
 - el modelo con heteroscedasticidad condicional autorregresiva (ARCH) para el tratamiento de la acumulación de volatilidad.

En atención al principio de parsimonia (los modelos más simples se prefieren sobre los modelos más complejos), la selección del modelo se orientó al *análisis correlación* y de *regresión*, principales herramientas utilizadas para obtener los valores estimados, además del *Valor en Riesgo* para resumir en un solo número la pérdida potencial máxima que se puede sufrir en una posición de riesgo dado un nivel de confianza, en un período de tiempo determinado.

Capítulo 5. Método de trabajo

A partir del planteamiento del problema y las correspondientes preguntas de investigación, los objetivos y el alcance de la investigación, ésta se plantea como de tipo cuantitativa, no experimental y de diseño transversal con alcance descriptivo–correlacional–explicativo.

El universo de trabajo, finito por definición, lo componen 81 mercados regulados por la Federación Mundial de Bolsas, punto de referencia para la industria y las bolsas afiliadas.

Se seleccionaron seis mercados de valores que generan la suficiente información para atender con suficiencia estadística el enfoque y alcance cuantitativo de la investigación.

Capítulo 6. Tratamiento estadístico de los datos y análisis de resultados

En este capítulo se presenta la evidencia empírica. El énfasis se centró en la interpretación de los métodos de análisis cuantitativo (más que en el procedimiento de cálculo) basados en el valor –precio– de los índices bursátiles.

La cuantificación del riesgo financiero parte de la media (μ) y de la desviación estándar (σ) de los rendimientos. El marco de referencia es la teoría de portafolios de Harry Markowitz (1952) y JP Morgan (1996), banco estadounidense que propuso en un documento técnico denominado Riskmetrics el concepto de Valor en Riesgo, para medir cuantitativamente los riesgos de mercado en instrumentos financieros, basado en la teoría de probabilidad.

El análisis de los datos se llevó a cabo con el apoyo de los programas estadísticos informáticos SPSS versión 24 y el EViews 9.0, según el tema en estudio. También se utilizaron ampliamente las fórmulas, gráficos y el lenguaje de programación de la hoja de cálculo Microsoft Excel.

Capítulo 7. Resultados del modelo de sensibilidad

Se presentan los principales resultados de un modelo de sensibilidad (*qué pasa si...*), como propuesta de sistema de alerta temprana, que coadyuve, desde la perspectiva del inversionista, a modelar el comportamiento de la volatilidad para generar escenarios y ventanas de riesgos que afectan la rentabilidad de las emisoras, sobre todo en circunstancias críticas.

Conclusiones, bibliografía y anexos

Por último, como se mencionó en los párrafos anteriores, se presentan las *conclusiones* más importantes de la investigación, la *bibliografía* utilizada (143 referencias bibliohemerográficas: libros, artículos, fuentes electrónicas, informes, artículos de periódico y enciclopedias, entre otros) y un grupo de siete *anexos* con información metodológica, académica y datos de la serie de tiempo que respalda la evidencia empírica y que, eventualmente, podría servir de soporte para profundizar en el tema por parte del lector interesado en ello.

1. MARCO CONTEXTUAL

1.1. DIMENSIÓN DE LA ECONOMÍA NACIONAL

La economía estadounidense es la más grande del mundo. El termómetro estándar para medir la riqueza de una nación es el Producto Interno Bruto (PIB) medidos en dólares corrientes.

El país norteamericano, conjuntamente con la Gran Bretaña, conforman los dos mercados financieros de mayor importancia en el mundo los cuales se conectan a través de una multitud de intercambios con todos los demás mercados financieros. (Marichal, 2010, p.275). Su comportamiento tiene un fuerte efecto sobre las economías europeas, asiáticas, latinoamericanas y, con marcada intensidad, en la mexicana. Por su vecindad, por el alto nivel de interdependencia y por sus asimetrías México es vulnerable sus fluctuaciones.

De acuerdo al Banco Mundial, en 2015 la cifra del PIB norteamericano fue de 17 947 billones de dólares, cantidad que representa, aproximadamente, una cuarta parte del PIB nominal mundial (ver tabla 01). En el ranking de 195 países, México ocupa el lugar número 13 con 1 144 billones de dólares. En términos de este indicador, con casi diecisiete billones de diferencia, la economía norteamericana es 15.7 veces más grande que la nacional.

Tabla 01: Producto Interno Bruto 2015

País	PIB
Estados Unidos	17,947
México	1,144
Diferencia	16,803
Cobertura	15.7
Lugar	13

Billones de USD

Fuente: Elaboración propia con datos del Banco Mundial

En este mundo globalizado y convulsionado política y socialmente, la actividad económica de los países se ve afectada por condiciones de mercado de sus socios comerciales. La correlación de la economía mexicana con la estadounidense es aún más enfática como resultado del Tratado de Libre Comercio de América del Norte. Por ello, variables como el precio del petróleo, el tipo de cambio, la inflación, tasas de interés impactan de manera negativa. El Banco Mundial, en su Informe anual 2015 así lo señala. Nuestra economía se enfrenta a un ambiente externo complejo en donde la débil expansión de la actividad industrial en los Estados Unidos y el endurecimiento gradual de su política

monetaria, la persistencia de precios bajos para el petróleo, una mayor aversión al riesgo, así como la volatilidad en los mercados financieros, presentan desafíos a la política económica y a las opciones de crecimiento.

1.2. EL VALOR DEL MERCADO BURSÁTIL Y LA CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS

La capitalización de mercado, también llamada valor de mercado de una bolsa, es el número total de acciones emitidas por las empresas multiplicadas por su precio respectivo en un momento dado.

En los reportes de la Federación Mundial de Bolsas (WFE) destacan el New York Stock Exchange (NYSE)¹ como la mayor bolsa del mundo por el nivel de capitalización de mercado. Para 2015, el valor fue superior a 227.3 billones de USD, 26.5% del total. Ver tabla 02.

Tabla 02: Capitalización de Mercado 2015

Millones de UDS				
Posición	Región	Bolsa	Acumulado	Porcentaje
1	América	NYSE	227,342,230	26.5%
2	América	Nasdaq – US	86,498,803	10.1%
3	Asia – Pacífico	Japan Exchange Group	57,638,689	6.7%
4	Asia – Pacífico	Shanghai Stock Exchange	56,348,054	6.6%
5	Europa	LSE Group	48,984,612	5.7%
17	Europa	BME Spanish Exchanges	11,035,109	1.3%
24	América	Bolsa Mexicana de Valores	5,393,466	0.7%
50	Europa	Athens Stock Exchange	474,827	0.1%
82	África	Trop–X (Seychelles) Limited	35	0.000004%
WFE Total			857,442,139	100.0%

Fuente: Elaboración propia con información de The World Federation of Exchanges

La Bolsa Mexicana de Valores (BMV)², con 143 empresas listadas, ocupa el puesto 24 con una participación relativa de 0.7%. Para el año de referencia, la capitalización total de emisoras nacionales equivalía a 38.9% del PIB.

El tamaño del mercado bursátil se cuantifica mediante el *índice de capitalización* que relaciona el valor del mercado accionario con el PIB; refleja el nivel de financiamiento

¹ Quizá el índice más representativo de la actividad bursátil en el NYSE es el *Promedio Industrial Dow Jones*, conocido como *Dow Jones Industrial Average (DJIA)*. Su valor refleja el comportamiento del precio de la acción de las 30 compañías industriales más importantes de Estados Unidos.

² El Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) es el principal un indicador de la evolución del mercado accionario mexicano. Se calcula en función una muestra, balanceada, ponderada y representativa de todas las acciones cotizadas en la BMV.

accionario que alcanza un país a través de esta fuente. (Peraza-González, 2010). El mercado mexicano es pequeño comparado con las economías de países desarrollados, pero también con economías similares o propias de países emergentes, como Chile y Brasil: en México representa 40% del Producto Interno Bruto (PIB), en Brasil era de 1.5 veces este indicador económico. (El Universal, 2010). Una meta de largo plazo es llegar a tener un valor de capitalización de las empresas que cotizan en Bolsa similar al PIB nacional.

Existen diversas posiciones en cuanto a la clasificación de las empresas. En la tabla 03 se presenta la agrupación clásica por segmentación.

Tabla 03: Clasificación de empresas por su capitalización bursátil

Segmento de mercado	Capitalización bursátil
Gran capitalización (Large-cap)	Más de 1.3 billones de USD
Mediana capitalización (Mid-cap)	Entre 1.3 billones y 200 millones de USD
Pequeña capitalización (Small-cap)	Entre 200 y 65 millones de USD
Micro capitalización (Micro-cap)	Menos de 65 millones de USD

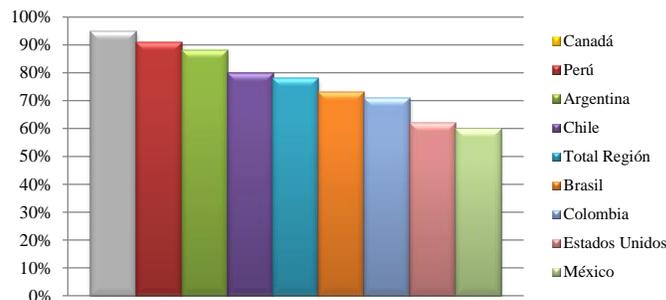
Fuente: World Federation of Exchanges

La segmentación de mercado permite medir el riesgo potencial. Así lo destaca el trabajo de Grégoire Naacke (2013) quien sostiene que, a nivel mundial, más del 90% del valor de capitalización de mercado se explica por las grandes empresas. Sin embargo, el 82% de las empresas listadas en todo el mundo son de mediana y pequeña capitalización, inferior a 1.3 billones de USD.

En América, 35% de las empresas listadas son del tipo Large-cap con el 95% de la capitalización total del mercado y 86% del número de operaciones. Este dato es relevante porque fortalece la idea del peso de las bolsas y de las empresas que cotizan en ellas. Particularmente, en los EE.UU., las empresas de mediana capitalización representan el 62% (42% de las acciones que cotizan en el NYSE) mientras que en México es de 60%. Ver tabla 04.

Tabla 04: Peso de la mediana y pequeña capitalización por País

País	Tamaño
Canadá	95.0%
Perú	91.0%
Argentina	88.0%
Chile	80.0%
Brasil	73.0%
Colombia	71.0%
Estados Unidos	62.0%
México	60.0%



Fuente: Elaboración propia con datos del World Federation of Exchanges

1.3. LAS CRISIS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS EN MÉXICO

México ha enfrentado grandes problemas económicos a lo largo de la historia reciente y todo indica que la situación va a empeorar a lo largo de 2017, lo que puede atribuirse en buena parte a la estrecha dependencia de sus relaciones económicas con Estados Unidos.

Repasemos brevemente las principales crisis nacionales de 1976, 1982, 1987 y 1994. En la figura 1 se plasma un esquema de los *Annus horribilis* mexicanos. Reyes y Suárez (2009) lo reseñan con precisión:

Las crisis de 1976 y 1982, tuvieron un origen externo propiciado por la desaceleración económica de Estados Unidos y de la economía mundial y, en el segundo caso, por las alzas de las tasas de interés mundiales y la baja del precio del petróleo. (...) La de 1987 fue provocada por una burbuja bursátil en EU que se repitió en México. (...) La crisis de 1994 fue provocada por el propio auge del “milagro mexicano”, la liberalización financiera y, luego, la ruptura de la “burbuja” que, junto con un severo proceso de ajuste, propició una crisis bancaria. (...) La crisis mexicana detonó crisis en otros países, particularmente de América Latina.

La inestabilidad que la crisis financiera mexicana generó en los mercados internacionales presentó una amenaza tan grave para la economía de Estados Unidos que requirió una acción de emergencia multilateral. A esa fecha, el paquete de rescate financiero fue el más grande otorgado para un solo país en la historia.

Cada evento de la figura 01 tuvo características y causas diferentes, pero también algunas comunes. En dos de ellas, tuvimos el dudoso “honor” de detonar una crisis de

carácter sistémico mundial, entendida ésta por el efecto de cascada sobre otros países, representando una amenaza para la estabilidad de todo el sistema financiero.

Figura 01: Los *Annus horribilis* mexicanos

Periodo	Evento bursátil relevante	Comportamiento de indicadores durante el sexenio
1976-1982 José López Portillo y Pacheco	Sin evento externo relevante	Baja del precio del petróleo. Elevado gasto público y déficit fiscal. Inflación acumulada: 459%. Altas tasas y deuda externa. Devaluación y salidas de capital. Nacionalización de la banca. Detona la crisis de la deuda y afecta a otros países en Latinoamérica.
1982-1988 Miguel de la Madrid Hurtado	1987 Lunes negro	Severa crisis. Programas de ajuste y renegociaciones de deuda. Ajuste de las finanzas públicas, privatización de empresas públicas, apertura comercial. Nueva caída del precio del petróleo. Devaluación de la moneda. Inflación acumulada de 3 710%.
1988-1994 Carlos Salinas de Gortari	Sin evento externo relevante	Negociación de crédito externo. Crecimiento económico. Reformas estructurales. TLC. Privatización bancaria. Aumento del déficit en cuenta corriente financiado por tesobonos. Eventos políticos no deseables y magnicidios. Inflación acumulada de 139%.
1994-2000 Ernesto Zedillo Ponce de León	2000 El colapso "dot/com"	Devaluación y salida de capital. Altas tasas de interés. Gran endeudamiento en dólares. Crisis bancaria y de deudores. Denominada como "El efecto tequila", la primera gran crisis del nuevo milenio." Un problema sistémico. Inflación de 226%.
2000-2006 Vicente Fox Quesada	2001 Atentado en NY	Durante el sexenio anterior se logró estabilizar las variables macroeconómicas lo que permitió una adecuada transición en la materia. La economía mundial y la mexicana, mantuvieron un crecimiento favorable. Inflación acumulada de 29.78%.
2006-2012 Felipe Calderón Hinojosa	2008 Crisis hipotecaria	México padeció la recesión del 2008 de EE. UU. y la crisis mundial del 2009. El peor registro del país en 70 años. La desaceleración económica americana contribuyó a aumentar los efectos de la crisis nacional. Inflación acumulada de 28.51%.
2012-2018 Enrique Peña Nieto	2015 – 2016 Crisis griega, china y Brexit	El Paquete Económico para 2016 se enmarcó en un entorno económico externo adverso. Se estimó crecimiento del PIB entre 2.6% y 3.6%; inflación de 3% y tasa Cetes de 4%. Tipo de cambio de 15.9 pesos. A la fecha no se han cubierto las expectativas.

Fuente: Elaboración propia

La información se obtuvo de Reyes, H. F. y Suárez, D.F. (2009); Banco de México, Informes Anuales; Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Índices de Precios al Consumidor; y del Cuarto informe de gobierno: 2015-2016.

1.4. LAS CRISIS BURSÁTILES O LA TRANSMISIÓN ENTRE MERCADOS

En hechos recientes, durante el segundo semestre de 2015 y el primero del presente año, 2016, los mercados bursátiles sufrieron importantes pérdidas ocasionadas por:

- la crisis griega a causa del elevado endeudamiento combinado con su escasa credibilidad y, en ese momento, el temor a una eventual salida del euro;
- los temores ante el desacelerado crecimiento de la economía china, la devaluación del yuan y las intervenciones del régimen de Pekín en el mercado bursátil; y
- la salida del Reino Unido de la Unión Europea. El triunfo inesperado del Brexit desató el pánico en las Bolsas mundiales.

Las turbulencias en los mercados recuerdan a la volatilidad en el inicio de la crisis hipotecaria en 2008 que produjo el colapso de los mercados financieros. La transmisión al resto del mundo fue bastante rápida, sobre todo en lo que se refiere a las tendencias bursátiles y el comportamiento de las divisas. (Marichal, 2010, p.317).

La sensibilidad de la bolsa a los acontecimientos de un país es tan grande que se la ha considerado como el termómetro o índice de la situación política, social y económica de una nación.

Para contextualizar el trabajo de investigación en términos comparativos, en el presente apartado se desarrolla una breve síntesis histórica de las principales caídas bursátiles y el efecto generado a escala internacional por los que resulta pertinente citar los trabajos de los economistas historiadores Carlos Marichal (*Nueva historia de las grandes crisis financieras. Una perspectiva global, 1873–2008*), John Kennet Galbraith (*El crash de 1929*), Guillermo de la Dehesa (*La primera gran crisis financiera del siglo XXI*), Carlos Obregón (*La crisis financiera mundial*) y Michael Pettis (*La Máquina de la volatilidad. Los mercados emergentes y la amenaza de su colapso financiero*).

Con la obra de estos autores y con una base rigurosa de registros periodísticos se obtiene información muy valiosa sobre el tema. Nueve eventos relevantes, en el periodo de 1929 a 2016, caracterizan los colapsos provocados. Ver la línea de tiempo bursátil, figura 02.

1. Se inicia con una descripción de la crisis del 24 de octubre de 1929. En el llamado *jueves negro* se desploma la Bolsa de Nueva York. El índice Dow Jones acumuló pérdidas por 24.8 por ciento en 4 días. Comienza la Gran Depresión, crisis económica mundial, que duraría una década.
2. Continúa una breve reseña del colapso de 1987. El 19 de octubre de 1987, en horas se desploman los mercados cuyo inicio se dio en Hong Kong. La

Bolsa Mexicana de Valores perdió 16.5 por ciento del valor del IPC, su principal índice. Es la mayor pérdida intradía en la historia de la BMV.

3. En un tercer momento, en los albores del tercer milenio, tiene lugar el “crac” bursátil de las empresas de informática que cotizaban en el Nasdaq. Durante cinco meses el índice creció hasta alcanzar la barrera de 5 046 puntos. Repentinamente, en tan sólo un mes, el índice se desplomó. El 14 de abril de 2010 llegó a 3 321 puntos, una caída de 34.2 por ciento, 1.16 de rendimiento negativo diario.
4. Un año después el mundo es testigo de una serie de eventos catastróficos: los atentados del martes 11 de septiembre de 2001. Por tal motivo, el NYSE interrumpe los intercambios de valores. Reinicia actividades seis días más tarde, el lunes 16, con pérdidas acumuladas de 14.3 por ciento. El índice mexicano, por su parte, no suspende operaciones, pero disminuye, de cualquier forma, hasta alcanzar una minusvalía de 13 por ciento.
5. El 10 de octubre de 2008 detona, con gran fuerza, la crisis hipotecaria. Así da inicio la histórica caída en casi todas las bolsas del mundo. Los derrumbes en cascada coronaron la peor semana que se recuerda.
6. Mención especial merece el evento denominado *Flash Crash* por el comportamiento de los índices en el intradía. Un flash crash es una caída pronunciada y muy rápida que ocurre dentro de un periodo de tiempo extremadamente corto. La tecnología y las comunicaciones juegan un papel muy importante. Las grandes computadoras con programas que permiten ejecutar órdenes a gran velocidad (*High Frequency Trading*), conjuntamente con las redes sociales, son actores de primer orden en estos fuertes e inexplicables movimientos.

Finalmente, me refiero a tres sucesos notables tres que se desarrollaron durante el segundo semestre de 2015 y el primer semestre de 2006:

7. La crisis griega. El 6 de julio de 2015, en el marco de la crisis griega por el elevado endeudamiento, las bolsas asiáticas y, principalmente, las europeas, cayeron tras el ‘no’ en el referéndum al plan de austeridad planteado por la Comisión Europea y el Fondo Monetario Internacional (FMI).

8. La crisis china. Al siguiente mes, el 24 de agosto de 2015, la bolsa de Shanghái cae 8.4 por ciento e impacta negativamente a los mercados en el mundo ante las dudas sobre el crecimiento económico y la devaluación del yuan.
9. El Brexit. El 24 de junio de 2016, tras el conteo de los votos emitidos en el marco de un referéndum, se anuncia que el Reino Unido decide abandonar la Unión Europea. Inmediatamente los mercados internacionales acusan pérdidas. El FTSE 100 registró rendimientos negativos hasta de 7.5 por ciento y el DJIA de 6.6.

Figura 02: Línea del tiempo bursátil. Eventos relevantes 1929–2016.



Fuente: Elaboración propia

1929. El jueves negro de la Bolsa de Nueva York (El Crac del 29)

Durante la segunda década del siglo XX, se dio un periodo de gran expansión económica, a un ritmo sin precedentes, producto de una buena coyuntura propiciada por la llegada de dinero del exterior y de una demanda creciente, que estimulaba la inversión (Comellas, 1998, p288). Esta época fue llamada *los felices años veinte* (The roaring twenties); para muchos, representa el verdadero comienzo del siglo XX, una época en que los coches, la automatización y la gestión científica transformaron la vida cotidiana y el trabajo, además de que el entretenimiento en todas sus formas se convirtió en un gran negocio (Streissguth, 2007).

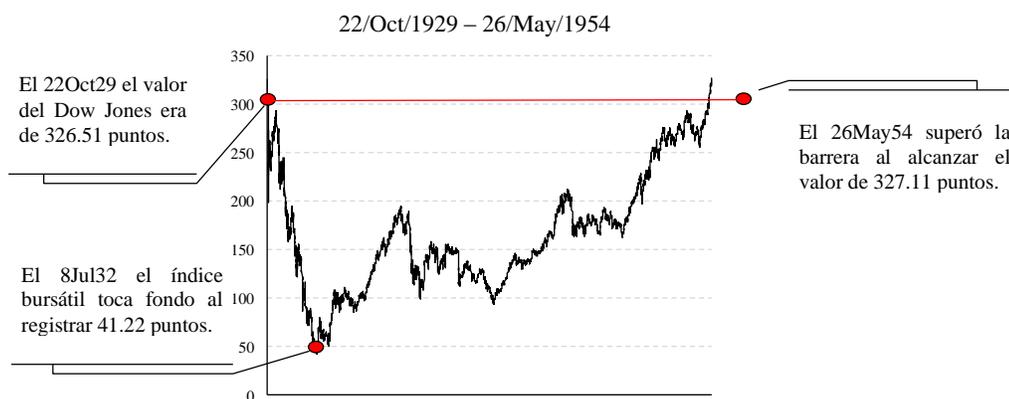
El desarrollo económico generó una burbuja especulativa y a mediados de la década de 1920, el mercado de valores en los Estados Unidos experimentó una rápida expansión hasta la gran caída del precio de las acciones en octubre de 1929. En palabras de Galbraith (2007):

Según los historiadores del año 1929, el jueves 24 (de octubre) fue el primer día de pánico. Efectivamente, merece ser considerado así por su desorden, espanto y confusión (...). Los precios siguieron bajando más y más de prisa, mientras el indicador de valores se rezagaba impotente. A las once en punto de la mañana el mercado había degenerado en un desenfrenado y disparatado tumulto de vendedores. En el interior de las salas con indicadores instaladas por todo el país, el *ticker* informaba a los aterrorizados y apiñados espectadores que se estaba produciendo un espantoso colapso. (...) Esta incertidumbre empujó a más y más público a intentar vender. (...) Verdaderamente, aquello debió ser pánico. En un solo día se negociaron 12 millones 894 mil 650 títulos, al tratarse desesperadamente de mitigar la situación. Esta venta masiva fue considerada como un factor central que contribuyó a la Gran Depresión.

Las jornadas del 28 y 29 de octubre precipitaron la expansión del pánico y el comienzo de consecuencias sin precedentes y de largo plazo para los Estados Unidos. Las caídas fueron de 13.57 y 11.73 por ciento, respectivamente.

En la víspera de la debacle, el 22 de octubre de 1929, el valor del Dow Jones era de 326.51 puntos. Tendrían que pasar, casi, 25 años, 8 975 días, para que se recuperara: el 26 de mayo de 1954 superó la barrera con 327.11 puntos. Ver Gráfico 01.

Gráfico 01: Comportamiento del Dow Jones. Jueves negro del 29



Fuente: Elaboración propia con datos de la BMV

A pesar que el mercado mexicano fue conformado como Bolsa de Valores de México desde 1908, desafortunadamente, no se cuenta en este trabajo de investigación con registros de su indicador (identificado como *Promedio de Hechos* hasta 1957). El dato más antiguo del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) es del 30 de octubre de 1978. Por tal motivo, no se realiza un análisis del impacto que tuvo el colapso americano en la actividad bursátil nacional.

Sin embargo, en términos económicos, como ya se ha comentado en párrafos anteriores, el desplome contribuyó a la Gran Depresión de la década de 1930. Fue la recesión económica mundial más larga (diez años) y más grave jamás experimentada por el mundo occidental industrializado. Este fenómeno provocó la disminución drástica de la producción, el desempleo grave, y la deflación aguda en casi todos los países del mundo (Romer y Pells, 2014)³. Al respecto, Marichal (2010) anota que:

En Latinoamérica, el impacto negativo de la depresión fue muy acentuado al principio, pero después de 1932 se logró una recuperación económica sostenida. (...) En el caso de México, el impacto de la crisis en el plano financiero no fue tan intenso. Cuando estalló la crisis en 1929, sus finanzas públicas se habían estabilizado. Esto dio un cierto respiro al gobierno mexicano durante la Gran Depresión y, a partir de 1932, impulsó una expansión industrial y agrícola bastante duradera. (p.130)

³ La reseña completa se puede ver en “Stock market crash of 1929” y “Great Depression” de la Enciclopedia Británica.

1987. El lunes negro y el contagio internacional

Durante la presidencia del Lic. Miguel de La Madrid Hurtado, 1982–1988, se registró una de las épocas económicas más difíciles de México. La inflación acumulada fue de 3710 por ciento y el peso, la moneda nacional, se devaluó en 3178 por ciento. La tasa líder representada por los Certificados de la Tesorería de la Federación (Cetes) en muchas ocasiones era negativa.

En contrapartida, la tasa activa –Costo Porcentual Promedio de Captación– que hacía las veces de tipo de referencia para los créditos bancarios (costo del dinero) exigía a las inversiones productivas tasas de retorno elevadas para compensar la inflación. Por ejemplo, en 1987, el Índice Nacional de Precios al Consumidor se incrementó 159 por ciento respecto a diciembre anterior (ver tabla 05) lo que significa que se esperarían rentabilidades que consideraran ese valor más una sobretasa de rendimiento real. Pocas inversiones en la economía podían proporcionarlo.

Tabla 05: Inflación 1982-1988

Año	Anual	Mensual	Acumulada
1983	80.8%	5.1%	80.8%
1984	59.2%	3.9%	187.7%
1985	63.7%	4.2%	371.1%
1986	105.7%	6.2%	869.4%
1987	159.2%	8.3%	2412.3%
1988	51.7%	3.5%	3710.1%

Fuente: Elaboración propia con datos del INEGI

En este contexto, la Bolsa Mexicana de Valores empezó a generar importantes rendimientos. La actividad en el mercado de capitales fue particularmente dinámica durante 1987. Los precios de las emisoras, principalmente las que integraban la muestra del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC), tuvieron comportamiento positivo, con plusvalía en cada jornada (1 por ciento promedio diario), rara vez retrocedían. Al finalizar el tercer trimestre el IPC superaba los 343 puntos⁴. En 187 días hábiles de operación, el rendimiento acumulado era de ¡629 por ciento!, 6.7 veces superior a la inflación acumulada al mes de septiembre que era de 93.1 por ciento.

⁴ Base octubre 1978 = 0.78

El 19 de octubre el índice Dow Jones de la bolsa de Nueva York perdió 508 puntos, lo que representó una caída de 22.61 por ciento, el descenso más desastroso en la historia de este importante mercado de valores desde el 27 de octubre de 1929, fecha hasta donde se tiene información. Ver gráfico 02.

Gráfico 02: Comportamiento del Dow Jones. Lunes negro del 87



Fuente: Elaboración propia con datos de la BMV

La problemática de los mercados bursátiles afectó a otros mercados financieros. La crisis de la bolsa de valores de Nueva York se transmitió con prontitud a las bolsas de Tokio, Frankfurt y Londres, entre otras: el índice japonés Nikkei 225 bajó un 14.9 por ciento y el británico FTSE 100, 12.2 por ciento.

En relación a las causas de este derrumbe, parece existir consenso de que el factor detonante fue la detección de una ruptura en los acuerdos de Louvre⁵, coincidente con la decisión de las autoridades alemanas de aumentar sus tasas de interés de corto plazo. Esto presionó para que los Estados Unidos incrementaran también sus tasas de interés con el objeto de respaldar al dólar, aumentando la probabilidad de que ocurriese una desaceleración en la actividad económica. (Banxico 1987, 40; y G7 Information Centre, 1985).

En cuanto al mercado nacional de renta variable, también experimentó un brusco cambio en sintonía con la caída simultánea de la bolsa de Nueva York. El gran rendimiento

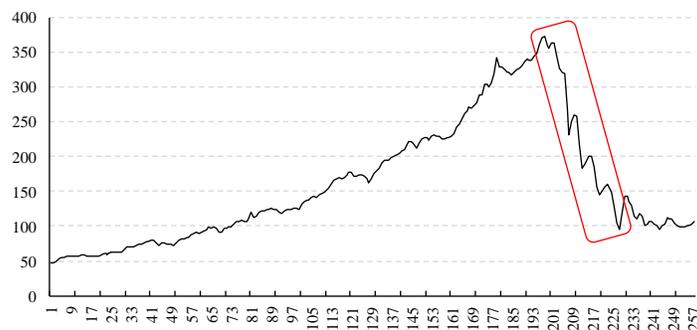
⁵ El 22 de septiembre de 1985 se reunieron en París los ministros de finanzas y gobernadores de bancos centrales de Canadá, Estados Unidos, Francia, Japón y el Reino Unido con la agenda de estabilizar los mercados internacionales de divisas y frenar la caída continua del dólar estadounidense. Para tal fin firmaron el *Acuerdo del Louvre* para la coordinación macroeconómica de las políticas fiscal y monetaria con la finalidad de corregir el desequilibrio en el sistema y dinamizar la economía mundial. Ver: *Statement of the G6 Finance Ministers and Central Bank Governors (Louvre Accord)*. <http://www.library.utoronto.ca/g7/finance/fm871222.htm>.

de 629 por ciento logrado en nueve meses, enero-septiembre de 1987, se perdió en unas cuantas jornadas.

En un sólo día, al cierre de la jornada del lunes negro, los movimientos adversos afectaron al IPC que cayó de 319 a 266 puntos. Una pérdida de 16.51 por ciento respecto al día hábil anterior⁶.

En pocos días el valor del índice era de 95.48 puntos, un registro no visto desde el 30 de marzo de ese año. En tan sólo 22 jornadas, del 19 de octubre al 17 de noviembre, el rendimiento era de menos 70.1 por ciento. Ver gráfico 03.

Gráfico 03: Comportamiento del IPC. Lunes negro del 87



Fuente: Elaboración propia con datos de la BMV

Después de 500 días naturales, el 27 de febrero de 1989, el Dow Jones logró el nivel de precio que tenía en la jornada previa a la caída. El IPC lo hizo hasta el 9 de junio de 1989 (602 días después).

2000. Nasdaq. El colapso “dot/com”

El “crac” bursátil de las empresas de informática provocó la mayor caída de cotizaciones en las bolsas norteamericanas desde 1929. Una combinación de un veloz aumento de precios de las acciones, la especulación individual y la gran disponibilidad de capital de riesgo crearon un ambiente exuberante. El gráfico 04 y la tabla 06 nos proporcionan datos importantes para el siguiente análisis que permite conformar una imagen del tamaño de la crisis.

⁶ Actualmente, para evitar fluctuaciones excesivas en el precio de una emisora provocadas por las fuerzas de oferta y demanda del mercado, la BMV podrá suspender la cotización de un valor cuando una postura en firme (de compra o venta) rebase los límites de fluctuación máxima al alza o a la baja. El porcentaje de variación es del $\pm 15\%$.

Una etapa de crecimiento sostenido tuvo lugar del 8 de octubre de 1998 al 15 de octubre de 1999. Durante un año el índice Nasdaq creció 92.9 por ciento al pasar de 1 419 a 2 736 puntos. En 372 días naturales la tasa de crecimientos promedio diaria fue de 0.18 por ciento.

En los siguientes días el índice empezó a registrar un crecimiento acelerado, producto de una corriente especulativa muy fuerte. Durante cinco meses el índice creció hasta alcanzar el 9 de marzo de 2000 la barrera de 5 046 puntos, con tasa de crecimiento diaria de 0.42 por ciento (26 puntos base superior a la primera etapa). En 146 días el rendimiento fue de 84.4 por ciento.

A partir de esta fecha, “En un abrir y cerrar de ojos se perdieron cientos de miles de millones de dólares en valores que habían subido como la espuma en pocos años y que se evaporaron cuando se pinchó la burbuja especulativa.” Marichalar (2010). En, tan solo un mes, el mercado bursátil se desplomó. El 14 de abril de 2000 llegó a 3 321 puntos, una caída de 34.2 por ciento, 1.16 de rendimiento negativo diario. Y siguió en franca caída en los siguientes meses. El 21 de septiembre de 2001, en la semana convulsionada por el atentado a las Torres Gemelas en Nueva York, el índice Nasdaq registró 1 423 puntos, prácticamente el mismo nivel del 8 de octubre de 1998. Ver gráfico0 4.

Gráfico 04: Evolución del índice Nasdaq 1998-2001



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

Tabla 06: Rendimientos del índice Nasdaq 1998-2000

Etapa	Fecha	Cierre	R°Periodo	R°Diario
I. Inicio del crecimiento	08/10/1998	1419.12	92.9%	0.18%
	15/10/1999	2736.85		
II. Inflexión y crecimiento acelerado	15/10/1999	2736.85	84.4%	0.42%
	09/03/2000	5046.86		
III. Rompimiento y caída abrupta	09/03/2000	5046.86	-34.2%	-1.16%
	14/04/2000	3321.29		

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

2001. Los atentados del 11-S. Efecto en la actividad bursátil

Los ataques terroristas del 11 de septiembre –cuando agentes de Al Qaeda explotaron dos aviones contra las Torres Gemelas en Nueva York y uno contra el Pentágono– incidieron negativamente sobre la operación del principal centro financiero mundial al causar incertidumbre y desconcierto. (Banxico, 2001, p.5)

La suspensión de operaciones del New York Stock Exchange originó, en efecto dominó, el desplome y la suspensión de los principales mercados de valores en el mundo. El efecto inmediato se reflejó en la pérdida de los principales índices bursátiles:

- Asia-Pacífico: Corea -12.20%, Japón -5.04% y China (Singapur) -7.03%
- Europa: Alemania -8.5%, Francia -7.39% e Inglaterra -5.72%.
- América Latina: La Bolsa Mexicana de Valores registró pérdidas de 5.55 por ciento.

El lunes 17 de septiembre los mercados abrieron de nuevo. En su operación, el Dow Jones sufrió una pérdida 7.13 por ciento; la BMV presentó una disminución de 3.87 por ciento. Como se esperaba, las emisoras de las compañías aéreas fueron las que sufrieron las mayores caídas en el NYSE. Ver tabla 07.

Tabla 07: Rendimientos diarios y acumulados del Dow Jones y del IPC

Fecha	Periodo del 11Sep01 al 21Sep01			
	Dow Jones		IPC	
	R°	Acum	R°	Acum
Martes, 11 de septiembre de 2001			-5.55%	-5.55%
Miércoles, 12 de septiembre de 2001	No opera		No opera	
Jueves, 13 de septiembre de 2001	No opera		No opera	
Viernes, 14 de septiembre de 2001	No opera		No opera	
Lunes, 17 de septiembre de 2001	-7.13%	-7.13%	-3.87%	-9.21%
Martes, 18 de septiembre de 2001	-0.19%	-7.31%	-0.36%	-9.53%
Miércoles, 19 de septiembre de 2001	-1.62%	-8.81%	-0.79%	-10.25%
Jueves, 20 de septiembre de 2001	-4.37%	-12.80%	-3.31%	-13.22%
Viernes, 21 de septiembre de 2001	-1.68%	-14.26%	0.12%	-13.12%

Fuente: Elaboración propia con datos de la Bolsa Mexicana de Valores

Al jueves 20 de septiembre, después de cuatro jornadas, las bolsas presentaban pérdidas consecutivas. El DJIA acumulaba pérdidas de 12.80 por ciento mientras que el mercado mexicano permanecía en línea con la Bolsa neoyorquina y presentaba pérdidas acumuladas del 13.22. Al concluir la primera semana de operación registraron pérdidas que no habían tenido en siete décadas. El índice Industrial Dow Jones concluyó la semana con pérdidas acumuladas de 14.26 por ciento, nivel no observado desde julio de 1933 (Rodríguez y Torres, 2001).

El DJIA tardó 60 días (del 10 de septiembre al 9 de noviembre de 2001) para recuperar el valor que tenía la víspera de los atentados. El IPC lo hizo en 78 días, el 27 de noviembre de 2001.

2008. La crisis hipotecaria. Pérdidas históricas en las bolsas mundiales

Tras los atentados del 11 de septiembre de 2001, EEUU apostó, entre otras líneas, por la disminución de los tipos de interés y la expansión del crédito provocando una burbuja inmobiliaria en las denominadas hipotecas subprime.

El 2008 fue uno de los peores años para los mercados financieros. La quiebra de importantes bancos en el bimestre septiembre-octubre y el contagio a otros países.

Para la mayoría de los analistas, la fecha fatídica que marcó un punto de no retorno fue el 14 de septiembre, cuando Lehman Brothers se enfrentó con su inminente bancarrota. A primera hora del lunes 15 de septiembre, y a falta de respaldo gubernamental, la firma se declaró

formalmente en quiebra, lo que desató una reacción en cadena en todos los mercados financieros del mundo (Marichal, 2010).⁷

Prácticamente todas las bolsas de valores se desplomaron: el índice industrial Dow Jones en Wall Street cayó 7.87 por ciento, lo que provocó que las bolsas de mercados como Tokio, Londres, Madrid y México suspendieran sus operaciones de cotización. El IPC perdió ese día 4.99 por ciento. Ver gráfico 05.

Los principales mercados de las bolsas europeas tuvieron descensos: el Dax de Frankfurt cayó 6.4 por ciento; el FTSE de Londres el 7.1 por ciento y el CAC-40 de París 6.6 por ciento. La crisis y las expectativas de una recesión global generaron pérdidas históricas en las bolsas mundiales.

Gráfico 05: Comportamiento del DJIA y del IPC en la crisis hipotecaria

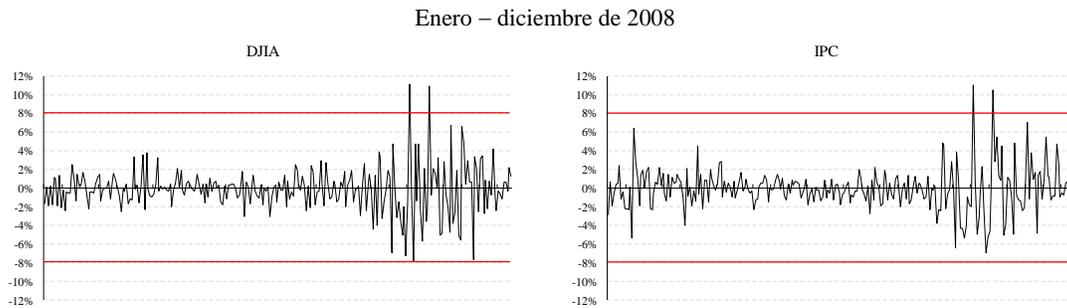


Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

En los días previos, el 10 y 13 de octubre, la Bolsa Mexicana de Valores realizó 53 y 50 suspensiones de cotización porque el movimiento de los mercados extranjeros rebasó los parámetros de fluctuación establecidos por la BMV. Ver gráfico 06.

⁷ Recordar que el Gobierno de EU intervino a las mayores prestadoras de hipotecas, Fannie Mae y Freddy Mac. JP Morgan compró al banco de inversión Bear Stearns y la mayor aseguradora del mundo, AIG, tuvo que ser rescatada por el Tesoro estadounidense. Merrill Lynch se vendió a Bank of America para evitar su quiebra y JP Morgan absorbió a Washington Mutual.

Gráfico 06: Rendimientos del DJIA y del IPC en la crisis hipotecaria



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

Los fuertes desplomes llevaron a la BMV a culminar con su peor baja en la década. El 22 de octubre tuvo el peor comportamiento en el Índice de Precios y Cotizaciones con una caída del 7.1 por ciento, un máximo histórico. En ocho jornadas, del 15 al 24 de octubre, las pérdidas acumuladas eran de 26.25 por ciento para el IPC. Los precios de las acciones y otros activos riesgosos habían caído marcadamente de sus picos de fines de 2007. Por su parte el Dow Jones cayó 9.71 por ciento. Las bolsas asiáticas y europeas también sufrieron fuertes pérdidas: Asia tuvo su peor retroceso en 20 años; en el caso de Malasia cayó 43 por ciento y Singapur un 48.7 por ciento, mientras la Bolsa de Tokio tuvo el peor año de su historia al perder un 42 por ciento. (Reyes, 2008)

El año termina con la noticia del fraude por 50 mil millones de dólares cometido por Bernard Madoff, ex presidente del Nasdaq. Sus inversiones tipo pirámide consistían en pagar los intereses de sus clientes con el capital de los nuevos que ingresaban sus recursos a ese modelo de inversión⁸.

2010. El flash crash. La negociación de alta frecuencia

El evento denominado *flash crash* –debido al concurso de la *Negociación de Alta Frecuencia*⁹– es un comportamiento inusual a la baja de una emisora(s) que afecta a un índice bursátil. Las fuertes caídas se dan en escasos minutos para recuperarse inmediatamente en la misma jornada. Este efecto, como onda expansiva, lo capta y lo refleja, de alguna manera, la operación intradía. Tres hechos relevantes se han presentado en esta década.

⁸ Reforma / Staff. (2008, 30 de diciembre). *Avanza crisis económica en 2008*,

⁹ La *negociación de alta frecuencia* (o *high-frequency trading*, HFT) se lleva a cabo utilizando herramientas tecnológicas sofisticadas, computadoras de alta potencia que ejecutan miles o millones de operaciones por segundo.

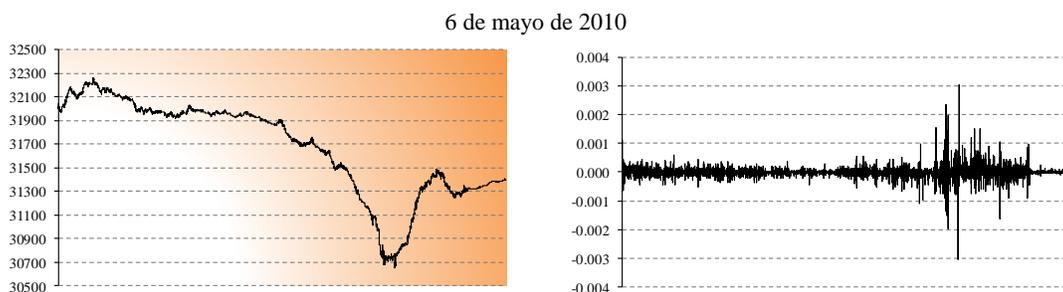
- El Flash Crash del 6 de mayo de 2010.

El índice Dow Jones Industrial Average se desplomó cerca de 1000 puntos, aproximadamente un 9 por ciento, para recuperar esa pérdida escasos minutos. Fue la segunda mayor caída en puntos, 1010.14 puntos, y el mayor desplome diario, 998.5 puntos, en una base intradía en la historia del Promedio Industrial Dow Jones. A las 14:42, cuando el índice Dow Jones acumulaba una caída de más de 300 en el día, el mercado de valores comenzó a caer rápidamente, bajando en más de 600 puntos en 5 minutos hasta alcanzar una pérdida de cerca de 1000 puntos en el día hacia las 14:47. Hacia las 15:00, el mercado había recuperado la mayor parte de los 600 puntos de caída.

El IPC, por su parte, presentó el siguiente comportamiento. Ver gráfico 07.

- 8:30 horas. Con 31 995.28 puntos el IPC inicia operaciones.
- 14:42 horas. Valor de 31 322.44 puntos, 2.10 por ciento menos que al inicio de la jornada.
- 14:48 horas. Valor de 30 649.66 puntos, 4.21 por ciento menos que al inicio de la jornada.
- 14:59 horas (último hecho). Valor de 31 398.97 puntos, 1.86 por ciento menos que al inicio de la jornada. Recuperación de 2.35 puntos porcentuales en 11 minutos, una vez concluido el Flash Crash.

Gráfico 07: Precio y rendimiento del IPC durante el Flash Crash 2010



Fuente: Elaboración propia con datos intradía de la BMV

- El Flash Crash del 23 de abril de 2013

El 23 de abril de 2013, a las 13:07 horas, la cuenta de Twitter de la Associated Press (AP) fue “hackeada” y publicaba un falso tweet en donde se informaba que el presidente Barack Obama había sido herido en un ataque a la casa Blanca. El NYSE reaccionó

inmediatamente a la noticia. Durante tres minutos el DJIA tuvo una caída de 143 puntos. El mercado se recuperó cuatro minutos después, a las 13:14 horas. En total, el Flash Crash duró, prácticamente, siete minutos. Ver gráfico 08.

Gráfico 08: Precio del DJIA durante el Flash Crash 2013



Fuente: Elaboración propia con datos de la BMV

2015. La crisis de la deuda soberana griega

La crisis financiera global, el elevado endeudamiento público y la escasa credibilidad de Grecia han afectado en forma importante a su población y sus graves consecuencias han puesto en riesgo al resto de miembros del euro.

La llamada *crisis de la deuda soberana* dio inicio en el último tramo de 2009. Por tal motivo, con la participación de la Comisión Europea (CE), el Banco Central Europeo (BCE) y el Fondo Monetario Internacional (FMI), se apoyó al país helénico con tres rescates financieros: mayo de 2010, marzo de 2012 y agosto de 2015.

De acuerdo al informe de la Oficina de Evaluación Independiente (OEI) –organismo que evalúa la relación del FMI con la zona del euro–, Grecia se convirtió en el primer país de la zona para solicitar apoyo del FMI. La decisión de proporcionar financiamiento sin reestructurar su deuda (la cual no era sostenible) podría generar, entre otras consecuencias, un riesgo de contagio a otros países (Independent Evaluation Office, 2016).

(OEI) El apoyo proporcionado fue un tanque de oxígeno que permitió paliar problemas inmediatos, pero no pudo restaurar la confianza del mercado, lograr la sostenibilidad de la deuda, restaurar la competitividad, o llevar a cabo las reformas estructurales. La recesión fue mucho más profunda de lo esperado, marcada por una tasa de desempleo excepcionalmente alta. Los programas griegos sólo sirvieron para aumentar la

deuda y decantaron en un ajuste fiscal excesivo. El financiamiento fue utilizado para pagar a los bancos extranjeros y las reformas estructurales de crecimiento, junto con la austeridad fiscal, dieron lugar a una depresión económica que, aunada a la incertidumbre sobre la capacidad de pago y el riesgo de salida de Grecia del euro (Grexit) por falta de acuerdo con los acreedores europeos y el FMI llevó a una crisis de confianza, que ha generado, en varias ocasiones el desplome de la Bolsa de Atenas, arrastrando con ella la de otros países de la eurozona.

La cronología de los principales eventos del año 2015, a partir de las series de tiempo de los índices de los principales mercados de capitales, así como el análisis de las fuentes documentales periodísticas especializadas proporcionan una amplia visión de los momentos de mayor inestabilidad, principalmente en los meses de junio y julio, cuando el riesgo de ruptura del euro se elevó.

- 5 de enero de 2015

Las bolsas cerraron con fuertes caídas por el temor a una eventual salida de Grecia del euro.

En orden de apertura – cierre del mercado de origen.

- Europa. Grecia –5.63%, Italia –4.92%, España –3.45%, Francia –3.31%, Alemania –2.99%, Reino Unido –2.00%.
- América. México (Ipc) –2.41%, EEUU (Djia) –1.86%.

- 5 de mayo de 2015

La incertidumbre sobre Grecia afectó a los principales mercados de valores europeos que terminan sus operaciones con pérdidas.

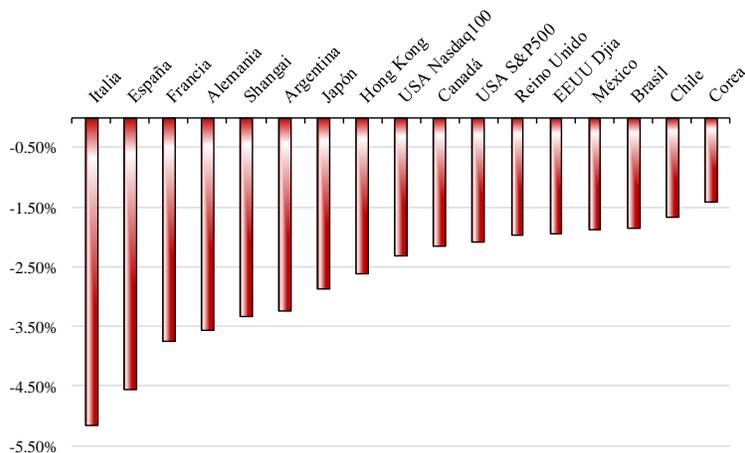
- Europa. Grecia (Atg) –3.85%, Italia (Ftse Mib) –2.76%, España (Ibex 35) –2.74%, Alemania (Dax) –2.51%, Francia (Cac 40) –2.12%, Reino Unido (Ftse 100) –0.84%.
- América. EEUU (Djia) –0.79%, México (Ipc) –0.33%.

- 29 de junio de 2015

El Gobierno de griego, decretó el cierre de los bancos y del mercado de valores helénico e impuso controles de capitales para evitar el colapso financiero. La reacción de los principales mercados fue negativa. El nerviosismo se transmitió por las bolsas europeas a las

americanas y de éstas a la región Asia – Pacífico con cierres a la baja en todos los casos. Ver gráfico 09.

Gráfico 09: Reacción de mercados ante las medidas de Grecia



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

- 6 de julio de 2015

Los ciudadanos dieron un rotundo *no* al pacto con los socios europeos. Las bolsas reaccionan, como siempre, al resultado del referéndum griego. Ver tabla 08.

Tabla 08: Reacción de mercados al referéndum griego

Zona	País	R°
Europa	Italia	-2.97%
	Francia	-2.01%
	Alemania	-1.96%
	España	-1.84%
	Reino Unido	-1.58%
América	EEUU (Djia)	-0.26%
	México	-0.60%

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

- 3 de agosto de 2015

La Bolsa griega cae -16.23% tras cinco semanas de permanecer cerrada. El desplome fue el mayor de los últimos 28 años.

- Trimestre julio – septiembre de 2015

Las bolsas cerraron su peor trimestre desde 2011. De los rendimientos negativos registrados entre julio y septiembre de 2015, Grecia fue el mercado con mayor pérdida, -17.97 por ciento. Ver tabla 09.

Tabla 09: Rendimientos de las principales bolsas de la zona de Europa

Tercer trimestre de 2015	
Mercado	R°
Grecia (Atg)	-17.97%
Alemania (Dax)	-11.74%
España (Ibex 35)	-11.23%
Reino Unido (Ftse 100)	-7.04%
Francia (Cac 40)	-6.99%
Italia (Ftse Mib)	-5.19%

Fuente: Elaboración propia con datos de Investing.com

2015. El colapso de las bolsas chinas

En el mercado de valores chino operan tres grandes bolsas: la Hong Kong Stock Exchange, la Shenzhen Stock Exchange y la Shanghái Stock Exchange. Por la importancia y valor de capitalización de ésta última¹⁰, fue seleccionada como campo de estudio en este trabajo de investigación.

En la primera mitad del 2015 la bolsa de Shanghái registró continuos movimientos al alza. Su principal indicador, el SSE, cerró el año 2014 con 3264.68 puntos y seis meses después, el 12 de junio, el valor del índice ascendía a 5 166.35 puntos, un rendimiento de 59.72 por ciento. Ver gráfico 10. La burbuja fue generada, principalmente, por el concurso más de 90 millones de pequeños inversionistas que operan en las bolsas chinas.

¹⁰ Por el valor de capitalización, la Bolsa de Shanghái está ubicada en el cuarto lugar de importancia a nivel mundial, sólo después del NYSE y la NASDAQ en EE. UU. y la Bolsa de Japón. Ver tabla 02, *Capitalización de Mercado 2015*.

Gráfico 10: Comportamiento de la Bolsa de Shanghái



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

Sin embargo, producto de la alta volatilidad en el mercado, las ventas entraron en una espiral. La oferta excedió a la demanda y los precios cayeron, perdiendo el índice el 32.11 por ciento de su valor en 18 días de operación. La cronología de los principales eventos y la reacción de los mercados financieros es la siguiente.

- 12 de agosto de 2015

Devaluación del yuan. En términos porcentuales, el DAX perdió el 3.27, el CAC 3.40. El FTSE 100 cayó el 1.4 y el Ibex el 2.44. En los mercados asiáticos, el Nikkei cayó el 1.58. En América, Wall Street, después de perder casi el 2 por ciento en la primera etapa de operación, recuperó terreno y moderó su caída al nivel de 0.5 por ciento.

- 24 de agosto de 2015

Caída del 8.49 por ciento en la bolsa de Shanghái. El Nikkei cerró con -4.61 por ciento. En Europa, las caídas del FTSE y del Ibex situaron en -4.67 y -5.01 por ciento (Grecia perdió 10.54). EE UU (Dow Jones) y México (IPC) perdieron -3.57 y -1.64 por ciento, aunque llegaron a tener mínimos de -6.62 y -6.75 respectivamente. Los índices de las bolsas se hundieron por las dudas sobre la economía china. La desconfianza en los mercados financieros acabó por contagiar al resto.

- Trimestre julio – septiembre de 2015

En el tercer trimestre de 2015, Shanghái fue la bolsa con menor rendimiento, -28.63 por ciento, de la región Asia – Pacífico. Ver tabla 10.

Tabla 10: Rendimientos de las principales bolsas de la zona de Asia – Pacífico

Tercer trimestre de 2015	
Mercado	R°
Shanghái	-28.63%
Hong Kong (Hang Seng)	-20.59%
Japón (Nikkei 225)	-14.07%
Corea (Kospi)	-5.37%

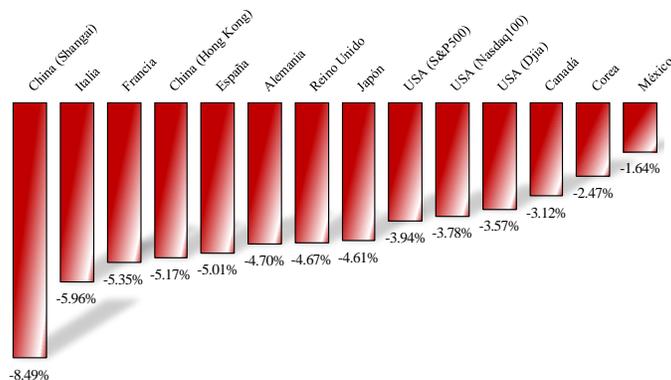
Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

Existe una gran cantidad de publicaciones periódicas sobre la crisis económica, financiera y bursátil de China. Xavier Fontdeglòria la reseña ampliamente a través de un par de artículos en El País.

- 4 de enero de 2016. China paraliza la actividad de sus Bolsas tras registrar fuertes caídas.

China paralizó la actividad de sus Bolsas tras registrar fuertes caídas. La sesión estuvo protagonizada por una nueva espiral de ventas masivas que llevó a los principales títulos que cotizan en los parques del país, Shanghái y Shenzhen, a registrar caídas superiores al 7 por ciento. Rebasado este umbral, a una hora y media de la hora de cierre habitual, la compraventa de títulos quedó suspendida de forma automática. El batacazo de este revivió las turbulencias del pasado verano y contagió al resto de parques de la región –Hong Kong cedió un 2.7 y Tokio un 3.1 por ciento ante el resurgimiento de las dudas sobre los fundamentos de la mayor economía asiática–. Ver gráfico 11.

Gráfico 11: Caída de la bolsa de Shanghái y reacción de los mercados



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

- 7 de enero de 2016. Otra jornada negra obliga a suspender la sesión en las Bolsas chinas.

El yuan se depreció y las reservas retrocedieron. Shanghái cerró con una abrupta caída del 7.32 por ciento en media hora. Fue la segunda vez en la semana que la negociación de títulos se suspendió de forma prematura lo que hizo tambalear otros mercados de renta variable de la región: Hong Kong perdió un 3.1 y Tokio retrocedió un 2.33 por ciento.

Los parques chinos continuaron con fuertes pérdidas a pesar del esfuerzo de las autoridades por estabilizar la divisa. Los rendimientos negativos superaron, con frecuencia, la barrera del 5 por ciento. El 26 de enero de 2016, la bolsa de Shanghái cayó poco más de 6.4 por ciento y un mes después, el 25 de febrero, el desplome fue, nuevamente, superior al 6 por ciento para entrar en un periodo de cuatro meses de relativa estabilidad que se termina el 24 de junio con el resultado del referéndum en el Reino Unido a favor del Brexit y las esperadas consecuencias para los mercados financieros.

2016. El Brexit. Salida del Reino Unido de la Unión Europea

El 23 de junio de 2016 se llevó a cabo un referéndum sobre la pertenencia británica a la Unión Europea con un resultado favorable a la salida de ésta. Esta decisión tuvo consecuencias bursátiles, además de las económicas reflejadas en las divisas y las tasas de interés. El efecto y la onda expansiva generada por la incertidumbre se manifestaron rápidamente con números rojos. Las principales pérdidas se dieron en Italia con -3.52 y España -3.18 por ciento. EE. UU. también abrió en rojo. Nuevamente, son ineludibles las referencias periodísticas.

En respuesta a los resultados del referéndum del 24 de junio, los mercados de renta variable responden con pánico a la tormenta británica y reaccionaron con pérdidas generalizadas en todo el mundo. Ver tabla 11.

Tabla 11: Resultados del referéndum (Brexit). Reacción de los mercados

Europa		América		Asia Pacífico	
Grecia	-13.42%	EEUU (Nasdaq100)	-4.07%	Japón	-7.92%
Italia	-12.48%	EEUU (S&P500)	-3.59%	Corea	-3.09%
España	-12.35%	EEUU (Djia)	-3.39%	China (Hong Kong)	-2.92%
Francia	-8.04%	Brasil	-2.82%	China (Shanghái)	-1.30%
Alemania	-6.82%	México	-2.73%		
Reino Unido	-3.15%	Argentina	-2.23%		
		Canadá	-1.69%		
		Chile	-1.42%		

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

Como se puede apreciar, Londres cerró en 3.15 por ciento (aunque el mínimo registrado fue de -7.55), París 8.04 y Fráncfort 6.82, respectivamente. Milán 12.48 por ciento y el Ibex 12.35, la peor caída de su historia en una sola jornada.¹¹

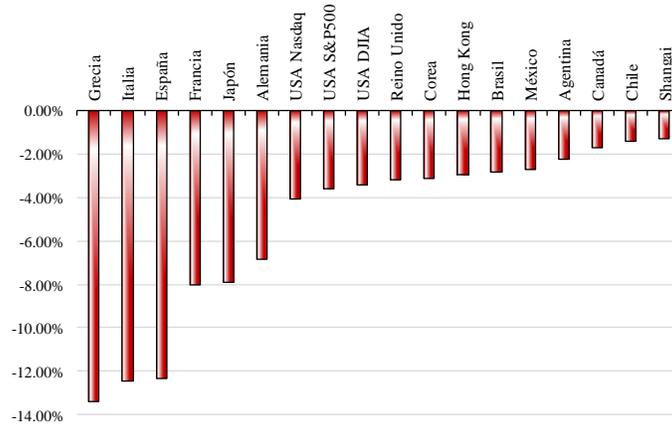
En América, Wall Street agudizó las pérdidas al cierre de la sesión. El industrial Dow Jones se dejó un 3.39 por ciento y el IPC mexicano -2.73.

Asia Pacífico cierra en rojo en sintonía con Europa y América. El índice más castigado fue el Nikkei japonés, 7.92 por ciento, la octava mayor caída diaria en su historia. Hong Kong cedió alrededor de 2.92 y Shanghái 1.3 por ciento. (González, 2016).

El gráfico 12 es muy ilustrativo ya que muestra la transmisión al resto del mundo, el impacto en los mercados financieros íntimamente relacionados por la globalización económica y por las tecnologías de información. El fenómeno del contagio o transmisión de las crisis se transmite a la velocidad de los sistemas informáticos en cuestión de segundos, o quizá menos, demostrando la fragilidad de los mercados. Los cambios en la volatilidad modifican la conducta económica. (Marichal, 2009).

¹¹ La anterior gran caída del Ibex fue en octubre de 2008, con pérdidas del 9.14%, tras la quiebra de Lehman Brother.

Gráfico 12: Referéndum del Brexit y reacción de los mercados



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

Como lo observamos en la anterior reseña, las crisis, con el consecuente impacto en los mercados por contagio, son los resultantes de cambios fundamentales en la economía o en el entorno político de los países y las percepciones de los inversores, factores psicológicos que decantan, como consecuencia, en pánico afectando con ello directamente a los mercados de capitales, de deuda, de divisas, etcétera. (Pettis, 2003).

Los fenómenos de rápido crecimiento terminan en una caída abrupta, es un patrón típico. En un boom es muy fácil que la demanda de los bienes aumente, pero lo difícil es que crezca la cantidad de los mismos a la misma velocidad. La demanda mayor –y mucho mayor– que la oferta genera que el precio suba. Fatalmente, el mercado termina por ajustarse a la realidad. Galbraith (2007) afirma “...de todos los misterios bursátiles, ninguno tan impenetrable como el de por qué tiene siempre que haber un comprador para quienquiera que necesite vender” (p.119). En general, los mercados financieros no pueden proporcionar rendimientos atractivos en forma infinita y es aquí en donde el riesgo se materializa con todo su brutal impacto y consecuencias.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El paso de los tres primeros lustros del presente siglo operó bajo el signo de una transformación múltiple. Los ámbitos económicos y financieros, en el orden nacional e internacional, fueron sometidos a un amplio y profundo cambio.

En el otoño de 2016 ocurrió un evento inesperado. Los electores en los Estados Unidos de Norteamérica dieron la sorpresa y el candidato Republicano fue elegido como el próximo Presidente de Estados Unidos con un discurso populista, contrario al libre comercio y la promesa de deportar a los indocumentados.

Votaciones, Tratado de Libre Comercio, migración, expectativas, nerviosismo, ansiedad, incertidumbre, inestabilidad fueron expresiones muy utilizadas por los analistas económicos en la etapa previa a las elecciones. Una vez realizadas éstas, palabras como *resultado inesperado, pánico, turbulencia, depreciación, desplome, transmisión y contagio* fueron el común denominador de los encabezados en los diarios en el mundo. El efecto se sintió de inmediato.

Como se esperaba, en el mismo tenor en el que fueron descritos ampliamente en el Marco Contextual, el demoledor resultado sumió al mundo en la más completa incertidumbre, con repercusiones económicas y políticas. Los mercados bursátiles se tambalearon y reaccionaron negativamente con la noticia. Cundió el pánico de manera predecible. Fue la manifestación, una vez más, del efecto contagio.

Estos eventos se transmiten internacionalmente a través de los sistemas de comunicación en línea las 24 horas del día, los 365 días del año. El pesimismo, el temor o la euforia se propagan entre países a través de uno de varios canales. Las Bolsas asiáticas, ya en operación al final de la jornada electoral, fueron las primeras receptoras de la noticia y sufrieron un duro golpe con bajadas de hasta del 5.36 por ciento en Japón, Corea 2.25 y Hong Kong alrededor de un 2.16. A Europa le llegó posteriormente la onda de nerviosismo y los principales mercados abrieron con marcada volatilidad: Alemania 2.56%, Francia 2.35% y España 3.82%. Al final de la jornada se recuperaron. El Dow Jones de Wall Street no registró movimientos adversos inmediatos, aunque los futuros fueron suspendidos tras una caída sobre 5 por ciento.

El principal índice de la Bolsa Mexicana de Valores se desplomó 4.57 por ciento, la peor caída desde el 13 de enero de 1999. De las 35 emisoras que componen la muestra 17 registraron caídas superiores a 5 por ciento. Las más afectadas fueron Alsea (restaurantes), Gentera (servicios financieros) y Grupo Carso (controladora de empresas) con pérdidas de 11.65, 10.04 y 9.93 por ciento cada una.

El efecto se vio acentuado por el comportamiento del peso mexicano frente al dólar. La divisa mexicana pasó por una de las peores turbulencias de su historia. Aunque al cierre de las operaciones se ubicó en 18.42 pesos por dólar, la moneda se depreció súbitamente en las siguientes horas. El tipo de cambio en el mercado interbancario, el más usual en el mercado de mayoreo, perdió 8.53 por ciento al día siguiente a la elección. Fue el alza más brusca desde 6 de octubre de 2008, fecha en que la moneda se devaluó 6.87 por ciento¹².

Con una visión retrospectiva, todo lo hasta aquí descrito, parece obvio; el análisis a posteriori reconstruye los hechos de tal modo que el resultado necesario siempre es el ocurrido. Taleb (2010) define estos sucesos como un *Cisne Negro*, evento percibido como altamente improbable con efectos considerables que cuya importancia radica en las consecuencias que se derivaron de él. Los movimientos bursátiles descritos en el Marco Contextual y en los primeros párrafos de este capítulo, caen en esta categoría. Algunos fueron inesperados en el momento en el que se dieron y en la magnitud alcanzada.

Primer problema. La turbulencia en los mercados y los rendimientos atípicos

Para dimensionar el alcance de estas variaciones es pertinente citar a Benoît Mandelbrot (2010) quien describe en su obra el comportamiento, las caídas y los repuntes bruscos de los índices en 1998. Señala que en agosto de ese año el Dow Jones cayó 3.5, 4.4 y 6.8 por ciento. Este último tenía una posibilidad entre 20 millones de que sucediera. “La probabilidad de tres de tales declives en un mismo mes era una posibilidad entre 500,000

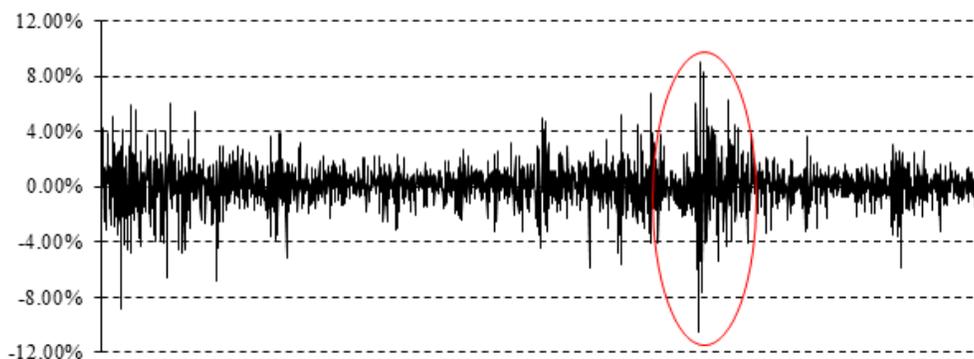
¹² No obstante que en este trabajo se utilizan como sinónimos las palabras *depreciación* y *devaluación*, es importante hacer algunas precisiones:

- En el *Glosario* del Banco de México se define a la *devaluación* como la “reducción del valor de la moneda nacional en relación con las monedas extranjeras”. No hace ninguna referencia sobre el concepto *depreciación*. Sin embargo, diferentes fuentes establecen sutiles diferencias entre ambas.
- El término *depreciación* lo aplican en un esquema de flotación libre del tipo de cambio, donde éste es determinado por la interacción de la oferta y la demanda en el mercado. La *devaluación* lo utilizan en un esquema donde el gobierno fija el tipo de cambio y anuncia que su valor pasará de uno a otro más elevado.

millones. (...) Fue una contingencia improbable, mucho más allá de la expectativa normal de la Bolsa.” (p.28).

De manera similar, en la actividad histórica de la bolsa de valores mexicana se registran eventos anormales. Una muestra son las variaciones en el rendimiento del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) que se aprecian en la figura 3.

Figura 03: Correlograma de los rendimientos del IPC 2000–2012



Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

Un supuesto fundamental es el que establece que los precios siguen un camino aleatorio y se distribuyen de forma normal: numerosos cambios pequeños agrupados en el centro de la campana y pocos cambios grandes en las colas.

Como es conocido, la *Distribución Normal* es una distribución de probabilidad definida por una curva simétrica en forma de campana, determinada por una media y una desviación estándar. La media es el rendimiento promedio y la desviación estándar es la volatilidad. En una distribución normal estándar, caracterizada por una media 0 y una desviación estándar de 1, aproximadamente el 68.3% del área bajo la curva normal se encuentra dentro de $\pm 1\sigma$ respecto a la media; el 95.5% dentro de $\pm 2\sigma$ y el 99.7% dentro de $\pm 3\sigma$. A mayor volatilidad (desviación estándar), mayor riesgo o probabilidad de que un evento se desvíe demasiado de su media. Esta regla es útil para estimar y detectar los valores atípicos (outliers).

En los rendimientos del IPC durante el periodo 2000–2012, en tabla 12, se observan 145 valores atípicos. Sobresale el año 2000 con 34 eventos y 2008 con 23 observaciones anormales. Con la puntuación para cada caída se estimaron las posibilidades de que ocurra

tal acontecimiento según el modelo estándar. Ver la nota metodológica en el Anexo 1. *Regla empírica.*

Tabla 12: IPC_2000–12. Resumen de rendimientos atípicos

(145 eventos > 1.65 sigmas, NC > 95%)
–Ordenado por año (ascendente)–

Fecha	Valores atípicos	Mínimo		Máximo	
		R°	Z	R°	Z
2000	34	-2.26%	1.66	-8.87%	6.64
2001	16	-2.32%	1.71	-6.88%	5.14
2002	8	-2.28%	1.68	-5.23%	3.89
2003	1	-2.27%	1.67	-2.27%	1.67
2004	6	-2.54%	1.87	-3.19%	2.36
2005	5	-2.31%	1.70	-3.25%	2.41
2006	11	-2.35%	1.73	-4.48%	3.33
2007	12	-2.28%	1.68	-5.92%	4.42
2008	23	-2.26%	1.66	-10.52%	7.88
2009	16	-2.26%	1.66	-5.41%	4.04
2010	5	-2.35%	1.73	-3.21%	2.38
2011	7	-2.46%	1.81	-5.87%	4.38
2012	1	-3.24%	2.40	-3.24%	2.40
Suma	145				

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

Destaca, por su magnitud e impacto, el bienio 2007–2008. El problema de la deuda hipotecaria estadounidense se trasmite a la economía real, entrando en una recesión económica lo que obliga a tomar medidas que no logran evitar la caída de la bolsa: el 21 de enero de 2008 se produce un histórico descenso en el índice bursátil del NYSE que se refleja en la Bolsa Mexicana con una baja del rendimiento en la jornada de 4.04%.

A finales de septiembre de 2008, George Bush realiza un plan de rescate de la grave crisis. El plan es rechazado por el congreso lo que origina que las bolsas caigan: el Dow Jones perdió 6.98% (dato al cierre) y la BMV el 6.02% (máximo intradía), una de las peores del año. En octubre de ese año, se registraron en la BMV diez rendimientos negativos atípicos, eventos poco probables por la volatilidad tan alta (no esperada) que rebasan el nivel de confianza de 99% para una sola cola, con valores de probabilidad acumulada por arriba de 2.33 desviaciones estándar respecto a la media.

En la tabla 13 y el gráfico anexo, se representa la frecuencia de cambios en los rendimientos del IPC en valores de z . Un cambio muy grande y poco frecuente corresponde a una barra larga, mientras que los pequeños y comunes están representados por barras cortas.

Tabla 13: Frecuencia de cambios en el R°IPC, en valores de Z

Valores de Z	Frecuencia		%	
	254	254	8	8
grupo < 0	254	254	8	8
grupo ≥ 0 y < 1	2438	2692	72	80
grupo ≥ 1 y < 2	514	3206	15	95
grupo ≥ 2 y < 3	107	3313	3	98
grupo ≥ 3 y < 4	34	3347	1	99
grupo ≥ 4 y < 5	18	3365	1	100
grupo ≥ 5 y < 6	4	3369	0	100
grupo ≥ 6 y < 7	3	3372	0	100
grupo ≥ 7 y < 8	1	3373	0	100
Suma	3373		100	

Fuente: Elaboración propia

Rasgos destacables: la mayoría de cambios (2 692, alrededor del 80 por ciento) se sitúa dentro de una desviación estándar del cambio medio, que es cero. Cerca del 95 por ciento de los cambios está dentro de 2 sigmas, el 98 por ciento dentro de 3 sigmas, y muy pocos valores superan esta magnitud. Las barras son enormes: sesenta están por arriba de la cota de 3 desviaciones estándar entre; 34 entre tres y cuatro sigmas; 18 entre cuatro y cinco sigmas; 4 entre cinco y seis sigmas; 3 entre seis y siete; y hay una en el año 2008 que alcanzó 7.58 sigmas, un evento entre 10^{15} . “Una probabilidad tan minúscula que las tablas de la distribución gaussiana estándar ni siquiera contempla. En otras palabras, virtualmente imposible. Pero ahí está”. (Mandelbrot, 2010, p.109)

Considerando que cada cambio de los rendimientos del IPC se mide por el número de desviaciones estándar (valores de z) que se aparta del promedio, observe en la segunda columna de la tabla 14 la frecuencia con la que se podría esperar el acontecimiento de un evento atípico.¹³

¹³ Evidentemente el resultado obtenido es altamente sensible al número de decimales con la que se calcula, el valor de z para una o dos colas, los días del año (365 en este caso), etcétera.

Tabla 14: IPC_Oct2008. Rendimientos atípicos (10 eventos > 2.33 sigmas, NC > 99%)

-Ordenado por el valor de Z-

Fecha	R°Ipc	Z	NC (%) (1 cola)	% fuera del NC (α)	Eventos esperados fuera del NC
08/10/08	-3.51%	2.60	99.53%	0.47%	1 en 213 días (7 meses)
03/10/08	-3.78%	2.80	99.74%	0.26%	1 en 385 días (1 año)
16/10/08	-3.91%	2.90	99.81%	0.19%	1 en 526 días (1.5 años)
06/11/08	-4.12%	3.06	99.89%	0.11%	1 en 909 días (2.5 años)
15/10/08	-5.00%	3.73	99.99%	0.01%	1 en 10,000 días (27 años)
24/10/08	-5.39%	4.02	99.997%	0.003%	1 en 33,333 días (91 años)
10/10/08	-5.46%	4.07	99.998%	0.002%	1 en 50,000 días (137 años)
23/10/08	-5.95%	4.44	99.9996%	0.0004%	1 en 250,000 días (685 años)
22/10/08	-7.69%	5.75	99.999996%	0.000004%	1 en 684,931 años
06/10/08	-10.52%	7.88	99.999999999998%	0.000000000002%	1 en 1.4 billones de años

Fuente: Elaboración propia

La presencia de esos eventos tan importantes en un periodo tan corto se considera, probabilísticamente hablando, como sucesos, casi imposibles. “Lo cierto es que lo aparentemente improbable sucede cada dos por tres en los mercados financieros” (Mandelbrot, 2010, p.28). En este contexto, el mercado mexicano, el 6 de octubre de 2008, sufrió su peor registro intradía desde el año 2000. El IPC descendió 10.52%. En tres semanas (del 6 al 24 de octubre de 2008) se presentaron seis caídas mayores a 5.0 por ciento, 3.7 a 7.9 desviaciones estándar respecto a la media. Una secuencia de acontecimientos tan improbables podía considerarse imposible. “Aunque las grandes desviaciones impredecibles son raras, no se pueden ignorar como rarezas porque, acumulativamente, su impacto es grande (...) cuanto más raro es el suceso, mayor será el error en nuestra estimación de su probabilidad” (Taleb, 2010, p.325).

Estos resultados no dejan de llamar la atención, sobre todo si consideramos la postura que asumen Mandelbrot y Taleb quienes lideran una corriente de pensamiento con severa crítica al modelo gaussiano. Plantean en sus trabajos que los precios no se ajustan a la campana de Gauss y que el modelo estándar no describe correctamente el comportamiento general del mercado.

Uno de los aspectos que peor se entienden de la campana de Gauss es su fragilidad y vulnerabilidad en la estimación de los sucesos cola. Las probabilidades de un movimiento de sigma 4 son el doble de las de una sigma 4.15. Las probabilidades de uno de sigma 20 son un billón de veces superiores a los de uno de sigma 21. Esto significa que un pequeño error en la medición de sigma llevará a una subestimación masiva de la probabilidad. Sobre algunos sucesos podemos errar un billón de veces. (Taleb, 2010, p.320).

Para este autor, el suceso raro equivale a la incertidumbre, por eso es importante considerar los extremos y sus efectos. Los eventos bursátiles ampliamente descritos en este trabajo entran en esta categoría.

Segundo problema. La globalización crea una fragilidad entrelazada

Cuando se producen las crisis el resultado es un verdadero colapso de los mercados de capitales, cambiarios, bancarios, etcétera, en un alto número de países a la vez. Por los vasos comunicantes, por la revelación de alguna noticia importante, por el pánico que genera por la revelación de alguna noticia importante y la consecuente propagación, cuando cae uno, caen todos. Si colapsa un mercado periférico de primer orden, es probable que estalle una crisis sistémica.

“Una forma de describir la complejísima telaraña de relaciones que existe entre los centros financieros contemporáneos consiste en visualizarlos como una pequeña galaxia de soles y planetas” (Marichal, 2010, p.275). Kindleberger (2012), haciendo referencia al sol y a la luna asienta que “el problema inicia en un país, que generalmente suele ser grande, y luego se ‘refleja’ sobre los demás mercados por los vínculos entre éstos” (Psn 630). Así, la metáfora del sistema gravitacional puede extenderse al ámbito financiero.

Para ello, se aplican algunos principios de la ley de la gravitación universal de Newton, en particular los relativos al movimiento de los cuerpos. Se hace una analogía para determinar la masa financiera que permita medir “interacción gravitacional” y explorar, de esta manera, la correlación de los mercados de valores.

Leonard Mlodinow (2010) cita a Adolphe Quetelet¹⁴ (1796-1874) quien pensaba que «el hombre nace, crece y se muere según determinadas leyes» y esas leyes «nunca se han estudiado»; y abunda:

Newton se convirtió en el padre de la física moderna reconociendo y formulando un conjunto de leyes universales. Modelándose a sí mismo tras Newton, Quetelet deseaba crear una nueva «física social» describiendo las leyes del comportamiento humano. En la analogía de Quetelet, igual que un objeto, si no se toca, sigue en su estado de movimiento, así sucede con el comportamiento colectivo de las personas; si las condiciones sociales se mantienen

¹⁴ Adolphe Quetelet (1796-1874), reconocido como uno de los padres de la Estadística moderna. Aplicó el método estadístico al estudio de la sociología. Destaca su libro, escrito en 1835, titulado “Sobre el hombre y el desarrollo de las facultades humanas: Ensayo sobre física social”.

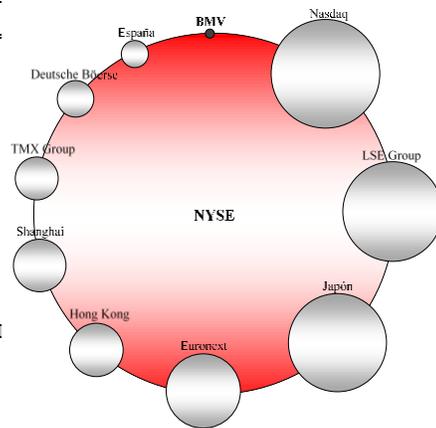
inalteradas, se mantiene constante. Y así como Newton describió cómo las fuerzas físicas desvían un objeto de su trayectoria recta, Quetelet buscaba que las leyes del comportamiento humano describiesen cómo las fuerzas sociales transforman las características de la sociedad.

Yang (2009), en su trabajo de tesis, apunta que en diversos estudios se han aplicado variables de tipo económico a la ley de la gravitación universal de Newton para modelar el flujo de comercio entre dos países en función del tamaño de su economía y la distancia entre ellos. Sostiene que, probablemente, se dará una relación de negocio más intensa entre las grandes economías si están cerca una de otra.

En el *Marco contextual* referí que el New York Stock Exchange (NYSE) es la mayor bolsa del mundo por el nivel de capitalización de mercado. Para 2015, su valor fue superior a 227.3 billones de USD, 26.5 por ciento del total (ver *Capitalización de Mercado 2015* en tabla 02). La Bolsa Mexicana de Valores ocupa el puesto 24 con una participación relativa de 0.7 por ciento. Tomando como base al NYSE, la proporción –o escala– del tamaño de los mercados se aprecia en la tabla 15.

Tabla 15: Proporción/escala de los mercados bursátiles

Posición	Bolsa	Escala	Peso
1	NYSE	10.0	100.0%
2	Nasdaq – US	3.01	30.1%
3	LSE Group	2.76	27.6%
4	Japan Exchange Group	2.72	27.2%
5	Euronext	2.06	20.6%
6	Hong Kong Exchange	1.48	14.8%
7	Shanghái Stock Exchange	1.46	14.6%
8	TMX Group	1.19	11.9%
9	Deutsche Börse	1.01	10.1%
17	BME Spanish Exchange	0.75	7.5%
24	Mexican Exchange	0.25	2.5%
50	Athens Stock Exchange	0.07	0.7%



Fuente: Elaboración propia con información de la WFE

La figura da una idea de la dimensión de los mercados financieros en donde el estadounidense es, por sí solo, mayor que todos los demás mercados de capitales del mundo juntos. El valor de capitalización es, casi, el triple de Nasdaq, segundo mercado mundial y, poco más de 40 veces al mercado mexicano que ocupa el lugar vigésimo cuarto en el concierto mundial. Estos valores se consignan en la tabla 16.

Tabla 16: Veces que cubre el NYSE a las Bolsas en estudio

–Promedio del valor de capitalización anuales (2003-2016)–

Bolsa	Promedio ¹⁵	Cobertura
Nyse	169 079 879.9	1.0 a 1
Nasdaq - US	51 326 422.0	3.3 a 1
Japan	46 017 385.6	3.7 a 1
Euronext	34 807 176.0	4.9 a 1
HongKong	25 073 883.8	6.7 a 1
Shanghai SE	24 904 160.6	6.8 a 1
TmxGroup	20 118 472.7	8.4 a 1
DeutscheBörse	17 035 352.0	9.9 a 1
ShenzhenSE	12 619 403.9	13.4 a 1
BME Spanish	12 509 850.8	13.5 a 1
BMV México	4 183 307.4	40.4 a 1
AthensSE	1 204 067.3	140.4 a 1

Fuente: Elaboración propia con información de la WFE

La representación de las bolsas de valores como un sistema planetario en torno al sol, genera una idea del tamaño de cada mercado que guía el análisis. Pero, de acuerdo a Mlodinow (2010), creer que existe una física bursátil es una cosa, y definirla es otra. Ver nota metodológica en Anexo 2. *Tamaño del mercado*.

El simple hecho de identificar las fuerzas implicadas contempladas en las leyes de Newton proporciona una descripción útil de lo que sucede en estos mercados.

$$F_{BMV} = \frac{m_{Nyse}m_{BMV}}{r^2} G$$

donde

- m_1 = La masa del mercado 1, NYSE en este caso
- m_2 = La masa del mercado 2, BMV en este caso
- R = Distancia (en minutos)
- G = Constante de gravitación universal

Glasserman y Young (2016) tratan el tema de la interconexión del sistema financiero moderno y la medida en que contribuye a la fragilidad sistémica. Las conexiones de red diversifican la exposición al riesgo de las empresas, pero también crean canales a través de los cuales los shocks pueden propagarse por contagio.

¹⁵ Es el promedio aritmético de los valores de capitalización anuales (2003-2016) de cada Bolsa en estudio. El valor anual se determinó a partir de la suma mensual (ene-dic) de cada año.

Tercer problema. La psicología individual y colectiva: el contagio de la desconfianza

Las crisis descritas en el Marco Contextual describen de manera dramática la fragilidad de los mercados en la que la psicología individual y colectiva, el contagio de la desconfianza en los mercados de los actores financieros tiene un papel preponderante.

Autores como Charles Kindleberger propusieron teorías detalladas sobre el impacto de cambios en la psicología colectiva de los inversores al pasar de la euforia más absoluta en los mercados al pesimismo más negro en determinadas coyunturas. Este enfoque ha sido recogido recientemente por los economistas George Akerlof y Robert Shiller en su libro titulado *Animal Spirits* (2009) que analiza el impacto de la psicología de los inversores en relación con la globalización de los mercados. (Marichalar, 2010, p.29).

Estos planteamientos, conjuntamente con la Hipótesis del Mercado Eficiente entre otros, se tratan detenidamente en el Marco Teórico.

2.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

De la descripción de la problemática se desprenden tres líneas que son el eje rector para el planteamiento de los objetivos, de las preguntas de investigación y de las hipótesis de trabajo. Estas son: los eventos atípicos, la interacción de los mercados y la psicología colectiva.

Objetivo general

Modelar los índices bursátiles seleccionados de las regiones de Asia-Pacífico, Europa y América para analizar y concluir si las ventanas de alta volatilidad explican el comportamiento atípico de los precios y de los rendimientos de la Bolsa Mexicana de Valores y de sus principales emisoras por el efecto transmisión, particularmente de la Bolsa de Valores de Nueva York.

Objetivos específicos

- Analizar las relaciones entre los precios y los rendimientos de los índices seleccionados y verificar el cumplimiento del supuesto de independencia de los cambios de precios de los índices en periodos de alta volatilidad.

- Analizar las relaciones los mercados bursátiles en función del tamaño. Particularmente, determinar si el NYSE tienen una influencia importante en el comportamiento de la BMV dadas sus asimetrías.
- Analizar la volatilidad y el contagio en los índices como reacción a la incertidumbre y nerviosismo y posible pánico ante la divulgación un evento relevante.
- Desarrollar un instrumento de sensibilidad (*qué pasa si...*), una suerte de sistema de alerta temprana, que coadyuve, desde la perspectiva del inversionista, a modelar el comportamiento de la volatilidad para generar escenarios y ventanas de riesgos que afectan la rentabilidad de las emisoras, sobre todo en circunstancias críticas.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Se busca que el estudio que sea conveniente por su relevancia social además del valor que pueda tener para algunos problemas en relación al binomio rentabilidad-riesgo. También se busca explorar el valor teórico que permita conocer en mayor medida el comportamiento y relación de las variables consideradas en el modelo, así como en el contagio entre mercados lo que permitirá sugerir ideas y recomendaciones o hipótesis para futuros estudios. Estos son los criterios enmarcan el valor potencial de la investigación.

La esperanza de vida y las decisiones económicas

De acuerdo a la Encuesta Intercensal 2015, realizada por el INEGI¹⁶, la población en México supera los 119 millones de habitantes. Nuestro país está entre los once más poblados del mundo. Por grupo de edad, la población menor de 15 años representa 27% del total, mientras que el grupo de 15 a 64 años, constituye 65% y la población en edad avanzada representa el 7.2 por ciento. Este grupo, en los próximos años, crecerá a una velocidad mayor; lo mismo sucederá con la caída de la población en edad productiva, de 20 a 64 años

México se está volviéndose un país de personas mayores. La esperanza de vida ha aumentado considerablemente, en 2015 era de 78 años para las mujeres y 72 años para los hombres. Para ese año, los adultos mayores eran el 7.2%, 8.5 millones de habitantes. Para 2025 se estima que aumentará a 17.2 millones y, en 2050 los cálculos rebasan 150 millones

¹⁶ <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/esperanza.aspx?tema=P>

de mexicanos con una esperanza de vida promedio de 79.4 años. Las personas de la tercera edad serán 32.4 millones, respectivamente.

En nuestro país, 1 adulto mayor por cada 10 en edad laboral tiene dependencia económica. El gran problema es la situación económica y de seguridad social de nuestros adultos mayores. Sólo una cuarta parte cuenta con una pensión, el resto no cuenta con la prestación. El 52 por ciento de quienes si la reciben no les alcanza para cubrir sus necesidades básicas.

¿Por qué son importantes estos datos?

Este avance tiene implicaciones desde el punto de las finanzas personales para cubrir necesidades básicas en la tercera edad. La mayoría de las personas mayores que no tienen ingresos garantizados se ven obligadas a seguir trabajando, a menudo en condiciones de precariedad y con bajos salarios.

El crecimiento demográfico de la población envejecida tiene efectos económicos, de salud y sociales. Difícilmente los ahorros, en caso de haberlos, van a garantizar un nivel de vida cercano al salario alcanzado en la etapa previa al retiro.¹⁷ Esto es motivo de preocupación.

En el mundo real, el problema económico básico es la insuficiencia de bienes para satisfacer todas las necesidades de los individuos: la satisfacción de las necesidades básicas fundamentales, esenciales para la vida, como la alimentación, salud, vivienda, educación, vestuario, además del acceso a la recreación, entre otras, que aumentan el bienestar del individuo y promueven el desarrollo integral de las personas.

Dada la restricción de escasez de recursos, la prioridad intrínseca en la toma de decisiones económicas de cada persona es –o debería ser– la productividad de los recursos, bienes o servicios, para su bienestar presente y futuro. La escasez obliga a priorizar las necesidades.

¹⁷ La brecha pensional es un fenómeno que consiste en la diferencia existente entre el monto ahorrado para la pensión y el exigido para obtenerla; o, vista de otra forma, entre el capital ahorrado y la expectativa de al menos conservar el nivel de vida de cuando se devengaba.

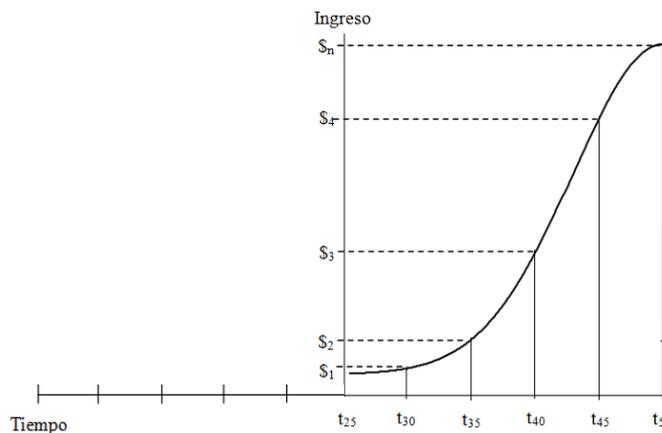
El ciclo de vida productiva. Ingreso y ahorro

Es por ello que debemos esforzarnos en poder constituir nuestra pensión o un ahorro voluntario adicional a la misma que utilizaremos más adelante. Se estima que, en el caso de México, sería necesario ahorrar al menos 15 por ciento del salario para consolidar un patrimonio que garantice la solvencia económica.

Planteo el ciclo de vida de una persona económicamente activa en tres fases. En la primera el ingreso de un individuo es nulo; sin embargo, tiene consumos por alimentación, salud, vivienda, escuela, etcétera, financiados por transferencias de diversas fuentes: presupuesto familiar, becas, o servicios asistenciales, entre otros. La capacidad de ahorro es nula.

En la segunda fase, con la conclusión de los estudios y la integración al mercado laboral, la gente empieza a generar ingresos, los cuales aumentan conforme se acumula experiencia y se mejora el desempeño profesional. Es la etapa de construcción del patrimonio familiar y de la generación del ahorro para el retiro. El ahorro es un consumo diferido. Ver figura 04.

Figura 04: Ciclo de vida productiva



Fuente: Elaboración propia

Se ¿alcanza? el cenit del desarrollo alrededor de los 50 años (depende de...). Evidentemente, la pendiente del ingreso no es la misma para todas las personas. No siempre se logra el mismo desarrollo y, por ende, el nivel de ingreso (y ahorro) deseado, innumerables factores influyen en ello. El abismo entre ricos y pobres siempre ha formado parte de la condición humana, Wilfredo Pareto resolvió medirlo.

Según la estrategia que se tenga respecto a la exposición al riesgo, puede parecer atinado establecer estructuras de activos que apuesten a la volatilidad dado que existen tipos

de activo cuyo valor aumenta con incrementos de la volatilidad y otros cuyo valor aumenta con reducciones de la volatilidad.

La tercera etapa. En el siguiente tercio de vida (50 a 75 años) empieza el declive laboral, intelectual y físico, con una caída drástica en el ingreso e importantes cambios en el patrón de consumo, se orienta, principalmente a medicinas y honorarios médicos. La capacidad de ahorro se vuelve nula o es escasa. Se empieza a utilizar estos recursos para compensar la caída del ingreso. Recordar que definimos al ahorro como un consumo diferido en el tiempo: ¡llegó el momento!

Es deseable que, en caso de haber tenido el tino de ahorrar, que la tasa de rendimiento obtenida en el instrumento seleccionado¹⁸ haya compensado la inflación y nos permita mantener el poder adquisitivo de nuestro dinero para cubrir correctamente nuestro presupuesto de consumo característico de la tercera edad. Para lograrlo se requiere una adecuada planeación financiera que incluya la depreciación del dinero.

Una inflación alta y volátil funciona como un impuesto regresivo pues hace que el precio de los bienes y servicios se incremente, o que el valor del dinero disminuya, lo que afecta el poder adquisitivo de las personas. Este tipo de impuestos tiende a reducir los horizontes de planeación de los agentes económicos. Ello afecta las decisiones de largo plazo, primordialmente las de ahorro e inversión. La inflación es un impuesto injusto que afecta a todos y debe ser considerada como una variable básica en el manejo de la economía personal (Banxico, 2016).

Maximizar el rendimiento y minimizar el riesgo inherente

Las finanzas estudian la manera en que los recursos escasos se asignan a través del tiempo para maximizar el rendimiento del inversionista y minimizar el riesgo inherente,

¹⁸ A manera de ejemplo:

- En mercado de deuda, de bajo riesgo, los *Cetes*. Certificados de la Tesorería de la Federación. Títulos de crédito al portador emitidos y liquidados por el Gobierno Federal a su vencimiento. Estos títulos pertenecen a la familia de los bonos cupón cero, esto es, se comercializan a descuento (por debajo de su valor nominal). Ver <http://www.cetesdirecto.com/servlet/cetes/inicio>.
- En mercado de capitales, con riesgo, el *Naftac*. Certificado de Participación Ordinaria (CPO) emitido por Nacional Financiera (Nafinsa) indexado al Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores por lo que replica la estructura (cantidad y proporción de acciones) y su comportamiento; con una sola operación se puede tener acceso a las 35 acciones más importantes del mercado mexicano. El instrumento confiere a sus tenedores, pequeños inversionistas, el derecho a una parte alícuota de un portafolio de acciones fideicomitadas. Ver la composición de la muestra en <http://www.bmv.com.mx/es/indices/principales/>.

definido como la volatilidad de los flujos financieros no esperados. La volatilidad afecta a todas las entidades económicas –desde los hogares, pasando por las empresas, hasta los países– ya que los riesgos financieros¹⁹ están relacionados con las posibles pérdidas en los mercados correspondientes. Los movimientos en las variables financieras, tales como las tasas de interés y el tipo de cambio, los precios de las acciones y de los commodities, constituyen una fuente importante de riesgos. (Jorion, 2010).

Un entendimiento cabal del tema permite estar en condiciones de planear adecuadamente la forma de anticiparse a posibles resultados adversos y sus consecuencias. Este es el campo de uno de mis intereses académicos mediante el cual se identifica, se mide y se controla la exposición al riesgo. Los bandazos financieros y la problemática descrita invitan a su estudio y a un mejor entendimiento del comportamiento de los mercados.

La aversión al riesgo (o el umbral del dolor)

Mención especial, en la justificación este trabajo de grado, está el concepto de aversión al riesgo. De los siguientes párrafos se puede desprender otra línea de investigación en trabajos futuro en el marco de las contribuciones de Kahneman y Tversky, *teoría prospectiva*, y otros autores sobre el comportamiento individual ante situaciones de peligro en que hay posibilidades de ganar o perder. Se amplían estos conceptos más adelante. Ver el apartado 3.2. *Consideraciones teóricas*. Corrientes académicas en el marco de las finanzas conductistas.

El Banco de México define al *riesgo* como la posibilidad de “que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los participantes en los mercados financieros, como pueden ser inversionistas, deudores o entidades financieras. (...) es producto de la incertidumbre que existe sobre el valor de los activos financieros”.

La *aversión al riesgo* es un concepto relacionado con el comportamiento de las personas, como la preferencia de aceptar una oferta con un cierto grado de riesgo antes que otra con algo más de riesgo, pero con mayor rentabilidad. La gente tiene que tomar decisiones

¹⁹ Los riesgos financieros se clasifican, principalmente, en riesgo de mercado, riesgo crédito, riesgos de liquidez, riesgo operacional y riesgo legal. Este trabajo centra en el riesgo de mercado que se deriva de cambios (o volatilidades) en los precios de los activos y pasivos financieros y se mide a través de los cambios en el valor.

sobre cómo enfrentarse a riesgos cada día. Medir la intensidad del riesgo y la aversión al mismo es una tarea difícil. Es una situación subjetiva que cambia en cada personal.

Este importante tema ha despertado el interés de diversos investigadores como Sarin y Wieland (2016) quienes concluyen que las mujeres muestran una mayor aversión al riesgo que los hombres; o el trabajo de Meyer y Meyer (2006) quienes hacen una medición de la aversión al riesgo y una escala de ajuste al comparar ésta en su conjunto más que como partes individuales; y, Thomas (2016) quien en un análisis dimensional muestra que la aversión al riesgo es una función de tres variables particulares a la decisión y un conjunto de rasgos de carácter adimensional, identificados más tarde como la limitación de la renuencia a invertir y el umbral inferior de la aversión al riesgo.

Dado que la aversión al riesgo es una experiencia personal, es imposible conocer con precisión el grado de rechazo que experimenta otra persona. Como analogía con el dolor, refiero a Serrano-Atero, Caballero, Cañas, García-Saura y Serrano-Álvarez (2002) quienes afirman que²⁰:

La tolerancia al dolor, esencialmente, es el umbral más alto del dolor experimental, y se refiere al punto en que el individuo no está dispuesto a aceptar el estímulo nocivo a una magnitud mayor o durante más tiempo, expresando su deseo de abandonar el experimento. Este parámetro depende en mayor medida de factores de índole psicológica. El umbral de dolor es muy subjetivo (p.57).

Atendiendo a los estudios citados en este apartado, podemos concluir que existen múltiples factores que a través del estado de ánimo de los inversores inciden en su grado de aversión al riesgo –y, por tanto, en sus decisiones de inversión–, lo que afecta la evolución de los índices bursátiles. A partir de que el estado de ánimo de los inversores afecta a los

²⁰ El dolor es un estado emocional y corporal en el cual sólo la persona siente su intensidad lo que hace muy difícil determinar con precisión el grado del mismo. Se han ideado numerosos métodos, subjetivos todos, para cuantificar la percepción del dolor por parte del paciente. Se valora exclusivamente su intensidad. Un parámetro para medir la respuesta dolorosa es el *umbral del dolor* definido como la intensidad mínima de un estímulo que despierta la sensación de dolor. Puede variar significativamente dependiendo de cada individuo.

Una escala de valoración del dolor (existen otras) es la Escala Numérica con valores de 0 a 10, donde 0 es la ausencia y 10 la máxima intensidad. Es una medida de tipo *ordinal* que, al asignar un número el paciente, permite *ordenar* según la cantidad de dolor que tiene. Sin embargo, no es posible afirmar nada acerca de la magnitud de la diferencia existente entre dos sujetos medidos.

mercados financieros, el reto que surge es cómo medir ese estado de ánimo y relacionarlo con los mercados. (Gómez-Martínez, 2013).

2.4. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

Hemos visto que todos los eventos relevantes –endógenos y exógenos– que puedan afectar el desempeño de las emisoras de una bolsa de valores, y una vez dada a conocer la noticia a la masa inversionistas, el efecto se refleja de inmediato en los mercados de valores nacional e internacional. Los pisos se tambalean y se reacciona negativamente, cundiendo el pánico rápidamente como manifestación del efecto contagio.

Toda vez que nos encontramos con acontecimientos poco probables y de efectos importantes, se proponen –como elemento central del trabajo– tres preguntas derivadas del problema de investigación y de los correspondientes objetivos, lo que coadyuvará a plantear las hipótesis de trabajo y sugerir actividades pertinentes para la investigación.

- ¿Se cumple la asunción cardinal del movimiento browniano referente a la independencia de los cambios de precios de los índices bursátiles en ventanas de tiempo de alta volatilidad?
- ¿Cuál es grado de relación entre dimensiones de los mercados en estudio?
- ¿Cuál es el punto de inflexión en la tendencia de los precios que indique el inicio de un escenario no deseado y su propagación.

2.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES

Hipótesis de investigación

Surgido el problema, el paso siguiente consiste en aventurar algún tipo de solución al mismo en forma de afirmación verificable, empíricamente contrastable en la que se establece de forma operativa el comportamiento de las variables involucradas en el problema recibe el nombre de hipótesis científica. (Kerlinger y Lee, 2002)

Las hipótesis de que dirigen el trabajo de investigación son las siguientes:

- Pregunta 1 ¿Se cumple la asunción cardinal del movimiento browniano referente a la independencia de los cambios de precios de los índices bursátiles en ventanas de tiempo de alta volatilidad?

Hipótesis (H₁) En periodos de volatilidad atípica, los cambios de precios pasados no influyen en los actuales.

Pregunta 2 ¿Cuál es grado de relación entre dimensiones de los mercados en estudio?

Hipótesis (H₂) La fuerza de la relación de los índices está en función del tamaño de los mercados, así como del huso horario de operación (GMT).

Pregunta 3 ¿Cuál es el punto de inflexión en la tendencia de los precios que indica el inicio de un escenario no deseado y su propagación?

Hipótesis (H₃) Las grandes noticias causan grandes movimientos en el mercado; y esos movimientos se concentran en pequeños periodos de tiempo.

Constructos

Kerlinger (2002), citado por Hernández (2014), proporciona un interesante concepto del término *teoría* al definirla como “...un conjunto de constructos (conceptos), definiciones y proposiciones relacionadas entre ellos, que presentan un punto de vista sistemático de fenómenos especificando relaciones entre variables, con el objeto de explicar y predecir los fenómenos”.

Es oportuno considerar que las variables adquieren valor para la investigación cuando pueden formar parte de una hipótesis o una teoría.

Así, en la tabla 17 se proponen los constructos (variables) que tienen lugar dentro de las consideraciones teóricas seguido y el proceso de validación del mismo estará vinculado al mismo.

Tabla 17: Constructos dentro de la hipótesis de los mercados eficientes

Constructos	Definiciones	
	Constitutivas ²¹	Operativas ²²
Rendimiento financiero ²³	Es el cambio relativo en el precio de las acciones al inicio y al final del periodo. Se supone que los rendimientos siguen una distribución normal, por lo cual podemos asumir que éstos pueden ser caracterizados por dos parámetros: el rendimiento medio (μ) y la volatilidad del activo (σ), que definirán la distribución.	Se calcula en forma <i>continua</i> (log precios) dado que tienen propiedades estadísticas atractivas a través del uso de logaritmos al permitir que la curva se “suavice” (quitar crestas y valles) y por lo tanto la curva será más representativa sobre el comportamiento de los índices bursátiles. A esta forma de cálculo de los rendimientos, para uno o más días, se conoce como <i>agregación temporal</i> .
Riesgo financiero	Es la probabilidad de obtener rendimientos distintos, menores, a los esperados y se representa a través de la dispersión (<i>volatilidad</i>) de los rendimientos de un activo alrededor de su media.	La volatilidad es la desviación estándar ²⁴ del cambio en el valor de un instrumento financiero en un horizonte de tiempo determinado; se utiliza para cuantificar el riesgo del instrumento. Igual que el Rendimiento, <i>Riesgo</i> es una variable continua.
Valores atípicos (outlier)	Es una observación que es numéricamente distante del resto de los datos debido a posibles errores, valores extremos, variabilidad no esperada ²⁵ , etc.	Estudiar con mayor precisión la forma y otras características de una distribución además de contrastar dos de los supuestos en que se basan muchas de las técnicas de análisis: normalidad y homogeneidad de varianzas.
Tamaño de mercado	Se refiere a la <i>dimensión</i> o <i>peso</i> de los mercados en estudio y su fuerza de “atracción”	Se aplican algunos principios de la ley de la gravitación universal de Newton, en particular los relativos al movimiento de los cuerpos. Se hace una analogía para determinar la masa financiera que permita medir “interacción gravitacional” y explorar, de esta manera, la correlación de los mercados de valores.
Contagio financiero	La llamada teoría del contagio se aplica a situaciones en las que desequilibrios, económicos o financieros, originados en un	Cómo se manifiestan estadísticamente los cambios de precio entre mercados como

²¹ Una definición *constitutiva* define un constructo usando otros constructos (definir peso diciendo que es la “pesadez” de los objetos). Todos los constructos deben poseer significado constitutivo, es decir, poder ser usados en teorías. (Kerlinger (2002).

²² Las definiciones operativas dan un significado empírico a las definiciones constitutivas (a un constructo o variable) al especificar los medios con los cuales se valorará en realidad el concepto o constructo concreto, las definiciones operativas especifican los procedimientos con los que el concepto se va a medir o manipular. (Kerlinger (2002).

²³ Es importante destacar que a lo largo de la tesis utilizo el término de *Rendimiento* como sinónimo del concepto de *Rentabilidad* plasmado en el título de la tesis. En el análisis financiero la razón de rentabilidad se explica ampliamente a través de la llamada *Ecuación DuPont*, índice desarrollado en 1921 por Donaldson Brown, directivo financiero de la DuPont y de la General Motors Corporation (GM), como una forma de medir el desempeño y la *rentabilidad* de la empresa a través del *retorno de la inversión*. De acuerdo a Gitman (2016) la ecuación se utiliza para analizar los estados financieros de la empresa y valorar su condición financiera. Reúne el estado de pérdidas y ganancias y el balance general en dos medidas de rentabilidad: el *Rendimiento sobre los Activos Totales*, (ROA, por sus siglas en inglés, Return on Total Assets) y el *Retorno sobre el Patrimonio* (ROE por sus siglas en inglés, Return on Common Equity).

²⁴ Al evaluar un solo activo se utiliza la desviación estándar. Al evaluar un portafolio se utiliza el análisis de varianza-covarianza.

²⁵ La variabilidad no esperada se refiere al hecho de encontrar demasiados casos en una de las dos colas de la distribución o demasiada concentración en torno a determinado valor.

Constructos	Definiciones	
	Constitutivas ²¹	Operativas ²²
	país, traspasan las fronteras e impactan con mayor o menor intensidad a otros mercados. Es la transmisión de perturbaciones –volatilidad– entre los mercados de valores de un país a otro en momentos de desequilibrio o crisis bursátil.	reacción a las noticias relevantes. Las noticias contribuyen a la evolución de los precios

Fuente: Elaboración propia

Al partir de los conceptos y los constructos se proponen un grupo de variables base (tabla 18) con las cuales se establecen los límites en el rango de valores que toman las mediciones.

Tabla 18: Índices bursátiles en estudio

Región	País	Sede	Índice
América	EE. UU.	New York	DJIA
América	México	CdMx	IPC
Europa	Alemania	Fráncfort	Dax
Europa	España	Madrid	Ibex 35
Europa	Reino Unido	Londres	Ftse 100
Asia-Pacífico	Japón	Tokio	Nikke 225
Asia-Pacífico	China	Shanghái	SSE Composite

Fuente: Elaboración propia

Hipótesis nulas, alternativas y estadísticas

A efecto de contrastar o verificar posteriormente las hipótesis de investigación, transformamos éstas en *hipótesis estadística* en términos de la forma de varias distribuciones poblacionales, o en términos del valor de uno o más parámetros de esas distribuciones como, tal como se detalla en la sección 5.2. *Población y muestra*.

Hipótesis de investigación I

Descripción	En periodos de volatilidad atípica, los cambios de precios pasados no influyen en los actuales.
VARIABLES	Índices bursátiles de las Bolsas en estudio: Djia (EE. UU.), Ipc (México), Dax (Alemania), Ibex 35 (España), Ftse 100 (Reino Unido), Nikke 225 (Japón) y SSE Composite (China).

Hipótesis estadística Una suposición fundamental en el cambio de precios es la *Independencia estadística*: los cambios de precios anteriores no influyen en los actuales. Esto significa que cualquier información que pueda servir para predecir el precio de mañana está contenida en el precio de hoy.²⁶

La hipótesis nula estriba en que los errores están correlacionados en serie frente a la alternativa de que siguen un proceso de primer orden autorregresivo.

Hipótesis nula (H_0) $H_0: DW \geq 1.5$ y ≤ 2.5

Hipótesis alternativa (H_A) $H_A: DW < 1.5$ o > 2.5

El estadístico de Durbin-Watson (DW) proporciona información sobre el grado de independencia existente entre los residuos. Puede asumirse que los residuos son independientes cuando *el estadístico DW* toma valores entre 1.5 y 2.5.

Hipótesis de investigación II

Descripción La fuerza de la relación de los índices está en función del tamaño de los mercados, así como del huso horario de operación (GMT).

VARIABLES

- Dimensión (peso) de los mercados en estudio. Ver la nota metodológica en el Anexo 2. *Tamaño del mercado*.
- Índices bursátiles de las Bolsas en estudio: Djia (EE. UU.), Ipc (México), Dax (Alemania), Ibex 35 (España), Ftse 100 (Reino Unido), Nikke 225 (Japón) y Sse Composite (China).

²⁶ Los residuos son independientes entre sí, es decir, los residuos constituyen una variable aleatoria (los residuos son las diferencias entre los valores observados y los pronosticados). Los supuestos de independencia, homocedasticidad y normalidad, están estrechamente asociados al comportamiento de los residuos.

Hipótesis estadística Los rendimientos de los diferentes mercados no están correlacionados El modelo clásico de regresión lineal supone que los rendimientos están normalmente distribuidos y, para dos variables normalmente distribuidas, una correlación cero significa independencia entre las dos variables.

Hipótesis nula (H_0) $H_0: \rho_{xy} = 0$

Hipótesis alternativa (H_A) $H_A: \rho_{xy} \neq 0$

El objetivo del coeficiente es medir la *fuerza* o el *grado de asociación lineal* entre dos variables. El coeficiente de correlación (r) puede asumir cualquier valor entre -1 y $+1$ indicando el signo el sentido de la relación.

De hecho, la hipótesis alternativa es de interés para este estudio en valores significativamente diferentes a cero: mayores o menores a 0.5 mayores. Ver la tabla 30: *Clasificación del coeficiente de correlación de Pearson*.

Hipótesis de investigación III

Descripción Las grandes noticias causan grandes movimientos en el mercado y esos movimientos se concentran en pequeños lapsos de tiempo

VARIABLES

- Eventos (noticias) relevantes representada como una variable binaria. Ver la nota metodológica en el Anexo 5. *Determinación de la variable dicotómica*.
- Índices bursátiles de las Bolsas en estudio: Djia (EE. UU.), Ipc (México), Dax (Alemania), Ibex 35 (España), Ftse 100 (Reino Unido), Nikke 225 (Japón) y Sse Composite (China).

Hipótesis estadística Se parte de la hipótesis nula de que los coeficientes de regresión valen cero en la población y, por consecuencia, la variable en cuestión no es relevante en la ecuación de regresión, no contribuye de forma significativa a explicar lo que ocurre con los rendimientos del IPC.

Hipótesis nula
(H_0)

$$H_0: \beta = 0$$

Hipótesis
alternativa
(H_A)

$$H_A: \beta \neq 0$$

Para verificar la capacidad predictiva del modelo de regresión lineal se utiliza la prueba F y la t de Student, prueba no paramétrica, para medir los cambios de rendimiento y comprobar el supuesto sobre la independencia de los precios. El análisis explora el ajuste del modelo y la capacidad predictivas de la regresión lineal en función del DJIA como variable independiente.

3. EL ESTADO DEL ARTE

3.1. BREVES REFLEXIONES ACERCA DEL MARCO EPISTEMOLÓGICO

Nadie (o casi nadie) pone en tela de juicios si la física, la química y la matemática son ciencias. En general todas aquellas disciplinas que estudian alguna porción de la naturaleza no tienen muchas objeciones para ser tratadas como tal. Pero los saberes empírico-sociales no disfrutan de un lugar cómodo; por tal motivo se les coloca, en parte, bajo el epígrafe de las ciencias y, en parte, bajo la cabecera de las no-ciencias. La epistemología de las ciencias sociales no es negocio resuelto a satisfacción de todos. De aquí la complejidad e incluso embarazo de la metodología en saberes empírico-sociales. (Fullat, 2004, p.18)

Muchos investigadores eminentes se sostienen en la tradición de aquellos que creen que es posible lograr un progreso constante en toda la esfera del conocimiento humano; que los métodos y las metas son, o deberían ser, finalmente idénticos en toda esta esfera; que en nuestros días hemos alcanzado un nivel en que los logros de las ciencias naturales son tales que es posible derivar su estructura de un solo grupo integrado de principios y reglas claras que, si se aplican correctamente, hacen posible un progreso en el conocimiento de los misterios de la naturaleza. (Berlin, 2009)

Esta postura descansa cuando menos en tres suposiciones: a) cada pregunta genuina tiene una respuesta verdadera y sólo una; todas las otras son falsas, b) El método que conduce a las soluciones correctas de todos los problemas genuinos es racional en carácter, c) Las soluciones, descubiertas o no, son verdaderas universal, eterna e inmutablemente; verdaderas para todos los tiempos, todos los lugares y todos los hombres.

En el ámbito de la economía y las finanzas, estuvo muy difundida la creencia de que sólo hay un verdadero método o combinación de métodos; y lo que no puede ser contestado así no puede ser contestado. Dicho de otra manera, el conocimiento como producto de una sola y universal epistemología.

El auge de esta forma de pensar se reforzó sólidamente a la hora de los grandes triunfos de las ciencias naturales. Descartes, Bacon, Galileo, Newton, Voltaire, Comte, Saint-Simon entre otros muchos positivistas jugaron un papel decisivo en la organización social, legal y tecnológica de nuestro mundo desde el siglo XVII hasta nuestros días.

En contraposición surgió la figura de Giambattista Vico nacido en Nápoles a mediados del siglo XVII. Fue un defensor apasionado de la educación humanista. Afirmaba que el intento de preparar al joven exclusivamente en la seca luz del método analítico cartesiano, tendía a robarle su poder imaginativo. Vico llegó a la conclusión sorprendente de que la matemática era ciertamente una disciplina que conducía a proposiciones de validez universal, absolutamente claras, irrefutables. Pero esto era así, no porque el lenguaje de la matemática fuera una reflexión de la estructura básica e inalterable de la realidad, como los pensadores desde los días de Platón, y aun de Pitágoras, sostuvieron; esto era así porque la matemática no era una reflexión de nada. La matemática no era un descubrimiento, sino una invención humana.

El mundo natural puede ser descrito por el hombre; quien puede decir cómo se comporta en diferentes situaciones y relaciones, y puede construir hipótesis acerca del comportamiento de los constituyentes, de los cuerpos físicos y cosas por el estilo, pero no podía decir por qué –razón– era como era y se comportaba como lo hacía; sólo quien lo hizo, es decir, Dios, lo sabía; (Berlin, 2009, p.242)

Esta aportación renacentista estaba impregnada de religiosidad, pero también de una lógica contundente y se enfrentó con una maquinaria gigantesca engendrada por los triunfos de pensadores científicos a partir de Descartes. Y desde aquel entonces ha habido pugnas metodológicas, prevalecientes hasta la época. Así, existen investigadores que no aceptan un proyecto de investigación, cualquiera que sea la disciplina abordada, si no se considera la metodología positivista con objetivos, hipótesis y demostraciones matemáticas, aunque caigan en el absurdo de incluir en una ecuación el grado de narcisismo o discriminación que una persona presenta ante un problema en estudio.

Vico afirmaba que un hombre podía comprender totalmente su propia construcción intelectual o poética, una obra de arte o un plan, porque él mismo lo había hecho y por lo tanto le era transparente. Pero el mundo, es decir, la naturaleza no había sido hecha por el hombre, sino por Dios, y por lo tanto le estaba vedado su conocimiento absoluto.

Mientras mayor sea el elemento hecho por el hombre en cualquier objeto del conocimiento, será más transparente a la contemplación humana; mientras mayor sea el ingrediente de la naturaleza externa resulta más opaco e impenetrable a la comprensión humana.

Si aceptamos la paradoja anterior, es obvio preguntarse ¿qué tanto de ingredientes naturales tienen las finanzas y todos sus derivados y que tanto tienen de elementos hechos por el hombre? ¿Qué puede saberse de una inversión, un riesgo, un plan, una especulación mediante una aplicación matemática y que tanto sólo acepta explicaciones intuitivas, con base en la experiencia y en la interpretación de los hechos históricos?

En este trabajo reconocemos la posibilidad de la combinación de ambas posturas para la toma de decisiones financieras. Si bien es cierto que la demanda y la oferta tienen aspectos naturales e ineluctables para satisfacer las necesidades humanas, también es cierto que el alimento, la protección corporal, el sueño, la procreación y el trabajo que tienen un origen natural, han sufrido tal transformación que salen de ese ámbito para incrustarse en lo social.

En el mundo de las finanzas es difusa la frontera entre las creencias y el saber científico. A menudo su división es artificial, porque las operaciones de conocimiento de uno y otro no son esencialmente heterogéneas. Lo cierto es que los conceptos epistémicos no se reducen al campo de la ciencia. Frente al saber científico, la mayoría orienta su vida por otras formas de conocimiento. El sentido común, la moral, la religión, las costumbres también forman parte del bagaje (muchas veces inconsciente) de las decisiones financieras (Villoro, 1987, p.21)

Las nociones de “creencia”, “conducta”; “actitud”, “intención”, “razón”, “motivo”, “conocimiento”, “información”, etc., suelen ser incorporadas a las teorías psicológicas, económicas o de índole semejante con el significado vago que tienen en el lenguaje ordinario. En este estadio, en donde las teorías están aun insuficientemente estructuradas, el análisis filosófico puede servir para alcanzar una precisión y sistematización de los conceptos epistémicos, que facilite su incorporación a una teoría científica. (Villoro, 1987, p.13)

(...) en concreto nuestras creencias están siempre en relación estrecha con nuestros querer e intereses. Por eso, la teoría del conocimiento, al tratar de la función que desempeñan en la vida concreta creencias y conocimientos, tendrá que encontrarse con una teoría de los preceptos que regulan nuestras acciones conforme a fines. De allí que la epistemología tenga una relación estrecha con la ética. (Villoro, 1987, p.269)

Epistemología (del griego epistéme, conocimiento o ciencia, y logos, teoría o estudio) Etimológicamente significa «estudio del conocimiento», o «estudio de la ciencia», y puede entenderse como la rama de la filosofía que estudia los problemas del conocimiento.

La relación entre conceptos epistémicos y conceptos éticos se establece mediante dos nociones que les son comunes: racionalidad y liberación. El conocimiento sólo se obtiene al cumplir con las condiciones de racionalidad; éstas implican la liberación de las formas de dominio sobre las creencias que imponen los intereses particulares. La ética de las creencias, al elevar a normas de acción las condiciones de racionalidad, enuncia justamente esos procesos de liberación. (Villoro, 1987, p.297)

En el ámbito de las ciencias humanas y sociales todavía no se ha llegado a obtener un consenso acerca de la fundamentación científica. Nos encontramos sin una teoría de la ciencia o epistemología. Hay varias en pugna. (...) Si buscamos el origen de esta disputa nos encontramos dos grandes tradiciones científicas: la aristotélica y la galileana. La primera pone énfasis en procurar que los fenómenos sean inteligibles teleológicamente; para la segunda la explicación científica es explicación causal. (Mardones, 2000, p.32)

(...) conviene decidir si la epistemología debe estar hecha por “literatos” que tengan un mínimo de formación científica o por “científicos” en posesión de una formación filosófica. Con una enseñanza realmente pluridisciplinaria donde “literatos” y “científicos” no estuvieran separados por barreras de todas clases (mentales y también institucionales), esta cuestión perdería mucha de su importancia. (Mardones, 2000, p.41)

La idea fundamental de la epistemología popperiana gira en torno al principio de la falsación, o sea, la demostración del error. Este principio nos da el criterio popperiano de demarcación entre teorías empíricas (científicas) y no empíricas. El método científico, que según Popper es único en todo campo de investigación científica, se desarrolla en forma de tríada: problema-conjetura-refutación (crítica). (Mardones, 2000, p.57)

La complejidad de las economías modernas alienta el comportamiento caótico, y nuestra comprensión, en este campo, sigue siendo muy limitada. La economía y las finanzas son ejemplos excelentes de impredecibilidad. (Antaki, 1997, p.133)

3.2. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Corrientes académicas en el marco de la racionalidad de los mercados

Teoría de la eficiencia del mercado y el paseo aleatorio de los precios

- 1) Los mercados no tienen memoria, en el sentido de que no “recuerdan” lo que ocurrió anteriormente y, por lo tanto, la variación que se pueda producir hoy en los precios no tiene nada que ver con la de ayer.
- 2) Todos los inversores tienen la misma información, por lo tanto, todos los inversores tienen las mismas probabilidades de ganar o perder (la mayor rentabilidad que algunos inversores puedan obtener sobre el resto, será producto del azar).
- 3) Los activos financieros entran en competencia entre sí, puesto que es la única manera de que toda la información que afecte al valor intrínseco de los títulos se refleje inmediatamente en sus precios.
- 4) Todos los títulos están correctamente valorados, los inversores obtendrán un rendimiento sobre su inversión que será el apropiado para el nivel de riesgo asumido, sin importar cuáles sean los títulos adquiridos. Esto implica que, si el mercado es eficiente, el tiempo, el dinero y el esfuerzo gastados en el análisis del valor intrínseco de los títulos serán inútiles.

El paradigma dominante en las finanzas bursátiles en las últimas décadas ha sido la hipótesis de los *mercados eficientes*, en conjunción con la de las *expectativas racionales*, que establecen que los mercados financieros son eficientes y sus precios son correctos en un momento determinado en cuanto que reflejan toda la información disponible sobre el mercado y que los agentes económicos que intervienen en ellos son totalmente racionales y toman las decisiones correctas dada la información disponible (Dehesa, 2009).

El comportamiento de millones de inversores particulares e institucionales se refleja en el sistema de precios del mercado de valores. Distintas decisiones individuales de la compra y venta de los títulos por los cuales se tiene interés, conforman las fuerzas de la oferta y la demanda y el sistema de precios que guía a la actividad bursátil conforme a la *mano invisible* de Adam Smith.

La hipótesis de los mercados eficientes toma importancia a partir de los trabajos de Eugene Fama a mediados de los sesenta del siglo pasado, quien la sitúa en un marco teórico

más amplio²⁷. En ellos concluye que el movimiento en los precios de las acciones sigue un camino aleatorio (estocástico) con trayectoria incierta, dado que no existen tendencias predecibles en los precios de las acciones. Fama (1964), (citado por Paulos, 2009) lo describe de la siguiente manera:

En un mercado eficiente, la competencia entre los numerosos participantes inteligentes da lugar a una situación en la cual, en cualquier instante, los precios reales de los distintos valores ya reflejan los efectos de la información basada tanto en acontecimientos que ya se han producido como en acontecimientos que el mercado espera, a partir de este momento, que se produzcan en el futuro (p.80).

En esencia dice que, en un mercado ideal, los precios de los títulos reflejan toda la información relevante. Lo que significa que, cualquier dato, información o acontecimiento que pueda tener importancia para predecir la cotización ya han sido ponderados y asimilados por los inversores, cuyas compras y ventas han ajustado la cotización actual de tal forma que dicha novedad ya queda reflejada (Paulos, 2009)²⁸. La conclusión es que en un mercado eficiente las cotizaciones bursátiles oscilan de forma aleatoria. El cambio que sufre el precio de una acción no influye en el cambio subsecuente, cada cambio de precio es independiente del anterior. Los precios no tienen memoria.

Bajo la hipótesis de la eficiencia del mercado, el *paseo aleatorio*, es el camino que siguen los precios de las acciones²⁹. La cotización precio es impredecible y cualquier pronóstico será incorrecto.

Si los precios no varían si en el mercado no se percibe información nueva que lo justifique, la autocorrelación en intervalos sucesivos de tiempo entre los rendimientos de un

²⁷ En realidad, todo parte del trabajo doctoral de Bachelier en 1900: la idea de un “juego imparcial” fundamenta la descripción de los mercados mediante las leyes del azar y el movimiento browniano.

²⁸ Un mercado financiero es un juego imparcial en el que comprador y vendedor están compensados. Dada esta premisa, el precio en cualquier momento particular debe ser el “justo”. Ambos están de acuerdo en el precio. Es lo que sucede con millones de transacciones diarias: el precio general de mercado también es “justo”. El precio publicado refleja la mejor estimación general, dada la información disponible. (Mandelbrot, 2010, p.76)

²⁹ En 1905, Albert Einstein publicó un artículo sobre física estadística en el que explica el mecanismo preciso del movimiento browniano. Robert Brown observó el movimiento errático de los granos de polen suspendidos en agua. El precio de las acciones (igual que los granos de polen y las moléculas) se comportan en el mismo tenor. El movimiento aleatorio de las moléculas en un fluido es caótico (...) Este tipo de recorridos en el que se cambia aleatoriamente de dirección se le conoce como “el andar del borracho”. (Mlodinow, 2010, p.185)

activo no existe, lo que implica, como ya se ha dicho, que la ruta del sendero que siguen es aleatoria.³⁰

Subyacen varias suposiciones fundamentales en el cambio de precios:

– Independencia estadística.

Los cambios de precios anteriores no influyen en los actuales. Esto significa que cualquier información que pueda servir para predecir el precio de mañana está contenida en el precio de hoy.

– Proceso invariante.

El proceso que genera los cambios de precio, sea cual sea, es invariante (no cambia).

– Normalidad estadística.

Los cambios de precio se ajustan a una distribución normal definida por la campana de Gauss: los cambios pequeños son mayoritarios, y los grandes, raros, con una frecuencia predecible y rápidamente descendente.

Teoría de las expectativas racionales

Un punto de referencia es la obra de John F. Muth (1961) quien propuso la hipótesis de expectativas racionales, aplicando el principio del comportamiento racional del consumidor a la consecución y procesamiento de la información relevante para la formación de expectativas. Parte de la idea de la economía generalmente no desperdicia información y que las expectativas dependen específicamente de la estructura de todo el sistema. (Bermúdez, 2014, p.85).

Esta forma de modelar las expectativas se hizo popular cuando fue usada por Robert Lucas (1972) en la teoría de las *Expectativas Racionales* en la que establece que los inversores son racionales y reaccionan a los cambios en las variables económicas, como si siempre fueran plenamente conscientes de las implicaciones a largo plazo de cada uno de estas variaciones.

Sargent, Fand y Goldfeld (1973) incorporan en sus trabajos las ideas de Lucas. Ejemplo de ello es el análisis de la relación interés-inflación que se obtiene ante las

³⁰ Tomado de mis apuntes, notas y material académicos, curso sobre *Administración de Riesgos Financieros*, BMV-Educación de la Bolsa Mexicana de Valores, entre otros.

expectativas de inflación de los agentes económicos. Esta propuesta de que el tipo de interés real es independiente de la oferta de dinero, dada la hipótesis de la racionalidad, se deriva directamente del trabajo de Lucas.

En contrapartida se encuentran las *expectativas adaptativas* en donde se asume que el valor futuro de una variable es extensión del valor al día de hoy lo que implica que hay tendencias en los cambios de los precios de los activos (Kindleberger, 2011). Para Bermúdez (2014) la idea básica es que los agentes forman sus expectativas observando el comportamiento de las variables relevantes en el periodo anterior.

En el esfuerzo por ampliar este concepto fundamental, cito a Mandelbrot (2010) quien contempla una memoria a largo plazo a través de la cual el pasado continúa influyendo en las fluctuaciones aleatorias del presente.

Muchas series de precios financieros tienen una suerte de “memoria”. El hoy sí influye en el mañana. Si los precios experimentan una fuerte oscilación hoy, se da un incremento mensurable de la probabilidad de que mañana oscilen con la misma intensidad. (...) Los movimientos actuales de los precios de las acciones influirán en los de mañana. Ante las malas noticias, los inversores reaccionan de inmediato. Tras esta apariencia subyace el influjo de la dependencia a largo plazo en un proceso por lo demás aleatorio (p.21).

La idea central de las expectativas racionales es que los precios esperados determinan los precios de hoy en una suerte de determinismo inverso. El estado futuro esperado influye en el presente. Es el caso de los contratos de futuros que permiten fijar hoy el precio de compra o venta de un activo financiero (dólar, euros, bonos, acciones, índices, tasas de interés) para ser pagado o entregado en una fecha futura.³¹ Es, en esencia, una visión

³¹ MexDer, la Bolsa de Derivados de México, ofrece este tipo de contratos que permiten fijar hoy el precio de compra o venta de un activo financiero (dólar, euros, bonos, acciones, índices, tasas de interés) para ser pagado o entregado en una fecha futura. El Precio de Liquidación Diaria se calcula de la siguiente manera:

$$PL_t = S_t \left(\frac{1 + i_{t,M}^{DI} \left(\frac{M}{36000} \right)}{1 + i_{t,M}^{LI} \left(\frac{M}{36000} \right)} \right)$$

Donde:

- PL_t = Precio de Liquidación del Contrato de Futuro sobre el Dólar en el día t .
- S_t = Tipo de cambio spot determinado en el día t .
- $i_{t,M}^{DI}$ = Tasa de rendimiento doméstica implícita observada el día t , para el plazo de vigencia del futuro.
- $i_{t,M}^{LI}$ = Tasa de rendimiento Libor observada el día t para el plazo de vigencia del futuro.

retrospectiva desde el futuro al presente. Kindleberger (2011) refiere que asumir que los inversores y los participantes en el mercado se comportan racionalmente la mayor parte del tiempo y que tienen la misma información es una hipótesis útil porque ayuda a entender los cambios en los precios.

Estudio de eventos

El *estudio de eventos* consiste en analizar el efecto que las noticias tienen en el precio de la acción de una emisora bajo la hipótesis nula de que el evento en cuestión no tiene impacto en los rendimientos.

Aunque la idea no es nueva, ya que una serie de estudios la precedieron, un parteaguas en la metodología se dio en 1969 con el artículo *The Adjustment of Stock Prices to New Information* publicado por Eugene F. Fama, Lawrence Fisher, Michael C. Jensen y Richard Roll quienes estudiaron la reacción del mercado de valores ante la publicación de eventos relevantes. Una de sus principales conclusiones fue que “el mercado de valores es ‘eficiente’ en el sentido de que los precios de las acciones se ajustan rápidamente a la nueva información” (Fama *et al.*, 1969, p.25).

En un trabajo reciente sobre el tema, aplicado a la estimación de daños en casos de arbitraje internacional, Abrantes-Metz y Dellepiane (2013) coinciden en que el estudio de eventos requiere mercados eficientes solamente en su acepción semifuerte³², donde los precios de mercado incorporan toda la información de la prensa y anuncios corporativos que se deben reflejar, en la fecha de anuncio, en rentabilidades extraordinarias.

Ésta no es una consideración menor, ya que deja afuera a mercados caracterizados con abuso de información confidencial (insider trading), iliquidez, y otras ineficiencias, pero no requiere de la versión fuerte de eficiencia que exige que cada participante esté absolutamente informado y calificado, eliminando todas las posibilidades de retornos anormales (Abrantes-Metz y Dellepiane, 2013, p.204)

Es claro que los inversores siempre intentarán utilizar cualquier información disponible para reducir esta incertidumbre.

M = Número de días por vencer del Contrato de Futuro.

³² Fama propone la hipótesis de la eficiencia del mercado en tres formas: forma débil, forma semifuerte y forma fuerte. Cada forma tiene implicaciones distintas para el funcionamiento de los mercados.

La utilidad de un estudio de este tipo viene del hecho que, dada la racionalidad en el mercado, el efecto de un evento se verá reflejado inmediatamente en el precio de los activos. Así el impacto de los eventos económicos puede medirse usando el precio de los activos observados durante un periodo de tiempo relativamente corto.

Corrientes académicas en el marco de las finanzas conductistas

A partir de la observación de la evidencia de exceso de volatilidad de los rendimientos surge una visión más matizada del valor de la teoría de los mercados eficientes. En los años 90 florece una corriente académica que se preocupa por estudiar las finanzas conductuales. (Shiller, 2013, p.83)

En contrapartida a la premisa de la hipótesis del mercado eficiente relacionada con la racionalidad de los inversores, la escuela conductista asume que la gente se desvía sistemáticamente de lo que es racional.

Psicología de masas

La psicología de masas es el estudio del comportamiento colectivo y la influencia que tiene sobre un individuo que, contagiado por el entorno, replica el comportamiento sin cuestionarse nada.

Tomemos como guía una obra que goza de justa celebridad: *Psicología de las masas*, de Sigmund Freud (2010): “Al hablar de la psicología social o colectiva se toma como objeto de referencia a la influencia simultánea ejercida sobre el individuo por un gran número de personas a las que le unen ciertos lazos, pero que fuera de esto pueden serle ajenas desde otros muchos puntos de vista (p.10).” Así pues, los individuos como elemento de una multitud humana, que en un momento dado y con un determinado fin se organiza en una masa o colectividad.

Un referente clásico en el tema es Gustave Le Bon quien en 1895 publicó su tratado donde define la expresión “masa” como una aglomeración de seres humanos que posee características diferentes de las de cada uno de los individuos que la componen. De su libro, reeditado en 2014, se extraen algunos conceptos importantes que nos permiten puntualizar la idea en el contexto en que nos desenvolvemos.

Millares de sujetos, separados entre sí, en un determinado momento y bajo la influencia de ciertas emociones, pueden adquirir las características de una masa psicológica (p.338).

El hecho más llamativo que presenta una masa psicológica es el siguiente: sean cuales fueren los individuos que la componen, por similares o distintos que puedan ser el género de vida, ocupaciones, carácter o inteligencia, el simple hecho de que se hayan transformado en masa les dota de una especie de alma colectiva (p.362).

Esta alma les hace sentir, pensar y actuar de un modo completamente distinto de como lo haría cada uno de ellos por separado. (p.375).

La psicología de masas está bien establecida como una desviación ocasional de la conducta racional. Freud sostiene que el fenómeno del pánico se produce cuando una multitud comienza a disgregarse y se caracteriza por el hecho de que las órdenes de los jefes dejan de ser obedecidas, no cuidándose ya cada individuo sino de sí mismo, sin atender para nada a los demás. Rotos así los lazos recíprocos, surge un miedo inmenso e insensato. El miedo del individuo puede ser provocado por la magnitud del peligro.

Este es, precisamente, el concepto de pánico tan característico en los cracs bursátiles que decantan en una caída vertiginosa de las cotizaciones en los valores de una o varias Bolsas, durante un corto período. Basta la publicación de una noticia negativa atípica para que surja el pánico. El miedo colectivo crece hasta adquirir inmensas proporciones bajo la influencia del contagio.

Es importante analizar la psicología individual y colectiva de los actores financieros en épocas de auge y en medio de pánicos que significa la disgregación de la multitud.

En los grandes inversores, unos cuantos, con acceso a la tecnología avanzada en materia de comunicaciones e informática, con equipos de analistas calificados, por la información que manejan, la racionalidad es diferente al de la gran masa de “pequeños” inversionistas y especuladores que actúan en los mercados. Éstos actúan tardíamente, con histeria, a medida que van cayendo los precios, conforme el tsunami va avanzando. En el marco de la psicología de masas, cuando se da el punto de ruptura de la burbuja, prácticamente cada uno de los participantes en el mercado cambia sus puntos de vista al mismo tiempo y se mueve como un “rebaño”. (Kindleberger, 2011, Psn 1192).

Teoría de las perspectivas

Daniel Kahneman y Amos Tversky (1979) estudiaron el comportamiento de los inversionistas y propusieron una disciplina denominada finanzas conductistas. En su trabajo identifican las ineficiencias del mercado y describen cómo las personas toman sus decisiones en situaciones donde tienen que decidir entre alternativas que involucran riesgo. Demostraron que la mayoría de las personas tienden a asumir menos riesgos para obtener beneficios que para evitar pérdidas:

En la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre demostraron que, por ejemplo, la gente, ante una apuesta con lanzamiento de moneda en la que ganara 130 dólares si saliese cara y perdiera 100 dólares si saliese cruz, hay fuerte tendencia a preferir no perder antes que ganar. Desde el punto de vista psicológico, perder es doblemente más fuerte que ganar. Esto es la aversión a perder que lleva a la aversión al riesgo: se prefiere evitar una pérdida a recibir un beneficio. (Kahneman y Chamorro, 2016, Psn 184).

El planteamiento es opuesto a la *Corriente de las Expectativas Racionales* y la *Teoría de los Mercados Eficientes* estudiadas en el apartado anterior.

En esencia, la escuela conductista sugiere que la mayoría de los inversionistas no son tan racionales como lo suponen los modelos económicos. La gente se desvía sistemáticamente de lo que es racional. Peor aún, los autores aseveran que este comportamiento es constante y esbozan los cuatro factores que crean un comportamiento irracional del mercado. Algunas de las mejores notas sobre estos factores pueden consultarse en Malkiel, 2012. A manera de resumen:

1. Exceso de confianza

La gente se desvía sistemáticamente de la racionalidad a la hora de tomar decisiones con incertidumbre. Una de las desviaciones es la tendencia al exceso de confianza en sus capacidades y manifiesta un exceso de optimismo sobre lo que va a ocurrir en el futuro. (...) Muchos inversores están convencidos erróneamente de que pueden ganarle al mercado. (...) Con una visión retrospectiva, es claro que la gente tiende a atribuir cualquier buen resultado a sus habilidades. (...) Los malos resultados los justifica por los acontecimientos externos. (...) La retrospectiva fomenta el exceso de confianza y alimenta la ilusión de que el mundo es mucho más predecible de lo que realmente es. (Malkiel, 2012, p.211).

2. Opiniones sesgadas

Los inversores están convencidos de que pueden “controlar” el resultado de sus inversiones. (...) Esta ilusión de control puede llevarlos a ver tendencias que no existen o a creer que pueden encontrar un patrón en el precio de las acciones que predecirá los precios futuros. (...) El desarrollo de los precios de los títulos de un periodo al siguiente se parece mucho a un paseo aleatorio, en el que los cambios en los precios en el futuro no están relacionados con los cambios en el pasado. (...) En el corto plazo, las rachas de altas rentabilidades de las acciones no duran mucho y normalmente van seguidas de rentabilidades más bajas. Hay una reversión a la media. (Malkiel, 2012, p.214).

3. Comportamiento de rebaño

Es conocido que el mercado en su conjunto no siempre toma decisiones correctas sobre los precios. A veces se cometen locuras, como sucedió con los bulbos en el siglo XVII o con los títulos de Internet en el XXI. Este comportamiento ocasionalmente patológico de la gente es el que ha llamado la atención de las finanzas conductistas. (...) Un fenómeno ampliamente reconocido en el estudio del comportamiento de masas es la existencia del “pensamiento de grupo”. Los grupos a veces se refuerzan para creer que un punto de vista incorrecto es, en realidad, correcto. (...) Claramente, la burbuja de Internet del periodo 1999-2000 es un ejemplo clásico de decisión de inversión equivocada que llevó a la gente a volverse loca en grupo. Los inversores particulares, nerviosos por las perspectivas de ganancias ingentes de los títulos de la Nueva Economía, se contagiaron de la mentalidad de rebaño irracional. (...) La subida inicial de los precios anima a más gente a comprar, lo que a su vez produce mayores beneficios y atrae a grupos mayores de participantes. Una de las lecciones más importantes de las finanzas conductistas es que los inversores particulares deben evitar seguir al rebaño (Malkiel, 2012, p.216).

4. Aversión a las pérdidas

La contribución más importante de Kahneman y Tversky se denomina *teoría prospectiva* y describe el comportamiento individual ante situaciones de peligro en que hay posibilidades de ganar o perder. (...) De acuerdo a esta teoría, la gente siente *aversión al riesgo*. (...) Las elecciones de las personas están motivadas por los valores que asignan a las ganancias y las pérdidas. Las pérdidas se consideran mucho menos deseables que las ganancias equivalentes. Además, el lenguaje utilizado para presentar las posibles pérdidas y ganancias influirá en la decisión final que se haga. En términos psicológicos esto se denomina “formular las

opciones”. (...) La aversión por la pérdida lleva a muchos inversores a cometer errores importantes (Malkiel, 2012, p.220).

En este contexto, John Allen Paulos, autor de *Un matemático invierte en la bolsa*, comparte su experiencia negativa en los mercados bursátiles a través de desafortunadas decisiones de inversión: “Minimizar el pesar puede llegar a tener un papel importante en el proceso de toma de decisiones por parte de los inversores. (...) las personas tienden a asumir menos riesgos para obtener beneficios que para evitar pérdidas.” (p.38)

Shiller (2013, p.102) opina que es importante tener en cuenta las debilidades demostradas por la teoría de los mercados eficientes y mantener un enfoque ecléctico. Invita a distanciarse de la presunción de que los mercados financieros siempre funcionan bien y que los cambios de precios siempre reflejan información genuina. La evidencia de las finanzas conductuales ayuda a entender que caídas del mercado como la de Nasdaq en el (el colapso “dot/com”) tuvo sus orígenes en las debilidades humanas.

Las teorías conductistas destacan la gran influencia de las emociones de orgullo y arrepentimiento en el comportamiento de los inversores. Les cuesta admitir(se) que hayan tomado una mala decisión. Muchos inversores pueden creer que si se mantienen en una posición perdedora al final se recuperarán y no tendrán que arrepentirse. Estas emociones pueden explicar la tendencia de los inversores a mantener sus posiciones perdedoras y a vender las ganadoras. Concluyen que, por la forma en que se comportan la mayoría de los accionistas, la bolsa se convierte en un juego de perdedores. El primer paso para solucionar los efectos perniciosos de las debilidades es reconocerlas y ceder a la sabiduría del mercado (Malkiel, 2012).

La transmisión de las perturbaciones.

La turbulencia bursátil

El Diccionario de la Lengua Española (RAE, 2015) define un *terremoto* como una “sacudida violenta de la corteza y manto terrestres, ocasionada por fuerzas que actúan en el interior de la Tierra”. Es ampliamente conocido que la propagación del movimiento sísmico se da en segundos, por conducto de ondas que transportan la energía liberada cuya intensidad se mide, entre otras, a través de la escala de Richter. Los efectos pueden ser devastadores en función de la magnitud del evento.

En el ámbito académico-financiero, se valora la creación del equivalente a una escala (de Richter) de la turbulencia mercantil: “Este análogo financiero de la conocida medida de la intensidad de los terremotos permite clasificar los temblores del mercado y proporciona una escala para que los reguladores pudieran juzgar la severidad de los problemas inminentes” (Mandelbrot, 2010, p.44).

Considerando también lo estipulado por el Análisis Técnico³³, se busca el punto de inflexión (momento de ruptura) en la tendencia de los precios que indique el inicio de un escenario no deseado, su propagación y las causas que le dan origen para prevenir el efecto y el eventual daño que podría generar.

El periódico logarítmico

Me parece apropiado citar a James Weatherall (2013) cuya obra reseña con detalle que en la década de los noventa Didier Sornette, integrado en el equipo de Aérospatiale, estudió el comportamiento de los tanques de los cohetes *Ariane*, hechos de Kevlar³⁴. Los depósitos estaban destinados a mantener altas presiones, sin embargo, en ocasiones, estallaban. El grupo de investigadores trataba de determinar las condiciones en las que esto ocurría.

Se encontró un patrón en el comportamiento de las rupturas del material: pequeñas grietas que provocaban una reacción, se amplificaban y hacían que el material colapsara. Justo antes de que esto sucediera, observaron un patrón en las vibraciones. Cuando las fracturas comenzaban a aparecer, los tanques empezaban a retumbar y si eran patrones “*periódicos logarítmicos*”³⁵ quería decir que estaba a punto de ocurrir un suceso crítico.

Sornette dedujo que los acontecimientos críticos tienen propiedades universales: un tanque de Kevlar y las placas tectónicas, en determinadas circunstancias muestran exactamente los mismos comportamientos a gran escala, por lo que extendió su modelo para

³³ El Análisis Técnico es un método que busca el momento adecuado para comprar o vender un título a través de la observación de los niveles de resistencia y de soporte, “mejor dicho, el punto de quiebre o de inflexión (dado que) los precios tienden a moverse siguiendo una tendencia (...) y las tendencias siguen igual hasta que sucede algo que hace que cambie el equilibrio oferta-demanda” (Malkiel, 2012, p.103).

³⁴ El Kevlar (DuPont) es una fibra sintética ligera y muy resistente que se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones de alta tecnología como chalecos antibalas, trajes espaciales, cascos de Fórmula 1 y la industria espacial, entre muchas otras.

³⁵ La idea de que una fractura era precedida por sucesos menores que seguían una especie de patrón específico y acelerado muy concreto, se lo denomina *periódico logarítmico* debido a que el tiempo entre los sucesos más pequeños disminuye de un modo concreto, relacionado con el logaritmo del tiempo.

predecir terremotos y para pronosticar desplomes en los mercados bursátiles con buenos resultados. De hecho, el autor predijo, entre otros, el crac bursátil de octubre de 1997 y el desplome de las empresas *puntocom* en el año 2000, detectando en los datos del mercado el patrón periódico logarítmico que precede a un desplome fijando la idea de que las caídas en los grandes mercados, en conjunto, no son más que caídas más pequeñas que no se detuvieron (Weatherall, 2013)

La idea de que pequeños cambios en los rendimientos –equivalentes a las pequeñas fracturas –, pueden precipitarse por el gregarismo y la psicología humana, y transformarse en un evento mayor: en periodos que involucra una gran actividad de compra venta de acciones, sobre todo cuando alguna noticia, no esperada, genera nerviosismo en los mercados bursátiles.

La teoría del contagio financiero

Aunque no existe una definición concluyente del término *contagio financiero*, prácticamente toda la literatura consultada lo refiere como un escenario en el que la volatilidad que inicialmente afecta a una sola bolsa de valores, se extiende con rapidez, traspasa las fronteras e impacta con mayor o menor intensidad a otros mercados bursátiles reflejándose en el comportamiento de sus principales índices, cuya composición y estructura es independiente al del mercado de origen. Se asemeja, en sentido figurado, a la transmisión de una enfermedad.

Según Toribio (2012), el contagio es la transmisión de perturbaciones –volatilidad– entre los mercados de valores de un país a otro en momentos de desequilibrio o crisis bursátil.

El Banco Mundial atribuye un papel básico, en los fenómenos de contagio, a la psicología de los inversores y, en particular, al llamado ‘comportamiento de rebaño’ (...) aunque tal comportamiento no siempre resulta irracional. (...) Diferentes mecanismos explican el comportamiento de rebaño de los inversores internacionales. Entre ellos, la literatura disponible subraya que, con frecuencia, la “asimetría de información” juega un papel fundamental en estas reacciones gregarias de los mercados. (...) Los inversores faltos de información prefieren seguir, en su comportamiento, a aquellos otros que suponen buenos conocedores de la situación. Así, los mercados tienden a moverse al unísono. (...) Tal tipo de reacciones auténticamente de rebaño, por explicables que sean, generan pánicos o fenómenos de exuberancia irracional (p.33).

El fenómeno financiero se inicia ante un importante anuncio negativo, relevante para el país en el que se genera y para el entorno correlacionado, lo que desencadena el nerviosismo y reacción de los grandes inversionistas y la transmisión a los mercados de valores. Algunos ejemplos son los hechos recientes de los años 2015 y 2016: la crisis griega a causa del elevado endeudamiento; los temores ante el desacelerado crecimiento de la economía china; y, la salida del Reino Unido de la Unión Europea. Ver el apartado 1.4. *Las crisis bursátiles o la transmisión entre mercados*.

El término contagio financiero ha generado controversia, pero, independientemente del debate que provoca en el ámbito académico, la aplicación del término a los temas económicos y financieros, la observación y la evidencia empírica nos proporcionan información suficiente que da pauta para seguir profundizando en el estudio sobre este apasionante tema para explicar la difusión de las perturbaciones dentro del ámbito bursátil.

Postura sobre las corrientes de pensamiento

El presente trabajo de tesis se encuadra en la escuela que pone énfasis en la hipótesis del mercado eficiente. La evidencia empírica demuestra el dominio de esta corriente de pensamiento. No obstante, del análisis de las consideraciones teóricas se dependen debilidades que se manifiestan en fisuras en los supuestos que lo rigen e invita a estudiar cuándo falla la eficiencia de los mercados. Estas fallas se convierten en una oportunidad de estudio pertinente.

El grado de eficiencia del mercado es y ha sido un debate perenne. En el supuesto de que todos los inversionistas tienen acceso a la misma información, se entiende (y es requisito *sine qua non* en la hipótesis) que cualquier información útil esté descontada en el precio. Las noticias compartidas con millones de personas no son útiles.

Sin embargo, estudiosos como Gleick (2012), Malkiel (2012), Mandelbrot (2010), Paulos (2009), Taleb (2010) y Weatherall (2013), entre otros, coinciden al argumentar que el mercado bursátil puede no ser siempre tan eficiente como se espera. Los actores de esta posición plantean que hay ventanas de tiempo en donde se presentan ineficiencias derivadas, entre otras causas, por:

- Acceso a la información. No todos los participantes cuentan con la información relevante, de gran impacto, en el mismo momento. Recordar que, con las

comunicaciones de hoy día, un segundo (o fracción de éste), marca la diferencia. Recordar el tema del flash crash ya analizado.

En el futuro, una línea de estudio que enriquecerá este trabajo es el tema de la *información asimétrica* en los mercados financieros desarrollado por Joseph Stiglitz, George Akerlof y Michael Spence, ganadores del Premio Nobel de Economía por sus investigaciones en la materia.

- Los grandes inversionistas. El poder de decisión y el efecto producido por parte de los grandes inversionistas en los diferentes mercados. Por ejemplo, Benjamín Graham, George Soros, Peter Lynch y Warren Buffett, por mencionar algunos, han demostrado una capacidad especial para detectar oportunidades de inversión que los hacen obtener rentabilidades por arriba del promedio.

Una consecuencia de la hipótesis es que no deberían existir las burbujas especulativas, porque éstas sólo pueden ocurrir si el precio de mercado de una acción se aleja de su valor real. Ante la presencia de burbujas y de caídas repentinas de los precios (crashes), los inversionistas sobre reaccionan antes las noticias. “Muchas veces los fenómenos que de verdad son aleatorios no logran distinguirse del comportamiento real del mercado. Esta constatación debería hacer pensar a los comentaristas que sólo dan explicaciones *post hoc* (a consecuencia de ello) a cada operación o a cada venta” (Paulos, 2009, p.89).

Finalmente, pese a que los mercados no siempre sean eficaces, y parece que no lo son, la hipótesis de eficiencia de los mercados ofrece un puntal para descifrar cómo funcionan los mercados bursátiles.

3.3. ANTECEDENTES CIENTÍFICOS RELEVANTES

Son abundantes los antecedentes que orientan la revisión y descripción de la literatura. Por ello, el esfuerzo se centró en analizar la aportación de diversos autores al conocimiento del tema; en diferentes contextos y a través del tiempo, tomando como punto de partida una aportación importante al campo de la ciencia en estudio. El conocimiento actual del tema de investigación que reveló este proceso coadyuvó a precisar el enfoque del estudio dándole un sentido diferente.

Para el estudio de los antecedentes científicos relevantes se realizó un análisis bibliométrico en el que la búsqueda de los artículos y autores líderes tuvo como guía a los paradigmas dominantes en las finanzas bursátiles. Ver la nota metodológica en el Anexo 4.

La base para determinar el estado del arte y el *quién es quién* en la respectiva corriente del pensamiento fueron los trabajos de los laureados:

- Harry M. Markowitz — *Teoría del portafolio*.
- Eugene F. Fama, — *Hipótesis de los mercados eficientes, Estudio de eventos y la Teoría del contagio*;

La búsqueda se orientó con las palabras clave (keywords): *Contagion* (–channels, –in financial markets, –risk, –vulnerability); *Dynamic conditional correlation*; *Efficient Capital Markets*; *Event study*; *Financial* (–contagion, –crisis); *Market efficiency*; *Risk* (–market, –aversión, –measurement, –systemic); *RiskMetrics*; *Transmission of a financial crisis*; *Uncertainty*; *Value-at-Risk* (VaR); y, *Volatility*.

A partir del acervo de 72 artículos, resultado del proceso de búsqueda-selección, se inicia el análisis longitudinal con el journal *Portfolio selection* publicado en 1952 (26,889 citas), pasando por *Efficient capital markets* (5,393 citas) y *The adjustment of stock prices to new information* (5,010 citas), ambos del año 1969. La revisión concluye con 34 publicaciones del periodo enero de 2013 a marzo de 2017.

A partir de los primeros estudios en el tema, las publicaciones subsecuentes profundizan en torno a las principales conclusiones; se centran en situaciones, lugares y periodos de tiempo diferentes, con algunas variantes en la aplicación de modelos econométricos. Evidentemente, hay casos interesantes que se apartan de esa tendencia y hacen importantes aportaciones en el tema de estudio.

Sobre la teoría moderna del portafolio

Markowitz (1952, 1991) plantea que el inversionista busca maximizar los rendimientos esperados. La teoría de selección de cartera estudia, precisamente, como maximizar el rendimiento minimizando el riesgo inherente. Propone que el inversor debe abordar la cartera como un todo, estudiando las características de riesgo y rendimiento total, en lugar de escoger valores individuales. Parte del supuesto de que las perspectivas de cada

acción pueden describirse mediante sólo dos números: el de la recompensa –la media–y el del riesgo –la desviación estándar– de los rendimientos esperado en el momento de vender.

El punto de partida es que el valor de los activos financieros es el reflejo de las expectativas sobre el valor futuro.

Las principales conclusiones se plantean en los siguientes términos:

- El *rendimiento* de un portafolio es un promedio simple ponderado de los rendimientos individuales de cada activo.
- El *riesgo* del portafolio es menor al promedio de los riesgos individuales de cada activo.
- Principio de *diversificación*: a menor correlación entre los activos, menor es el riesgo del portafolio.
- El riesgo de cada activo se compone de dos elementos:
 - riesgo diversificable (se puede reducir o anularse a través de una óptima combinación de activos)
 - riesgo no diversificable (es asumido por el tenedor del portafolio)

Por lo tanto, se busca el portafolio que permita una maximización del rendimiento simultánea con una minimización del riesgo.

Los mercados financieros no son perfectos y el riesgo no puede ser totalmente eliminado. En los años noventa se manifestaban, con alarmante frecuencia, sonados caso de pérdidas con derivados en el rango de 1,100 a 1,800 millones de dólares. A manera de ejemplo:

- 1994. Bob Citron. Tesorero del Condado de Orange en los Estados Unidos. 1,700 millones de dólares. El Condado se declaró en quiebra.
- 1995. Nick Leeson. Operador del mercado de derivados que trabajaba en el banco inglés Baring Brothers, sucursal en Singapur. 1,400 millones de dólares. Llevó a la quiebra a la institución.
- 1995. Toshihide Iguchi. Operador que manejaba posiciones en mercado de dinero en Daiwa Bank. 1,100 millones de dólares.
- 1996. Yasuo Hamanaka. Operador de contratos de cobre en Sumitomo Corp. 1,800 millones de dólares.

En esa época, en 1994 para ser más precisos, JP Morgan lanza una metodología de gestión del riesgo llamada RiskMetrics. Phelan (1997) menciona que los fundamentos de la teoría moderna del portafolio fueron utilizados en el modelo para cuantificar el riesgo de mercado en carteras de instrumentos financieros de diversa índole. La herramienta más utilizada para la medición de riesgos es Value at Risk (VaR) que muestra la pérdida máxima en el valor de un activo de cartera.

Propone un enfoque analítico basados en las estadísticas de los rendimientos (μ) del mercado y el papel de la distribución gaussiana y la varianza en la caracterización del riesgo. La letra griega μ denota el valor medio de todas las x de la población; y la letra griega σ denota la desviación estándar (la medida de la dispersión de las x alrededor del promedio).

Las medidas como el VaR tienen un papel crucial, bajo incertidumbre, para hacer frente a las pérdidas que se podrían incurrir en la tenencia de un activo financiero. Sin embargo, el modelo “sufre” por ser inestable y difícil de trabajar cuando las pérdidas no están “normalmente” distribuidas, lo que de hecho sucede con frecuencia, porque las distribuciones de pérdidas tienden a exhibir “colas gordas”. Rockafellar y Uryasev (2002). Otra deficiencia del VaR es que sólo proporciona un límite para las pérdidas en la cola de la distribución. No proporciona un control sobre el alcance de las pérdidas que podrían sufrir más allá del umbral indicado. Es incapaz de distinguir entre situaciones en las que las pérdidas malas y muy malas.

Desde su lanzamiento diversos autores han aplicado el modelo RiskMetrics para predecir la volatilidad durante el periodo de crisis. Pafka y Komdor (2001); So y Yu (2006); González-Rivera, Lee y Yoldas (2007); McMillan y Kambouroudis (2009). Todos analizan el desempeño del modelo y coinciden que ignora la presencia de colas gordas, colas más elevadas en la función de distribución normal (característica datos financieros). La desviación estándar determina la clase de campana de Gauss: gruesa y baja (sigma alta), o estrecha y alta (sigma baja). Las conclusiones particulares se destacan a continuación.

So y Yu (2006) utilizan siete modelos de GARCH, incluyendo RiskMetrics en la estimación de Valor en Riesgo (VaR). Los aplicaron a 12 índices de mercado y cuatro tipos de cambio para evaluar cada modelo en la estimación del VaR a varios niveles de confianza. Los resultados indicaron que los modelos GARCH superan a RiskMetrics al estimar el VaR.

En los mismos términos concluyen Beck, *et al.* (2013) con el examen del índice S&P 500. Zhou y Wen (2013), por su parte, se orientan al mercado de futuros de China utilizan el HS300 Stock Index Futures caracterizado por un alto riesgo debido a la fluctuación del precio de los futuros: la agrupación de la volatilidad y la presencia de colas gruesas limita las conclusiones derivadas del VaR para evaluar los riesgos. Con el modelo GARCH reducen la volatilidad y concluyen que de esta manera se puede reflejar, de forma más precisa, las dimensiones del riesgo.

Las principales conclusiones de estos trabajos académicos pueden resumirse en McMillan y Kambouroudis (2009) quienes reconocen la primacía de los modelos autoregresivos de acuerdo a los resultados de la corrida de 31 índices bursátiles de mercados internacionales. No obstante, estiman que en el cálculo del VaR al 5%, el RiskMetrics si tiene un buen desempeño en la predicción de la volatilidad de mercados emergentes.

En este punto destaca el trabajo de González-Rivera (2007). Investigaron las implicaciones de considerar diferentes funciones de pérdida en la estimación y la evaluación de pronóstico. Observaron que puede haber diferencias sustanciales en las estimaciones bajo funciones de pérdida alternativas. Al calcular el VaR del 99% para un horizonte de 10 días el modelo RiskMetrics, para los mercados de renta variable, sobrestima sustancialmente el factor de decaimiento. Sin embargo, el rendimiento fuera de la muestra no es sistemáticamente superior al utilizado en las estimaciones.

Por último, en trabajos recientes, Oanea y Anghelache (2013) utilizan el VaR en el mercado rumano en periodos de crisis. En este caso aplicaron un factor de decaimiento y encuentran que el modelo mejor y es lo suficientemente bueno para realizar el pronóstico correspondiente.

Steen, Westgaard y Gjolberg (2015) proponen, en el análisis de los rendimientos de futuros de diferentes commodities, en el periodo 1992-2013, evaluar el desempeño del RiskMetrics y de la simulación histórica, en contra de un enfoque de regresión cuantílica (QR) que busca modelizar la relación existente entre x e y para distintos cuantiles de la distribución de la variable dependiente y . Sus hallazgos apoyan la conclusión de que QR supera los enfoques estándar en la predicción de valor en riesgo para la mayoría de los productos básicos.

Sobre la hipótesis de la eficiencia de los mercados y el contagio bursátil

La *hipótesis del mercado eficiente* establece que la independencia de los cambios de precios sucesivos es consistente con un mercado que se ajusta rápidamente a la nueva información. Existe una importante evidencia empírica que avala este planteamiento.

Sin embargo, desde comienzos de los años setenta, ha tomado fuerza la idea que cuestiona el paradigma de la independencia con el surgimiento del tema de *contagio financiero* asociado al avance de la tecnología de sistemas de computación y en comunicaciones y a los esfuerzos de los gobiernos por promover la competencia entre los mercados.

La investigación de las relaciones entre los mercados financieros y la identificación de episodios de contagio financiero son temas preferidos en la literatura econométrica, especialmente después de las recientes crisis financieras mundiales.

Edwards (2000) y Siedleckia y Paplab (2016) definen el contagio como un aumento significativo en los vínculos entre mercados después de un momento de crisis. El contagio ocurre si la correlación cruzada mercado aumenta significativamente después del evento.

En este punto destacan los trabajos de De-Angelis y Gardini (2015) que refieren que la dinámica de los rendimientos en los mercados financieros internacionales se ha caracterizado por aumentos en la volatilidad y la sincronización de los precios de los activos. Esto ha aumentado aún más el interés científico en la discriminación entre la interdependencia y los efectos de contagio. Como consecuencia, se han desarrollado muchas pruebas diferentes para detectar la existencia de contagio financiero. Sin embargo, las conclusiones sobre los análisis teóricos y empíricos del contagio financiero están lejos de terminar.

El debate inicia con Fama³⁶, Jensen y Roll (1969) quienes señalaron la existencia de evidencia empírica que indica que los cambios de precios sucesivos en las acciones se ajustan a la información que está implícita en un *Split*.³⁷ Sus estudios indican que ante el anuncio de del ejercicio de este derecho el mercado reacciona y, en consecuencia, el precio de la acción

³⁶ Fama es frecuentemente citado como el padre de la Hipótesis de eficiencia de los mercados por su innovador artículo titulado “Mercado de capitales eficiente: una revisión del trabajo teórico y práctico”.

³⁷ El Split es el aumento en el número de acciones en circulación de una emisora, sin variar el importe de su capital social. La instrumentación de un Split disminuye el valor nominal o si éste no estuviere expresado, el valor teórico de la totalidad de las acciones en circulación. (BMV, 2017).

se ve afectado casi inmediatamente después de la fecha de que se dio a conocer la noticia. Los resultados del estudio apoyan considerablemente la conclusión de que el mercado de valores es “eficiente” en el sentido de que los precios de las acciones se ajustan muy rápidamente a la nueva información.

Tradicionalmente el contagio, definido como el aumento significativo en los vínculos entre mercados después de una crisis (Siedleckia y Paplab, 2016, ha sido cuantificado en función del grado de correlación entre los precios de los activos en los diferentes mercados, sean estos accionarios, de divisas, tasas de interés, commodities etcétera. A lo largo de este apartado se describen varios casos.

Forbes y Rigobon (2002) argumentan que los investigadores y académicos lo plantean de esta manera para concentrarse en la prueba de hipótesis. Buscan que los resultados sean estadísticamente significativos para demostrar, de esta manera, que las economías están vinculadas. En esta línea encontramos a King y Wadhvani (1990), Hamao, Masulis, y Ng (1990), Eichengreen, Rose y Wyplosz (1996), Longin y Solnik (2001), Hon, Strauss, y Yong (2004) y Bouri y Demirer (2016) quienes observan el incremento de las correlaciones entre países en tiempos de turbulencia comparándolas con las épocas de estabilidad. El contagio se produce si hay un aumento significativo en los coeficientes de correlación en el período de crisis. Si no aumentan, significa que el índice de correlación cruzada captura solo la interdependencia (Forbes y Rigobon 2002).

Los estudios realizados por Ang y Bekaert (2001) y Longin y Solnik (2001) muestran que las correlaciones cruzadas de los mercados de valores internacionales son más altos en los períodos de volatilidad de los mercados.

Dentro de este contexto, King y Wadhvani (1990) están entre los pioneros que investigaron los efectos de contagio después de la caída de 1987 en el mercado de valores de Estados Unidos. Sus hallazgos muestran evidencia de correlaciones significativamente aumentadas entre los mercados. Bertero y Mayer (1990) también estudian el impacto del colapso estadounidense en los efectos de contagio entre los mercados de renta variable de 23 países y llegan a la misma conclusión, con correlaciones creciente después del colapso.

Lee y Kim (1993) encontraron evidencia de contagio en 12 mercados bursátiles mundiales tras la caída en 1987 del mercado de valores norteamericano. Recordemos los

comentado en el marco contextual cuando se describen las crisis bursátiles, particularmente el lunes negro del 19 de octubre de 1987. El índice Dow Jones registró una caída de sobre 22 por ciento, su descenso más desastroso. La problemática de los mercados bursátiles afectó a otros mercados financieros. La crisis de la bolsa de valores de Nueva York se transmitió con prontitud a las bolsas de Tokio, (-14.9%), Frankfurt y Londres (-12.25%). En México el IPC perdió, al cierre de la jornada 16.5% respecto al día hábil anterior.

Forbes y Rigobon (2002) investigaron la incidencia de contagio en la crisis asiática de 1997, la crisis mexicana (Crisis Tequila) en 1994 y la caída del mercado de los EE.UU. en 1987. No encontraron ninguna evidencia de contagio, sólo interdependencia.

Dungey, Fry, y González-Hermosillo (2005) estudian diversos métodos para modelar la variable contagio y concluyen sus resultados en que los estudios empíricos varían dependiendo de la forma en que la variable en cuestión es modelada.

Samarakoon (2011) propone una metodología para discriminar entre el contagio y la interdependencia usando un modelo diferente para los mercados parcialmente superpuestos y no superpuestos. Concluye que existe una interdependencia bidimensional asimétrica y un contagio entre los Estados Unidos y los mercados emergentes con claras variaciones regionales.

En el estudio del efecto del 11 de septiembre, Hon, Strauss y Yong (2004) percibieron que tanto las relaciones a corto y largo plazo entre los rendimientos de valores de EE.UU. y México aumentaron considerablemente después de esa fatídica fecha, apoyando la hipótesis de contagio definida ésta como un aumento de la correlación cruzada³⁸ en tiempos de crisis.

Boubaker, S. Jouini, J. y Lahianida, A. (2015). Ante la evidencia de correlaciones entre los índices estadounidenses e internacionales y que esta pueda estar provocada por un aumento de la volatilidad en los mercados, evalúan el contagio entre los mercados de renta variable con especial énfasis en el riesgo de contaminación causado por la crisis subprime y examinan el efecto de la quiebra de Lehman Brothers en septiembre de 2008.

Wang, Xie, Lin y Stanley (2017). Proponen un modelo de correlación multiescala para probar el contagio bursátil durante la crisis financiera global. Encuentran que las

³⁸ El término *correlación cruzada* se refiere a la covarianza $cov(X, Y)$ entre dos vectores aleatorios X e Y .

correlaciones entre los mercados americanos y los países seleccionados están condicionadas a la escala de tiempo. Por ejemplo, el contagio de Estados Unidos a Japón, China y Brasil ocurre cuando la escala de tiempo es mayor de 50 días o más.

Burzala, M. M. (2016). Trata el proceso de contagio en mercados de capitales alemán (Dax), el francés (Cac) y el británico (Ftse100) durante la crisis financiera de 2007-2009. Verifica el contagio mediante de reacciones retardadas. La investigación indica que las tasas de rendimiento en los mercados europeos reaccionan simultáneamente en mayor medida como resultado de las interdependencias que como resultado del contagio mutuo. Sin embargo, ninguno de los enfoques que utiliza es capaz de resolver completamente la cuestión de cómo diferenciar la transmisión clásica crisis de contagio. El enfoque que puede permitir controlar mejor la transmisión de impactos inesperados sigue siendo una cuestión abierta.

Por otra parte, Ahmad, Rhee y Wong (2012) emplean técnicas de cointegración para probar la eficiencia del mercado cambiario bajo las crisis financieras tanto de 1998 como de 2008 en el mundo. Sus resultados muestran que la crisis asiática fue más inquietante que la crisis financiera de 2008.

De-Angelis y Gardini (2015) parten de la hipótesis de que la dinámica de los mercados financieros muestra procesos de amplificación síncronos que pueden ser fácilmente malinterpretados como contagio. Prueban la existencia de efectos de contagio entre países mediante la medición de desequilibrios en la dinámica de primas de riesgo. Los resultados muestran evidencia de la trasmisión de los EE.UU. a al Reino Unido, Japón, Francia e Italia durante la crisis de 2007-08.

La revisión realizada hasta ahora se ha orientado, principalmente, a los índices de renta variable. No obstante, se ha encontrado una cantidad importante de artículos que se enfocan al estudio del comportamiento de otros mercados:

- Kenourgios, Naifar y Dimitriou (2016) que utiliza los índices de los bonos islámicos;
- Kilic (2017), con el contagio financiero en los mercados de divisas;
- Li y Sui (2016), con el riesgo de contagio por las relaciones crediticias que conectan empresas y bancos;

- Piccotti (2017) que proporciona evidencia de que el riesgo de contagio financiero, los bancos, son una fuente importante de la prima de riesgo de renta variable;
- Roy (2017) que mide el alcance del contagio financiero en los mercados de activos indios. En concreto, muestra el contagio en el mercado indio derivado de materias primas con respecto a los bonos, divisas, oro y mercados de valores; y
- Glasserman y Young (2016) que trata el tema de la interconexión del sistema financiero moderno y la medida en que contribuye a la fragilidad sistémica. Plantean una serie de cuestiones o desafíos clave: ¿Cuáles son las razones de la creciente interconexión del sistema financiero? ¿Hay más conexiones que tienden a amplificar o amortiguar los choques sistémicos? ¿Es importante la estructura de la red? Una cuestión particularmente importante es cómo interactúa la estructura de la red con otras fuentes potenciales de contagio.
- Guidolin y Pedio (2017) quienes investigan el fenómeno del contagio con especial atención a la crisis financiera derivada de los créditos subprime. El objetivo que se plantean es realizar un análisis del contagio de activos cruzados en los mercados financieros utilizando herramientas econométricas que les permita identificar y caracterizar mejor la dinámica del contagio.
- Jiang (2017) quien se pregunta si el efecto global del contagio es por la tasa de descuento o por el flujo de liquidez de las ganancias de capital. Y adelanta una respuesta. El contagio del componente de tasa de descuento sugeriría que las expectativas de tasas de descuento futuras más altas se transmiten desde el país que origina la crisis a otros países y, por lo tanto, las políticas económicas destinadas a reducir las tasas de descuento futuras o el costo del capital podrían ser más eficaces.
- Sierra (2017) que en el contexto de la regulación y de los acuerdos de Basilea resalta la importancia de controlar el riesgo sistémico y los efectos de contagio toda vez que los bancos pueden ser contagiados a partir de un default inicial y caer en incumplimiento o bien no verse afectados por el evento.

Finalmente, Romero-Meza, Bonilla, Benedetti y Serletis (2015), dirigen su interés hacia los mercados bursátiles latinoamericanos. Identifican el inicio, el final, la intensidad y la persistencia de eventos no lineales. Los seis episodios identificados en el periodo estudiado

fueron contemporáneos de las crisis financieras internacionales, lo que permite especular que el contagio causado por las crisis financieras induce dependencias no lineales. Observan la estructura no lineal sistemática en las series de rendimientos del índice bursátil que se han asociado con la falta temporal de eficiencia del mercado. Esta nueva aproximación puede ayudar a evaluar gráficamente el estado de dependencia medido por la prueba de bicorrelación con la frecuencia con la que llega nueva información.

4. ESPECIFICACIÓN DEL MODELO HIPOTÉTICO

En el marco del apartado 4.1, *Diseño de la investigación*, se desglosan las estrategias básicas para generar información exacta e interpretable. Se define la investigación de tipo cuantitativa con alcance descriptivo, correlacional y explicativa.

Para tal efecto, se plantea el diseño y aplicación de las técnicas estadísticas necesarias para el análisis, descripción y evaluación del comportamiento del fenómeno en estudio e inferir su representación más allá de la muestra estudiada. Ver apunte académico en el Anexo 3. *Conceptos estadísticos de los modelos*.

La técnica estadística conocida como *análisis de regresión* es la herramienta principal utilizada para obtener los valores estimados.

4.1. COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON

Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra. La correlación entre dos variables no implica, por sí misma, ninguna relación de causalidad.

La técnica utilizada en este trabajo es el coeficiente de correlación de Pearson³⁹. La ecuación del coeficiente de correlación para el estadístico muestral, $r_{x,y}$, es

$$r_{x,y} = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x - \bar{x})^2 \Sigma(y - \bar{y})^2}}$$

donde: \bar{x} y \bar{y} son las medias de la muestra

r mide la fuerza de la relación entre Y y la variable explicativa X .⁴⁰

4.2. MODELO DE REGRESIÓN LINEAL⁴¹

El objetivo que se persigue con el análisis de regresión, es de estimar y/o predecir la media o valor promedio poblacional de la primera en términos de los valores conocidos.

En el análisis de regresión se trata de estimar o de predecir el valor promedio de una variable sobre la base de valores fijos de otras variables.

³⁹ Otros coeficientes que miden el grado de correlación son el de Spearman y el de Kendall, entre otros.

⁴⁰ Ver la Tabla 30: Clasificación del coeficiente de correlación de Pearson, en el apartado 6.2. Análisis de correlación.

⁴¹ Resumen realizado del partir de los capítulos $\zeta?$ y $\zeta?$, del libro *Econometría* de Damodar N. Gujarati.

La teoría de regresión está condicionada al supuesto de que la variable dependiente es estocástica, pero las variables explicativas son fijas o no estocásticas.

Con la aplicación del modelo de regresión se busca estimar la *función de regresión poblacional* con base en la *función de regresión muestral* a través del método de los mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

A partir de la *función de regresión poblacional* de dos variables $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ se estima la *función de regresión muestral*:

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i + \hat{\varepsilon}_i$$

donde, $\hat{\varepsilon}_i = Y_i - \hat{Y}_i$; esto es, los residuos ($\hat{\varepsilon}_i$) son las diferencias entre los valores observados y los estimados de Y .

Uno de los supuestos es que el modelo de regresión es lineal en los parámetros.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$$

En un modelo de regresión, al utilizar más de una variable explicativa es posible incrementar el poder explicativo y la utilidad del modelo en la toma de decisiones.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

4.3. MODELO DE REGRESIÓN CON VARIABLES DICOTÓMICAS

Puesto que tales variables usualmente indican la presencia o ausencia de un atributo, son variables de *escala nominal* esencialmente. Se podrían “cuantificar” tales atributos mediante la elaboración de variables artificiales que tomaran los valores 0 y 1, donde 1 indicara la presencia (o la posesión) de ese atributo y 0 la ausencia de tal atributo.

Los modelos de regresión que muestran una mezcla de variables cuantitativas y cualitativas se llaman *modelos de análisis de covarianza* (ANCOVA).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon_i$$

donde Y_i = Variable dependiente

D_1 = Variable dicotómica 1: valor 1 si hay presencia del atributo y 0 en ausencia de él.

D_2 = Variable dicotómica 2: valor 1 si hay presencia del atributo y 0 en ausencia de él.
 X_3 Variable cuantitativa.

El término de error ε_i satisface las suposiciones usuales del MCO.

Las variables dicotómicas señalan las diferencias, si es que existen, pero no sugieren las razones por las que éstas se presentan.

4.4. MODELOS AUTORREGRESIVOS Y DE REZAGOS DISTRIBUIDOS⁴²

El método de regresión lineal presupone que la serie de tiempo es estacionaria o que pueden convertirse en estacionarias mediante transformaciones adecuadas.⁴³

Los problemas que involucra la predicción de precios de los bienes financieros, como los precios de las acciones se caracterizan por un fenómeno conocido como acumulación de volatilidad, lo que significa que existen lapsos en los que muestran amplias variaciones durante prolongados periodos, que son seguidos por un intervalo de tiempo de una tranquilidad relativa. (Gujarati, 2010, p.809)

La predicción es una parte importante del análisis econométrico⁴⁴. Dos métodos de predicción 1) el autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA), conocido como la metodología de Box-Jenkins.

Los modelos con heteroscedasticidad condicional autorregresiva (ARCH) o modelos con heteroscedasticidad condicional autorregresiva generalizada (GARCH) pueden expresar la mencionada acumulación de volatilidad. (p809)

Memoria a corto plazo: modelización Box-Jenkins (ARIMA)

La metodología de Box-Jenkins (BJ), conocida como metodología ARIMA, el énfasis de este método de predicción está en el análisis de las propiedades probabilísticas, o estocásticas, de las series de tiempo económicas por sí mismas bajo la filosofía de “*permitir*

⁴² Resumen realizado del siguiente material:

- Capítulo 9, La metodología Bob-Jenkins (ARIMA), pp. 381-389, del libro Pronósticos en los negocios de John E. Hanke.
- Capítulo 22, Econometría de las series de tiempo: pronósticos. Gujarati, 2010.

⁴³ Una *serie de tiempo* es un conjunto de observaciones sobre los valores que toma una variable en diferentes momentos del tiempo (diaria en nuestro caso). Un supuesto básico es que se supone que las series de tiempo son estacionarias: la *media y su varianza no varían sistemáticamente con el tiempo*.

⁴⁴ En términos generales, hay cinco enfoques para la predicción económica basados en series de tiempo: 1) métodos de alisamiento exponencial, 2) los modelos de regresión uniecuacionales, 3) los modelos de regresión de ecuaciones simultáneas, 4) los modelos autorregresivos integrados de media móvil (ARIMA) y 5) los modelos de vectores autorregresivos (VAR).

que la información hable por sí misma”. En los modelos de series de tiempo del tipo *BJ*, Y_t puede ser explicada por valores pasados o rezagados de sí misma, y por los términos estocásticos de error. (Gujarati, 2010, p.809)

En los métodos paramétricos de series temporales univariantes, como es el caso de la metodología Box-Jenkins, la información relevante para explicar el comportamiento de una variable está constituido por los valores pasados de la propia variable.

El modelo de promedio móvil autorregresivo integrado, *ARIMA*⁴⁵, utiliza la información de la serie de tiempo para generar los pronósticos y depende de los patrones de autocorrelación de los datos. No incluye en la ecuación variables independientes.

La *metodología Box-Jenkins* para el análisis de las series de tiempo es una herramienta poderosa para proporcionar pronósticos precisos de corto alcance. No supone un patrón particular en los datos históricos de las series que han de pronosticarse.

Se deriva de los modelos *autorregresivos* (AR), de *promedio móvil* (MA) y de la combinación de éstos, el modelo de *promedios móviles autorregresivos* (ARMA).

A los modelos para las series que no son estacionarias se les llama modelos de promedio móvil integrados autorregresivos y se denotan como *ARIMA* (p, d, q), donde p indica el orden de la parte autorregresiva, d indica el orden de la diferencia y q indica el orden de la parte de promedio móvil.

Si la serie original es estacionaria, entonces $d = 0$ y los modelos *ARIMA* se reducen a modelos *ARMA*. En consecuencia, desde este punto, la notación *ARIMA* (p, d, q) se utiliza para indicar los modelos tanto para series de tiempo estacionarias ($d = 0$) como para las no estacionarias ($d > 0$).

Finalmente, se debe considerar el tema de que los estimados de los mínimos cuadrados de los parámetros autorregresivos y de promedio móvil en los modelos *ARIMA* tienden a estar muy correlacionados. Cuando hay más parámetros de los necesarios se pueden generar pronósticos deficientes.

⁴⁵ *ARIMA: AutoRegressive Integrated Moving Average* (modelos Autorregresivos Integrados de Medias Móviles)

Modelos Arch y Garch

Algunos modelos permiten modelar la volatilidad de un proceso estocástico. La volatilidad es un proceso crucial en finanzas ya que mide la dispersión de los datos alrededor de una medida de tendencia central (Court y Williams, 2011, p.449).

Así como el término de error u en el tiempo t puede estar correlacionado con el término de error en el tiempo $(t - 1)$ en un esquema AR(1), o con varios términos de error rezagados en el esquema general AR(p), puede existir una autocorrelación en la varianza σ^2 en el tiempo t , respecto a sus valores que están rezagados uno o más periodos. A tal autocorrelación se le conoce como *heteroscedasticidad condicional autorregresiva* (ARCH), si la varianza de error está relacionada con el término de error al cuadrado en el término anterior, y *heteroscedasticidad condicional autorregresiva generalizada* (GARCH), si la varianza de error está relacionada con los términos de error al cuadrado en varios periodos anteriores. El objetivo aquí es señalar que la autocorrelación no se limita a las relaciones entre términos de error actuales y anteriores, sino también a las varianzas de error actuales y anteriores. (Gujarati, 2010, p.470)

4.5. VALOR EN RIESGO (VAR)

El valor en riesgo (VaR) resume en un solo número la pérdida potencial máxima que se puede sufrir en una posición de riesgo dado un nivel de confianza, 95 o 99 por ciento, en un período de tiempo determinado. Parte de la media (μ) y la desviación estándar (σ) de los rendimientos, no de los precios.

$$VaR_{pA} = (\mu_a \pm \alpha \sigma_a) \cdot Pa \cdot Nt$$

donde

- VaR_{pA} = Valor en riesgo de la posición accionaria.
- $(\mu_a \pm \alpha \sigma_a)$ = Movimiento adverso representado en forma porcentual.
- \pm = Signo negativo para la posición larga y positivo para la corta
- Pa = Precio por acción o del índice bursátil
- Nt = Número de títulos

En nuestro caso, sólo consideraremos los rendimientos porcentuales calculados en forma continua (*log precios*) dado que tienen propiedades estadísticas atractivas a través del uso de logaritmos al permitir que la curva “suavice” las crestas y los valles de los

rendimientos, y por lo tanto la curva será más representativa sobre el comportamiento de los índices.

$$R_C^o = \left(\ln \frac{P_t}{P_{t-k}} \right) * 100$$

donde

- R_C^o = Rendimiento continuo. Es el cambio, en términos relativos, del logaritmo natural del rendimiento de los precios (*log* precios) de un activo entre el periodo t y $t-k$. A este cambio en el precio se le conoce como rendimiento compuesto en forma continua.
- P_t = Precio del activo en el momento t .
- P_{t-1} = Precio del activo en el momento $t-1$.

La estadística que se usa con mayor frecuencia en finanzas para cuantificar y medir la volatilidad de la distribución de probabilidades del rendimiento de acciones es la desviación estándar. Se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (r_i - \bar{r})^2}$$

Una característica de esta ecuación es que “considera” que todos los rendimientos tienen el mismo peso independientemente de cuando se hubiera registrado el evento; esto es, tiene mismo impacto un suceso atípico registrado el día de hoy que el acaecido, por ejemplo, 100 años atrás, lo cual podría ser un sesgo en la interpretación del riesgo.

RiskMetrics utiliza el modelo de *Promedio móvil ponderado exponencialmente* (EWMA) para pronosticar las varianzas y covarianzas (volatilidades y correlaciones) de la distribución normal multivariada. Este enfoque mejora el método tradicional de cálculo de la volatilidad.

El EWMA capta las características dinámicas de la volatilidad al utilizar un promedio móvil exponencial de las observaciones históricas, en donde las últimas observaciones tienen mayor peso en la estimación de la volatilidad. Este enfoque tiene dos importantes ventajas:

- En primer lugar, la volatilidad reacciona más rápidamente a los eventos atípicos del mercado, ya que los datos recientes tienen más peso que los datos antiguos.

- En segundo lugar, después de un evento atípico, la volatilidad disminuye exponencialmente a medida que disminuye el peso del evento de impacto que genera la volatilidad.

$$\sigma = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} (r_t - \bar{r})^2}$$

El modelo depende del parámetro λ ($0 < \lambda < 1$), conocido como *factor de decaimiento* que determina los pesos relativos que se aplican a las observaciones (rendimientos).

El factor de decaimiento “óptimo” (λ) propuesto por J.P. Morgan/Reuters es de $\lambda = 0.94$ para los datos diarios y $\lambda = 0.97$ para los datos mensuales.⁴⁶

⁴⁶ Para el estudio de la metodología seguida por J.P. Morgan/Reuters para la elección de los dos factores óptimos de decaimiento (λ), uno para el conjunto de datos diarios y el otro para el conjunto de datos mensuales, se recomienda ver *Choosing the decay factor* del *RiskMetrics: Technical document*.

5. MÉTODO DE TRABAJO

5.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

A partir del planteamiento del problema y las correspondientes preguntas de investigación, los objetivos y el alcance de la investigación, ésta se plantea como de tipo cuantitativa, no experimental y de diseño transversal con alcance descriptivo–correlacional–explicativo.

- *Cuantitativa*, porque utilizan series de tiempo y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar las hipótesis establecidas, con base en el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento en la población en estudio.

Una *serie de tiempo* es un conjunto de observaciones sobre los valores que toma una variable en diferentes momentos del tiempo (diaria en nuestro caso). Un supuesto básico es que se supone que las series de tiempo son estacionarias: la *media y su varianza no varían sistemáticamente con el tiempo*.

- *No experimental*, porque la investigación se realiza sin manipular las variables independientes. Se observan y analizan fenómenos tal y como se dan en su contexto natural. Se observan situaciones ya existentes, las variables independientes ya han ocurrido y no es posible manipularlas; no se tiene control directo sobre dichas variables, ni puede influir sobre ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos. La investigación no experimental es investigación sistemática y empírica en la que las variables independientes no se manipulan porque ya han sucedido. Las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa, y dichas relaciones se observan tal y como se han dado en su contexto natural.
- *Transversal*, porque la investigación se centra en analizar el nivel de las variables en un momento dado, en evaluar los eventos y su contexto en un punto del tiempo y en determinar la relación entre las variables en momentos o ventanas de tiempo específicas.
- *Descriptiva*, porque tiene como objetivo proporcionar una visión, un panorama del estado de las variables que capturan los eventos bursátiles atípicos, esto es, la

volatilidad de los rendimientos y su registro en los medios de comunicación para realizar la reseña comparativa entre mercados.

- *Correlacional*, porque describe, mide y analiza las relaciones entre variables en un momento determinado, precisando el sentido de causalidad, por lo que se fundamenta en hipótesis sometidas a prueba, tanto las de carácter correlacional como las hipótesis causales. Saber que dos conceptos o variables se relacionan aporta cierta información explicativa: cuanto mayor número de variables estén correlacionadas o asociadas en el estudio y mayor sea la fuerza de las relaciones, más completa será la explicación.
- *Explicativa*, porque la investigación está dirigida a responder a las causas de los eventos y sucesos. El interés se centra en explicar por qué ocurren los fenómenos en estudio, en qué condiciones se da éstos y por qué se relaciona con otras variables.

5.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

El universo de trabajo, finito por definición, lo componen 81 mercados regulados por la Federación Mundial de Bolsas⁴⁷, punto de referencia para la industria y las bolsas afiliadas. Ver tabla 19.

Tabla 19: Distribución de mercados por región

Región	Bolsas	%
América	14	17.3%
Asia – Pacífico	23	28.4%
Europa-África-Medio Este	44	54.3%
Total	81	100.0%

Fuente: Elaboración propia

La población se encuentra dividida, de manera natural, en grupos (regiones, países) que contienen toda la variabilidad de la población, es decir, la representan fielmente la volatilidad de los precios de mercado reflejado en los índices bursátiles. La elección de la muestra se realizó considerando los objetivos del estudio.

⁴⁷ Dato del reporte anual 2016. The World Federation of Exchanges (WFE), <http://www.world-exchanges.org/>

Se seleccionaron seis mercados de valores (ver tabla 20) que generan la suficiente información para atender con suficiencia estadística el enfoque y alcance cuantitativo de la investigación.

Tabla 20: Bolsas seleccionadas

Región	País	Sede	Índice
América	EE. UU.	New York	DJIA
América	México	CdMx	IPC
Europa	España	Madrid	Ibex 35
Europa	Reino Unido	Londres	Ftse 100
Asia-Pacífico	China	Shangai	SSE Composite
Asia-Pacífico	Japón	Tokio	Nikke 225

Fuente: Elaboración propia

5.3. RECOLECCIÓN DE DATOS SECUNDARIOS

Los datos obtenidos de los índices de las bolsas seleccionadas fueron divididos en tres períodos:

1. Para el estudio del tamaño de los mercados se utilizaron 168 reportes mensuales del valor de capitalización del periodo 2003–2016 publicados por la WFE.
2. Con 3374 jornadas bursátiles diarias del DJIA y el IPC, registradas de 31 de diciembre de 1999 al 31 de diciembre de 2014 (15 años) fue la fuente de información para detectar los eventos atípicos (outliers) generados por las crisis bursátiles, especialmente la de los créditos subprime en 2008.
3. El último bloque de 18 meses, del 1 de enero de 2015 al 30 de junio de 2016, proporciona 367 jornadas bursátiles en donde se capta la turbulencia de los mercados por la volatilidad en las bolsas griegas, chinas y británicas.

La principal base de datos utilizada fue Yahoo! Finanzas que proporciona información diaria sobre las cotizaciones e índices bursátiles de todas las bolsas del mundo. En casos especiales se utilizan otras fuentes de información a las que se les da crédito en el cuadro respectivo.

La pertinencia de dividir la muestra estriba en la facilidad para acceder a la información a través de las bases de datos existentes, además de las siguientes ventajas:

- La población es lo suficientemente grande como para proporcionar datos con un nivel adecuado de precisión.

- Las características de la población –precios de los índices bursátiles y sus respectivos rendimientos– no varían en el tiempo.
- Al ser datos secundarios que se obtienen de las bases especializadas, el acceso y tratamiento de la información se hace con rapidez.
- La población es suficientemente homogénea respecto a la característica medida.

6. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis cuantitativo se basa en el valor –precio– de los índices bursátiles ampliamente referidos a lo largo de este trabajo. La cuantificación del riesgo financiero parte de la media (μ) y de la desviación estándar (σ) de los rendimientos, no de los precios. El marco de referencia es la teoría de portafolios de Harry Markowitz (1952) y JP Morgan (1996), banco estadounidense que propuso en un documento técnico denominado Riskmetrics el concepto de Valor en Riesgo, para medir cuantitativamente los riesgos de mercado en instrumentos financieros, basado en la teoría de probabilidad.

En el desarrollo de los apuntes, tanto para el marco teórico como para la interpretación de los resultados se utilizó como hilo conductor la obra de Antonio Pardo Merino, *SPSS 11: Guía para el análisis de datos*, complementada con una amplia bibliografía de estadística y econometría de diversos autores⁴⁸.

Nota: Todas las tablas, gráficos y figuras que se insertan en este Capítulo 6 son de elaboración propia, excepto en los casos en que se indique lo contrario. Por tal motivo, para evitar una innecesaria repetición se omite la leyenda “Fuente: Elaboración propia”.

6.1 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para verificar la validez y congruencia de las hipótesis planteadas respecto a la muestra, conforme se desarrollan los siguientes apartados, se realizan las pruebas (o contrastes) de las hipótesis contra los datos de la muestra.

Si las proposiciones respecto a los parámetros en estudio son congruentes con los datos obtenidos de los índices bursátiles en estudio, se retiene como un valor aceptable del parámetro. En caso contrario, se rechaza.

Además de la prueba de hipótesis, en el caso del Valor en Riesgo (VaR), se estiman los intervalos en donde se localizan los parámetros dado un nivel de confianza, normalmente el 95%.⁴⁹

El nivel de confianza es al intervalo de confianza, lo que el nivel de significancia es a la prueba de hipótesis. Es decir, se trata de una probabilidad definida de que un parámetro se va a ubicar en un determinado intervalo.

⁴⁸ Me refiero a Webster, Gujarati, Anderson, Lind, Hanke y Walpole, cuya obra está correctamente citada en las *Referencias* de este trabajo.

⁴⁹ Tales niveles de confianza se expresan en unidades de desviación estándar (puntuación z).

Los análisis o pruebas estadísticas paramétricas obtenidas para el análisis de resultados son los siguientes (tabla 21):

Tabla 21: Pruebas estadísticas paramétricas

Prueba	Tipos de hipótesis
1. Coeficiente de correlación de Pearson	Correlacional
2. Regresión lineal	Correlacional/causal
3. Análisis de varianza (ANOVA): unidireccional y factorial ⁵⁰ . Unidireccional con una variable independiente y factorial con dos o más variables independientes.	Diferencia de grupos/causal
4. Análisis de covarianza (ANCOVA)	Correlacional/causal

6.2. ANÁLISIS DESCRIPTIVO

Observaciones registradas y estudiadas

En el periodo central de estudio comprendido del 1 de enero de 2015 al 30 de junio de 2016, se registran 390 días potenciales de operación. Sin embargo, los días reales varía en función de diversos factores como lo son los días feriados de cada país o por ausencia del dato en la base de datos fuente. Ver tabla 22. Por ejemplo, México tuvo actividad 376 días y 14 días sin registro.

Tabla 22: Número de días de operación de los mercados

Mercado	Número de días		
	Con reg.	Sin reg.	Suma
México	376	14	390
EEUU	379	11	390
Japón	367	23	390
Shanghái	364	26	390
Reino Unido	376	14	390
Grecia	345	45	390
España	382	8	390

La columna “Sin reg.” indica el número días en los que no se registró dato alguno en la base de datos original.

Para correr el modelo, en ocasiones, los datos se “alinean” colocando en la celda vacía el valor del último día con registro o bien, eliminando tantos renglones sean necesarios para que solo queden en las columnas fechas con datos reales en todos los mercados.

⁵⁰ Análisis de varianza (ANOVA) con una variable independiente (Unidireccional) o con dos o más variables independientes (Factorial).

Evidentemente este proceso reduce el número de observaciones. En los comentarios de cada cuadro se especifica el tratamiento seguido.

Frecuencia

En la tabla 23 podemos observar que los principales rendimientos anormales. Destacan España y Grecia con caídas de -12.35 y -16.23 por ciento respectivamente; los mercados del área de Asia-Pacífico con -8.49 para Shanghái y -7.92 por ciento para el mercado japonés. En ese periodo, EE.UU. y México no registraron grandes variaciones derivadas de los sucesos en Europa y Asia.

Tabla 23: Valores mínimos y máximos

Mercado	Media	Mín	Máx	Rango
México	0.02%	-2.73%	2.92%	5.65%
EEUU	0.01%	-3.57%	3.95%	7.52%
Japón	-0.02%	-7.92%	7.71%	15.63%
Shanghái	-0.001%	-8.49%	5.76%	14.25%
Reino Unido	0.005%	-4.67%	3.58%	8.25%
Grecia	-0.08%	-16.23%	11.27%	27.50%
España	-0.05%	-12.35%	3.87%	16.22%

En una distribución en forma de campana la media, la mediana y la moda son iguales. La media es el punto de equilibrio de un conjunto de datos, pero se ve afectada en exceso por valores grandes o pequeños poco comunes. (Lind, 2008, p.59) En los valores en estudio la relación entre las tres medidas cambia lo que nos indica, en mayor o menor grado, asimetría en la distribución. La comparación de la media con la mediana nos da una idea si las distribuciones de los rendimientos de los diferentes mercados de valores tienen sesgo positivo (media mayor que la mediana) o negativo (media menor que la mediana), como es este caso. Ver tabla 24.

Tabla 24: Media y mediana

R°_IPC México	
Estadístico	Valor
Media	0.02%
Mediana	0.04%

Valores muy altos (valores extremos) tienden a aumentar a la media (y viceversa), lo que implica que puede dejar de ser representativa de la población. Para tal efecto, se analizó la forma de la distribución para contrastar el supuesto de normalidad.

Prueba de normalidad en el periodo de estudio

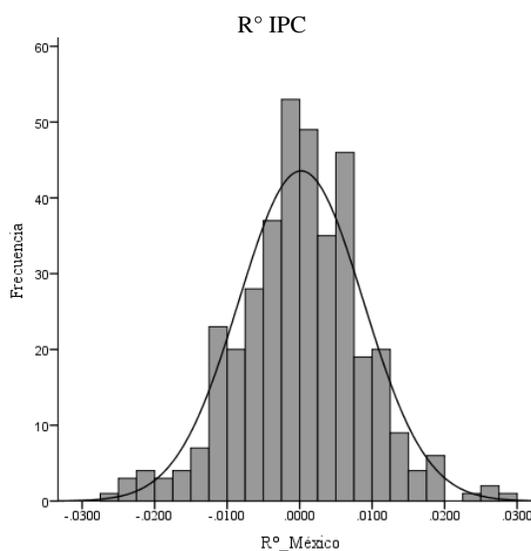
Los cambios de precio se ajustan a una distribución normal definida por la campana de Gauss: los cambios pequeños son mayoritarios, y los grandes, raros, con una frecuencia predecible y rápidamente descendente. La asimetría y la curtosis se utilizan para comprobar que los rendimientos están normalmente distribuidos.

Análisis de asimetría

En la tabla 25 se encuentra el valor del *Índice de asimetría* (o *sesgo*) obtenido para los rendimientos del IPC: -0.06 . Los valores en torno a cero indican simetría.

El signo negativo indica que los valores más extremos se encuentran ligeramente por debajo de la media; la cola de la distribución se sesga, se extiende a la izquierda⁵¹. La distribución es, prácticamente, simétrica por que observamos en la figura 05, se aprecia, casi, el mismo número de desviaciones con signo positivo que con signo negativo.

Figura 05: Histograma de los rendimientos del IPC



Con el *error estándar de asimetría*, 0.126, se estandariza el valor del índice de asimetría e interpreta como puntuación z con distribución aproximada a la normal estandarizada. Tabla 25.

⁵¹ La asimetría positiva indica que los valores más extremos tienden a situarse por encima de la media. La asimetría negativa indica que los valores más extremos tienden a situarse por debajo de la media.

Tabla 25: Asimetría y curtosis.

R°_IPC México	
N	375
Media	0.000204
Varianza	0.0001
DesvEst	0.0085848
Asimetría	-0.06
ErrorEst	0.126
Curtosis	0.794
ErrorEst	0.251

De la tabla anterior se obtienen los valores del Índice de asimetría y del Error estándar de asimetría para calcular el *Índice de asimetría estandarizado* e interpretarlo como una puntuación z distribuida aproximadamente normal $N(0, 1)$.

$$Iae = \frac{Ia}{Ee} = \frac{-0.06}{0.126} = -0.48$$

donde Iae = Índice de asimetría estandarizado
 Ia = Índice de asimetría
 Ee = Error estándar de asimetría

Los manuales de estadística señalan que índices estandarizados “mayores que 1.96, en valor absoluto, permiten afirmar que existe asimetría (positiva o negativa, dependiendo del signo del índice)” (Pardo, 2002, p.200). En este caso, el valor de asimetría es -0.48 lo que indica asimetría negativa.

La prueba de Kolmogórov-Smirnov fortalece la conclusión en torno a la normalidad de los rendimientos. El estadístico de la tabla 26 tiene asociado un nivel crítico de 0.19 mayor que 0.05 lo que permite contrastar la hipótesis nula de que los rendimientos del IPC proceden de una población normal.

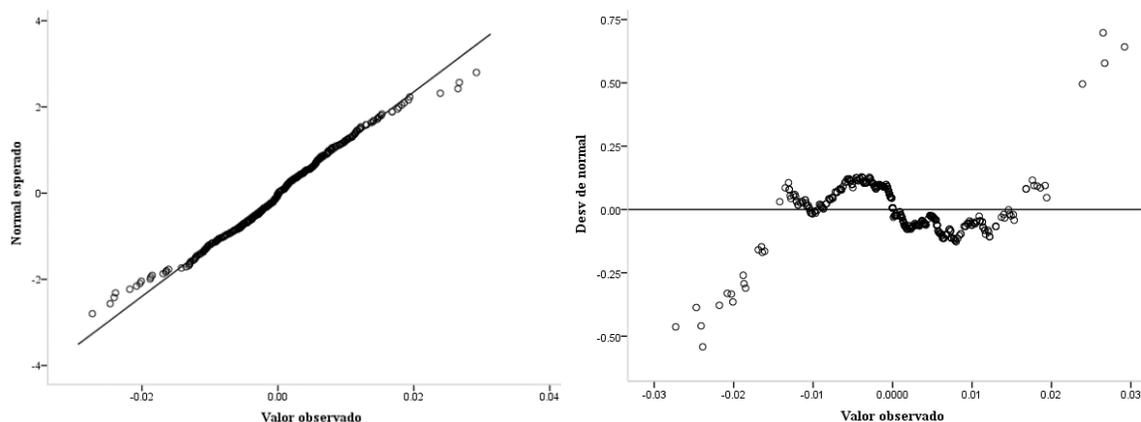
Tabla 26: Prueba de normalidad

R°_IPC			
Prueba	Estadístico	gl	Sig.
Kolmogorov-Smirnov	0.041	375	0.190

Con el apoyo de los gráficos 13 de normalidad *Q-Q normal* y el *Q-Q normal sin tendencias* se fortalece la conclusión. Cuando una muestra procede de una población normal, los puntos correspondientes a cada par se encuentran agrupados en torno a la diagonal

representada en el diagrama. En el gráfico de la izquierda, Q-Q normal, las desviaciones de la diagonal, positivas y negativas, indican desviaciones de la normalidad.

Gráfico 13: Q-Q normal y Q-Q normal sin tendencias



El gráfico de la derecha, Q-Q normal sin tendencias, muestra las *diferencias* existentes entre la puntuación típica observada de cada valor (Z_i) y su correspondiente puntuación típica normal (NZ_i). Es decir, muestra las distancias verticales existentes entre cada punto del gráfico Q-Q normal y la recta diagonal. En el gráfico no observamos desviaciones significativas de la normalidad. En la tabla 27 se plasman los valores correspondientes.

Tabla 27: R° máximos y mínimos⁵² del IPC

N°	Mayores	Fecha	Menores	Fecha
1	2.92%	29Ene16	-2.73%	24Jun16
2	2.67%	27Ago15	-2.47%	07Ene16
3	2.65%	12Feb15	-2.41%	05Ene15
4	2.39%	15Dic15	-2.39%	02Ene15
5	1.94%	05Oct15	-2.18%	30Ene15

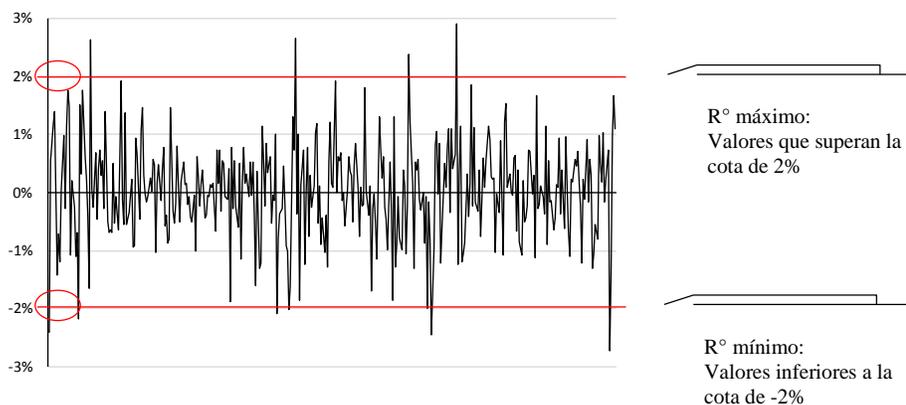
Son los cinco valores más altos y más bajos en el periodo en 375 rendimientos de la BMV.

Los datos muestran que por la parte alta de la distribución del *IPC* hay cuatro casos con rendimientos de 2.0% o más; el mayor de ellos, 2.92%, se registró el martes 29 de enero de 2016. Por otra parte, en los datos de la parte baja de la distribución del *IPC* hay cinco

⁵² No son los valores *atípicos* y *extremos*, éstos se estudian en el siguiente apartado al describir los *diagramas de caja*.

casos con rendimientos por abajo del -2.0% ; el menor de ellos, -2.73% , tuvo lugar el 24 de junio de 2016. Ver figura 06.

Figura 06: Correlograma de los rendimientos del IPC 2015–2016



La cronología de eventos internacionales (tabla 28) es marco de referencia a la presencia de valores atípicos del IPC. Se describen sólo momentos que contextualizan a los rendimientos negativos por ser el tema de interés. Ver el diagrama de caja de la figura 07.

Tabla 28: R° máximos y mínimos⁵³ del IPC

Fecha	R° IPC	Situación
02/01/2015	-2.39%	Crisis de la deuda soberana griega por el alto endeudamiento, falta de capacidad de pago y el riesgo de salida del euro (Grexit).
05/01/2015	-2.41%	
30/01/2015	-2.18%	
07/01/2016	-2.47%	Ruptura de la burbuja del mercado chino (bolsa de Shanghái), la devaluación del yuan y la dudas sobre la economía china provocaron el colapso de las bolsas chinas, volatilidad y contagio en los mercados internacionales.
24/06/2016	-2.73%	Anuncio del Brexit. En respuesta a los resultados del referéndum del 24 de junio, los mercados responden con pánico y reaccionaron con pérdidas en todo el mundo.

⁵³ No son los valores *atípicos* y *extremos*, éstos se estudian en el siguiente apartado al describir los *diagramas de caja*.

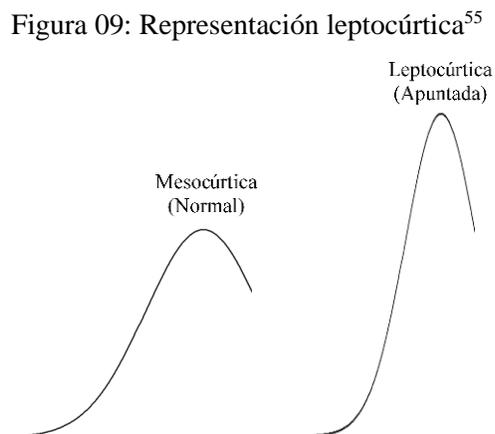
De la misma forma que en el análisis de asimetría, con la información de la tabla 25 se estimó el *Índice de curtosis estandarizado* a partir del Índice de curtosis y el correspondiente error estándar.

$$Ke = \frac{Ic}{Ee} = \frac{0.794}{0.251} = 3.16$$

donde Ke = Índice de asimetría estandarizado
 Ic = Índice de asimetría
 Ee = Error estándar de asimetría

Índices mayores que 1.96 en valor absoluto permiten afirmar que la distribución se aleja de la distribución normal. Un índice de curtosis positivo indica que la distribución acumula en una o en las dos colas más casos que la curva normal⁵⁴.

Como el índice de curtosis estandarizado, 3.16, es mayor que el valor de referencia, 1.96, concluimos que en las colas de la distribución hay acumulados más casos que en las colas de una distribución normal, lo cual suele coincidir con distribuciones más *puntiagudas* que una distribución normal. Estamos ante el caso de una distribución leptocúrtica. Ver figura 09.



⁵⁴ En contrapartida, un índice de curtosis negativo indica que la distribución acumula en las colas menos casos que la curva normal. Un índice de curtosis próximo a cero indica apuntamiento similar al de la curva normal.

⁵⁵ Tomando, pues, la distribución normal como referencia, una distribución puede ser:

- Leptocúrtica, más apuntada y con colas menos anchas que la normal.
- Platicúrtica, menos apuntada y con colas más anchas que la normal.
- Mesocúrtica, cuando tiene una distribución normal.

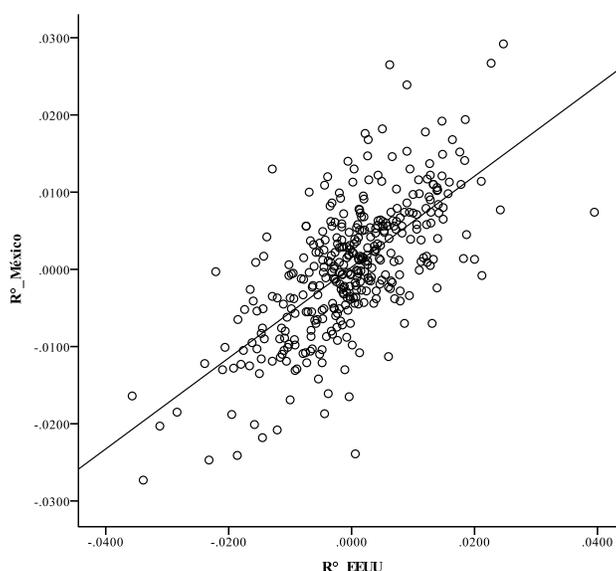
6.3. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Se busca dimensionar el riesgo derivado de la fluctuación del precio de los índices bursátiles y, por tanto, de sus rendimientos, pues los movimientos adversos del mercado castigan el valor de los activos y, por extensión, las utilidades.

Dispersión de los rendimientos

El eje vertical del gráfico 14 muestra el IPC y el horizontal la variable DJIA. La forma de la nube de puntos informa sobre el tipo de relación existente entre los rendimientos: a simple vista, parece existir una tendencia positiva.

Gráfico 14: Diagrama de dispersión de los R° del IPC y DJIA



Coefficientes de correlación

Uno de los tres objetivos planteados en el Capítulo 2 fue analizar las relaciones los mercados bursátiles en función del tamaño. Particularmente, determinar si el NYSE tienen una influencia importante en el comportamiento de la BMV dadas sus asimetrías. Se busca medir y evaluar la *fuerza de la relación de los índices* para evaluar, posteriormente, el contagio entre índices.

Los portales de información financiera publican diariamente cuatro precios, o momentos, generados en la operación de los mercados de valores: de *Apertura*, *Máximo*, *Mínimo* y de *Cierre*. El Glosario de la página de la Bolsa Mexicana de Valores los define de la siguiente manera:

1. Precio de apertura (Pr_{Ape})

Es el precio que se toma de referencia para cada acción al inicio de una sesión bursátil. Puede tratarse del precio de cierre de la sesión anterior, del precio ajustado (en caso de haber decretado la empresa emisora algún derecho corporativo o patrimonial) o del precio base para la negociación por subasta al inicio de una sesión de remate.

2. Precio máximo ($Pr_{Máx}$)

Este término se refiere al precio más alto que tuvo un título en una sesión de operaciones en la Bolsa.

3. Precio mínimo ($Pr_{Mín}$)

Es el precio más bajo que tuvo un título en una sesión de operaciones en la Bolsa.

4. Precio de cierre (Pr_{Cie})

Es el último *Precio Promedio Ponderado*⁵⁶ calculado durante la jornada bursátil para cada acción listada en la BMV. En su defecto, el último hecho de compraventa registrado en la sesión correspondiente. A falta de ambos, el último precio de cierre conocido.

Excepto el *Precio máximo*, todos los demás se utilizan según sea el objetivo del análisis correspondiente, especificando en las tablas o en la prosa el tipo de la información utilizada.

A través del tratamiento de los datos obtenemos tres importantes valores referidos al cruce entre cada dos variables:

- el valor del coeficiente de correlación de Pearson;
- el coeficiente de determinación r^2 ;
- el nivel crítico bilateral que corresponde al coeficiente de correlación (*Sig. bilateral*) y la covarianza.

⁵⁶ El *Precio Promedio Ponderado* (PPP) es un factor calculado por la BMV para cada una de las acciones listadas, mediante la ponderación por volumen de los precios a los que se realizan las operaciones con cada valor durante los últimos 20 minutos de cada jornada bursátil. El último PPP calculado durante la jornada se considera el Precio de Cierre.

Se analizan todas las variables y las combinaciones posibles para seleccionar la mejor serie de variables explicativas que podrán aparecer en la ecuación final.

Coefficientes de correlación de precios y rendimientos NYSE_EE.UU.-IPC_México

Tabla 29: Coeficiente de correlación de los índices DJIA-IPC⁵⁷

(Fechas alineadas a 390 días)		
Dato	Valor	Sig.
Pr_Mín	0.63	En todos los casos la correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral) ⁵⁸ .
R°_Mín	0.69	
Pr_Cie	0.61	
R°_Cie	0.66	

Datos depurados y alineados en 344 fechas comunes de operación.

El nivel crítico, valor p , permite decidir sobre la hipótesis nula de independencia lineal (hipótesis de que el coeficiente de correlación vale cero en la población).

A partir de la clasificación de las magnitudes de las correlaciones de Hopkins (2002)⁵⁹ y de los datos estimados, se evalúa la hipótesis nula.

Tabla 30: Clasificación del coeficiente de correlación de Pearson

ρ	Clasificación
= 0.0	Nula
> 0 ≤ 0.25	Muy débil
> 0.25 ≤ 0.50	Débil
> 0.50 ≤ 0.75	Fuerte
> 0.75 < 1.0	Muy fuerte
= 1.0	Perfecta

Se encuentra que las cuatro la correlaciones entre el IPC y el DJIA de la tabla 29 son positivas y significativas al nivel 0.01 (bilateral), por tal motivo *se rechaza*, en todos los casos, la hipótesis nula de independencia.

⁵⁷ Se asume que las variables correlacionadas se distribuyen normalmente.

⁵⁸ El nivel crítico indica la probabilidad de obtener coeficientes tan alejados de cero o más que el valor obtenido.

Éste es el nivel más bajo de significancia (valor α) al cual se puede rechazar la hipótesis nula, es el área en la cola que está más allá del valor del estadístico para la muestra

⁵⁹ Ver Hopkins, Will G., A Scale of Magnitudes for Effect Statistics, <http://sportsoci.org/resource/stats/index.html>.

Dado que los cuatro coeficientes de correlación de los precios y de los rendimientos mínimos y de cierre adoptan valores que van de 0.61 a 0.69 (ver tabla 29), se concluye que existe *fuerte* relación lineal (ver tabla 30)

El coeficiente (r^2) revela el porcentaje del cambio de Y que se explica por un cambio de X^{60} , esto es, el 48 por ciento del cambio en el valor del *rendimiento mínimo* ($R^\circ_Mín$) del IPC (Y_i) se explica mediante un cambio en el DJIA. Algo similar sucede con los *rendimientos del precio de cierre* (R°_Cie) con el 44 por ciento.

Gráfico 15: Coeficiente de correlación de los precios de cierre del DJIA e IPC

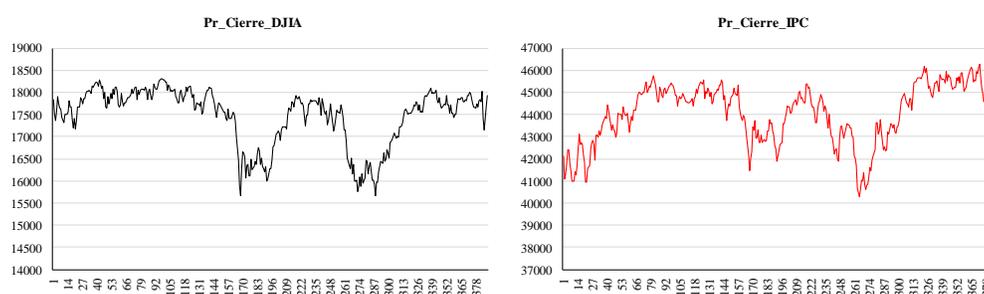
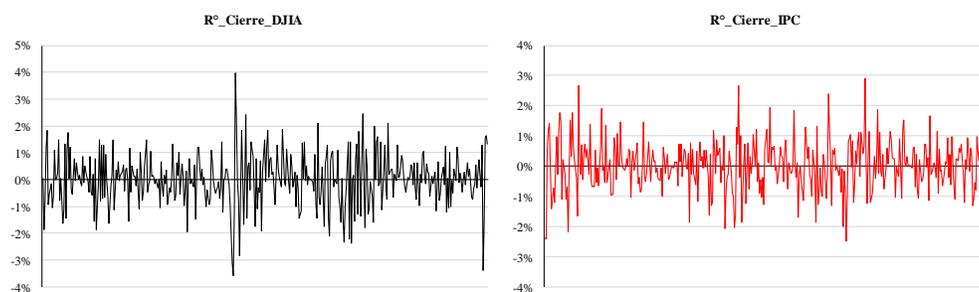


Gráfico 16: Coeficiente de correlación de los rendimientos al cierre del DJIA e IPC



Considero que es fundamental, para mayor precisión en las conclusiones, estimar la correlación parcial entre los rendimientos del IPC y del DJIA controlando el posible efecto de los demás mercados. En este orden de ideas, se analizan todas las variables y las combinaciones posibles para seleccionar la mejor serie de variables explicativas que podrán aparecer o no en la ecuación final. Ver más adelante la sección: *Análisis de regresión de los precios y rendimientos del IPC y del DJIA*.

⁶⁰ El coeficiente de determinación r^2 es una medida muy importante de la bondad de ajuste.

Coefficientes de correlación de precios del SSE_Shanghái con los índices en estudio

- Con Nikkei225_Japón (344 fechas comunes de operación)
 - Precio mínimo (Pr_Mín) en ambos mercados: coeficiente de correlación positiva *muy fuerte* de 0.83.
- Con Ftse100_Reino Unido (355 fechas comunes de operación)
 - Precio cierre (Pr_Cie) en Shanghái y Precio apertura en Reino Unido (Pr_Ape): coeficiente de correlación positiva *fuerte* de 0.72.
 - Precio cierre (Pr_Cie) en Shanghái y Precio mínimo en Reino Unido (Pr_Mín): coeficiente de correlación positiva *fuerte* de 0.72.
 - Precio cierre (Pr_Cie) en ambos mercados: coeficiente de correlación positiva *fuerte* de 0.71.
- Con Ibex35_España (360 fechas comunes de operación)
 - Precio cierre (Pr_Cie) en Shanghái y Precio apertura en España (Pr_Ape): coeficiente de correlación positiva *muy fuerte* de 0.80.
 - Precio cierre (Pr_Cie) en Shanghái y Precio mínimo en España (Pr_Mín): coeficiente de correlación positiva *muy fuerte* de 0.79.
 - Precio cierre (Pr_Cie) en ambos mercados: coeficiente de correlación positiva *muy fuerte* de 0.79.
- Con DJIA_EE.UU. (353 fechas comunes de operación)
 - Precio cierre (Pr_Cie) en Shanghái y Precio apertura en EE. UU. (Pr_Ape): coeficiente de correlación positiva *débil* de 0.50.
 - Precio cierre (Pr_Cie) en Shanghái y Precio mínimo en EE. UU. (Pr_Mín): coeficiente de correlación positiva *débil* de 0.50.
 - Precio cierre (Pr_Cie) en ambos mercados: coeficiente de correlación positiva *débil* de 0.49.

Con México sucede algo similar, en 353 fechas comunes de operación el IPC registró una correlación *muy débil* tanto en los precios de *apertura* (0.23), *mínimo* (0.24) y de *cierre* (0.21).

6.4. ANÁLISIS DE REGRESIÓN

Análisis de regresión lineal *múltiple* de los precios y rendimientos

Ecuación del modelo de regresión lineal:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

En un modelo de estas características, la variable dependiente (Y) se interpreta como una combinación lineal de un conjunto de K variables independientes (X_k), cada una de las cuales va acompañada de un coeficiente (β_k) que indica el peso relativo de esa variable en la ecuación. El modelo incluye además una constante (β_0) y un componente aleatorio (los residuos: ε) que recoge todo lo que las variables independientes no explican.

Este modelo se basa en una serie de supuestos (linealidad, independencia, normalidad, homocedasticidad y no-colinealidad) que se analizan más adelante.

Los términos del modelo de regresión, al igual que los de cualquier otro modelo estadístico, son valores poblacionales. Para poder trabajar con él es necesario estimarlos. Y las estimaciones mínimo-cuadráticas se obtienen, según se ha señalado ya, intentando minimizar la suma de las diferencias al cuadrado entre los valores observados (Y) y los pronosticados (\hat{Y}):

$$\hat{Y} = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + \dots + B_k X_k$$

La tabla 31 ofrece un resumen de la calidad del modelo de regresión: tomadas juntas, las tres variables independientes incluidas en el análisis explican un 46.8% de la varianza de los *precios* de la variable dependiente (Pr_IPC_Min) y 57.3% en los *rendimientos*, pues la R^2 corregida vale 0.468 y 0.573 en los respectivos índices.

Además, el error estándar de los residuos ha disminuido un poco: de 1 065 en el análisis de regresión simple a 1 006 en el análisis de regresión múltiple, lo que indica una ligera mejora en el ajuste. Los valores corregidos de R^2 son casi idénticos a los valores no corregidos.

Tabla 31: Bondad de ajuste (R y R^2). Regresión múltiple

Mercados: México, EE. UU., Shanghái y Reino Unido				
Índice	R	R ²	R ² corregida	Error est.*
Precios	0.688	0.473	0.468	1 006.31
Rendimientos	0.760	0.577	0.573	0.006821

* Error estándar de la estimación

Variable dependiente: Pr_IPC_Min
Variables de predictoras: (Constante), Pr_DJIA_Min, Pr_SSE_Min,
Pr_FTSE_Ult

El estadístico F de la tabla 32 contrasta la hipótesis nula de que el valor poblacional de R es cero y, por tanto, permite decidir si existe relación lineal significativa entre la variable dependiente y el conjunto de variables independientes tomadas juntas. El valor del nivel crítico ($Sig.$) de los *precios* y de los *rendimientos* es 0.000, puesto que es menor que 0.01, indica que si existe relación lineal significativa. Por tal motivo, se rechaza la hipótesis nula.⁶¹

Puede afirmarse, por tanto, que el hiperplano definido por la ecuación de regresión ofrece un buen ajuste a la nube de puntos.

Tabla 32: Anova. Regresión Múltiple

Índice	F	Sig.
Precios	94.235	0.000
Rendimientos	142.748	0.000

La tabla 33, *Coefficientes de regresión parcial*, contiene toda la información necesaria para construir la ecuación de regresión mínimo-cuadrática. En la columna encabezada *Coefficientes no estandarizados* se encuentran los coeficientes (B_k) que forman parte de la ecuación en puntuaciones directas.

Los coeficientes no estandarizados se interpretan en los términos conocidos: el coeficiente correspondiente a la variable *DJIA*, que vale 1.92, indica que, si el resto de términos de la ecuación se mantienen constantes, a un aumento de un punto en el índice *DJIA* le corresponde, un aumento de 1.53 puntos al *IPC*.

⁶¹ Ver el planteamiento de la hipótesis estadística (H), nula (H_0) y alternativa (H_A) en el análisis de regresión simple.

Tabla 33: Coeficientes de regresión parcial. Regresión múltiple

Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
(Constante)	19 923.143	1 622.896		12.276	0.000
Pr_SSE _{Min}	0.196	0.140	0.082	1.400	0.163
Pr_FTSE _{Ult}	-1.582	0.272	-0.418	-5.812	0.000
Pr_DJIA _{Min}	1.923	0.126	0.895	15.303	0.000
(Constante)	0.000207	0.000382		0.540	0.590
R°_SSE _{Min}	0.000354	0.016	0.001	0.023	0.982
R°_FTSE _{Ult}	0.603	0.058	0.610	10.365	0.000
R°_DJIA _{Min}	0.145	0.047	0.181	3.102	0.002

Conviene señalar que estos coeficientes no son independientes entre sí. De hecho, reciben el nombre de coeficientes de regresión *parcial* porque el valor concreto estimado para cada coeficiente se ajusta o corrige teniendo en cuenta la presencia en el modelo de los coeficientes correspondientes al resto de variables independientes. Conviene, por tanto, interpretarlos con cautela.

El signo del coeficiente de regresión parcial de una variable puede no ser el mismo que el del coeficiente de correlación simple entre esa variable y la dependiente. Esto es debido a los ajustes que se llevan a cabo para poder obtener la mejor ecuación posible. Aunque existen diferentes explicaciones para justificar el cambio de signo de un coeficiente de regresión, una de las que deben ser más seriamente consideradas es la que se refiere a la presencia de un alto grado de asociación entre algunas de las variables independientes (colinealidad). Se tratará esta cuestión más adelante.

Coeficientes de regresión estandarizados

Los coeficientes *Beta* de la tabla 33 están basados en las puntuaciones estandarizadas y, por tanto, son directamente comparables entre sí. Indican la cantidad de cambio, en puntuaciones estandarizadas, que se producirá en la variable dependiente por cada cambio de una unidad en la correspondiente variable independiente (manteniendo constantes el resto de variables independientes).

Estos coeficientes proporcionan una pista muy útil sobre la importancia relativa de cada variable independiente en la ecuación de regresión. En general, una variable tiene tanto más peso (importancia) en la ecuación de regresión cuanto mayor (en valor absoluto) es su coeficiente de regresión estandarizado. Observando los coeficientes *Beta* puede comprobarse

que la variable americana, *DJIA*, es la más importante (la que más peso tiene en la ecuación); después le sigue la variable china, *SSE*, y por último la inglesa, *FTSE*. Lo ya dicho sobre la no independencia de los coeficientes de regresión parcial no estandarizados también vale aquí.

Pruebas de significación

Las pruebas *t* y sus niveles críticos (*Sig.*) sirven para contrastar la hipótesis nula de que un coeficiente de regresión vale cero en la población. Niveles críticos (*Sig.*) muy pequeños, menor que 0.01, indican que esa hipótesis debe ser rechazada.

Tabla 34: Coeficientes estandarizados de Beta. Regresión múltiple

Modelo	Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	Beta		
(Constante)		12.276	0.000
Pr_SSE _{Min}	0.082	1.400	0.163
Pr_FTSE _{Ult}	-0.418	-5.812	0.000
Pr_DJIA _{Min}	0.895	15.303	0.000
(Constante)		0.540	0.590
R°_SSE _{Min}	0.001	0.023	0.982
R°_FTSE _{Ult}	0.610	10.365	0.000
R°_DJIA _{Min}	0.181	3.102	0.002

Un coeficiente de cero indica ausencia de relación lineal, de modo que los coeficientes significativamente distintos de cero informan sobre que variables son relevantes en la ecuación de regresión.

Observando el nivel crítico asociado a cada prueba *t* en la tabla 34, puede verse que dos de las variables utilizadas en los *precios* poseen coeficientes significativamente distintos de cero (en todos ellos, *Sig.* = 0.000): Pr_FTSE_{Ult} y Pr_DJIA_{Min}. Las dos variables, por tanto, contribuyen de forma significativa al ajuste del modelo, a explicar lo que ocurre con los precios del IPC, variable dependiente, situación que no sucede con la variable Pr_SSE_{Min} del mercado chino.

En cuanto a los *rendimientos* se presenta una situación similar con las mismas variables: R°_FTSE_{Ult} y R°_DJIA_{Min}. Éstas también aportan, significativamente, en la explicación del comportamiento de los rendimientos del IPC. Se excluye el índice del mercado de Shanghái, R°_SSE_{Min}.

Intervalos de confianza

Además de las estimaciones puntuales de los coeficientes de regresión parcial, obtenemos los intervalos de confianza para esos coeficientes. En la tabla 35 se encuentran los intervalos informan de los límites entre los que cabe esperar que se encuentre el valor poblacional de cada coeficiente de regresión. Los límites se obtienen sumando y restando 1.96 errores estándar al valor del correspondiente coeficiente de regresión, con un nivel de confianza de 0.95.

Tabla 35: Intervalos de confianza

Modelo	Intervalo de confianza para B al 95%		
	Límite inferior	Límite superior	Rango
(Constante)	16 730.057	23 116.228	39 846.285
Pr_SSE _{Min}	-0.079	0.471	0.55
Pr_FTSE _{Ult}	-2.118	-1.047	3.165
Pr_DJIA _{Min}	1.676	2.171	3.847
(Constante)	-0.001	0.001	0.002
R°_SSE _{Min}	-0.030	0.031	0.061
R°_FTSE _{Ult}	0.489	0.718	1.207
R°_DJIA _{Min}	0.053	0.236	0.289

Intervalos de confianza muy amplios indican que las estimaciones obtenidas son poco precisas y, probablemente, inestables, cosa que suele ocurrir cuando existen problemas de colinealidad.

Correlaciones entre los coeficientes de regresión y matriz de covarianza

Muestra una matriz con las covarianzas y correlaciones existentes entre los coeficientes de regresión parcial. Los valores obtenidos (tabla 36) indican que, efectivamente, los coeficientes de regresión parcial no son independientes entre sí.

Tabla 36: Coeficientes de correlación

Modelo	Pr_SSE _{Min}	Pr_FTSE _{Ult}	Pr_DJIA _{Min}
Pr_SSE _{Min}	1.000	0.006	-0.585
Pr_FTSE _{Ult}	0.006	1.000	-0.581
Pr_DJIA _{Min}	-0.585	-0.581	1.000
Modelo	R°_SSE _{Min}	R°_FTSE _{Ult}	R°_DJIA _{Min}
R°_SSE _{Min}	1.000	-0.007	-0.773
R°_FTSE _{Ult}	-0.007	1.000	-0.109
R°_DJIA _{Min}	-0.773	-0.007	1.000

En la diagonal de la matriz de correlaciones aparecen unos, pues la relación entre una variable y ella misma es perfecta. En realidad, la matriz de correlaciones es la matriz de varianzas-covarianzas estandarizada (ver tabla 37): los valores de la diagonal son las varianzas estandarizadas; las correlaciones son las covarianzas estandarizadas.

Tabla 37: Matriz de covarianzas

Modelo	Pr_SSE _{Min}	Pr_FTSE _{Ult}	Pr_DJIA _{Min}
Pr_SSE _{Min}	0.016	0.000	-0.020
Pr_FTSE _{Ult}	0.000	0.020	-0.022
Pr_DJIA _{Min}	-0.020	-0.022	0.074
Modelo	R°_SSE _{Min}	R°_FTSE _{Ult}	R°_DJIA _{Min}
R°_SSE _{Min}	0.022	-5.289E-6	-0.002
R°_FTSE _{Ult}	-5.289E-6	0.000	-9.956E-5
R°_DJIA _{Min}	-0.002	-9.956E-5	-0.003

Realizamos el análisis de correlación de orden cero, parcial y semiparcial entre la variable dependiente y cada una de las variables independientes:

- Los coeficientes de correlación de *orden cero*, son calculados *sin tener en cuenta la presencia* de terceras variables.
- El coeficiente de correlación *parcial* expresa el grado de relación existente entre dos variables tras *eliminar de ambas* el efecto debido a terceras variables.
- Por otra parte, un coeficiente de correlación *semiparcial* expresa el grado de relación existente entre dos variables tras *eliminar de una de ellas* el efecto debido a terceras variables.

Tabla 38: Correlaciones entre los coeficientes de regresión

Variable	Orden cero	Parcial
Pr_SSE _{Min}	0.237	0.079
Pr_FTSE _{Ult}	0.280	-0.311
Pr_DJIA _{Min}	0.638	0.653

Variable dependiente: Pr_{Min}IPC

Variable	Orden cero	Parcial
R°_SSE _{Min}	0.138	0.001
R°_FTSE _{Ult}	0.751	0.505
R°_DJIA _{Min}	0.656	0.172

Variable dependiente: R°_{Min}IPC

En los datos de la tabla 38 los coeficientes de orden cero y parcial entre la variable dependiente IPC_{Min} y las variables independientes Pr_SSE_{Min} , Pr_FTSE_{Ult} y Pr_DJIA_{Min} presentan las siguientes pautas:

- El IPC_{Min} y el $DJIA_{Min}$ registran una correlación de orden cero de 0.64 para los *precios* y de 0.66 para los *rendimientos*.
- Al eliminar de las variables de los *precios* IPC_{Min} y $DJIA_{Min}$, el efecto atribuible al resto de variables independientes, Pr_SSE_{Min} y Pr_FTSE_{Ult} , la relación parcial sube a 0.65.
- Destaca que, al hacer lo propio con las variables de los *rendimientos* y eliminarles el efecto de las variables correspondientes, $R^\circ_SSE_{Min}$ y Pr_FTSE_{Ult} , la relación parcial de $R^\circ_IPC_{Min}$ y $R^\circ_DJIA_{Min}$ baja sensiblemente a 0.17. Este *debilitamiento* indica que la relación de los rendimientos del IPC y del DJIA está condicionada por las otras dos variables sometidas a control estadístico, lo cual fortalece la hipótesis de trabajo II: “La fuerza de la relación de los índices está en función del tamaño de los mercados, así como del huso horario de operación (GMT)”.

Supuestos del modelo de regresión lineal

Los supuestos de un modelo estadístico se refieren a una serie de condiciones que deben darse para garantizar la validez del modelo. Al efectuar aplicaciones prácticas del modelo de regresión, es necesario vigilar el cumplimiento de estos supuestos (Pardo, 2002):

- *Linealidad*. La ecuación de regresión adopta una forma particular; en concreto, la variable dependiente es la suma de un conjunto de elementos: el origen de la recta, una combinación lineal de variables independientes y los residuos. Para verificar su cumplimiento puede obtenerse información a partir de la observación del diagrama de dispersión. El incumplimiento del supuesto de linealidad suele denominarse error de especificación.⁶²

⁶² Algunos ejemplos son: omisión de variables independientes importantes, inclusión de variables independientes irrelevantes, no linealidad (la relación entre las variables independientes y la dependiente no es lineal), parámetros cambiantes (los parámetros no permanecen constantes durante el tiempo que dura la recogida de datos), no aditividad (el efecto de alguna variable independiente es sensible a los niveles de alguna otra variable independiente), etcétera.

- *Independencia*. Los residuos son independientes entre sí, es decir, los residuos constituyen una variable aleatoria (los residuos son las diferencias entre los valores observados y los pronosticados). Es frecuente encontrarse con residuos autocorrelacionados cuando se trabaja con series temporales.
- *Homocedasticidad*. Para cada valor de la variable independiente (o combinación de valores de las variables independientes), la varianza de los residuos es constante.
- *Normalidad*. Para cada valor de la variable independiente (o combinación de valores de las variables independientes), los residuos se distribuyen normalmente con media cero.
- *No-colinealidad*. No existe relación lineal exacta entre ninguna de las variables independientes. El incumplimiento de este supuesto da origen a la multicolinealidad.

Los supuestos de *independencia*, *homocedasticidad* y *normalidad*, están estrechamente asociados al comportamiento de los residuos; por tanto, un análisis cuidadoso de los residuos puede informar sobre el cumplimiento de los mismos.

Análisis de los residuos

Los residuos de un modelo estadísticos son las diferencias existentes entre los valores observados y los valores pronosticados: $(Y - \hat{Y})$. Los residuos son muy importantes porque informan sobre el grado de exactitud de los pronósticos: cuanto más pequeño es el error estándar de los residuos mejores son los pronósticos, o lo que es lo mismo, mejor se ajusta la recta de regresión a los puntos del diagrama de dispersión. De acuerdo a la tabla 31⁶³, el error estándar de los residuos es 1 006 para los precios y 0.007 para los rendimientos.

También el análisis de las características de los casos con residuos grandes (sean positivos o negativos; es decir, *grandes en valor absoluto*) puede ayudar a detectar casos atípicos y, consecuentemente, a perfeccionar la ecuación de regresión a través de un estudio detallado de los mismos.

Independencia

⁶³ Prueba de bondad de ajuste del R y R² de la regresión múltiple entre los mercados de México, EE. UU., Shanghái y Reino Unido.

Uno de los supuestos básicos del modelo de regresión lineal es el de independencia entre los residuos. El estadístico de Durbin-Watson proporciona información sobre el grado de independencia existente entre ellos. Ver tabla 39.

Tabla 39: Estadístico Durbin-Watson

Mercados: México, EE. UU., Shanghái y Reino Unido		
Índice	DW	Diagnóstico
Precios	0.110	Residuos con autocorrelación positiva
Rendimientos	2.068	Residuos independientes

Variable dependiente: IPC_{Min}
 Variables de predictoras: (Constante), $DJIA_{Min}$, SSE_{Min} y $FTSE_{Ult}$

Homocedasticidad

El supuesto de igualdad de varianzas implica que la variación de los residuos debe ser uniforme en todo el rango de valores pronosticados, el diagrama de dispersión de los residuos no debe mostrar ninguna pauta de asociación.

En el diagrama de dispersión con los pronósticos estandarizados y los residuos estandarizándolas puede observarse, por un lado, que los residuos y los pronósticos parecen ser independientes, pues la nube de puntos no sigue ninguna pauta de asociación clara, ni lineal ni de otro tipo. Sin embargo, no parece claro que las varianzas sean homogéneas. Más bien parece que conforme va aumentando el valor de los pronósticos también lo va haciendo la dispersión de los residuos: los pronósticos mayores que la media (los que en el diagrama tienen puntuación típica por arriba de cero) parecen estar algo más concentrados que los pronósticos menores que la media (los que en el diagrama tienen puntuación típica menor que cero). Es relativamente frecuente encontrar esta pauta de comportamiento en los residuos.

El diagrama de dispersión de los gráficos 17 y 18 delata la presencia de varianzas heterogéneas

Gráfico 17: Dispersión de los precios

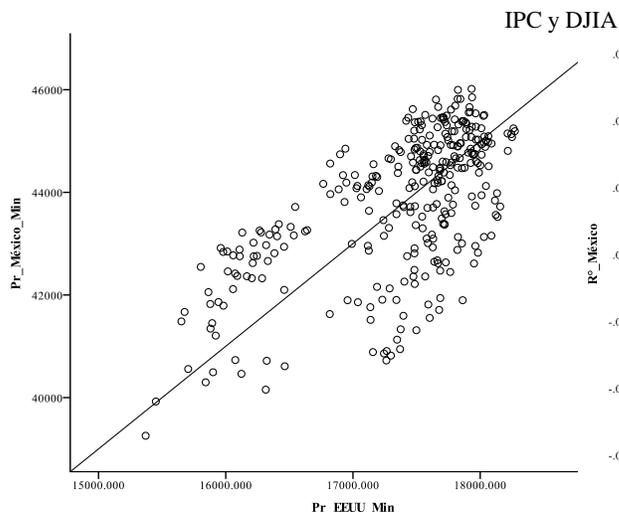
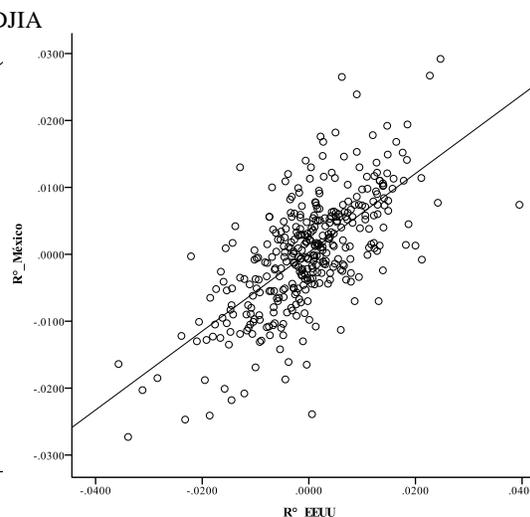


Gráfico 18: Dispersión de los rendimientos



La prueba de *homocedasticidad* o igualdad de varianzas significa que las J poblaciones muestreadas poseen la misma varianza.

El nivel crítico (*Sig.*) asociado al estadístico de Levene, tabla 40, permite contrastar la hipótesis de homogeneidad de varianzas: si el valor del nivel crítico es menor que 0.05, debe rechazarse la hipótesis de homogeneidad.

Tabla 40: Prueba de homogeneidad de varianzas

Basándose en la media			
Modelo	Estadístico de Levene	Sig.	Hipótesis nula
Pr_SSE _{Min}	0.003	0.96	Se mantiene H ₀ : las varianzas son iguales (homocedásticas)
Pr_FTSE _{Ult}	0.013	0.91	
Pr_DJIA _{Min}	0.331	0.57	
Pr_IPC _{Min}	2.711	0.10	
R°_SSE _{Min}	0.091	0.76	Se mantiene H ₀ : las varianzas son iguales (homocedásticas)
R°_FTSE _{Ult}	0.058	0.81	
R°_DJIA _{Min}	5.769	0.02	Se rechaza H ₀ : las varianzas no son iguales (heterocedásticas)
R°_IPC _{Min}	1.770	0.18	Se mantiene H ₀ : las varianzas son iguales (homocedásticas)

Puede afirmarse que, excepto la varianza de los rendimientos mínimos del DJIA (R°_DJIA_{Min}), en el resto de las variables estudiadas se cumple este importante supuesto: las varianzas poblacionales son iguales, son homogéneas. Es probable que las diferencias

obtenidas en las variaciones de la muestra se hayan producido sobre la base de un muestreo aleatorio de una población con varianzas iguales. Por lo tanto, se concluye que no hay una diferencia entre las variaciones en la población.

Análisis de regresión *simple* de los precios y rendimientos del IPC y del DJIA

Al final del apartado *Coefficientes de correlación de precios y rendimientos NYSE_EE.UU.-IPC_México* de la sección anterior, se concluye que la correlación de los *precios* (0.61) entre las variables (*Y*) IPC y (*X*₁) DJIA es fuerte con niveles críticos $p = 0.000$ que permite afirmar que el coeficiente es significativamente distinto de cero.

Correlación parcial

Considero que es fundamental, para mayor precisión en las conclusiones, estimar la correlación parcial entre los rendimientos del IPC y del DJIA controlando el posible efecto de los demás mercados.

Tabla 41: Correlación parcial IPC vs DJIA

Índice	Coefficiente	Sig. (bilateral)
Pr_Cierre	0.59	0.000
R°_Cierre	0.47	

Variables de control: (*X*₂) Pr_Shanghái, (*X*₃) Pr_Japón, (*X*₄) Pr_Reino Unido y (*X*₅) Pr_España

Cuando se controla el efecto de terceras variables la correlación desciende marginalmente a 0.59 (sigue siendo fuerte). Ver tabla 41. La diferencia con el coeficiente de orden cero no es importante (de 0.61 a 0.59) lo cual indica que la relación entre el IPC y el DJIA no está condicionada, no depende o está modulada por las cuatro variables sometidas a control estadístico: (*X*₂) Pr_Shanghái, (*X*₃) Pr_Japón, (*X*₄) Pr_Reino Unido y (*X*₅) Pr_España.

Sin embargo, en el caso de los *rendimientos*, se observa que al controlar el efecto de terceras variables la correlación desciende en forma importante, pasó de *fuerte* a *débil*, al adoptar los valores de 0.66 (tabla 29) a 0.47 (tabla 41); se pierden 19 puntos base lo cual indica que la relación entre el IPC y el DJIA está condicionada por las cuatro variables sometidas a control estadístico lo que fortalece el planteamiento de la tercera hipótesis de trabajo en relación a que *las grandes noticias causan grandes movimientos en el mercado y esos movimientos se concentran y transmiten en pequeños lapsos de tiempo*.

Con este antecedente, el análisis explora el ajuste del modelo y la capacidad predictivas de la regresión lineal en función del DJIA como variable independiente.

Subrayo que, hasta este momento, las estimaciones de los rendimientos para medir el riesgo se han realizado a través del método de *variación discreta* (lineal). Sin embargo, para ser consistente con la aplicación y comparación de los resultados de otros modelos, de aquí en adelante se obtendrán con el método de *variación continua* (log precios).

$$R_C^o = \left(\ln \frac{P_t}{P_{t-k}} \right) * 100$$

donde

- R_C^o = Rendimiento continuo. Es el cambio, en términos relativos, del logaritmo natural del rendimiento de los precios (*log precios*) de un activo entre el periodo t y $t-k$. A este cambio en el precio se le conoce como rendimiento compuesto en forma continua.
- P_t = Precio del activo en el momento t .
- P_{t-1} = Precio del activo en el momento $t-1$.

En el apartado 3.4., *Especificación del modelo*, se destaca el uso del método dado que tiene propiedades estadísticas atractivas a través del uso de logaritmos al permitir que la curva “suavice” las crestas y los valles de los rendimientos, y por lo tanto la curva es más representativa sobre el comportamiento de los índices.

Una nota final. Los resultados que se plasman en el siguiente análisis de regresión, se consiguen de las corridas numéricas de:

- las variables de los precios de los índices IPC y DJIA,
- de los rendimientos por el método de *variación continua*, y
- de la variable dicotómica (0 o 1) como presencia o no de riesgo. Ver Anexo 5.

Ecuación de regresión

El coeficiente B_1 , pendiente de la recta, es el cambio medio que se produce en el número de puntos del IPC (Y) por cada unidad de cambio que se produce en (X_1) DJIA u otro índice bursátil. El coeficiente B_0 es el punto en el que la recta corta el eje vertical: el número medio del valor del IPC que corresponde al índice DJIA con valor cero.

$$Y = B_0 + B_1 X_i$$

La pendiente de la recta (B_1) indica que, en promedio, a cada incremento de una unidad en el DJIA (X_1) le corresponde un incremento de 1.312 en el IPC (Y). El origen de la

recta (B_0) sugiere que si el *precio* del DJIA tuviera un valor de cero el IPC sería de 21 023.795 puntos. En el caso de los *rendimientos* los valores del origen, B_0 , y de la pendiente de la recta, B_1 , son 0.000293 y 0.589 puntos porcentuales, respectivamente. Ver tabla 44.

Bondad de ajuste

El R^2 expresa la proporción de varianza de la variable dependiente que está explicada por la variable independiente. En este caso, de la tabla 42 se desprende que R toma un valor alto de 0.72 (el máximo es 1); y R^2 indica que el 51.2% de la variabilidad de los precios mínimos del IPC están explicados por la cotización mínima del DJIA.

Es importante disponer de alguna indicación del grado en el que la recta se ajusta a la nube de puntos. Una medida de ajuste que ha recibido gran aceptación en el contexto del análisis de regresión es el *coeficiente de determinación* R^2 : el cuadrado del coeficiente de correlación múltiple. Se trata de una medida estandarizada que toma valores entre 0 y 1: 0 cuando las variables son independientes y 1 cuando entre ellas existe relación perfecta.

Tabla 42: Bondad de ajuste (R y R^2). Regresión simple

Índice	DJIA-IPC			Error est.*
	R	R^2	R^2 corregida	
Precios	0.632	0.399	0.397	1 065.68
Rendimientos	0.716	0.512	0.511	0.006479

* Error estándar de la estimación

Los dos valores de R^2 (el corregido y el no corregido) son prácticamente iguales: 0.399 y 0.397 en los precios y 0.512 y 0.511 en los rendimientos. Esto se debe a que hay suficientes registros (367) y una sola variable independiente. Si la serie de tiempo tuviera pocos datos o, como fue el caso del modelo de regresión múltiple, el valor de R^2 *corregida* será sensiblemente más bajo que el de R^2 y se convierte en un mejor indicador.⁶⁴

Los *errores estándar de la estimación* (S_e), 1 065.68 y 0.006479, es la desviación estándar de los residuos, es decir, la desviación de las distancias existentes entre las puntuaciones en la variable dependiente (Y_i) y los pronósticos efectuados con la recta de regresión (\hat{Y}_i). El error estándar representa una medida de la parte de variabilidad de la

⁶⁴ R *cuadrado corregida* es una corrección a la baja de R^2 que se basa en el número de casos y de variables independientes: en una situación con pocos casos y muchas variables independientes, R^2 es un estimador algo optimista (artificialmente alto) del verdadero coeficiente de correlación poblacional. En tal caso, el valor de R^2 *corregida* será sensiblemente más bajo que el de R^2 .

variable dependiente que no está explicada por la recta de regresión. En general, cuanto mejor es el ajuste, más pequeño es este error.

En la tabla 43, el estadístico F , 242.30 para los *precios* y 295.59 en los *rendimientos* informa si existe o no relación significativa entre la variable independiente y la dependiente. Permite contrastar la hipótesis nula de que el valor poblacional de R es cero.

Tabla 43: Anova. Regresión simple

Índice	F	Sig.
Precios	242.30	0.000
Rendimientos	383.69	0.000

El nivel crítico (*Sig.*) indica que, si se supone que el valor poblacional de R es cero, es improbable (probabilidad = 0.000) que R , en esta muestra, tome el valor 0.632 o 0.716, según sea el caso, lo cual implica que el valor poblacional de R es mayor que cero y que, en consecuencia, puede afirmarse que ambas variables están linealmente relacionadas, tanto en los precios como en los rendimientos. Se rechaza la hipótesis nula.

Coeficientes de regresión estandarizados

La tabla 44 muestra los coeficientes de la recta de regresión. La columna etiquetada *Coeficientes no estandarizados* contiene los coeficientes de regresión parcial que definen la ecuación de regresión en puntuaciones directas.

- El coeficiente no estandarizado correspondiente a la *constante* es el *origen* de la recta de regresión (B_0).
- El coeficiente no estandarizado es la *pendiente* de la recta de regresión (B_1) la cual indica el cambio medio que corresponde a la variable dependiente IPC por cada unidad de cambio de la variable independiente DJIA. Según esto, de acuerdo a los datos de la tabla 44, la ecuación de regresión queda de la siguiente manera:

$$\text{Pronóstico del precio del IPC} = 21023.795 + (1.312 * \text{Pr_DJIA})$$

$$\text{Pronóstico del rendimiento del IPC} = 0.000293 + (0.589 * \text{R}^\circ\text{DJIA})$$

La pendiente de la recta (B_1) indica que, en promedio, a cada incremento de una unidad en el DJIA (X_1) le corresponde un incremento de 1.312 en el IPC (Y). El origen de la

recta (B_0) sugiere, como se comentó en párrafos anteriores, que si el *precio* del DJIA tuviera un valor de cero el IPC sería de 21 023.80 puntos.

En el caso de los *rendimientos* los valores del origen, B_0 , y de la pendiente de la recta, B_1 , son 0.000293 y 0.589 puntos porcentuales, respectivamente. Es decir, a cada rendimiento del *DJIA* le corresponde un pronóstico del valor del *IPC* basado en un incremento constante de 0.000169 puntos más 0.696 veces el valor de *DJIA*. La misma interpretación aplica para los precios.

Tabla 44: Coeficientes de regresión parcial. Regresión simple

Precios y rendimientos mínimos del IPC y DJIA					
Modelo	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
(Constante)	2 1023.795	1 464.460		14.356	0.000
Pr_DJIA _{Min}	1.312	0.084	0.632	15.566	0.000
(Constante)	0.000293	0.000336		0.872	0.384
R°_DJIA _{Min}	0.589	0.034	0.670	17.193	0.000

El coeficiente *Beta* define la ecuación de regresión cuando ésta se obtiene tras estandarizar las variables originales, es decir, tras convertir las puntuaciones directas en estandarizadas.

En el análisis de regresión simple, el coeficiente de regresión estandarizado correspondiente a la única variable independiente presente en la ecuación coincide exactamente con el coeficiente de correlación de Pearson.⁶⁵

Finalmente, los estadísticos *t* y sus niveles críticos (*Sig.*) permiten contrastar las hipótesis nulas de que los coeficientes de regresión valen cero en la población. Estos estadísticos *t* se obtienen dividiendo los coeficientes de regresión B_0 y B_1 entre sus correspondientes errores estándar.

A partir de los resultados del análisis, se concluye que el estadístico t^{66} para la *pendiente* poblacional de la recta de regresión (B_1) el valor es significativamente distinto de

⁶⁵ En regresión múltiple, los coeficientes de regresión estandarizados permiten valorar la importancia relativa de cada variable independiente dentro de la ecuación.

⁶⁶ Estos estadísticos *t* se distribuyen según el modelo de probabilidad *t* de Student con $n-2$ grados de libertad. Por tanto, pueden utilizarse para decidir si un determinado coeficiente de regresión es significativamente distinto de cero.

cero, lo cual permite afirmar que entre el *IPC* y el *DJIA* existe relación lineal significativa y, por tanto, se rechaza H_0 .

Esta decisión se confirma con el hecho de que, al trabajar con una única variable independiente, el resultado del estadístico *t* es equivalente al del estadístico *F* de la tabla 43, en donde la decisión fue en el mismo sentido.

Estudio de eventos y el modelo de regresión con variables dicotómicas

i. Los eventos

En el *Marco contextual*, apartado 1.4. *Las crisis bursátiles o la transmisión entre mercados*, me referí a los hechos relevantes e importantes pérdidas ocasionadas por:

1. la crisis griega a por el elevado endeudamiento y el temor a una salida del euro;
2. el desacelerado crecimiento de la economía china, la devaluación del yuan y las intervenciones gubernamentales en el mercado bursátil; y
3. la salida del Reino Unido de la Unión Europea por los resultados del referéndum sobre el Brexit.

La tabla 45 enumera algunos de los acontecimientos más importantes acaecidos durante 2015 y el primer semestre de 2016.

Tabla 45: Eventos financieros en 2008

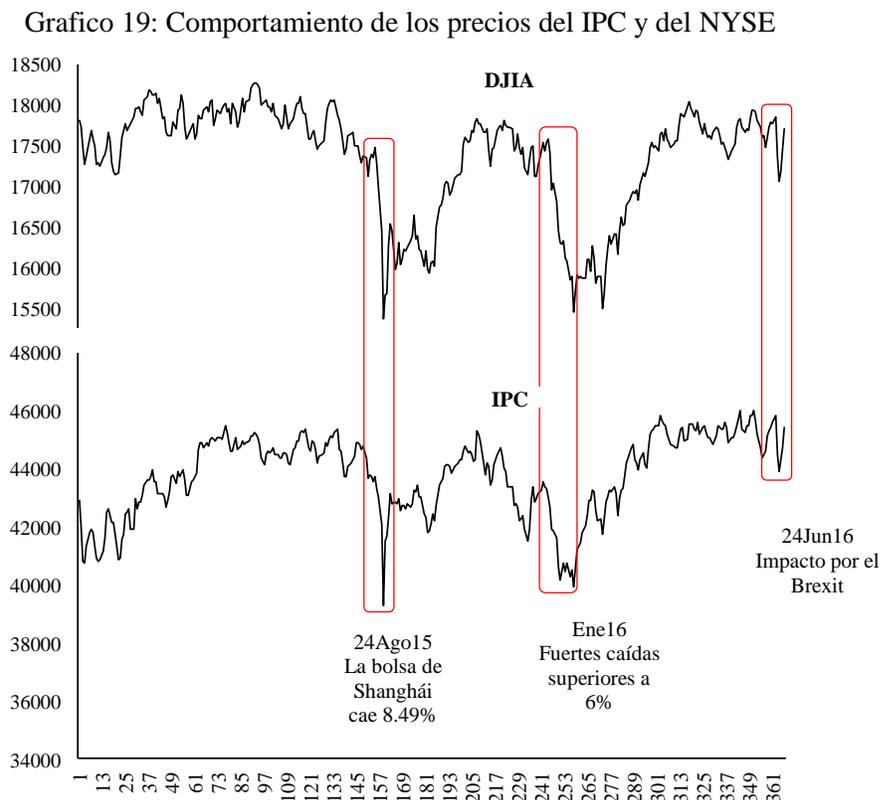
Nº	Fecha	Evento
1	12Ago15	Devaluación del yuan.
2	24Ago15	Dudas sobre la economía china.
3	04Ene16	China paraliza la actividad de sus Bolsas tras registrar fuertes caídas.
4	07Ene16	Otra jornada negra obliga a suspender la sesión en las Bolsas chinas.
5	26Ene16	Bolsa de Shanghái cayó poco más de 6.4 por ciento
6	25Feb16	Desplome fue, nuevamente, superior al 6 por ciento
7	24Jun16	El Brexit. Salida del Reino Unido de la Unión Europea

A manera de ejemplo, el evento 2 de la tabla 45 se refleja en el gráfico 19. Las marcas destacan ciertos momentos del comportamiento de los precios del *IPC* y del *DJIA* y sugieren una relación estrecha entre los dos mercados ayudan a poner su comportamiento en perspectiva.

En el apartado 1.4. *Las crisis bursátiles o la transmisión entre mercados* se describen estos sucesos. Uno de ellos es lo acontecido el 24 de agosto de 2015 cuando la bolsa de Shanghái cae 8.5 por ciento.

Los índices bursátiles, reflejo del “sentir” del mercado, se hundieron por las dudas sobre la economía china. Japón cerró con una baja 4.6 y en Europa, Londres y España se situaron en -4.7 y -5.0 por ciento; Grecia perdió 10.5 puntos porcentuales.

La desconfianza en los mercados financieros acabó por contagiarse al resto. El efecto se trasladó hasta América en donde EE. UU. y México tuvieron rendimientos negativos de 3.6 y 1.6 por ciento, aunque llegaron a tener mínimos de 6.6 y 6.8 respectivamente.



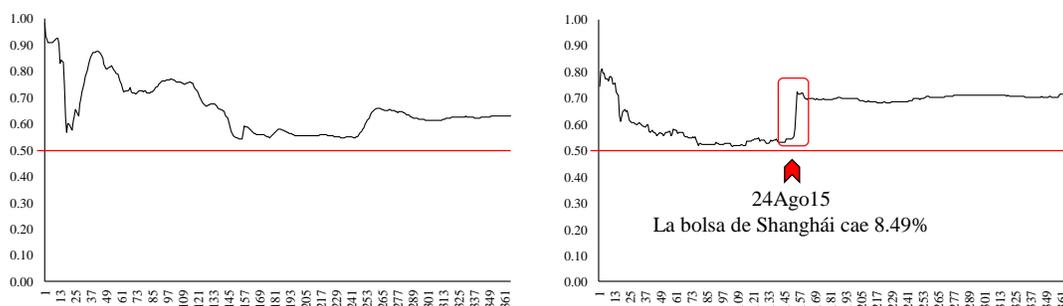
Note que la BMV reflejó los eventos de 2015-16 de manera similar a la del NYSE. De ahí el interés de estudiar ciertos aspectos de la caminata de los rendimientos de los mercados accionarios de EE.UU. y México.

Se pone especial énfasis en aquellas variaciones cuyo comportamiento, en ventanas de tiempo específicas, destacan como *eventos anormales*, sucesos con amplia difusión en la prensa mundial que recoge la reacción de los participantes del mercado.

En el gráfico 20 observamos la evolución de la correlación de los precios y de los rendimientos a lo largo de 18 meses. Destacan tres aspectos importantes:

1. El 24 de agosto de 2015, desplome de la bolsa de Shanghái, la correlación del rendimiento del IPC con el DJIA aumentó 14 puntos base: de 0.58 a 0.72 y así se mantuvo hasta la fecha de corte.
2. La correlación en el último día de estudio, 30 de junio de 2016, es de 0.63 para los precios y 0.72 para los rendimientos.
3. En ambos casos, la correlación nunca ha sido inferior al 0.5.

Gráfico 20: Evolución de la correlación de los precios y de los rendimientos



Para medir el impacto de los acontecimientos se toma como referencia a Roden, *et al.* (2012), quienes utilizan variables ficticias, dicotómicas, para modelar las de series de tiempo y medir el impacto de un evento sobre los precios y los rendimientos.

Para la determinación de la variable dicotómica propongo identificar la presencia de noticias que se ven reflejadas en los cambios atípicos de los rendimientos.

Puesto que esta variable indica la presencia o ausencia del atributo, toma los valores 0 y 1, donde 1 indicara la presencia (o la posesión) de ese atributo y 0 la ausencia de tal atributo. Se determina, en este caso, de la siguiente manera (ver Anexo 5):

1. Se divide cada rendimiento por la volatilidad (σ) suavizada de la serie.
2. Se estima la probabilidad de que el rendimiento en cuestión no se encuentre a más de una cantidad de z desviaciones estándar por sobre su valor promedio.
3. Se determina el valor de la variable dicotómica: 0 si la probabilidad de ocurrencia es menor o igual que el nivel de confianza, 95% en este caso. En caso contrario, el valor es 1.

$$D_{(0)} = \begin{cases} 0, & t < 0, t > 0 \\ 1, & t = 0 \end{cases} \quad D_{(0)} \text{ toma el valor 0 para todos los días excepto en la ocurrencia de evento, en el cual es 1.}$$

Para la serie de tiempo estudiada se registraron en el mercado estadounidense 23 fechas con valor de 1 y 19 en el nacional.

Observe en la tabla 46 que el 24 de julio de 2016, cuando se conocen los resultados del Brexit, el valor de la variable binaria, para los dos mercados fue de 1, lo que se interpreta como el rompimiento de los límites de tolerancia establecidos para ambos mercados. Hubo nerviosismo en los mercados bursátiles el anuncio de la salida del Reino Unido de la Unión Europea.

Tabla 46: Variables dicotómicas de los mercados de valores de EE. UU. y México

N°	Fecha	DJIA_Mín	TR°_Cont	N° de σ R°_Disc_ λ	Probabilidad	Dicotómica	
						NYSE	BMV
1	30/06/2016	17711.80	1.455%	1.45	92.65%	0	0
2	29/06/2016	17456.02	1.533%	1.53	93.70%	0	0
3	28/06/2016	17190.51	0.744%	0.74	77.04%	0	0
4	27/06/2016	17063.08	-1.704%	1.70	95.54%	1	0
5	24/06/2016	17356.34	-2.772%	2.77	99.72%	1	1
367	02/01/2015	17731.30		-0.504%	70.19%	0	1
Suma						23	19

Se utiliza la prueba t de Student, prueba no paramétrica que ayuda a medir los cambios de rendimiento para comprobar, o no, el supuesto sobre la independencia de los precios.

ii. Modelo de regresión con variables dicotómicas

La ecuación de regresión final que integra el modelo de sensibilidad final se compone de una variable cuantitativa y una cualitativa (dicotómica⁶⁷).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 D_2 + \varepsilon_i$$

- donde
- Y_i = Variable dependiente ($R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$). Es el rendimiento mínimo en una jornada bursátil del Índice de Precios y Cotizaciones (IPC) de la Bolsa Mexicana de Valores (BMV). Se obtiene por el método de variación continua.
 - X_1 = Variable cuantitativa ($R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$). Es el rendimiento mínimo en una jornada bursátil del Dow Jones Industrial Average (DJIA) del New York Stock Exchange (NYSE). Se obtiene por el método de variación continua.
 - D_2 = Variable cualitativa dicotómica⁶⁸ (D_{DJIA}). Es la probabilidad de que el rendimiento en analizado no se encuentre a más de una cantidad de z desviaciones estándar por sobre su valor promedio. 0 si la probabilidad de ocurrencia es menor o igual que el nivel de confianza de 95% en este caso. En caso contrario, el valor es 1.
 - ε = El término de error ε_i satisface las suposiciones usuales del MCO.

Los coeficientes de correlación de *orden cero*, de *correlación parcial* y de *correlación semiparcial* de la tabla 47 nos ayudan a fortalecer algunas conclusiones.

Tabla 47: Correlaciones entre coeficientes de regresión IPC y DJIA-D (367 observaciones)

Rendimientos continuos de toda la serie de tiempo		
Variable	Orden cero	Parcial
$R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$	0.716	0.712
D_{DJIA}	-0.114	0.034

Variable dependiente: $R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$

- Coeficientes de correlación de *orden cero*, calculados sin tener en cuenta la presencia de terceras variables⁶⁹:
 - Hay *fuerte* correlación positiva, 0.716, entre la variable dependiente $R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$ y la independiente $R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$ en los datos registrados a lo largo de 367 días de operación bursátil.
 - Evidentemente, la correlación aumenta (a *muy fuerte* en este caso) en los periodos de alta volatilidad: 0.895 registrada en 12 jornadas operativas, del 11 al 26 de agosto de 2015, producto de la caída del índice SSE de la

⁶⁷ Las variables dicotómicas o binarias son de escala *nominal* que indican la presencia de un atributo al tomar el valor 1, o la ausencia del mismo con el valor 0.

⁶⁸ Ver la nota metodológica en el Anexo 5. *Determinación de la variable dicotómica*.

⁶⁹ Ver los criterios de clasificación del coeficiente de correlación de Pearson en la Tabla 30.

bolsa de Shanghái: el 24 de agosto de 2015 cae 8.4 por ciento e impacta negativamente a los mercados en el mundo.

- Correlación negativa muy débil, -0.11 , entre la variable dependiente $R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$ y la variable explicativa dicotómica $R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$.
- Coeficientes de *correlación parcial* que expresan el grado de relación existente entre cada variable independiente y la variable dependiente tras eliminar de ambas el efecto debido al resto de variables independientes incluidas en la ecuación.

Al eliminar de las variables $R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$ y $R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$ el efecto atribuible a la variable dicotómica $R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$, la relación parcial baja, marginalmente, a 0.712 lo que indica que la relación de los rendimientos del IPC y del DJIA no está condicionada por la variable binaria en los periodos de estabilidad.

No obstante, estos valores (y las conclusiones correspondientes) cambian en las ventanas de tiempo en que se manifiesta un evento relevante. Este hecho vigoriza la tercera hipótesis de trabajo: “Las grandes noticias causan grandes movimientos en el mercado y esos movimientos se concentran en pequeños lapsos de tiempo”.

Observe en la tabla 48 los siguientes hechos (estos comentarios se destacan, de nuevo, en las *Conclusiones*):

- en tres jornadas consecutivas, de 21 al 25 de agosto, el mercado estadounidense y el mexicano hacen eco al tremor generado por el mercado chino (valor 1 en la variable binaria): la onda expansiva del “tsunami” chino se extiende y se comunica a través de los diferentes mercados.
- el comportamiento con tendencia creciente de las respectivas probabilidades de ocurrencia de un evento no deseado.

La correlación entre coeficientes de regresión de las variables dicotómicas de los índices DJIA e IPC, en el periodo que se observa es de *fuerte* ya que registra un valor de 0.63.

Tabla 48: Registro de la variable dicotómica y probabilidad de contagio durante la caída del SSE

		Periodo: 11 al 26 de agosto de 2015				
N°	Fecha	DJIA		IPC		Comentarios
		Binaria	Prob	Binaria	Prob	
1	26.08.2015	0	56.4%	0	67.0%	
2	25.08.2015	1	96.5%	1	100.0%	Ambos rebasan el nivel de confianza del 95%.
3	24.08.2015	1	100.0%	1	100.0%	
4	21.08.2015	1	99.9%	1	98.2%	
5	20.08.2015	1	95.5%	0	76.4%	
6	19.08.2015	0	87.9%	0	83.4%	No rebasan el nivel de confianza del 95%.
7	18.08.2015	0	79.7%	0	64.1%	
8	17.08.2015	0	61.8%	0	65.2%	Note el comportamiento, tendencia al alza, de las respectivas probabilidades de ocurrencia de un evento no deseado.
9	14.08.2015	0	61.8%	0	53.6%	
10	13.08.2015	0	89.4%	0	62.9%	
11	12.08.2015	0	90.5%	1	95.2%	Sólo el IPC rebasa el NC de 95%.
12	11.08.2015	0	55.2%	0	81.9%	No rebasan el nivel de confianza del 95%.

La tabla 49 ofrece un resumen de la calidad del modelo de regresión. La R^2 corregida vale 0.51: las dos variables independientes incluidas en el análisis explican, conjuntamente, el 51% de la varianza de la variable dependiente ($R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$).

Tabla 49: Bondad de ajuste (R y R^2). Regresión con dicotómica

Mercados: México, EE. UU., Shanghai y Reino Unido				
Índice	R	R ²	R ² corregida	Error est.
Rendimientos	0.72	0.51	0.51	0.006

* Error estándar de la estimación

Variable dependiente: $R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$

Variables de predictoras: Constante, $R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$, D_DJIA

El estadístico F de la tabla 50, contrasta la hipótesis nula de que el valor poblacional de R es cero y, por tanto, permite decidir si existe relación lineal significativa entre la variable dependiente y las dos variables independientes. El valor del nivel crítico ($Sig.$) 0.000 es menor que 0.01, lo que indica que existe relación lineal significativa, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula.⁷⁰

Tabla 50: Anova. Regresión simple

Índice	F	Sig.
Rendimientos	191.8	0.000

Variable dependiente: $R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$

Variables de predictoras: Constante, $R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$, D_DJIA

⁷⁰ Ver el planteamiento de la hipótesis estadística (H), nula (H_0) y alternativa (H_A) en el análisis de regresión simple.

Así, la ecuación de regresión queda en los siguientes términos (ver tabla 51):

$$R_{Min}^{\circ} IPC = 0.000116 + (0.700380 \cdot R_{Min}^{\circ} DJIA) + (0.001016 \cdot D)$$

Tabla 51: Coeficientes de regresión parcial no estandarizados

Parámetros	Coeficientes no estandarizados	
	B	Error estándar
(Constante)	0.000116	0.000
$R_{Min}^{\circ} DJIA$	0.700380	0.036
D_DJIA	0.001016	0.002

Coeficientes de regresión estandarizados

Con los valores de los coeficientes *Beta* ratificamos que la variable *DJIA* es la más que más peso tiene en la ecuación seguida de la variable dicotómica.

Contrastamos la hipótesis nula de que los coeficientes de regresión valen cero en la población (ver tabla 52):

- La prueba *t* de los $R_{Min}^{\circ} DJIA$ y su nivel crítico (*Sig.*) menor que 0.01, confirma que la hipótesis debe ser rechazada. La variable es relevante en la ecuación de regresión.
- Se ratifica que no es el caso para D_DJIA, la variable dicotómica. Su nivel crítico (*Sig.*) de 0.514, mayor que cero, confirma que no contribuye de forma significativa a explicar lo que ocurre con los rendimientos del IPC. Por tal motivo, la hipótesis nula no debe ser rechazada (se conserva), la variable no es relevante en la ecuación de regresión.

Tabla 52: Coeficientes de regresión parcial. Regresión múltiple

Parámetros	Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	Beta		
(Constante)		0.334	0.739
$R_{Min}^{\circ} DJIA$	0.721	19.333	0.000
D_DJIA	0.024	0.653	0.514

Con este antecedente, el análisis explora el ajuste del modelo y la capacidad predictivas de la regresión lineal en función del DJIA como variable independiente.

Valor en Riesgo (VaR)

Uno de los objetivos a alcanzar en este trabajo doctoral es desarrollar un instrumento de sensibilidad. Para tal efecto, me apoyo en la metodología del Valor en Riesgo (VaR) que se define como la pérdida máxima esperada que podría registrar un portafolio de inversión debido a cambios en las variables financieras dado un nivel de confianza y un horizonte temporal previamente definido. Esto significa que, con una cierta probabilidad, la pérdida de una posición en el horizonte temporal predefinido no podrá ser mayor a la cantidad indicada por el VaR.

El VaR se utiliza como herramienta por las siguientes razones:

- Es una medida de riesgo de uso generalizado.
- Facilita la agregación al resumir en un solo número la exposición total del portafolio de inversión al riesgo de mercado.

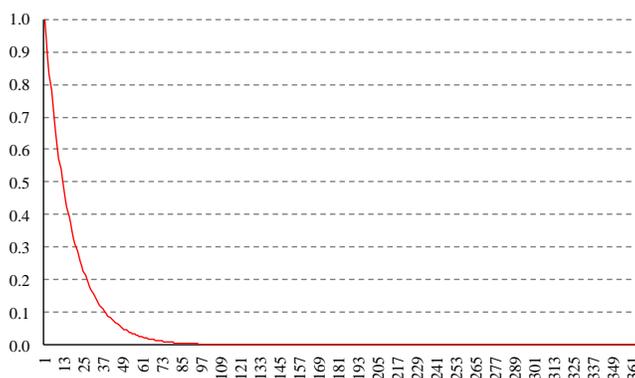
Los siguientes conceptos enmarcan el análisis del efecto de la volatilidad del DJIA en la rentabilidad y el valor en riesgo de una hipotética cartera de inversión que replique el comportamiento del Índice de Precios y Cotizaciones.

Instrumento	<i>Naftac</i> , ⁷¹ Certificado de Participación Ordinaria (CPO) emitido por Nacional Financiera (Nafinsa) indexado al Índice de Precios y Cotizaciones de la Bolsa Mexicana de Valores por lo que replica la estructura (cantidad y proporción de acciones) y su comportamiento.
Nivel de confianza (NC)	95%
Horizonte temporal	1 día
Observaciones	Se considera una historia de 367 observaciones de los factores de riesgo.
Periodo	Un bloque de 18 meses, del 1 de enero de 2015 al 30 de junio de 2016, proporciona 367 jornadas bursátiles en donde se capta la

⁷¹ Este instrumento fue referido en la *Justificación* de este trabajo de tesis, específicamente en el apartado *El ciclo de vida productiva. Ingreso y ahorro*, en donde se propone, a manera de ejemplo, como opción de inversión para el pequeño ahorrador.

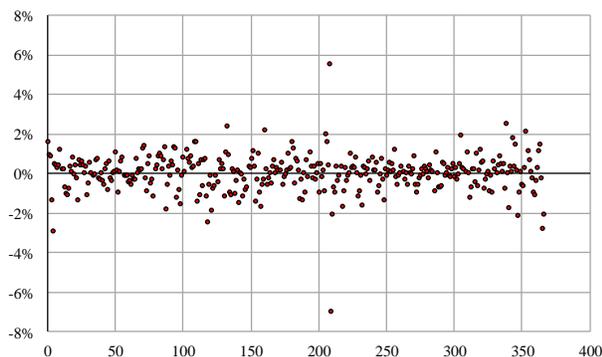
	turbulencia de los mercados generada por la volatilidad en las bolsas griegas, chinas y británicas.
Rendimiento continuo	<p>Es el cambio, en términos relativos, del logaritmo natural del rendimiento de los precios (<i>log</i> precios) de un activo entre el periodo t y $t-k$. A este cambio en el precio se le conoce como rendimiento compuesto en forma continua.</p> $R_C^o = \left(\ln \frac{P_t}{P_{t-k}} \right) * 100$
Valor en riesgo	<p>Valor en Riesgo (VaR) para una posición en acciones</p> $VaR_{PA} = (\mu_a \pm \alpha \sigma_a) * Pa * Nt$ <p>donde</p> <ul style="list-style-type: none"> VaR_{PA} = Valor en riesgo de la posición accionaria. $(\mu_a \pm \alpha \sigma_a)$ = Movimiento adverso representado en forma porcentual. \pm = Signo negativo para la posición larga y positivo para la corta Pa = Precio por acción o del índice bursátil Nt = Número de títulos
Desviación estándar	<p>Desviación estándar obtenida por el método de <i>Promedio móvil ponderado exponencialmente</i> (EWMA). Este enfoque mejora el método tradicional de cálculo de la volatilidad.</p> $\sigma = \sqrt{(1-\lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} (r_t - \bar{r})^2}$
Factor de decaimiento	<p>El factor de decaimiento (<i>decay factor</i>) “óptimo” (λ) propuesto por J.P. Morgan/Reuters es de $\lambda = 0.94$ para los datos diarios y $\lambda = 0.97$ para los datos mensuales. Ver gráfico 21.</p>

Gráfico 21: Decay factor (λ) = 0.94. Comportamiento en el corto plazo



Aunque de la observación del gráfico 22 podemos sospechar la presencia de la heteroscedasticidad⁷², con períodos de alta volatilidad y períodos de baja volatilidad que corresponden a periodos de riesgo alto y bajo, en el Apartado 6.3. *Análisis de regresión*, se hicieron las correspondientes pruebas de homogeneidad de varianzas para los diferentes índices y el $R^{\circ}_{IPC_{Min}}$ pasó el nivel crítico (*Sig.*) asociado al estadístico de Levene (ver tabla 40) por lo que se concluyó que cumple el importante supuesto de que las varianzas poblacionales son iguales, son homogéneas.

Gráfico 22: Rendimientos mínimos diarios del IPC



Concepto	Valor
Promedio	0.03%
DesvEst	0.92%
Max	5.7%
Min	6.8%

El gráfico representa la serie temporal de 367 rendimientos diarios del IPC, del periodo del 2 de enero de 2015 al 30 de junio de 2016.

⁷² La *heterocedasticidad* se presenta cuando la varianza de las perturbaciones no es constante a lo largo de las observaciones lo que implica el incumplimiento de una de las hipótesis básicas sobre las que se asienta el modelo de regresión lineal lo que se refleja en la pérdida de eficiencia en el estimador mínimo cuadrático. Los estimadores de mínimos cuadrados siguen siendo insesgados, pero ya no eficientes, es decir que los estimadores ya no serán de varianza mínima.

La volatilidad, σ , para esta muestra de datos es de alrededor del 0.92%. En la misma unidad, algunos rendimientos tienen valores absolutos por encima del 6.8%, correspondiente a eventos en 7.3 desviaciones estándar. Ésta es la firma característica una distribución de rendimientos de cola gorda. (Zumbach, 2007).

Tabla 53: Factor de riesgo: $\nabla R^{\circ}IPC$

	VaR_Disc	VaR_Cont	VaR_λ
Promedio	0.020%	0.011%	0.011%
DesvEst	0.921%	0.924%	1.007%
z (1 cola)	1.65	1.65	1.65

Comparación de resultados

En resumen, los parámetros obtenidos de los modelos de *Regresión lineal simple*, (tabla 54), *Arima* (tabla 55) y del *Valor en Riesgo* (tabla 56), nos indican que éste último, el *VaR*, ofrece el mejor pronóstico. Por ejemplo, partiendo del *Ipc real* registrado el 1 de junio fue de 45,831.33, el valor mínimo (límite superior) *pronosticado* a un día son los siguientes:

- a través de la *Regresión* fue de 45,806.12, por debajo en 0.06% del valor real.
- a través del *Arima* fue de 45,446.87, por debajo en 0.84% del valor real.
- a través del *VaR* fue de 46,179.80, por arriba en 0.76% del valor real.

Tabla 54: Parámetros y pronósticos de Regresión Lineal Simple

	β_0 (Constante)	β_1 $R^{\circ}_{DJIA_{Min}}$	X_1 TR°_{Min}	Y Pr_{Min}
Promedio	0.000293	0.589	0.71%	45741.06
Mínimo	-0.000368	0.521	0.56%	45675.48
Máximo	0.000954	0.656	0.85%	45806.12

Tabla 55: Parámetros y pronósticos de Arima

	β_0 (Constante)	β_1 $R^{\circ}_{DJIA_{Min}}$	X_1 TR°_{Min}	Y Pr_{Min}
Promedio	0.00014899	-0.147029028	-0.15%	45349.61
Mínimo	-0.000793748	-0.25114352	-0.37%	45252.34
Máximo	0.001091728	-0.042914536	0.06%	45446.87

donde, para el modelo de Regresión y para Arima:

- β_0 = es la *constante* del modelo
- β_1 = es el *regresor* de la variable independiente ($R^{\circ}_{DJIA_{Min}}$)
- X_1 = es el *valor* de la variable independiente ($R^{\circ}_{DJIA_{Min}}$) en el día n .
- Y = es el *rendimiento* esperado de la variable dependiente ($R^{\circ}_{IPC_{Min}}$) en el día n .
- Pr = es el *precio* esperado de la variable dependiente ($Pr_{IPC_{Min}}$) en el día n .

Tabla 56: Parámetros y pronósticos del VaR suavizado (λ)

$$VaR_n = (\mu_n \cdot n) \pm (z \cdot \sigma_n \cdot \sqrt{n})$$

Dato		Lím_Inf		Lím_Sup	
		R°	Pr	R°	Pr
Promedio	0.0001138				
DesvEst	0.0100731				
z (1 cola)	1.65	-1.65%	44699.99	1.67%	46179.80
n	1				

donde, para el VaR:

- X_1 = es el valor en riesgo dado el *promedio* de la serie de tiempo, la *desviación estándar* suavizada con λ , y el valor de z (1 cola). Ver la cuarta columna de la tabla 53.
- μ = *Promedio* de la serie de tiempo.
- σ = *Desviación estándar* de la serie de tiempo.
- z = Valor de z (1 cola). Es el número de desviaciones estándar para un nivel de confianza de 95%.
- n = El número de *días* al que se desea pronosticar.

Hasta aquí los modelos seleccionados en el marco del *principio de parsimonia*⁷³. Es importante considerar que los modelos más simples se prefieren sobre los modelos más complejos. La idea fue desarrollar el modelo, más simple que proporcione una descripción adecuada de la mayor parte de las características de los datos. Sin embargo, se complementa brevemente el análisis con los modelos autorregresivos para fundamentar las líneas futuras de investigación. Ver Anexo 6.

⁷³ El *principio de parsimonia* se refiere a la preferencia por modelos más simples en lugar de los complejos. En estadística se aplica en el análisis exploratorio de modelos de regresión lineal múltiple. De un conjunto de variables explicativas que forman parte del modelo a estudiar, debe seleccionarse la combinación más reducida y simple posible, teniendo en cuenta la varianza residual, la capacidad de predicción y la multicolinealidad.

7. RESULTADOS DEL MODELO DE SENSIBILIDAD

Después de la reflexión realizada, se mantiene el interés sobre la transmisión de las perturbaciones y la evidencia del contagio financiero, "...en vez de aspirar a la desocultación de una ley universal, se busca aumentar el conocimiento acerca de las relaciones entre los conceptos en un contexto determinado, con unas determinadas interpretaciones de éstos" (Sallán, 2001, p.539). El tema invita a elaborar el equivalente a una escala de la turbulencia bursátil que permita evaluar la severidad de los movimientos atípicos de los precios y sus rendimientos.

La idea es identificar el punto de inflexión en la tendencia de los precios que indique el probable inicio de un escenario no deseado de sucesos críticos, en la inteligencia de que el patrón que precede a un desplome de un mercado "dependiente" tiene como antecedente los sucesos registrados en los grandes mercados. Es pertinente referir lo ya anotado en 3.1. *Consideraciones teóricas – La teoría del contagio financiero:*

El fenómeno financiero se inicia ante un importante anuncio negativo, relevante para el país en el que se genera y para el entorno correlacionado, lo que desencadena el nerviosismo y reacción de los grandes inversionistas y la transmisión a los mercados de valores. Algunos ejemplos son los hechos recientes de los años 2015 y 2016: la crisis griega a causa del elevado endeudamiento; los temores ante el desacelerado crecimiento de la economía china; y, la salida del Reino Unido de la Unión Europea.

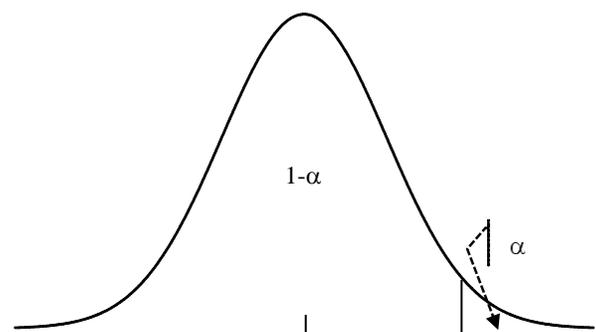
Esta línea de trabajo deberá ser enriquecida en el marco del Análisis Técnico a través de la observación de los niveles de resistencia y de soporte.

Se parte de la idea –ya planteada– de que, en ciertos periodos o momentos, en el comportamiento del IPC de la BMV participan tres fuerzas:

- el empuje inicial generado por una noticia relevante en la Unión Americana (o en un país europeo, o en uno asiático) que genera contagio y se refleja de inmediato en la volatilidad del índice bursátil correspondiente;
- el tamaño del mercado de referencia, NYSE en este caso, que genera una importante atracción;
- y la resistencia natural e independiente de la oferta y demanda doméstica, explicada por la conducta humana y el comportamiento colectivo contagiado por el entorno.

Los datos de entrada del modelo de sensibilidad son, además de las variables de razón de escala (precios y/o rendimientos de los índices de la muestra), variables cualitativas que ayudan a capturar las noticias o eventos relevantes que afectan al mercado y que se reflejan en los movimientos anormales de los rendimientos: el valor 1 indica la presencia del evento y 0 la ausencia de él. El tamaño de la zona de eventos relevantes $(1-\alpha)^{74}$ se determina fijando diferentes valores de α (nivel de significación). Ver Figura 10.

Figura 10: Zona crítica en contraste unilateral derecho



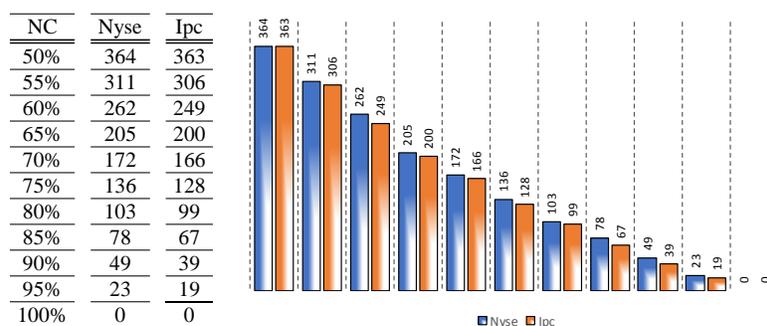
Entre más grande sea el valor del *nivel de confianza* $(1-\alpha)$, menor será el número de rendimientos atípicos dado que la exigencia de la restricción aumenta (ver Tabla ¿?).

A través de los datos de las 367 jornadas bursátiles del periodo 2015-2016 se capta la turbulencia de los mercados generada por la volatilidad en las bolsas griegas, chinas y británicas. Ver tabla 57.

Por ejemplo, con un NC laxo, de 50% se presentan 364 eventos (de valor binario 1) en el mercado norteamericano y 363 en el nacional. Esto significaría que, prácticamente, todos los días se presenta una noticia relevante. No tiene caso manejar niveles de confianza tan relajados, poco aportan.

⁷⁴ Su probabilidad se denomina *nivel de confianza* y se representa mediante $1-\alpha$.

Tabla 57: Eventos relevantes esperados en función de su probabilidad de ocurrencia



En contraste, con un NC más alto, por ejemplo 95%, sólo se presentan 23 días para el NYSE y 19 para el IPC en los que se captan posibles eventos que generaron nerviosismo entre los inversores. Se aumentó el nivel de exigencia. Y así fue.

Dependiendo de la magnitud de los eventos, expresados éstos en el porcentaje de pérdida o caída de los rendimientos, los medios de comunicación hacen eco de ello. Para tal efecto, se toma en cuenta una serie de factores para su publicación: la *actualidad* y *novedad* del mismo como hecho excepcional que sale de la rutina cotidiana; la *magnitud* determinada por la importancia tanto cualitativa como cuantitativa del hecho junto con la *proximidad*, así como la *rareza* e *imprevisibilidad*, entre otros.⁷⁵

Rendimientos menores a 1% tiene escasa difusión; normalmente se refieren a ellas como “movimientos marginales”. Los registros entre 1 y 2 por ciento son referidos en forma moderada. Cuando la caída es alrededor de 3% es noticia en los medios especializados y, más aún, si continúa su tendencia a la baja.

Basta la publicación de una noticia negativa atípica para que surja el pánico. El miedo colectivo crece hasta adquirir inmensas proporciones bajo la influencia del contagio. No se puede evaluar la causalidad, pero se infiere que el comportamiento de miles (o quizá millones) de inversores particulares e institucionales se refleja en el sistema de precios del mercado de valores como respuesta al miedo que se traduce en la rápida caída de las cotizaciones. Ver 1.4. *Las crisis bursátiles o la transmisión entre mercados*.

La agrupación de los datos, en función del número de *sigmas*, indica la cantidad de observaciones en cada categoría. Ver tabla 58.

⁷⁵ Tomado de *Periodismo on line*, <http://www.periodismo-online.de/prensa/unidades/unidad4/unidad4-Valor.html>

Tabla 58: Distribución de frecuencias de ocurrencia de la desviación estándar (σ)

Magnitud (σ)	NC en función del DJIA	Frecuencia DJIA	Frecuencia IPC
1	84.13%	286	297
2	97.72%	68	58
3	99.87%	10	10
4	99.997%	2	0
5	99.9999%	0	0
6	99.999999%	0	1
7	99.99999999%	1	1
		367	367

Destaca el número de observaciones existente en cada clase. Partiendo de los resultados del DJIA:

- Una sigma (σ) como escala de magnitud indica un 84.13 por ciento de certidumbre de que un suceso tendrá una caída del rendimiento en 1% o menos. En el periodo de estudio el DJIA registró 286 casos y el IPC 297.
- Tres sigmas (σ) establecen una certidumbre de 99.87% de una pérdida de hasta 3%. En el DJIA y en el IPC se presentaron 10 casos en cada uno.
- En el otro extremo, siete sigmas (σ) proporcionan 99.99999999% de una pérdida de hasta 6.8%. Tanto en DJIA como en el IPC registró un caso.

CONCLUSIONES, APORTACIONES Y LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

CONCLUSIONES Y APORTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN AL CONOCIMIENTO

Las caídas bruscas de los índices y los eventos anormales se presentan con inusitada frecuencia en los mercados bursátiles. El mercado mexicano, representado por su principal índice, el IPC, no puede ser la excepción. Se demuestra que en ciertos periodos se han llegado a registrar significativos cambios en los rendimientos que rebasan fácilmente las tres sigmas llegando a alcanzar, en 2008, más de siete. La probabilidad de que se se presenten esos hechos es realmente pequeña, prácticamente imposible.

Todos los momentos de volatilidad invitan a la reflexión dado que permanentemente nos encontramos en la búsqueda de elementos que conlleven a una mejor comprensión de los mercados financieros. Una mejor evaluación del riesgo y los factores que lo producen es una de las brújulas que guían el desarrollo de este trabajo cuyo objetivo principal se planteó en la modelación de índices bursátiles para estudiar si las ventanas de alta volatilidad explican el comportamiento atípico de los precios y de los rendimientos de la Bolsa Mexicana de Valores por el efecto transmisión, particularmente de la Bolsa de Valores de Nueva York.

Los nueve periodos de crisis descritos en épocas tan disímiles, 1929 a 2016, tuvieron como común denominador verdaderos colapsos de los mercados bursátiles internacionales. Debido a la percepción de los inversores y a factores psicológicos, individuales y colectivos, el pánico se hizo presente y sus efectos se propagaron fácilmente. El fenómeno del contagio se hizo presente en todos los casos generando ruinosas consecuencias.

El trabajo se realiza tomando como marco de referencia los fundamentos de la hipótesis del mercado eficiente con cuatro objetivos concretos que guiaron la investigación. En síntesis:

4. Analizar las relaciones de los rendimientos y verificar el cumplimiento del supuesto de independencia.
5. Analizar las relaciones los mercados bursátiles en función del tamaño.
6. Analizar la volatilidad y el contagio ante la divulgación un evento relevante.
7. Desarrollar un instrumento de sensibilidad para generar escenarios y de riesgos.

Derivado del problema de investigación y de los anteriores objetivos de comprometieron tres hipótesis de trabajo de las cuales guiaron el desarrollo de la investigación y cuyos resultados se resumen, comentan y concluyen en tres bloques.

En cuanto a la Hipótesis 1

Pregunta 1

¿Se cumple la asunción cardinal del movimiento browniano referente a la independencia de los cambios de precios de los índices bursátiles en ventanas de tiempo de alta volatilidad?

Hipótesis (H₁)

En periodos de volatilidad atípica, los cambios de precios pasados no influyen en los actuales.

Conclusiones

Uno de los supuestos básicos del modelo de regresión lineal es el de independencia entre los residuos. El estadístico de Durbin-Watson proporciona información sobre el grado de independencia existente entre ellos.

El estadístico *DW* oscila entre 0 y 4, y toma el valor 2 cuando los residuos son completamente independientes. Los valores menores que 2 indican autocorrelación positiva; los valores mayores que 2 indican autocorrelación negativa. Puede asumirse que los residuos son independientes cuando *el estadístico DW* toma valores entre 1.5 y 2.5.

Puesto que en la tabla 39 el estadístico *DW* para los *precios* vale 0.11 (se encuentra abajo del valor de 2), puede asumirse que los residuos tienen autocorrelación positiva, es decir, hay razones para pensar que se incumple el supuesto de independencia entre los precios de los índices de los mercados de México, EE. UU., Shanghái y Reino Unido.

En cuanto a los *rendimientos*, el estadístico *DW* es 2.07 (se encuentra entre 1.5 y 2.5). Se concluye que *los residuos cumplen con el supuesto de independencia* entre los rendimientos de los índices de los mercados de valores en estudio.

A través del análisis de correlación se busca identificar la dependencia *estadística* entre variables aleatorias o estocásticas, esto es, variables que tienen distribuciones de probabilidad.

El objetivo es medir la *fuerza* o el *grado de asociación lineal* entre dos variables, aunque es ampliamente conocido que no implica, necesariamente, causalidad, sin importar lo fuerte y sugestiva que ésta sea. La causalidad se identifica por estadísticas externas y por las consideraciones *a priori* o teóricas.

Bajo esta perspectiva, se encontró una *fuerte* relación⁷⁶ lineal entre los precios y los rendimientos del IPC y del DJIA. Las correlaciones son positivas con valores que van de 0.61 a 0.69 (ver tabla 29) y significativas al nivel 0.01, por tal motivo *se rechaza* la hipótesis nula de independencia.

Para controlar el posible efecto de otros mercados bursátiles, asiáticos y europeos, se estimó la correlación parcial entre los rendimientos del IPC y del DJIA con los demás índices, haciendo todas las combinaciones posibles para seleccionar las variables de la ecuación final.

Coefficientes de correlación de precios del SSE_Shanghái con los índices en estudio:

- Con Nikkei225_Japón
 - Pr_Mín en Shanghái y Japón. Coeficiente de correlación positiva: 0.83 (*muy fuerte*). Es significativa al nivel 0.01 (bilateral), por lo tanto *se rechaza* la hipótesis nula: $\rho_{xy} \geq 0.75$.
- Con Ftse100_Reino Unido
 - Pr_Cie en Shanghái y Pr_Ape en Reino Unido. Coeficiente de correlación: 0.72 (*fuerte*).
 - Pr_Cie en Shanghái y Pr_Mín en Reino Unido. Coeficiente de correlación: 0.72 (*fuerte*).
 - Pr_Cie en ambos mercados. Coeficiente de correlación: 0.71 (*fuerte*).

Las tres correlaciones son positivas y significativas al nivel 0.01 (bilateral), por tal motivo *se rechaza* la hipótesis nula en todos los casos: $\rho_{xy} \geq 0.50$.

- Con Ibex35_España
 - Pr_Cie en Shanghái y Pr_Ape en España. Coeficiente de correlación: 0.80 (*muy fuerte*).
 - Pr_Cie en Shanghái y Pr_Min en España. Coeficiente de correlación: 0.79 (*muy fuerte*).

⁷⁶ Ver las magnitudes de las correlaciones de Hopkins (2002) en la tabla 30.

- Pr_Cie en ambos mercados. Coeficiente de correlación: 0.79 (*muy fuerte*).

Las tres correlaciones son positivas y son significativas al nivel 0.01 (bilateral), por tal motivo *se rechaza* la hipótesis nula en todos los casos: $\rho_{xy} \geq 0.75$.

- Con DJIA_EE.UU. (353 fechas comunes de operación)
 - Pr_Cie en Shanghái y Pr_Ape en EE. UU. Coeficiente de correlación: 0.50 (*débil*).
 - Pr_Cie en Shanghái y Pr_Mín en EE. UU. Coeficiente de correlación: 0.50 (*débil*).
 - Pr_Cie en ambos mercados. Coeficiente de correlación: 0.49 (*débil*).

Las tres correlaciones son significativas al nivel 0.01 (bilateral) por tal motivo, *se rechaza* (una vez más) la hipótesis nula: $\rho_{xy} \geq 0.50$.

- SSE_Shanghái con Europa
 - Con el Nikkei225_Japón la relación es *muy fuerte* (coeficiente: 0.83)
 - Con Ftse100_Reino Unido la relación es *muy fuerte* (coeficiente: 0.71)
 - Con Ibex35_España la relación es *muy fuerte* (coeficiente: 0.80)
- SSE_Shanghái con América
 - Con el DJIA_EE.UU. la relación es *débil* (coeficiente: 0.50)
 - Con el IPC_México la relación es *muy débil* (coeficiente: 0.22)

Con México sucede algo similar, en 353 fechas comunes de operación el IPC registró una correlación *muy débil* tanto en los precios de *apertura* (0.23), *mínimo* (0.24) y de *cierre* (0.21).

Note que los coeficientes son muy parecidos. El comportamiento y asociación, fuerza y la dirección, entre variables es semejante (ver gráficos 15 y 16) lo que fortalece a la segunda hipótesis de trabajo en el sentido de que *la fuerza de la relación de los índices está en función del tamaño de los mercados, así como del huso horario de operación (GMT)*.

En cuanto a la Hipótesis 2

Pregunta 2

¿Cuál es grado de relación entre dimensiones de los mercados en estudio?

Hipótesis (H₂)

La fuerza de la relación de los índices está en función del tamaño de los mercados, así como del huso horario de operación (GMT).

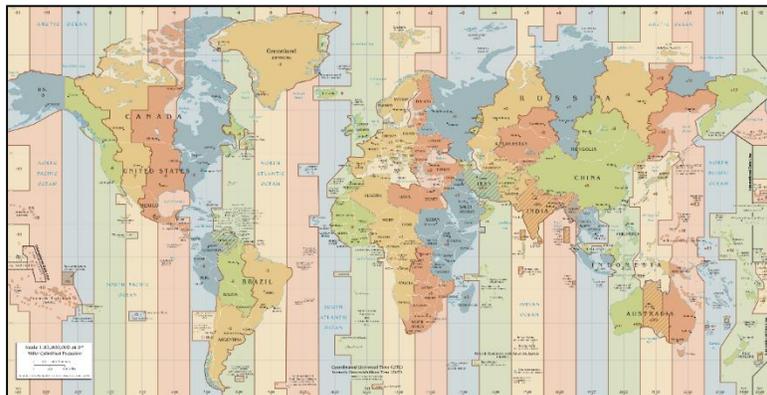
Conclusiones

Los resultados soportan los objetivos de este trabajo en la comprobación de la fuerza de la relación de los índices en función del huso horario de operación (GMT). Los coeficientes de correlación decrecen en función de la coincidencia o no en el horario de operación de los mercados. Los mercados reciben y procesan el impacto de las noticias y reaccionan en la dirección esperada, lo que confirma la hipótesis de la eficiencia del mercado: lo descuentan todo. Es decir, señalan la dirección del impacto para darle la dimensión que tendrá el evento en el futuro inmediato.

Veamos los coeficientes de correlación de los precios de cierre del SSE_Shanghái con otros mercados conforme avanza el reloj.

Primero abren los mercados asiáticos y según avanza el día lo van haciendo los europeos. El sol avanza y la Tierra rota hasta que llega el turno del continente americano que durante unas horas se solapa con Europa. Cuando los mercados del viejo continente cierran sus puertas aun las mantendrán abiertas en América hasta que finalmente llega el momento de irse a casa justo cuando en el continente asiático vuelve a ser horario laboral. (TradingUnited, 2016).

Figura 11: Mapa de los husos horarios



Fuente: Wikimedia Commons

- SSE_Shanghái con Europa
 - Con el Nikkei225_Japón la relación es *muy fuerte* (coeficiente: 0.83)
 - Con Ftse100_Reino Unido la relación es *muy fuerte* (coeficiente: 0.71)
 - Con Ibex35_España la relación es *muy fuerte* (coeficiente: 0.80)
- SSE_Shanghái con América
 - Con el DJIA_EE.UU. la relación es *débil* (coeficiente: 0.50)
 - Con el IPC_México la relación es *muy débil* (coeficiente: 0.22)

Ya se ha dicho que la representación de las bolsas de valores como un sistema planetario en torno al sol, genera una idea del tamaño de cada mercado que guía el análisis y que identificar las fuerzas implicadas contempladas en las leyes de Newton proporciona una descripción útil de lo que sucede en los mercados.

Deseo destacar, una vez más, que en la nota metodológica sobre el tamaño del mercado (Anexo 2), el tiempo es una variable fundamental en el tema de transmisión de la volatilidad. El horario de apertura y el cierre de los mercados, la operación conjunta, los espacios de inactividad, tiene mucho que ver con el contagio: sucede un evento relevante, es transmitido a la velocidad de los sistemas computacionales y se genera una reacción en la bolsa receptora.

Durante 180 minutos existe comunicación en tiempo real entre los mercados americanos y los europeos, los que se refleja en el volumen de operaciones y en el precio.

México abre y cierra al mismo tiempo que Nueva York. Por tal motivo se encuentra afectado permanentemente por la volatilidad que genera el vecino del norte. La onda expansiva que generan los sistemas de alta tecnología se propaga con rapidez a través de las redes de comunicación y provoca la caída de cotizaciones en los mercados de valores de todo el mundo en un espacio de tiempo muy breve.

A pesar de que los mercados de valores operan en diferentes zonas horarias y unos están cerrados, mientras otros están abiertos, siempre hay vasos comunicantes que transmiten con rapidez los desajustes. Se encadenan las aperturas del horario bursátil de todo el mundo.

Daniels, Radebaugh y Sullivan (2013) asientan que “...las redes de comunicación del mundo son ahora tan buenas que podemos hablar de un mercado mundial único” (p.272). Los eventos se transmiten internacionalmente a través de los sistemas de comunicación en línea

las 24 horas del día, los 365 días del año lo que aumenta el peligro potencial de una crisis sistémica⁷⁷, un colapso debido al intenso proceso de globalización.

Para concluir este segundo bloque, comparto algunas reflexiones sobre el tema de la fuerza gravitacional (F) entre mercados.

$$F_{BMV} = \frac{m_{Nyse}m_{BMV}}{r^2} G$$

donde

- m_1 = La masa del mercado 1, NYSE en este caso
- m_2 = La masa del mercado 2, BMV en este caso
- R = Distancia (en minutos)
- G = Constante de gravitación universal

Se parte de la idea de que en el comportamiento por contagio del IPC de la BMV participan tres fuerzas:

- el empuje inicial generado por una noticia relevante que genera contagio y se refleja de inmediato en la volatilidad del índice bursátil correspondiente;
- el tamaño del mercado de referencia, NYSE en este caso, que genera la atracción;
- y la resistencia natural e independiente de la oferta y demanda doméstica, en el marco de las finanzas conductistas.

Sustituyendo la ecuación F con las masas (valor de capitalización) del NYSE en 1.42E+07 y 3.51E+05 para la BMV, además de la unidad para el valor de la distancia (r), obtenemos la fuerza gravitacional (el peso) de la BMV en 332. Este peso es la magnitud de la fuerza que actúa sobre la BMV debido a su interacción con el NYSE. Ver siguiente tabla.

Fuerza de atracción del NYSE sobre los mercados americanos y europeos

Región	Bolsa	Capitalización	Distancia	“Peso”	Atracción	Correlación
América	Nyse	14 174 361	1 minuto	13 410	1.0	1.00
América	Bmv	350 696	1 minuto	332	40.4	0.88
Europa	Euronext	2 917 967	1 minuto	2 761	4.9	0.94
Europa	BME Spanish	1 048 730	1 minuto	992	13.5	0.62

⁷⁷ En finanzas, riesgo sistémico es el riesgo común para todo el mercado entero. Puede ser interpretado como “inestabilidad del sistema financiero, potencialmente catastrófico, causado por eventos idiosincráticos o condiciones en los intermediarios financieros”. Es el riesgo creado por interdependencias en un sistema o mercado, en que el fallo de una entidad o grupo de entidades puede causar un fallo en cascada, que puede hundir el sistema o mercado en su totalidad.

La atracción que ejerce el mercado norteamericano sobre el nacional es de 40 veces relación su peso. La aportación de este dato es que puede ayudar a medir los efectos (volatilidad) que producen los eventos relevantes. Note que la correlación es alta, 0.88, con un coeficiente de determinación de 77%.

Estos valores aumentan o disminuyen, además del valor de capitalización, por el tiempo que transcurre entre el registro de una noticia importante y el efecto que esta tiene en la operación bursátil del mercado receptor. Un minuto para la tabla anterior.

Recordar que entre el cierre de los mercados asiáticos y la apertura de los europeos hay 60 minutos de inactividad oficial de compra-venta, aunque la actividad bursátil es latente en ese tiempo. Y para cuando abren las bolsas asiáticas, ya han transcurrido 240 minutos que cerró el mercado americano. Tiempo más que suficiente para adoptar una estrategia de compra, venta o retención de los títulos según sea la causa y confiabilidad del evento que generó la volatilidad. El “peso” de la noticia es menor.

En cuanto a la Hipótesis 3

Pregunta 3

¿Cuál es el punto de inflexión en la tendencia de los precios que indica el inicio de un escenario no deseado y su propagación?

Hipótesis (H3)

Las grandes noticias causan grandes movimientos en el mercado; y esos movimientos se concentran en pequeños periodos de tiempo.

Conclusiones

En el estudio de eventos durante las crisis bursátiles (o la transmisión entre mercados) se encontraron hechos relevantes en tres momentos: por la crisis griega, la crisis china y por los resultados del referéndum sobre el Brexit. Se puso especial énfasis “...en aquellas variaciones cuyo comportamiento, en ventanas de tiempo específicas, destacan como *eventos anormales*, sucesos con amplia difusión en la prensa mundial que recoge la reacción de los participantes del mercado.”

Destacan los coeficientes de correlación de *orden cero* con los que se fortalecen las conclusiones.

- Hay *fuerte* correlación positiva, 0.716, entre la variable dependiente $R^{\circ}_{\text{MinIPC}}$ y la independiente $R^{\circ}_{\text{MinDJIA}}$ en los datos registrados a lo largo de 367 días de operación bursátil.
- La correlación aumenta (a *muy fuerte* en este caso) en los periodos de alta volatilidad: 0.895 registrada en 12 jornadas operativas, del 11 al 26 de agosto de 2015, producto de la caída del índice SSE de la bolsa de Shanghái: el 24 de agosto de 2015 cae 8.4 por ciento e impacta negativamente a los mercados en el mundo.

Estos valores cambian en las ventanas de tiempo en que se manifiesta un evento relevante. Este hecho vigoriza la tercera hipótesis de trabajo: “Las grandes noticias causan grandes movimientos en el mercado y esos movimientos se concentran en pequeños lapsos de tiempo”.

Observe en la tabla 48 del *Análisis de regresión* (apartado 6.4) los siguientes hechos:

- en tres jornadas consecutivas, de 21 al 25 de agosto, el mercado estadounidense y el mexicano hacen eco al tremor generado por el mercado chino (valor 1 en la variable binaria): la onda expansiva del “tsunami” chino se extiende y se comunica a través de los diferentes mercados.
- el comportamiento con tendencia creciente de las respectivas probabilidades de ocurrencia de un evento no deseado.

La correlación entre coeficientes de regresión de las variables dicotómicas de los índices DJIA e IPC, en el periodo que se observa es de *fuerte* ya que registra un valor de 0.63.

Para estos casos Popper reflexiona y concluye que “...en los segmentos pequeños de las sucesiones azarosas muestran a menudo grandes fluctuaciones, mientras que los grandes se comportan siempre de una manera que sugiere constancia y convergencia; dicho sucintamente: que en lo pequeño encontramos desorden y aleatoriedad, y en lo grande orden y constancia. A este comportamiento es a lo que se refiere la ley de los grandes números.” (Popper, 2008, p.212)

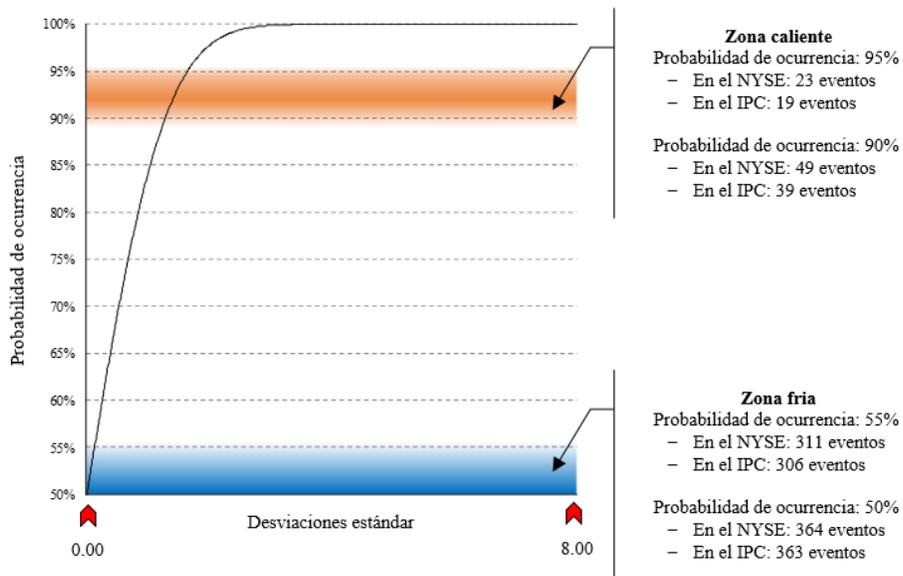
Por otra parte, en el apartado 2.2 *Objetivos del trabajo de investigación* se planteó “...desarrollar un instrumento de sensibilidad (*qué pasa si...*), una suerte de sistema de alerta temprana, que coadyuve, desde la perspectiva del inversionista, a modelar el comportamiento

de la volatilidad para generar escenarios y ventanas de riesgos que afectan la rentabilidad de las emisoras, sobre todo en circunstancias críticas.”

Los datos de entrada del modelo de sensibilidad son, además de las variables de razón de escala (precios y/o rendimientos de los índices de la muestra), variables cualitativas que ayudan a capturar las noticias o eventos relevantes que afectan al mercado y que se reflejan en los movimientos anormales de los rendimientos: el valor 1 indica la presencia del evento y 0 la ausencia de él. El tamaño de la zona de eventos relevantes ($1-\alpha$) se determina fijando diferentes valores de α (nivel de significación).

Al introducir los valores de los parámetros al modelo desarrollado (Anexo 5), se genera un número continuo de probabilidades. Es la representación gráfica del comportamiento de sensibilidad de la propuesta. Ver figura 12.

Figura 12: Representación de la sensibilidad del modelo



La medida de incertidumbre está asociada a un suceso o evento futuro, una escala de magnitud en términos de desviaciones estándar (de 1 a 7 sigmas) y el correspondiente nivel de probabilidad de ocurrencia.

En los Resultados del modelo de sensibilidad (Capítulo 7), se encontró que en 367 jornadas bursátiles (1 de enero de 2015 al 30 de junio de 2016), se captaron 23 momentos de alta turbulencia para el NYSE y 19 para el IPC, eventos que generaron nerviosismo entre los

inversionistas. Estos resultados son producto de los *precios mínimos* registrados en el mercado norteamericano (NYSE) y en el mexicano (BMV).

Deseo destacar que estos valores representan solamente un momento del tiempo e inferimos sus resultados para concluir el comportamiento de una jornada completa.

Si estudiáramos un solo día (intradía), atípico o no, encontraríamos un importantes diferencias y, en consecuencia, conclusiones. Encontraríamos patrones interesantes con patrones similares.

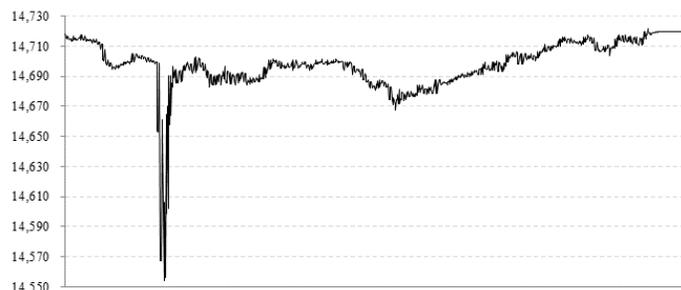
Benoît Mandelbrot (1924-2010), el padre de los fractales, en tres de sus obras⁷⁸ hace referencia a los siguientes concepto (en resumen):

Un fractal es un patrón o forma cuyas partes evocan el todo. La geometría fractal consiste en identificar patrones repetitivos de esta clase. El patrón puede tomar muchas formas. Puede ser una forma concreta que se repite a escalas sucesivamente menores, como en el caso del helecho o la coliflor.

Los fractales son *autosimilares*. Son como un zoom de alta calidad que lo expande o comprime todo de manera uniforme; lo que se ve a una distancia focal será similar a lo que se ve a otra.

El escalamiento fractal se aplica a la variación de los precios. El corazón mismo de las finanzas es fractal.

Ya referí que el 23 de abril de 2013 se publicó un falso tweet en donde se informaba que el presidente Barack Obama había sido herido en un ataque a la casa Blanca. El NYSE, el DJIA reaccionó una caída de 143 puntos y se recuperó en pocos minutos. El gráfico (número 08) da cuenta de ese Flash Crash.



⁷⁸ Ver La geometría fractal de la naturaleza, Los objetos fractales y Fractales y Finanzas.

Si utilizamos las variaciones de precios de esa jornada en el modelo de sensibilidad propuesto, encontramos valores interesantes: *sesenta* momentos de alerta, en unos cuantos minutos, con una probabilidad de ocurrencia (nivel de confianza) de 95 por ciento.

LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Línea 1. Los supuestos de normalidad

Una de las premisas del paseo aleatorio es el supuesto de normalidad, esto es, los rendimientos se distribuyen conforme a la campana de Gauss: las variaciones más chicas, que son las de mayor frecuencia, se agrupan en el centro de la campana, y las grandes, las más escasas, en los extremos.

Sin embargo, la evidencia empírica demuestra que en ciertos momentos los rendimientos se apartan de la campana de Gauss. Hay demasiadas oscilaciones grandes. Las colas no se adelgazan hasta hacerse imperceptibles, se elevan demasiado, pues hay más cambios grandes de lo esperado. Los rendimientos se comportan con mayor volatilidad. (ver Anexo 1)

Muchos autores cuestionan que la campana de Gauss sea el mejor instrumento para medir el riesgo. Concluyen en sus trabajos académicos que, bajo ciertas circunstancias, puede subestimar la volatilidad.

Por tal motivo sugiero evaluar los resultados alcanzados y las principales conclusiones en torno a las hipótesis de este trabajo doctoral bajo otras opciones cuando la distribución de rendimientos tiene una distribución de valor extremo, entre las cuales destacan: Gumbel, Fréchet y Weibull. Hay una familia entera de distribuciones de probabilidad.

Como ya ha sido mencionado con anterioridad, el valor en riesgo es una de las medidas que con mayor frecuencia se utilizan en la estimación de pérdidas potenciales en el rendimiento de un activo o de un portafolio, durante un periodo de tiempo y con un nivel de confianza dados. Sin embargo, cuando los rendimientos son de magnitud descomunal, auges o caídas, un modelado más adecuado del comportamiento de los posibles rendimientos requiere del uso de distribuciones de valores extremos.

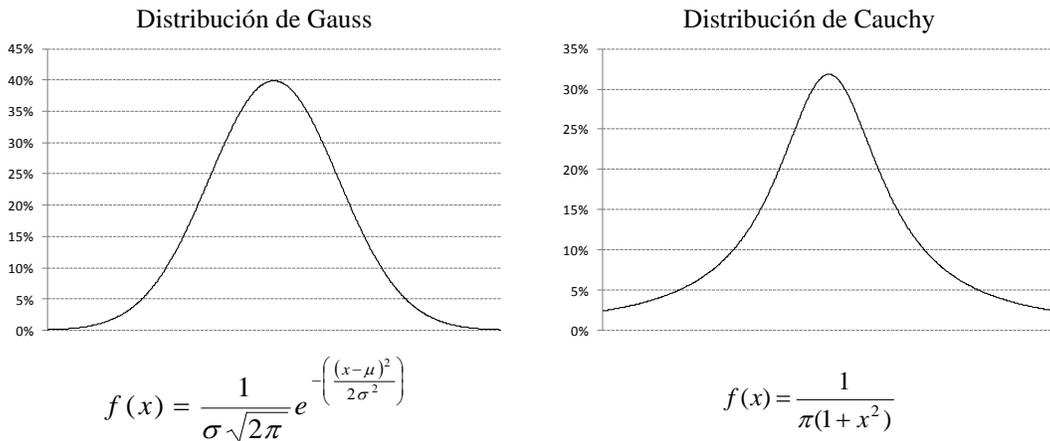
Los rendimientos de magnitud extrema no son eventos que se presenten de manera frecuente. No todos los días se reportan rendimientos considerables en los portafolios de inversión, más bien éstos se presentan ocasionalmente. (Venegas, 2008, p.873).

El propio Benoit Mandelbrot (2010) aboga por otra opción diferente a la distribución gausiana, la curva de Cauchy ya que para él no está claro que la campana de Gauss sea la mejor medida del riesgo bursátil:

Pero la diferencia entre los extremos de Gauss y de Cauchy no puede ser mayor. Equivalen a dos maneras diferentes de ver el mundo: una en la que los grandes cambios son el resultado de muchos cambios pequeños, y otra en la que los acontecimientos de gran magnitud tienen una importancia desproporcionadamente grande (p.61).

Su representación gráfica se parece a la campana de Gauss, pero con colas más gruesas. Ver gráfico 23.

Gráfico 23: Ecuación de densidad de probabilidad de Gauss y Cauchy



Campana de Gauss: numerosos cambios pequeños agrupados en el centro de la campana y pocos cambios grandes en las colas que son delgadas.

En la curva de Cauchy, a diferencia de la de Gauss, los puntos con valores extremos pueden dominar. Se centra en las posibilidades de una quiebra, una caída de precios abrupta y catastrófica.

Línea 2. Sobre el tema de la ley de gravitación universal de Newton

A manera de línea futura de investigación para la determinación del incremento en la volatilidad se considera que la actividad de la BMV es alterada por la volatilidad del NYSE. El objetivo sería encontrar y demostrar las fuerzas que actúan en el mercado objeto en el marco de las leyes de Newton dan sentido al comportamiento (movimiento).

Como propuesta inicial:

- Variable *F*. La *fuerza de gravedad* debida a la interacción con el NYSE.
- Variable *V*. La *volatilidad externa*, fuerza ejercida por la publicación de una noticia con un evento relevante. Se medirá a través de la desviación estándar y se registrará por medio de una variable dicotómica: 1 para la presencia de una noticia relevante y 0 la ausencia de ésta.
- Variable *S*. La sensibilidad del IPC de la BMV a los movimientos del DJIA del NYSE. Este índice de riesgo se podría estimar, por ejemplo, a través de la *beta*⁷⁹.

Se buscará comprobar si las dos variables *V* (volatilidad) y *S* (beta), u otras, explican los cambios significativos en la volatilidad diaria en el mercado receptor, en este caso la BMV.

Sugiero el estudio de los eventos relevantes del periodo 2000-2012, concentrándose en el bienio 2008-2009 en ventanas (periodos) específicos en el tiempo. Ver gráfico 24.

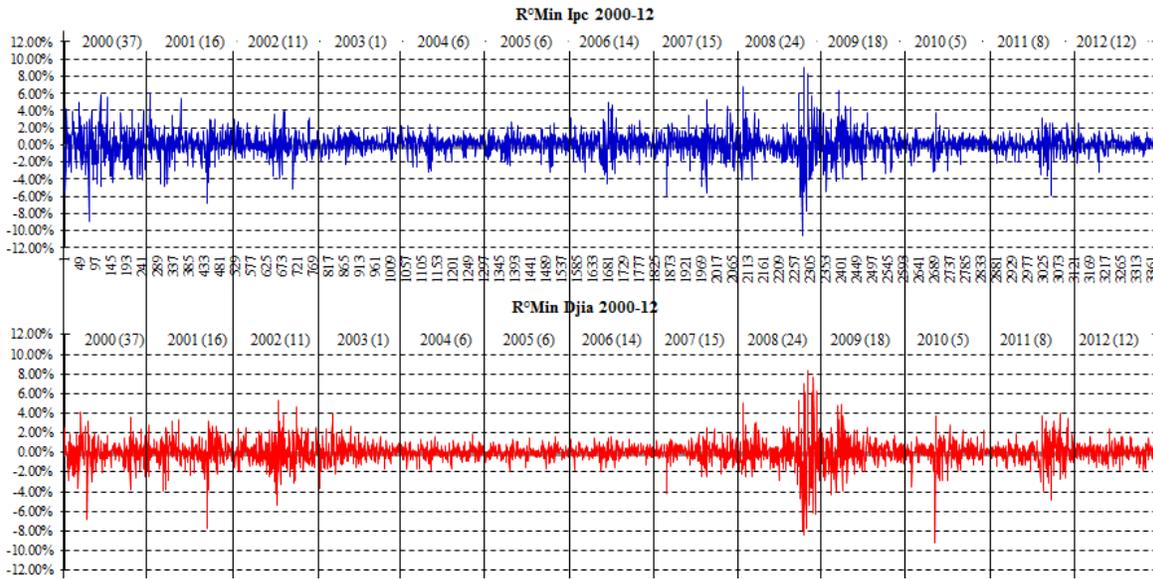
⁷⁹ La *beta* es un indicador que permite anticipar la dirección que seguirá la emisora con respecto al mercado en general:

$\beta > 1$, es reactiva ya que cambia en mayor proporción a los cambios del mercado de referencia.

$\beta \cong 1$, el desplazamiento es casi igual al del mercado, cambiando en la misma proporción.

$\beta < 1$ es menos reactiva, ganará menos en un mercado al alza, pero perderá también menos si el mercado baja. Según el modelo de mercado de W. F. Sharpe, el coeficiente asociado a la variable independiente o explicativa de dicho modelo, también denominado coeficiente de volatilidad, mide el grado de vinculación o dependencia del rendimiento de ese activo con respecto al rendimiento del mercado. En 2016 la beta fue de 0.65 ($\beta < 1$) de lo que se infiere que el IPC gana menos cuando el NYSE está al alza, pero pierde también menos si el mercado baja.

Gráfico 24: Correlograma espejo de los rendimientos del IPC y del DJIA 2000-2012



En donde se observan los rendimientos diarios, de alta frecuencia, que presentan, con seguridad, sesgo, exceso de curtosis y colas pesadas, “por lo que se tiene una mayor probabilidad de que ocurran valores extremos” (Venegas, 2008, p.147). Ver los números entre paréntesis que corresponden a rendimientos atípicos.

Línea 3. Modelar los datos en el marco de los sistemas dinámicos (no lineales)

Entonces no te encontré por azar hace ocho días, cuando paseabas por estos lugares, a mil millas de distancia del lugar habitado más próximo. ¿Es que volvías al punto de tu caída?

Antoine de Saint-Exupéry
El Principito

Durante más de un siglo, a partir de los trabajos de Louis Bachelier, el estudio y tratamiento del riesgo se ha basado en la teoría de la estadística lineal. Predecir su comportamiento ha sido la anhelada búsqueda de la piedra filosofal de las finanzas, el objetivo más codiciado en la alquimia.

Bachelier desarrolló un modelo de teoría de la probabilidad llamado paseo aleatorio en el que afirma que rendimientos de los precios subirán o bajarán con la misma frecuencia. Su postulado se basaba en las siguientes premisas.

1. Que los precios son independientes: el precio de mañana es independiente del precio de hoy.
2. Que el proceso que genera los cambios de precio es invariante (estacionariedad estadística): la media y su varianza no varían sistemáticamente con el tiempo.
3. Que los rendimientos de los precios distribuyen conforme a la campana de Gauss.

Con estas asunciones se presume que el mejor pronóstico del precio de mañana es el precio de hoy. Si se conociera la causa, se podría prever los acontecimientos. ¿En qué medida el pasado conforma el futuro?

Aunque el objetivo de este trabajo doctoral tiene un contenido claramente positivista⁸⁰ (no se podría esperar de otra manera), al buscar comprender el comportamiento de los mercados se encuentran variadas posturas académicas y e innumerables trabajos e investigaciones que dan luz y enriquecen el tema con perspectivas complementarias. Ardua tarea.

⁸⁰ Sistema filosófico que admite únicamente el método experimental y rechaza toda noción a priori y todo concepto universal y absoluto. (RAE, 2015). El positivismo afirma que el conocimiento solamente puede surgir de la afirmación de las hipótesis a través del método científico.

Pierre-Simon de Laplace, en 1814, afirmó que podría predecir el futuro del cosmos si conociera la posición y la velocidad actuales de cada partícula presente:

...podemos considerar que el estado actual del universo es consecuencia de su pasado y causa de su futuro. Un intelecto que conociera en un determinado instante todas las fuerzas que imprimen movimiento a la naturaleza y todas las posiciones de todos los elementos que la componen, y que fuera lo bastante grande para poder analizar todos esos datos, recogería en una única fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los de los átomos más diminutos; para ese intelecto nada quedaría indeterminado y vería ante sus ojos tanto el futuro como el pasado.

A esta idea se le denominó *el demonio de Laplace*. El libre albedrío se convertiría en una ilusión dado que todo estaría escrito, de principio a fin. (Pickover, 2011, p.158)

Mandelbrot (2010) lo aplica atingentemente al mencionar que “esta concepción, trasladada a los mercados, sería decisiva para los economistas y analistas financieros del mundo. Podrían indicarnos cuándo qué acciones debemos comprar y vender” (p.50). Es una visión determinista o de causa-efecto.

En algún momento, gradualmente, la idea del determinismo se ha impuesto en la ciencia: si se conoce la situación ahora deberíamos, en principio, ser capaz de determinar la situación dentro de unos momentos.

Entonces, ¿podríamos predecir el valor futuro de, por ejemplo, una acción si tuviéramos toda la información posible aquí y ahora? Pregunta interesante, pero difícil de contestar. Me parece que sería posible si tuviéramos una inteligencia infinita, pero no es así. Dejemos volar la imaginación.

Hoy, en este momento, conozco el valor (justipreciado) de una acción. La competencia entre los distintos participantes que intervienen, conduce a una situación de equilibrio en la que el precio de mercado de un título constituye una buena estimación de su precio teórico o intrínseco.

Qué debo hacer: la conservo o me deshago de ella. Evidentemente, depende de la expectativa que tengo sobre su valor futuro.

La variación de los precios depende de un número infinito de factores, entre ellos, millones de inversionistas individuales actuando en todos los mercados, prácticamente las 24

horas, dejando su impronta y expectativas y que se trasmite en mayor o menor medida, como ya lo hemos visto, a otros inversionistas en otros mercados. Las noticias se propagan por el globo en cuestión de segundos.

De esta manera, para cada acción existe una única trayectoria cuya posición inicial es un punto dado. Cada una de ellas tendrá un redimiento (destino), diferente a las otras. Estos puntos de partida determinan las trayectorias futuras. Esto resume el concepto de determinismo: cada uno sigue su destino sobre el cual no tiene control.

Pero, algo pequeño puede cambiar completamente el futuro. Un juego de pequeñas causas y grandes consecuencias.

Mourad Laachraoui, campeón de Europa de Taekwondo en mayo de 2016, es el hermano menor de uno de los yihadistas que se inmolaron en el aeropuerto de Bruselas dos meses atrás, con consecuencias fatales para personas inocentes.

¿Cuáles son los factores que influyen para que un hermano tome un camino tan, radicalmente, diferente al otro? El libre albedrío, el poder de elegir y tomar nuestras propias decisiones.

Una pequeña variación inicial produce grandes cambios en el estado final del proceso. Un juego de pequeñas causa y grandes consecuencias. Una reflexión sobre como el azar puede llegar a determinar nuestro destino. Esta dependencia del futuro a las condiciones iniciales es uno de los aspectos del *caos*, pero hay muchas situaciones más complejas. Es difícil predecir el futuro de una persona.

Ya, en el año de 1903, Jules Henri Poincaré (1854-1912) escribía lo siguiente:

...nosotros solamente podemos conocer la situación inicial de manera *aproximada*. Si esto nos permitiera predecir la situación que sigue en el tiempo con la *misma aproximación*, es todo lo que necesitaríamos, y podríamos decir que el fenómeno ha sido predicho, que está regido por leyes. Pero esto no es siempre así; puede ocurrir que pequeñas diferencias en las condiciones iniciales produzcan condiciones muy diferentes en los fenómenos finales. Sí un pequeño error en las condiciones iniciales produce un enorme error en las condiciones finales, la predicción se vuelve imposible y tenemos un fenómeno fortuito (Braun, 2003, p.22).

Avances como la *teoría del caos* parecen convertir en una quimera el demonio de Laplace (...) hasta las imprecisiones más insignificantes en la medición del estado de un

momento inicial pueden desembocar en diferencias inmensas entre el resultado predicho y el real (p.158).

En qué medida el pasado conforma el futuro. Acaso el destino determina el camino que seguimos en la vida, o nuestra trayectoria se da en función de las decisiones que tomamos. ¿Somos producto del azar?, ¿la buena y mala suerte existe?

Son sucesos dependientes e intrincadamente relacionados: existe una fuerte correlación entre el estado presente y el futuro, integrando en la ecuación a eventos de carácter aleatorios e impredecibles. Mlodinow (2010): "...podríamos (en un mundo perfecto) utilizar nuestro conocimiento exacto de las condiciones físicas y las leyes de física para determinar antes de cada tirada cómo reposará el dado. (...) no obstante, debido a nuestras limitaciones no tenemos conocimiento previo sobre que cualquier lado esté favorecido respecto a otro" (p.99).

El precio de una acción cambia porque algún factor externo al mercado interviene de manera más o menos directa. Millones de personas compran y venden títulos son individuos reales, complejos que no se conocen entre sí. Su comportamiento no puede predecirse ni controlarse. Es más, indudablemente, existen los grandes actores (humanos y/o informáticos) que influyen con grandes transacciones que generan corrientes de "opinión" y reacciones en los mercados.

Causa y efecto: los precios no suben o bajan en función de las leyes matemáticas del azar.

Pero, no podemos conocerlo todo. Tenemos que ver los mercados como una caja negra: podemos saber lo que entra y lo que sale de la caja, pero no lo que ocurre en su interior. Sólo podemos hacer inferencias. Lo que podemos hacer es jugar con las probabilidades, intentar hacer pronósticos, lo que nos da otra perspectiva del determinismo: no trataremos de predecir el precio futuro de una acción; más bien, buscaremos una probabilidad, en lugar de certezas. (Mandelbrot, 2010). La incertidumbre es la única certidumbre que existe, escribió el matemático John Allen Paulos, y lo único seguro es aprender a vivir con la inseguridad (Pickover, 2011, p.344).

El caos simbolizaba lo desconocido, lo incontrolable. En la actualidad, el caos se define como el "comportamiento aparentemente errático e impredecible de algunos

sistemas dinámicos deterministas con gran sensibilidad a las condiciones iniciales. (RAE, 2015).

La teoría del caos ha forjado técnicas y ha inventado un léxico característico que va desde los *fractales* y los *sistemas complejos* hasta las *bifurcaciones*, pasando por el *desorden ordenado*, los *atractores extraños* y las tendencias de los diagramas de los mercados financieros. Es un campo en expansión que implica el estudio de un amplio abanico de fenómenos que son muy sensibles a los cambios en las condiciones iniciales.

El comportamiento caótico se ha convertido en una herramienta importante de investigación en diversas áreas del conocimiento, entre ellas el estudio del mercado de valores. Edward Lorenz⁸¹, en los años sesenta, utilizó un sistema de ecuaciones para representar la convección atmosférica. Enseguida descubrió uno de los pilares del caos: a pesar de la simplicidad de las fórmulas, cambios minúsculos en las condiciones iniciales desembocaban en resultados muy distintos, impredecibles. (Pickover, 2011, p.440).

Edward Lorenz precisó en tres puntos su idea del caos⁸²:

“Si un solo aletear de las alas de una mariposa puede generar un huracán, lo mismo es cierto para los aleteos previos y posteriores de la misma mariposa, así como el aletear de otros millones de mariposas, sin hablar de las actividades de innumerables criaturas más poderosas y en particular de la especie humana.

“Si un aleteo de una mariposa puede desatar un huracán, puede ser también decisivo para impedirlo.”

“Más generalmente, propongo que, al pasar de los años, las pequeñas modificaciones no aumentan ni disminuyen la frecuencia los fenómenos climáticos como los huracanes. Lo único que pueden cambiar es el orden en que estos fenómenos se producen.”

⁸¹ Ver en la Bibliografía el DOI (Digital Object Identifier) del multicitado artículo de Edward Norton Lorenz (1917-2008): *Deterministic nonperiodic flow* con el que nace el efecto mariposa: explicaba que el aleteo de una mariposa en un lugar del mundo podía afectar al clima de otro lugar a miles de kilómetros de distancia. En la actualidad hablamos del efecto mariposa para referimos a esta sensibilidad.

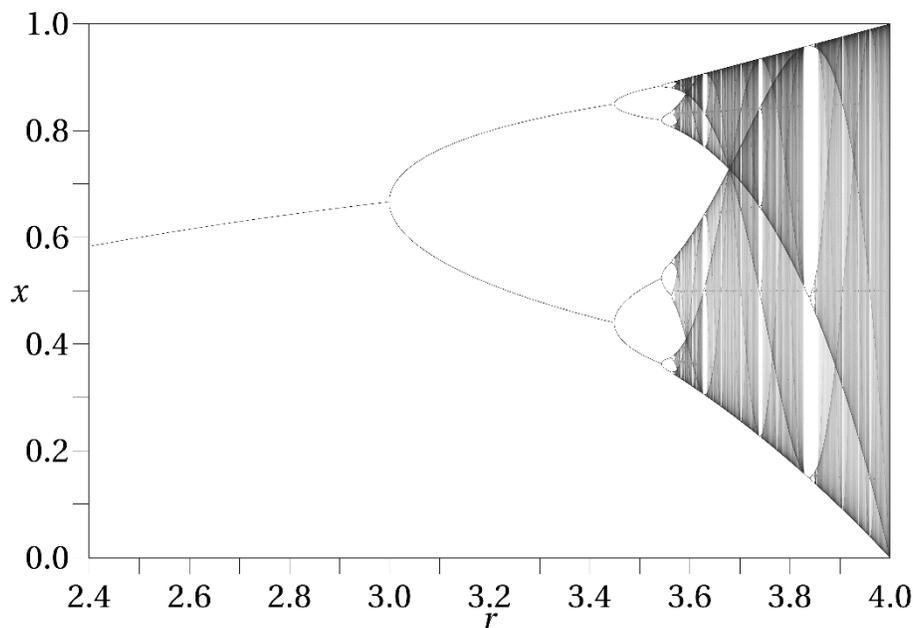
⁸² Este y algunos otros párrafos son tomados de los diferentes capítulos de la película matemática *Chaos, Una aventura matemática* (YouTube) que consta de nueve capítulos. Trata de sistemas dinámicos, del efecto mariposa y de la teoría del caos.

En esencia, según Lorenz, Las pequeñas modificaciones no aumentan y disminuyen la frecuencia los fenómenos climáticos como los huracanes. Lo único que pueden hacer es cambiar el orden en que estos fenómenos se producen.

Pero su contribución es mostrar que, centrándose en la estadística, se puede conservar el carácter predictivo de la ciencia.

Existe mucha controversia en la aplicabilidad de la teoría de caos para explicar los fenómenos económicos. La controversia radica especialmente en el hecho de si hay o no caos, no linealidad y bifurcación en las variables económicas y financieras (ver figura 13). Subyace una dinámica que puede ser explicada usando apropiadas técnicas matemáticas y estadísticas en sistemas como los económicos⁸³.

Figura 13: Diagrama de bifurcación.



Fuente: Tomado de Romero Schmidtke, Wikimedia Commons

La incertidumbre es la única certidumbre que existe, escribió el matemático John Allen Paulos, y lo único seguro es aprender a vivir con la inseguridad.

⁸³ El desarrollo de este comentario se basó en un artículo de Felipe Llaugel, *Caos y Dinámica no Lineal en las tasas de interés*, el cual no pude encontrar, de nuevo, en los buscadores académicos. Por tal motivo no pude citarlo correctamente El material lo tengo en las notas (fichas) que elaboré para esta investigación.

El reto es, en lugar de describir el futuro a partir de ciertas condiciones iniciales, tratar de encontrar y validar el *atractor* (el atractor extraño) en términos de los objetivos e hipótesis de este trabajo de tesis.

BIBLIOGRAFÍA

- Abrantes-Metz, R. M. y Dellepiane, Santiago. (2013). La metodología de estudio de eventos en la estimación de daños en casos de arbitraje internacional. *Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM*. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/7/3386/7.pdf>
- Ahmad, R., Rhee, G. S., y Wong, Y. M. (2012). Foreign exchange market efficiency under recent crises: Asian-Pacific focus. *Journal of International Money and Finance*, 31(6), 1574–1592. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2012.02.016
- Akerlof, G. A., y Shiller, R. J. (2014). *Animal Spirits: Cómo influye la psicología humana en la economía*. Barcelona: Gestión 2000.
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., y Williams, T. A. (2012). *Estadística para administración y economía*. México, Cengage Learning.
- Ang, A. y G. Bekaert (2002). International asset allocation with regime shifts. *Review of Financial Studies*, 15, 1137–87. DOI: 10.1093/rfs/15.4.1137
- Arvis, J.-F. (2013). *Integrating Gravity: The Role of Scale Invariance in Gravity Models of Spatial Interactions and Trade*. The World Bank. Recuperado de <http://documents.worldbank.org/curated/en/216011468332366455/pdf/wps6347.pdf>
- Antaki, I. (1998). *En el banquete de Platon*. Mexico: Joaquin Mortiz.
- Baja valor de capitalización de BMV. (7 de octubre de 2010). *El Universal*. Recuperado de <http://www.eluniversal.com.mx/notas/714441.html>.
- Banco de México. (1988). *Informe Anual 1987*. Recuperado de <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/>
- (2002). *Informe Anual 2001*. Recuperado de <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/>
- (2016). *Glosario*. Recuperado de <http://www.banxico.org.mx/divulgacion/glosario/glosario.html#R>
- (2016). *Programa Monetario 2016*. Recuperado de <http://www.banxico.org.mx/publicaciones-y-discursos/>
- Banco Mundial. (2016). *México: panorama general*. Recuperado de <http://www.bancomundial.org/es/country/mexico/overview#1> Banco Mundial.
- (2016). *World Development Indicators*. Recuperado de <http://data.worldbank.org/data-catalog/GDP-ranking-table>.
- Bauer, W. W., y Westfall, G. D. (2011). *Física para ingeniería y ciencias*. México: McGraw-Hill.
- Beck, A., Aaron, K., Rachev, S., Feindt, M., y Fabozzi, F. (2013). Empirical analysis of ARMA-GARCH models in market risk estimation on high-frequency US data. *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 17(2), 167-177. DOI: 10.1515/snde-2012-0033

- Bermúdez, C. (2014). La racionalidad en la formación de expectativas. Crítica de la hipótesis de expectativas racionales. *Revista de Economía Institucional*, 16(30), 83-97. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41931001005>
- Bertero, E., y Mayer, C. (1990). Structure and performance: Global interdependence of stock markets around the crash of October 1987. *European Economic Review*, 34(6), 1155–1180. DOI: 10.1016/0014-2921(90)90073-8
- Boubaker, S., Jouini, J. y Lahianida, A. (2015). Financial contagion between the US and selected developed and emerging countries: The case of the subprime crisis. *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 61, 14–28. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.qref.2015.11.001>
- Bouri, E. y Demirer, R. (2016). On the volatility transmission between oil and stock markets: a comparison of emerging importers and exporters. *Economía Política*. 33(1), 63-82. DOI: 10.1007/s40888-016-0022-6
- Braun, E. y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (México). (2003). *Caos, fractales y cosas raras*. México: SEP.
- Burzala, M. M. (2016). Contagion effects in selected European capital markets during the financial crisis of 2007–2009. *Research in International Business and Finance*, 37, 556–571. DOI: 10.1016/j.ribaf.2016.01.026
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. (2010). *El papel del mercado bursátil en el crecimiento económico de México*. Recuperado de <http://www.cefp.gob.mx/publicaciones/documento/2010/enero/cefp0012010.pdf>.
- Comellas, J. L. (2004). *Historia breve del mundo contemporáneo: (1776–1945)*. Madrid: Rialp.
- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT). (2014). Reporte bibliométrico de las revistas mexicanas de investigación incluidas en los índices Web of Science, Scopus-SCImago, SciELO y SciELO Citation Index. Recuperado de <http://biblat.unam.mx/es/conacyt/reporte/conacyt-todas-las-areas>
- Court, M. E. y Williams, R. E. (2011). *Estadísticas y econometría financiera*. Buenos Aires: Cengage Learning Argentina.
- Daniels, J. D., Radebaugh, L. H., y Sullivan, Daniel P. (2013). *Negocios internacionales*. México: Pearson.
- De-Angelis, L. y Gardini, A. (2015). Disequilibria and contagion in financial markets: evidence from a new test. *Journal of Applied Economics*, 18(2), 247-265. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1514-0326\(15\)30011-8](https://doi.org/10.1016/S1514-0326(15)30011-8)
- Dehesa, R. G. (2009). *La primera gran crisis financiera del siglo XXI: Orígenes, detonantes, efectos, respuestas y remedios*. Madrid, España: Alianza.
- Dungey, M., Fry, R. y Gonzalez-Hermosillo, B. (2005). Empirical Modeling of Contagion: a review of methodologies. *Quantitative Finance*, 5(1), 9-24. DOI: 10.1080/14697680500142045

- Edwards, S. (2000). Contagion. *World Economy* 23(7), 873–900. DOI: 10.1111/1467-9701.00307
- Eichengreen, B., Rose, A. y Wyplosz, C. (1996). Contagious currency crises: First tests. *Scandinavian Journal of Economics*, 98(4), 463-484. DOI: 10.2307/3440879
- Fama, E. F. (1969). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*; 25(2), 383-423. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2325486>
- Fama, E., Fisher, L., Jensen, M., y Roll, R. (1969). The adjustment of stock prices to new information. *International Economic Review*, 10(1), 1-21. Recuperado de http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=321524
- Farrell, M. (2013). Mini flash crashes: A dozen a day. *CNN Money*. Recuperado de <http://money.cnn.com/2013/03/20/investing/mini-flash-crash/index.html?iid=EL>
- FECyT, Thomson, Unidad Técnica de Biblioteca y Documentación EEAD-CSIC, Mangan, Rachel, Belinchón, María del Carmen, y Martínez Giménez, José Carlos. (2014). *Introducción a la nueva Web of Science: Jornada Formativa Thomson/FECYT en la EEAD-CSIC*. Recuperado de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/92873/3/4%20-%20Doc%20WoS%20%28RM%29.pdf>
- Fontdeglòria, X. (4 de enero de 2016). China paraliza la actividad de sus Bolsas tras registrar fuertes caídas. *El País*. Recuperado de <http://economia.elpais.com/>
- Forbes, K.J. y Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: Measuring stock market co-movements. *Journal of Finance*, 57(5), 2223–2261. DOI: 10.1111/0022-1082.00494
- Freud, S. (2010). *Psicología de las masas*. Madrid: Alianza.
- Fullat, G. O. (2011). *Homo educandus: Antropología filosófica de la educación*. Puebla, México: Universidad Iberoamericana.
- G7 Information Centre. (1985). Announcement the Ministers of Finance and Central Bank Governors of France, Germany, Japan, the United Kingdom, and the United States (Plaza Accord). Recuperado de <http://www.g8.utoronto.ca/finance/fm850922.htm>.
- Galbraith, J. K. (2007). *El crash de 1929*. Barcelona, España: Ariel.
- Gitman, L. J. (2016). *Principios de administración financiera*. México: Pearson Educación
- Glasserman, P., y Young, P. (2016). Contagion in financial networks. *Journal of Economic Literature*, 54(3), 779-831. Recuperado de <https://doi.org/10.1257/jel.20151228>
- Gleick, J. (2012). *Caos: La creación de una ciencia*. Barcelona: Seix Barral.
- Gómez-Martínez, R. (2013). Señales de inversión basadas en un índice de aversión al riesgo. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 19(3), 147-157. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iedee.2012.12.001>
- González, J. (24 de junio de 2016). Las Bolsas mundiales responden con pánico a la tormenta británica. *El País*. Recuperado de http://economia.elpais.com/economia/2016/06/24/actualidad/1466749835_626846.html

- González-Rivera, G., Lee, T.-H., y Yoldas, E. (2007). Optimality of the RiskMetrics VaR model. *Finance Research Letters*, 4(3), 137-145.
- Griffith, W. T. (2014). *Física conceptual*. México: McGraw-Hill.
- Guidolin, M., y Pedio, M. (2017). Identifying and measuring the contagion channels at work in the European financial crises. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.intfin.2017.01.001>
- Gujarati, D. N. y Poster, D. C. (2010). *Econometría*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hamao, Y., Masulis, R.W. y NG, V. (1990). Correlations in price changes and volatility across international stock markets, *Review of Financial Studies* 3(2), 281–307. DOI: 10.1093/rfs/3.2.281
- Hanke, J. E. y Wichern, D. W. (2010). *Pronósticos en los negocios*. México, D.F: Pearson Educación.
- Hanson, G.H. (2010). Why isn't Mexico rich? *Journal of Economic Literature* 48(4), 987–1004. DOI: 10.1257/jel.48.4.987
- Hernández, S. R., Fernández, C. C., y Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill/Interamericana.
- Hon, M. Strauss, T. y Yong, S.K. (2004). Contagion in Financial Markets After September 11: Myth or Reality? *The Financial Review* XXVII (1), 95–114. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Soo_Keong_Yong/publication/227375091_Contagion_in_financial_markets_after_September_11_myth_or_reality/links/558a87ed08aee1fc9174ec51.pdf
- Independent Evaluation Office. (2016). *The IMF and the crises in Greece, Ireland, and Portugal: An evaluation by the Independent Evaluation Office*. Recuperado de <http://www.ieo-imf.org/ieo/pages/CompletedEvaluation267.aspx>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2016). *Índices de Precios al Consumidor*. Recuperado de <http://www.inegi.org.mx/>.
- J.P. Morgan/Reuters. (1996). *RiskMetrics: Technical document*. New York: Morgan Guaranty Trust Company. Recuperado de www.riskmetrics.com
- Jiang, J. (2017). Discount rate or cash flow contagion? Evidence from the recent financial crises. *Research in International Business and Finance*, 39, 315–32. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.ribaf.2016.07.035>
- Jorion, P. (2010). *Valor en riesgo*. México: Limusa.
- Kahneman, D. y Tversky, A. (1979). Prospect theory-analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263-291. DOI: 10.2307/1914185
- Kahneman, D. y Chamorro, M. J. (2016). *Pensar rápido, pensar despacio*. Barcelona: Debate.
- Kenourgios, D., Naifar, N. y Dimitriou, D. (2016). Islamic financial markets and global crises: Contagion or decoupling? *Economic Modelling*, 57, 36–4. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2016.04.014>

- Kerlinger, F. N. y Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento*. México: McGraw-Hill.
- Kilic, E. (2017). Contagion effects of U.S. Dollar and Chinese Yuan in forward and spot foreign exchange markets. *Economic Modelling*, 62, 51-67. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2017.01.005>
- Kindleberger, C. P. (2012). *Manías, pánicos y cracs: historia de las crisis financieras*. Barcelona: Ariel. Recuperado de www.amazon.com.mx/
- King, M.A. y Wadhvani, S. (1990). Transmission of volatility between stock markets. *Review of Financial Studies*, 3(1), 5-35. DOI: 10.1093/rfs/3.1.5
- Le, B. G. (2014). *Psicología de las masas*. Madrid: Morata.
- Lee, S. B., y Kim, K. J. (1993). Does the October 1987 crash strengthen the co-movements among national stock markets? *Review of Financial Economics*, 3(1-2), 89–102. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com.recursos.biblioteca.upc.edu/science/journal/10583300>
- Leys, J., Ghys, É. y Alvarez, A. (Productores). (s.f). Chaos, *Una aventura matemática* (YouTube). De <http://www.chaos-math.org>
- Lind, D. A., Marchal, W. G., y Wathen, S. A. (2008). *Estadística aplicada a los negocios y la economía*. México, D. F., McGraw Hill.
- Longin, F. y Solnik, B. (2001). Extreme correlation of international equity markets. *Journal of Finance* 56(2), 649–76. DOI: 10.1111/0022-1082.00340
- Lorenz, E. N. (1963). Deterministic nonperiodic flow. *Journal of the Atmospheric Sciences*. 20, 130-141. DOI: [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(1963\)020<0130:DNF>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(1963)020<0130:DNF>2.0.CO;2)
- Lucas, R. E. (1972). Expectations and the neutrality of money. *Journal of Economic Theory*, 4(2), 103-124. DOI: 10.1016/0022-0531(72)90142-1
- Malkiel, B. G. (2012). *Un paseo aleatorio por Wall Street: La estrategia para invertir con éxito*. Madrid: Alianza Editorial.
- Mandelbrot, B. (2009). *La geometría fractal de la naturaleza*. Barcelona, Tusquets Editores.
- (2009). *Los objetos fractales*. Barcelona, Tusquets Editores.
- Mandelbrot, B. y Hudson, R. L. (2010). *Fractales y finanzas: una aproximación matemática a los mercados: arriesgar, perder y ganar*. Barcelona, Tusquets Editores.
- Mardones, J. M. (2012). *Filosofía de las ciencias humanas y sociales: Materiales para una fundamentación científica*. Barcelona: Anthropos.
- Marichal, C. (2010). *Nueva historia de las grandes crisis financieras: Una perspectiva global, 1873–2008*. Barcelona, España: Editorial Debate.

- Markowitz, H. (1952), Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
Recuperado de http://www.math.ust.hk/~maykwok/courses/ma362/07F/markowitz_JF.pdf
- (1991). Foundations of portfolio theory. *The Journal of Finance*, 46(2), 469-477.
Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2328831>
- Martínez, R. A. y Cortés, M. J. (1998). *Diccionario de filosofía* en CD-ROM.
- McMillan, D. G., y Kambouroudis, D. (2009). Are RiskMetrics forecasts good enough? Evidence from 31 stock markets. *International Review of Financial Analysis*, 18(3), 117. Recuperado de <http://doi.org/10.1016/j.irfa.2009.03.006>
- México. (2016). *Cuarto informe de gobierno: 2015-2016*. México: Presidencia de la República. Recuperado de <http://www.presidencia.gob.mx/cuartoinforme/>
- Meyer, D. J., y Meyer, J. (2006). *Measuring risk aversion*. Boston: Now Publishers.
- Mina, J. y Xiao, J.Y. (2001). Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard. *RiskMetrics Group*, 1–13. Recuperado de www.riskmetrics.com
- Mlodinow, L. (2010). *El andar del borracho: Cómo el azar gobierna nuestras vidas*. Barcelona: Crítica.
- Muth, J.F. (1961). Rational-expectations and the theory of price movements. *Econometrica*, 29(3), 315-335. DOI: 10.2307/1909635
- Naacke G. y Hirsch, S. *The importance of small and mid-cap companies for exchanges*. Consultado el 20 de junio de 2015 en <http://www.world-exchanges.org/insight/views/importance-small-and-mid-cap-companies-exchanges>.
- Oanea, D. C. y Anghelache, G. (2013). Value at Risk prediction: the failure of RiskMetrics in preventing financial crisis. Evidence from Romanian capital market. *Procedia Economics and Finance*, 20, 433-442. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00094-5.
- Obregón, D. C. F. (2011). *La crisis financiera mundial: Perspectivas de México y América Latina*. México: Siglo XXI.
- Pafka, S. y Komdor, I. (2001). Evaluating the RiskMetrics methodology in measuring volatility and Value-at-Risk in financial markets. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 299(1-2), 305-310. DOI: 10.1016/S0378-4371(01)00310-7
- Pardo, M. A., y Ruiz, M. A. (2002). *SPSS 11: guía para el análisis de datos*. Madrid: McGraw-Hill, Interamericana de España.
- Paulos, J. A. (2009). *Un matemático invierte en la bolsa*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Peraza González, L. (2010). *El papel del mercado bursátil en el crecimiento económico de México*. México: Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. Palacio Legislativo de San Lázaro.
- Pettis, M. (2003). *La máquina de la volatilidad: Los mercados emergentes y la amenaza de su colapso financiero*. Madrid, España: Turner.

- Phelan, M. J. (1997), Probability and statistics applied to the practice of financial risk management: The case of J.P. Morgan's RiskMetrics (TM). *Journal of Financial Services Research*, 12(2-3), 175-200. DOI: 10.1023/A:1007926803627
- Piccotti, L. R. (2017). Financial contagion risk and the stochastic discount factor. *Journal of Banking and Finance*, 77, 230-248. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbankfin.2017.01.012>
- Pickover, C. A. (2011). *El libro de la física: Del big bang hasta la resurrección cuántica: 250 hitos de la historia de la física*. Kerkdriel (Holanda): Librero.
- Popper, K. R. (2008). *La lógica de la investigación científica*. España: Tecnos.
- Real Academia Española. (2015). *Diccionario de la lengua española* [Versión electrónica]. Madrid: Real Academia Española. Recuperado de <http://www.rae.es/>
- Reforma / Staff. (2008, 30 de diciembre). *Avanza crisis económica en 2008*, Reforma. Obtenida el 2 de enero de 2009, de <http://www.reforma.com/negocios/articulo/478/954755/default.asp?PlazaConsulta=r eforma&EsCobertura=false&DirCobertura=&TipoCob=0>
- Reyes, H. F. y Suárez, D. F. (2009). *La crisis: Testimonios y perspectivas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Reyes, S. (31 de diciembre de 2008). Tiene BMV en 2008 peor baja de década, *Reforma*. Recuperado de <http://www.reforma.com/negocios/articulo/478/954922/default.asp>.
- Rockafellar, R.T y Uryasev, S. (2002). Conditional value-at-risk for general loss distributions. *Journal of Banking and Finance*, 26(7), 1443-1471. DOI: 10.1016/S0378-4266(02)00271-6
- Roden, P.F, Lizola-Margolis, P. y Mercado-Salgado, P. (2012). Contagion between the Bolsa Mexicana de Valores and NYSE during the credit crunch–financial panic of 2008. *Journal of International Business Research*, 11(1), 59–70. Recuperado de <http://www.alliedacademies.org/articles/jibrvol11nosi12012.pdf#page=65>
- Rodríguez, E. y Torres, L. (22 de septiembre de 2001). Registran Bolsas desplome histórico. *Reforma*. Recuperado de <http://busquedas.gruporeforma.com/reforma/BusquedasComs.aspx>.
- Romer, C.D. y Pells, R.H. (2014). Great Depression. *Encyclopaedia Britannica* [versión electrónica]. New York, EU: Encyclopaedia Britannica, Inc., <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/243118/Great-Depression>.
- Romero-Meza, R., Bonilla, C., Benedetti, H., y Serletis, A. (2015). Nonlinearities and financial contagion in Latin American stock markets. *Economic Modelling*, 51, 653-656. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2015.09.012>
- Roy, R. P. (2017). Financial contagion and volatility spillover: An exploration into Indian commodity derivative market. *Economic Modelling*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2017.02.019>
- Saint-Exupéry, A. (2016). *El principito*. Barcelona: Salamandra

- Sallán, J. M. (2001). *Modelos de estrategia formalizada y eficacia organizativa: el caso de las instituciones de educación superior europeas* (tesis doctoral). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.
- Samarakoon, L. P. (2011). Stock market interdependence, contagion, and the US financial crisis: The case of emerging and frontier markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 21(5), 724–742. DOI: 10.1016/j.intfin.2011.05.001
- Sargent, T. J., Fand; D. y Goldfeld, S. (1973). Rational expectations, the real rate of interest and the natural rate of unemployment. *Brookings Papers on Economic Activity*, 1973(2), 429-480. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2534097>
- Sarin, R., y Wieland, A. (2016). Risk aversion for decisions under uncertainty: Are there gender differences? *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 60, 1-8. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.socec.2015.10.007>
- Serrano-Atero, M. S., Caballero, J., Cañas, A., García-Saura, P. L., Serrano-Álvarez, C. y Prieto, J. (2002). Valoración del dolor (I). *Revista de la Sociedad Española del Dolor*, 9(2): 94-108.
- Shiller, R.J. (2013). From efficient markets theory to behavioral finance. *Journal of Economic Perspectives*, 17(1), 83-104. DOI: 10.1257/089533003321164967.
- Shin, H. H. y Stulz, R.M. (1998). Are internal capital markets efficient? *The Quarterly Review of Economics and Finance*; 113(2), 530-552. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/2586912>
- Siedleckia, R. y Paplab, D. (2016). Conditional correlation coefficient as a tool for analysis of contagion in financial markets and real economy indexes based on the synthetic ratio. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 220, 452 – 461. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.520>
- Sierra, J. G. (2017). Análisis de contagio en el sistema financiero mexicano combinando el modelo de Merton y redes aleatorias. *Contaduría y Administración*, 62(1), 44-63. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.cya.2016.10.006>
- So, M. y Yu, P. (2006). Empirical analysis of GARCH models in value at risk estimation. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 16(2), 180-197.
- Steen, M., Westgaard, S. y Gjolberg, O. (2015), Commodity value-at-risk modeling: comparing RiskMetrics, historic simulation and quantile regression. *Journal of Risk Model Validation*, 9(2), 49-78. Recuperado de <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/article/10.1023/A%3A1007926803627>
- Stock market crash of 1929. (2011). *Encyclopaedia Britannica* [versión electrónica]. New York, EU: Encyclopaedia Britannica, Inc. Recuperado de <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/566754/stock-market-crash-of-1929>.
- Streissguth, T. (2007). *The roaring twenties. Eyewitness history*. New York, NY: Facts on File. Recuperado de <https://books.google.com/books?id=7GqdtwAACAAJ&dq=The+roaring+twenties.+>

Eyewitness+history&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwizpvK7sb3TAhUFrIQKHYIHDIwQ6AEIJTAA

- Taleb, N. (2010). *El cisne negro: El impacto de lo altamente improbable*. México: Paidós Iberica.
- The World Federation of Exchanges. (2016) *Monthly Reports*. Recuperado de <http://www.world-exchanges.org/home/index.php/statistics/monthly-reports>
- Thomas, P. J. (2016). Measuring risk-aversion: The challenge. *Measurement*, 79, 285-301. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.07.056>
- Tinbergen, J. (1964). *Shaping the world economy: Suggestions for an international economic policy*. New York: Twentieth Century Fund. Recuperado de <https://repub.eur.nl/pub/16826>
- Toribio, J. J. (2012). *La crisis en Europa: ¿un problema de deuda soberana o una crisis del euro?* El contagio económico y financiero: conceptos básicos. Págs. 29-38. Madrid: Fundación de Estudios Financieros.
- TradingUnited. (2016). *Horarios de los Mercados Financieros*. Recuperado de <http://www.tradingunited.es/horarios-de-los-mercados-financieros/>
- Venegas, M. F. (2008). *Riesgos financieros y económicos: Productos derivados y decisiones económicas bajo incertidumbre*. México: Cengage Learning.
- Villoro, L. (2014). *Creer, saber, conocer*. México: Siglo Veintiuno Editores.
- Walpole, R. E. (2007). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson Educación.
- Wang, G.-J., Xie, C., Lin, M., y Stanley, H. E. (2017). Stock market contagion during the global financial crisis: A multiscale approach. *Finance Research Letters*. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.frl.2016.12.025>
- Weatherall, J. (2013). *Cuando los físicos asaltaron los mercados*. México: Ariel.
- Webster, A. L. (2000) *Estadística aplicada a los negocios y a la economía*. McGraw-Hill, Colombia.
- Wikimedia Commons, *Mapa de los husos horarios oficiales vigentes*. Recuperado de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:World_Time_Zones_Map.png
- World Federation of Exchanges. (2016). *Statistics/ Monthly Reports*. Recuperado de <http://www.world-exchanges.org/home/index.php/statistics/monthly-reports>
- Yang, Danni (2009) *The socioeconomic determinants of correlations between stock market returns as revealed by a gravity model*. Masters thesis, Concordia University. <http://spectrum.library.concordia.ca/976638/>
- Zhou, M. y Wen, T. (2013). Empirical Analysis of Risks on HS300 Based on the VAR-GARCH Model. *International Conference on Economic, Business Management and Education Innovation (EBMEI)*. Beijing, Peoples R China
- Zumbach, G. (2007). A gentle introduction to the RiskMetrics 2006 methodology. *RiskMetrics Group*, 1–13. Recuperado de www.riskmetrics.com

ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 01: Producto Interno Bruto 2015	7
Tabla 02: Capitalización de Mercado 2015	8
Tabla 03: Clasificación de empresas por su capitalización bursátil	9
Tabla 04: Peso de la mediana y pequeña capitalización por País	10
Tabla 05: Inflación 1982-1988	17
Tabla 06: Rendimientos del índice Nasdaq 1998-2000	21
Tabla 07: Rendimientos diarios y acumulados del Dow Jones y del IPC	22
Tabla 08: Reacción de mercados al referéndum griego	28
Tabla 09: Rendimientos de las principales bolsas de la zona de Europa	29
Tabla 10: Rendimientos de las principales bolsas de la zona de Asia – Pacífico	31
Tabla 11: Resultados del referéndum (Brexit). Reacción de los mercados	33
Tabla 12: IPC_2000–12. Resumen de rendimientos atípicos	38
Tabla 13: Frecuencia de cambios en el R° IPC, en valores de Z	39
Tabla 14: IPC_Oct2008. Rendimientos atípicos (10 eventos > 2.33 sigmas, $NC > 99\%$)	40
Tabla 15: Proporción/escala de los mercados bursátiles	42
Tabla 16: Veces que cubre el NYSE a las Bolsas en estudio	43
Tabla 17: Constructos dentro de la hipótesis de los mercados eficientes	52
Tabla 18: Índices bursátiles en estudio	54
Tabla 19: Distribución de mercados por región	94
Tabla 20: Bolsas seleccionadas	95
Tabla 21: Pruebas estadísticas paramétricas	98
Tabla 22: Número de días de operación de los mercados	98
Tabla 23: Valores mínimos y máximos	99
Tabla 24: Media y mediana	99
Tabla 25: Asimetría y curtosis	101
Tabla 26: Prueba de normalidad	101
Tabla 27: R° máximos y mínimos del IPC	102
Tabla 28: R° máximos y mínimos del IPC	103
Tabla 29: Coeficiente de correlación de los índices DJIA-IPC	108
Tabla 30: Clasificación del coeficiente de correlación de Pearson	108
Tabla 31: Bondad de ajuste (R y R^2). Regresión múltiple	111
Tabla 32: Anova. Regresión Múltiple	112
Tabla 33: Coeficientes de regresión parcial. Regresión múltiple	113
Tabla 34: Coeficientes estandarizados de Beta. Regresión múltiple	114
Tabla 35: Intervalos de confianza	115
Tabla 36: Coeficientes de correlación	115
Tabla 37: Matriz de covarianzas	116
Tabla 38: Correlaciones entre los coeficientes de regresión	116
Tabla 39: Estadístico Durbin-Watson	119
Tabla 40: Prueba de homogeneidad de varianzas	120
Tabla 41: Correlación parcial IPC vs DJIA	121
Tabla 42: Bondad de ajuste (R y R^2). Regresión simple	123
Tabla 43: Anova. Regresión simple	124
Tabla 44: Coeficientes de regresión parcial. Regresión simple	125
Tabla 45: Eventos financieros en 2008	126
Tabla 46: Variables dicotómicas de los mercados de valores de EE. UU. y México	129
Tabla 47: Correlaciones entre coeficientes de regresión IPC y DJIA-D (367 observaciones)	130
Tabla 48: Registro de la variable dicotómica y probabilidad de contagio durante la caída del SSE	132
Tabla 49: Bondad de ajuste (R y R^2). Regresión con dicotómica	132
Tabla 50: Anova. Regresión simple	132
Tabla 51: Coeficientes de regresión parcial no estandarizados	133
Tabla 52: Coeficientes de regresión parcial. Regresión múltiple	133

Tabla 53: Factor de riesgo: $\nabla R^{\circ}IPC$	137
Tabla 54: Parámetros y pronósticos de Regresión Lineal Simple	137
Tabla 55: Parámetros y pronósticos de Arima.....	137
Tabla 56: Parámetros y pronósticos del VaR suavizado (λ).....	138
Tabla 57: Eventos relevantes esperados en función de su probabilidad de ocurrencia.....	141
Tabla 58: Distribución de frecuencias de ocurrencia de la desviación estándar (σ).....	142
Tabla 59: Valores de Z	178
Tabla 60: Tasa de disminución del área bajo la curva	179
Tabla 61: IPC_Oct2008. Rendimientos atípicos (10 eventos > 2.33 sigmas, NC > 99%).....	180
Tabla 62: IPC_Oct2008. Rendimientos atípicos	189
Tabla 63: IPC_Oct2008. Rendimientos atípicos	189
Tabla 64: Tamaño de la cobertura NYSE vs BMV	191
Tabla 65: Capitalización de mercado –Dimensión–.....	195
Tabla 66: Horario de los mercados bursátiles.....	197
Tabla 67: Fuerza de atracción del NYSE sobre los mercados americanos y europeos.....	198
Tabla 68: Fuerza de atracción del NYSE sobre las bolsas asiáticas	199
Tabla 69: Estimadores de volatilidad: SMA y EWMA	216
Tabla 70: Base de datos de la Web of Science Core Collection	217
Tabla 71: Criterios de evaluación de las revistas científicas	218
Tabla 72: Revistas científicas con mayor Factor de Impacto	219
Tabla 73: Revistas en el campo de la economía y finanzas con mayor Factor de Impacto	219
Tabla 74: Revistas científicas ordenadas por Factor de Impacto.....	220
Tabla 75: Criterios de evaluación de artículos	221
Tabla 76: Autores más citados en el tema de <i>Eficiencia de los mercados de capitales</i>	222
Tabla 77: Ejemplo del mejor artículo de su campo académico, según la WoS	223
Tabla 78: Publicaciones en los últimos 5 años	225
Tabla 79: Artículos ordenados por año de publicación	225
Tabla 80: Estadísticos del modelo ARIMA.....	232
Tabla 81: Estadísticas y parámetros de la regresión (Arima)	233

GRÁFICOS

Gráfico 01: Comportamiento del Dow Jones. Jueves negro del 29	16
Gráfico 02: Comportamiento del Dow Jones. Lunes negro del 87	18
Gráfico 03: Comportamiento del IPC. Lunes negro del 87	19
Gráfico 04: Evolución del índice Nasdaq 1998-2001.....	20
Gráfico 05: Comportamiento del DJIA y del IPC en la crisis hipotecaria.....	23
Gráfico 06: Rendimientos del DJIA y del IPC en la crisis hipotecaria.....	24
Gráfico 07: Precio y rendimiento del IPC durante el Flash Crash 2010.....	25
Gráfico 08: Precio del DJIA durante el Flash Crash 2013.....	26
Gráfico 09: Reacción de mercados ante las medidas de Grecia	28
Gráfico 10: Comportamiento de la Bolsa de Shanghái.....	30
Gráfico 11: Caída de la bolsa de Shanghái y reacción de los mercados	31
Gráfico 12: Referéndum del Brexit y reacción de los mercados	34
Gráfico 13: Q-Q normal y Q-Q normal sin tendencias.....	102
Gráfico 14: Diagrama de dispersión de los R° del IPC y DJIA	106
Gráfico 15: Coeficiente de correlación de los precios de cierre del DJIA e IPC	109
Gráfico 16: Coeficiente de correlación de los rendimientos al cierre del DJIA e IPC	109
Gráfico 17: Dispersión de los precios.....	120
Gráfico 18: Dispersión de los rendimientos	120
Gráfico 19: Comportamiento de los precios del IPC y del NYSE.....	127
Gráfico 20: Evolución de la correlación de los precios y de los rendimientos	128
Gráfico 21: Decay factor (λ) = 0.94. Comportamiento en el corto plazo	136
Gráfico 22: Rendimientos mínimos diarios del IPC	136
Gráfico 23: Ecuación de densidad de probabilidad de Gauss y Cauchy.....	156
Gráfico 24: Correlograma espejo de los rendimientos del IPC y del DJIA 2000-2012.....	158

Gráfico 25: Citas por año, 2013-2017	225
--	-----

FIGURAS

Figura 01: Los <i>Annus horribilis</i> mexicanos.....	11
Figura 02: Línea del tiempo bursátil. Eventos relevantes 1929–2016.....	14
Figura 03: Correlograma de los rendimientos del IPC 2000–2012	37
Figura 04: Ciclo de vida productiva	47
Figura 05: Histograma de los rendimientos del IPC.....	100
Figura 06: Correlograma de los rendimientos del IPC 2015–2016	103
Figura 07: Diagrama de caja.....	104
Figura 08: Diagramas de tallo y hojas	104
Figura 09: Representación leptocúrtica	105
Figura 10: Zona crítica en contraste unilateral derecho.....	140
Figura 11: Mapa de los husos horarios	147
Figura 12: Representación de la sensibilidad del modelo.....	152
Figura 13: Diagrama de bifurcación.	164
Figura 14: Cálculo de los valores de Z	182
Figura 15: Curva de campana de una distribución normal	184
Figura 16: Distribución normal estándar	186
Figura 17: Distribución normal estándar con valores de Z	187
Figura 18: Cálculo de Distribución Normal Estándar	187
Figura 19: Distribución normal estándar	188
Figura 20: Tamaño de los mercados bursátiles.....	191
Figura 21: Revistas organizadas por FI	219
Figura 22: Autores que citan a Eugene F. Fama.....	223
Figura 23: Número de desviaciones estándar dado un rendimiento	230
Figura 24: Probabilidad de ocurrencia dado un rendimiento.....	231
Figura 25: Determinación de la variable dicotómica.....	231

ANEXOS

ANEXO 1. REGLA EMPÍRICA (NOTA METODOLÓGICA)

La *regla empírica* (3 sigmas) afirma que casi todos los valores se encuentran dentro de 3 desviaciones estándar de la media de una distribución normal (ver tabla 59). Esta regla es útil para estimar la probabilidad de un evento y la frecuencia teórica dada su desviación estándar, además de detectar los valores atípicos (outliers).

Tabla 59: Valores de Z

Z	NC (1 cola)	% fuera del NC	Eventos esperados	Frecuencia (años)
1.00	0.84134	0.15866	6	0.02
2.00	0.97725	0.02275	44	0.1
3.00	0.9986501	0.00135	741	2
4.00	0.99996832876	0.00003	31 574	87
5.00	0.99999971335	0.00000	3 488 556	9,558
6.00	0.99999999901	0.000000001	1 013 594 635	2,776,972
7.00	0.99999999999	0.00000000001	781 332 343 402	2,140,636,557
8.00	0.9999999999999	0.000000000000001	10 000 000 000 000 000	27 397 260 273 973

Fuente: Elaboración propia

Observe que la diferencia de rendimientos entre un valor de z más alto que la media es de 1 entre 6, de dos valores 1 entre 44 y de tres valores de z por arriba de la media es de 1 entre 741, lo que significa que un evento con esta desviación se podría manifestar, en términos de probabilidad, cada dos años y así sucesivamente:

- cuatro valores de z más altos que la media: 1 entre 31 574 (se presentaría cada 87 años);
- cinco valores de z más altos que la media: 1 entre 3 488 556 (se presentaría cada 9 mil años);
- seis valores de z más altos que la media: 1 entre 1 013 594 635 (se presentaría cada 2 millones mil años);
- siete valores de z más altos que la media: 1 entre 781 332 343 402 (se presentaría cada 2 mil millones de años años);
- ocho valores de z más altos que la media: 1 entre 10 000 000 000 000 000 (se presentaría cada 27 billones de años).

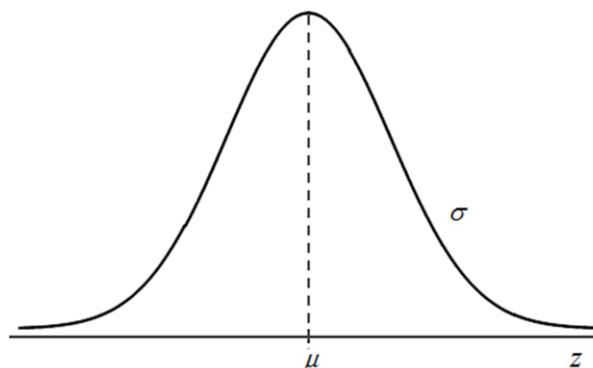
El objetivo de la lista es ilustrar la aceleración. En un cambio de 1 a 2 valores de z , pasamos de 1 entre 6 eventos esperados a 1 entre 44. El salto entre 2 y 3 valores más sobre la media, pasamos de 44 a 741. De 3 a 4 sigmas (zona de eventos atípicos –outliers–), la brecha es de 741 a 31 574.

La tabla 60 muestra la tasa de cambio del área bajo la curva en función del valor de z . Para todos los casos se calculó respecto al registro inmediato anterior, aunque no aparezca éste en la tabla. Por ejemplo:

$$z_{0.01} = \left(\frac{50.40}{50.00} * 100 \right) = 0.798\% \quad \text{y} \quad z_{1.00} = \left(\frac{84.13}{83.89} * 100 \right) = 0.798\%$$

Tabla 60: Tasa de disminución del área bajo la curva

z	Área bajo la curva	Tasa de cambio
	50.00%	---
0.01	50.40%	0.798%
0.02	50.80%	0.791%
0.03	51.20%	0.785%
0.04	51.60%	0.779%
0.05	51.99%	0.772%
1.00	84.13%	0.290%
2.00	97.72%	0.056%
3.00	99.87%	0.005%
4.00	99.997%	0.0001%
5.00	99.99997%	0.000002%
6.00	99.9999999%	0.00000001%
7.00	99.999999999%	0.0000000001%
8.00	99.99999999999%	∞



Fuente: Elaboración propia

Note que el área bajo la curva disminuye en forma importante conforme el número de sigmas aumentan, se alejan del promedio lo que implica que las probabilidades de una desviación disminuyen a un ritmo cada vez mayor. Por ejemplo, de $z = 1$ a $z = 2$ la tasa de cambio es de 0.056%; y de 2 a 3 la tasa de cambio es de 0.005%; por ello, es importante considerar que “...un pequeño error en la medición de sigma llevará a una subestimación masiva de la probabilidad. Sobre algunos sucesos podemos errar un billón de veces”. (Taleb,

2010, p.320). Para paliar este problema, los cálculos desarrollados en este trabajo de investigación se realizaron con 15 posiciones decimales de precisión.

El ejercicio realizado en la tabla 61 para los valores de z , se replicó en el Capítulo 3, *Planteamiento del Problema*. Para la construcción de las tablas correspondientes, se aplicaron una serie de criterios teóricos estadísticos y financieros que se describen a continuación por cada una de las columnas.

Tabla 61: IPC_Oct2008. Rendimientos atípicos (10 eventos > 2.33 sigmas, NC > 99%)

–Ordenado por el valor de Z–

Fecha	R°Ipc	Z	NC (%) (1 cola)	% fuera del NC (α)	Eventos esperados fuera del NC
08/10/08	-3.51%	2.60	99.53%	0.47%	Una vez en 213 días (7 meses)
03/10/08	-3.78%	2.80	99.74%	0.26%	Una vez en 385 días (1 año)
16/10/08	-3.91%	2.90	99.81%	0.19%	Una vez en 526 días (1.5 años)
06/11/08	-4.12%	3.06	99.89%	0.11%	Una vez en 909 días (2.5 años)
15/10/08	-5.00%	3.73	99.99%	0.01%	Una vez en 10,000 días (27 años)
24/10/08	-5.39%	4.02	99.997%	0.003%	Una vez en 33,333 días (91 años)
10/10/08	-5.46%	4.07	99.998%	0.002%	Una vez en 50,000 días (137 años)
23/10/08	-5.95%	4.44	99.9996%	0.0004%	Una vez en 250,000 días (685 años)
22/10/08	-7.69%	5.75	99.999996%	0.000004%	Una vez en 250'000,000 de días (684,931 años)
06/10/08	-10.52%	7.88	99.99999999998%	0.00000000002%	Una vez en 500 billones de días (1.4 billones de años)

Fuente: Elaboración propia con datos de Yahoo! Finanzas

1. Fecha

Día de operación de una sesión bursátil registrado en la Bolsa Mexicana de Valores, de acuerdo con los horarios oficiales. La *Sesión de Remate* da inicio a las 08:30 AM para concluir a las 13:00 PM (Tiempo de la Ciudad de México).

2. Rendimiento mínimo intradía del IPC (R°IpcMin)

Una forma de medir el riesgo es a través del cambio (o *rendimiento*) en el precio de las acciones en términos relativos. Esta variación es el cambio relativo, o porcentaje de rendimiento, en el precio del activo, al inicio y al final del periodo, y se puede calcular de forma *discreta* (lineal) o *continua* (geométrica)⁸⁴.

El uso de logaritmos permite “suavizar” la curva (suavizando crestas y valles) haciendo más representativo el comportamiento de los índices y emisoras. Por ello, en este trabajo se utilizan los rendimientos porcentuales calculados en forma *continua* (*log precios*).

⁸⁴ Una variable aleatoria *continua* es aquella cuyo valor posible en un intervalo completo de números no es discreta (no se puede contar su conjunto de resultados posibles). Normalmente estas variables representan datos medidos, como lo serían alturas, temperaturas, tasas de rendimientos, etcétera. (Walpole, 2007: 80)

$$R_C^o = \left(\ln \frac{P_t}{P_{t-k}} \right) * 100$$

Donde: R_C^o = Rendimiento continuo. Es el cambio, en términos relativos, del logaritmo natural del rendimiento de los precios (*log precios*) de un activo entre el periodo t y $t-k$. A este cambio en el precio se le conoce como *rendimiento compuesto en forma continua*.

P_t = Precio en la fecha t (un día determinado de operación en la bolsa de valores).

P_{t-k} = Precio en la fecha $t-k$ (fecha de operación que puede ser desde 1 día hasta k días).

Complementariamente, la *Ganancia de Capital*, $G_t = P_t - P_{t-k}$, es la diferencia originada entre el precio de un activo⁸⁵ en un momento determinado por las fechas t y $t-k$. Evidentemente, si la diferencia es negativa, se le considera una pérdida.⁸⁶

3. Valor de Z

Puede existir un número infinito de distribuciones normales posibles, cada una con su propia media y su desviación estándar. Ya que, obviamente, no se puede analizar un número tan grande de posibilidades, es necesario convertir todas estas distribuciones normales a una forma estándar. La conversión de los valores de la variable aleatoria discreta en variable aleatoria normal estándar z , se efectúa con la siguiente fórmula:

Conversión a la variable aleatoria normal

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

donde: z = Es el número de desviaciones estándar en las que los rendimientos están por encima o por debajo del valor promedio.⁸⁷

x = Valor de la variable aleatoria discreta.

μ = Media aritmética de la distribución.

σ = Desviación estándar de la distribución.

⁸⁵ Para efectos de este trabajo el “precio de un activo” es la cotización de diaria de los índices bursátiles objeto de estudio o el precio de una acción.

⁸⁶ La ganancia o pérdida de capital se registra como tal una vez que se vendió la acción. Hasta antes de ese momento, se le denomina como *plusvalía* o *minusvalía* de la inversión.

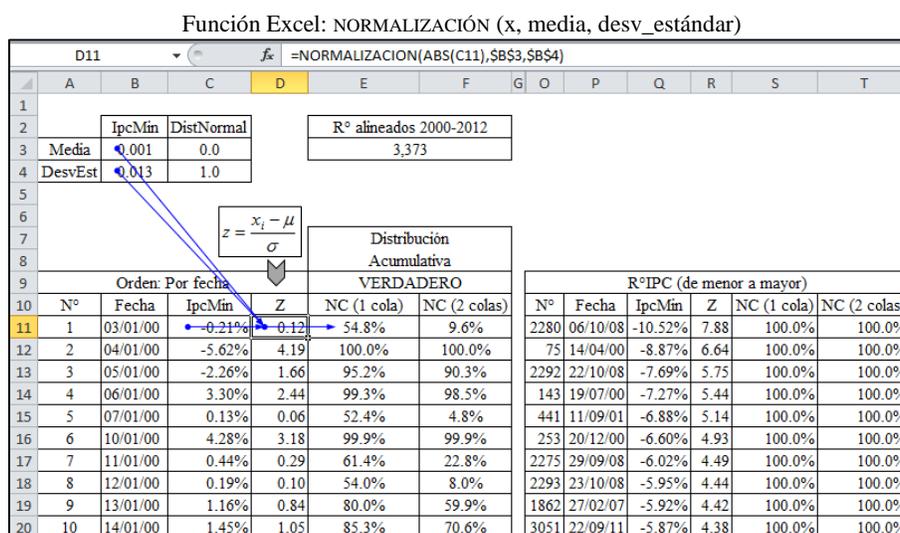
⁸⁷ Un valor x igual a su media μ da como resultado $z = (\mu - \mu) / \sigma = 0$, de manera que un valor x igual a su media corresponde a $z = 0$. Ahora suponga que x se encuentra una desviación estándar arriba de su media, es decir, $x = \mu + \sigma$. Aplicando la ecuación el valor correspondiente es $z = \frac{(\mu + \sigma) - \mu}{\sigma} = \frac{\sigma}{\sigma} = 1$. Así que un valor de x que es una desviación estándar mayor que su media corresponde a $z = 1$. En otras palabras, z se interpreta como el *número de desviaciones estándar a las que está una variable aleatoria x de su media μ* . (Anderson, 2008: 239)

Para hallar la probabilidad de que la variable $R^{\circ}IPC$ esté dentro de un determinado intervalo, se tiene que calcular el área que se encuentra bajo la curva normal y sobre ese intervalo. (Anderson, 2008, p.234).

No obstante que el área bajo la curva normal se obtiene de la tabla de probabilidades acumuladas en la distribución normal estándar (tabla de z) que se proporciona en los apéndices de los libros de estadística, en este trabajo se calculó en Excel para su posterior aplicación en otras funciones. Se utilizó la función *Normalización* la cual devuelve el valor normalizado de cada uno de los 3,373 rendimientos del IPC, caracterizados éstos por una media de 0.01 y una desviación estándar de 0.013.

A manera de ejemplo, Figura 14, el valor de z para el rendimiento de 0.21% es de 0.12, redondeado a dos decimales. A esta transformación se le llama normalización, estandarización o tipificación de la variable x .

Figura 14: Cálculo de los valores de Z



Fuente: Elaboración propia

Donde

- x : Valor de la variable aleatoria discreta que se desea normalizar.
- Media: Media aritmética de la distribución.
- Desv_estándar: Desviación estándar de la distribución.

4. Área bajo la curva normal para una cola (NC 1 cola)

4.1 Función de densidad de probabilidad normal

La fórmula de la distribución de probabilidad de una variable aleatoria continua necesariamente será función de los valores numéricos de la variable aleatoria continua X y como tal se representará mediante la notación funcional $f(x)$. Al tratar con variables continuas, $f(x)$, por lo general se llama *función de densidad de probabilidad*, o simplemente *función de densidad* de X . (Walpole, 2007, p.85)

Con la *función de densidad de probabilidad* (fdp) se determina el área bajo la curva de $f(x)$ que corresponde a un intervalo determinado, esto es, la probabilidad de que la variable tome alguno de los valores de ese intervalo, (Anderson, 2008: 227). Caracteriza el comportamiento probable de una población en tanto especifica la probabilidad relativa de que una variable aleatoria continua⁸⁸ X tome un valor cercano a x , que *caiga* en una región específica del espacio de posibilidades. (Walpole, 2007, p.85)

El *teorema del límite central* garantiza una distribución normal cuando n es suficientemente grande. La aproximación es, en general, mayor en el centro que en sus extremos o colas. Establece que la distribución de un promedio de muchas variables aleatorias independientes, idénticamente distribuidas tiende a la distribución normal en forma de campana con una función de densidad de probabilidad de:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

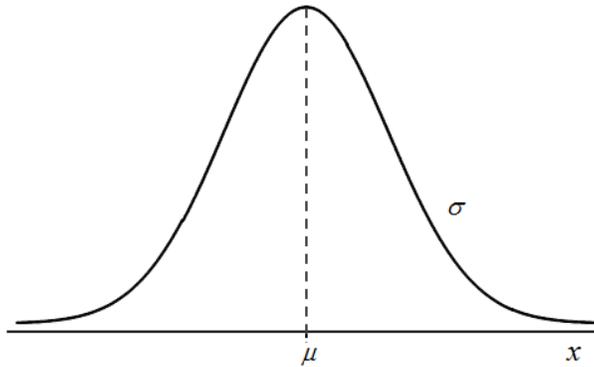
Donde:

- $f(x)$ = Función de densidad de probabilidad.
- σ = Desviación estándar de la distribución.
- π = El valor de π (pi) utilizado en los cálculos es 3.141 592 653 589 790.
- e = Constante matemática con infinitos decimales no recurrentes. El valor (truncado) estimado en Excel es 2.718 281 828 459 050.
- x = Valor de la variable aleatoria discreta.
- μ = Media aritmética de la distribución.
- σ^2 = Varianza de la distribución.

Esta *función* define la curva en forma de campana de la distribución normal. (Anderson, 2008, p.232). Ver figura 15.

⁸⁸ Una variable aleatoria puede concebirse como un valor numérico que está afectado por el azar. Dada una variable aleatoria no es posible conocer con certeza el valor que tomará esta al ser medida o determinada, aunque sí se conoce que existe una distribución de probabilidad asociada al conjunto de valores posibles.

Figura 15: Curva de campana de una distribución normal



Fuente: Elaboración propia, a partir de la *función de probabilidad normal*

Observaciones sobre las características de las distribuciones normales. (Anderson, 2008, p.232).

1. Toda la familia de distribuciones normales se diferencia por medio de dos parámetros: la media μ y la desviación estándar σ .
2. El punto más alto de una curva normal se encuentra sobre la media, la cual coincide con la mediana y la moda.
3. La media de una distribución normal puede tener cualquier valor: negativo, positivo o cero.
4. La distribución normal es simétrica. Las colas de la curva normal se extienden al infinito en ambas direcciones y en teoría jamás tocan el eje horizontal. Dado que es simétrica, la distribución normal no es sesgada; su sesgo es cero.
5. La desviación estándar determina qué tan plana y ancha es la curva normal. Desviaciones estándar grandes corresponden a curvas más planas y más anchas, lo cual indica mayor variabilidad en los datos.
6. Las probabilidades correspondientes a la variable aleatoria normal se dan mediante áreas bajo la curva normal. Toda el área bajo la curva de una distribución normal es 1. Como esta distribución es simétrica, el área bajo la curva y a la izquierda de la media es 0.50 y el área bajo la curva y a la derecha de la media es 0.50.

7. Los porcentajes de los valores que se encuentran en algunos intervalos comúnmente usados son:⁸⁹

- 68.3% de los valores de una variable aleatoria normal se encuentran más o menos una desviación estándar de la media.
- 95.5% de los valores de una variable aleatoria normal se encuentran más o menos dos desviaciones estándar de la media.
- 99.7% de los valores de una variable aleatoria normal se encuentran más o menos tres desviaciones estándar de la media.

4.2 Función de densidad normal estándar

Una variable aleatoria que tiene una distribución normal con una media cero y desviación estándar de uno tiene una distribución normal estándar. Para designar esta variable aleatoria normal se utiliza la letra z . (Anderson, 2008, p.233).

Dado que $\mu = 0$ y $\sigma = 1$, la fórmula de la función de densidad de probabilidad normal estándar es una versión más simple de la ecuación anterior (Anderson, 2008, p.234).

Función de densidad normal estándar:

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$$

Donde: $f(z)$ = Función de densidad normal estándar.

π = El valor de π (π) utilizado en los cálculos es 3.141 592 653 589 790.

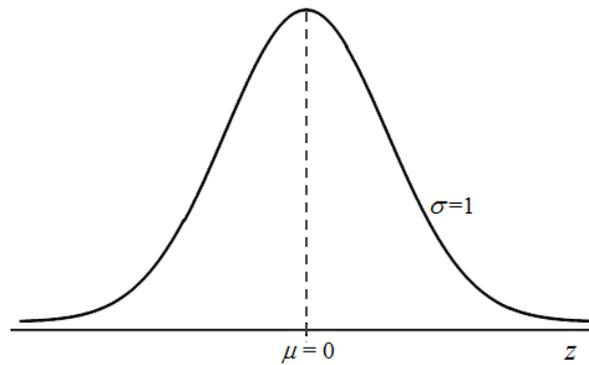
e = Constante matemática con infinitos decimales no recurrentes. El valor (truncado) estimado en Excel es 2.718 281 828 459 050.

z = Valor de la variable aleatoria normal.

⁸⁹ *La regla Empírica*. En series de datos simétricos, donde la mediana y la media son iguales, las observaciones tienden a distribuirse igualmente alrededor de estas mediciones de tendencia central. La regla empírica establece que en la mayoría de las series de datos encontraremos que aproximadamente dos de cada tres observaciones (es decir, el 67%), están contenidas en ± 1 desviación estándar alrededor de la media, aproximadamente 90% a 95% de las observaciones están \pm una distancia de 2 desviaciones estándar alrededor de la media y 99.7% dentro de ± 3 desviaciones de la media.

La regla de Chebyshev. Es una regla que pone un límite sobre la dispersión de los datos: al menos 75% de las observaciones deben estar contenidas dentro de ± 2 desviaciones estándar alrededor de la media. Al menos 88.89% de las observaciones deben estar contenidas dentro de una distancia de ± 3 desviaciones estándar alrededor de la media. Al menos 93.75% de las observaciones deben estar contenidas dentro de distancias de ± 4 desviaciones estándar alrededor de la media.

Figura 16: Distribución normal estándar



Fuente: Elaboración propia, a partir de la *función de densidad normal estándar*

Después de este proceso de conversión, la media de la distribución es 0 y la desviación estándar es 1. Ver figura 16.

Es decir, sin considerar lo que valen la media y la desviación estándar, se miden en las unidades originales en la distribución, después de que se ha aplicado la fórmula de conversión la media es 0 y la desviación estándar es 1. Estandarizar una distribución normal permite determinar más fácilmente la probabilidad de que ocurra cierto evento. (Lind, 2008: 82)

Para hallar la probabilidad de que una variable aleatoria normal z^{90} sea mayor o igual que un valor dado, por ejemplo 2.33, con un nivel de confianza de 99%, es decir $P(z \geq 2.33)$, se tiene que calcular el área que se encuentra bajo la curva normal y sobre ese intervalo.⁹¹

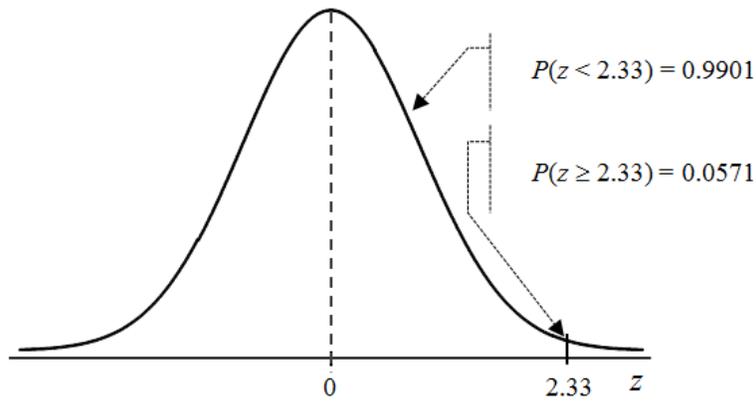
El valor en el renglón $z = 2.3$, columna 0.03 de la *tabla normal acumulada* es 0.9901; por tanto, $P(z \geq 2.33) = 0.9901$. Pero, como toda el área bajo la curva normal es 1, $P(z \geq 2.33) \approx 1 - 0.99 = 0.01$. En la Figura 17 se muestra esta probabilidad.

⁹⁰ Recordar que ya se encuentran calculadas las áreas bajo la curva normal. Ver apartado anterior, *Valor de Z*.

⁹¹ Los tres tipos de probabilidades que se necesitan calcular son: (Anderson, 2008: 235).

1. la probabilidad de que la variable aleatoria normal estándar z sea menor o igual que un valor dado;
2. la probabilidad de que z esté entre dos valores dados, y
3. la probabilidad de que z sea mayor o igual que un valor dado.

Figura 17: Distribución normal estándar con valores de Z



Fuente: Elaboración propia

En la investigación se utilizó la función *Distribución Normal Estándar* de Excel, la cual devuelve la distribución normal para la media y la desviación estándar especificadas, 0 y 1 en este caso.

Como se observa en la figura 18, el área bajo la curva normal para una cola (NC 1 cola) dado un valor de $z = 0.12$ (correspondiente a rendimiento de 0.21%) es de 0.548 (54.8%), estimado con precisión de 15 posiciones decimales y presentado a cuatro decimales.

Figura 18: Cálculo de Distribución Normal Estándar

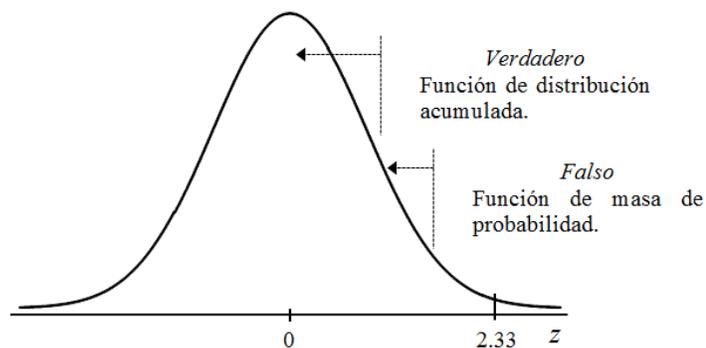
Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

Donde

- Z El valor cuya distribución desea obtener.
- Acumulado Es un valor lógico que determina la forma de la función (ver figura 19).
- Si el argumento acumulado es VERDADERO, la función DISTR.NORM.ESTAND.N devuelve la *función de distribución acumulada*: es el área bajo la curva que se obtiene a partir de un valor de z .
 - Si es FALSO, devuelve la *función de masa de probabilidad*: es uno de los puntos que conforman la curva de la campana de la distribución normal.

Figura 19: Distribución normal estándar



Fuente: Elaboración propia

5. Porcentaje fuera del NC

En el *Marco teórico* se definió al riesgo como la volatilidad de los flujos financieros no esperados en el valor de los activos. Dado que el interés estriba en medir la peor pérdida esperada en un intervalo de tiempo, se utilizará –según sea el caso– los niveles de confianza⁹² de 95% o 99% para una sola cola, esto es, con valores de la probabilidad acumulada por debajo de z para obtener el valor de *alfa* (o probabilidad –de error– de que el intervalo no contenga la media poblacional desconocida).

Así, el porcentaje fuera del NC es, simplemente, 1 menos la probabilidad de una variable aleatoria normal z : $\alpha = 1 - NC$.

Por ejemplo, en el primer renglón de la tabla 62 muestra que para un valor de z igual a 2.60, alfa (α) es igual a 0.0047 ($1 - 0.9953$) o 0.47%.

⁹² En los libros de estadística se mencionan, convencionalmente, tres niveles de confianza: 99, 95 y 90% (Webster, 2000); sin embargo, en el caso de las instituciones financieras, el intervalo utilizado por las instituciones financieras es arbitrario, ya que los parámetros van del 95 por ciento en el caso de J. P. Morgan y Bank of America hasta el 99 por ciento recomendado por el Comité de Basilea (1995) para la aplicación de modelos de riesgo de mercado en los bancos. (Jorion, 2008).

Tabla 62: IPC_Oct2008. Rendimientos atípicos

Tabla parcial				
Fecha	R°Ipc	Z	NC (%) (1 cola)	% fuera del NC
08/10/08	-3.51%	2.60	99.53%	0.47%
03/10/08	-3.78%	2.80	99.74%	0.26%
16/10/08	-3.91%	2.90	99.81%	0.19%
06/11/08	-4.12%	3.06	99.89%	0.11%
15/10/08	-5.00%	3.73	99.99%	0.01%
24/10/08	-5.39%	4.02	99.997%	0.003%
10/10/08	-5.46%	4.07	99.998%	0.002%
23/10/08	-5.95%	4.44	99.9996%	0.0004%
22/10/08	-7.69%	5.75	99.999996%	0.000004%
06/10/08	-10.52%	7.88	99.99999999998%	0.000000000002%

Fuente: Elaboración propia

6. Eventos esperados fuera del NC

Es el recíproco o inverso multiplicativo del *porcentaje fuera del NC* que da por resultado la frecuencia esperada para un evento bursátil atípico.

$$\frac{1}{(1 - NC)} = \frac{1}{\alpha}$$

El resultado se interpreta como la frecuencia o número de días en los que se puede presentar la caída de un rendimiento dado. Por ejemplo (ver tabla 63):

$$\frac{1}{0.0019} \approx 526 \text{ días, o bien } \left(\frac{1}{0.0019} \right) \frac{1}{365} \approx 1.5 \text{ años}^{93}$$

Tabla 63: IPC_Oct2008. Rendimientos atípicos

Tabla parcial				
Fecha	R°Ipc	Z	% fuera del NC (α)	Eventos esperados fuera del NC
03/10/08	-3.78%	2.80	0.26%	Una vez en 385 días (1 año)
16/10/08	-3.91%	2.90	0.19%	Una vez en 526 días (1.5 años)
06/11/08	-4.12%	3.06	0.11%	Una vez en 909 días (2.5 años)
15/10/08	-5.00%	3.73	0.01%	Una vez en 10,000 días (27 años)
24/10/08	-5.39%	4.02	0.003%	Una vez en 33,333 días (91 años)
10/10/08	-5.46%	4.07	0.002%	Una vez en 50,000 días (137 años)
23/10/08	-5.95%	4.44	0.0004%	Una vez en 250,000 días (685 años)
22/10/08	-7.69%	5.75	0.000004%	Una vez en 250'000,000 de días (684,931 años)
06/10/08	-10.52%	7.88	0.000000000002%	Una vez en 500 billones de días (1.4 billones de años)

Fuente: Elaboración propia

⁹³ Se consideran 365 días por año (natural).

ANEXO 2. TAMAÑO DEL MERCADO (NOTA METODOLÓGICA)

Objetivo

Este apunte tiene como objetivo analizar la relación que pueda existir entre la actividad bursátil del mercado americano (NYSE) y el nacional (BMV) y las interacciones que rigen su comportamiento con el apoyo de leyes empíricas. Para ello, se aplican algunos principios de la ley de la gravitación universal de Newton, en particular los relativos al movimiento de los cuerpos. Se hace una analogía para determinar la masa financiera que permita medir la “atracción” y apoyar, de esta manera, hipótesis sobre la correlación de los mercados de valores en 167 observaciones mensuales comprendidas entre el periodo enero de 2003 a noviembre de 2016.

Estudios sobre el tema

La literatura que aborda el modelo de la gravedad para explicar las actividades comerciales bilaterales entre países parte de los fundamentos de la ley referida. Arvis (2013) estudia diversos trabajos aplicados en el campo de la economía e investiga las razones por las cuales los diferentes marcos teóricos pueden conducir a la misma fórmula empírica. El modelo, planteado por vez primera en 1962 por Jan Tinbergen, proporciona una eficaz forma para describir los flujos bilaterales en el ámbito del comercio internacional. Plantea la interacción gravitatoria newtoniana y la estimación del tamaño del mercado además de su distancia.

$$F_{ij} = G \frac{M_i^{\beta_1} M_j^{\beta_2}}{D_{ij}^{\beta_3}}$$

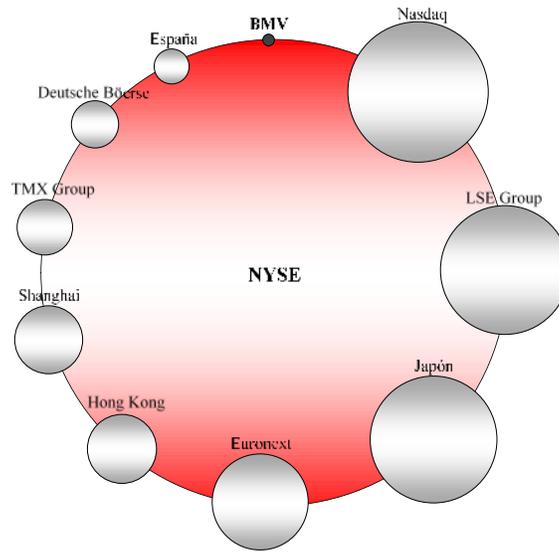
Donde F es el flujo comercial de un país i a otro j . M es el PIB de cada país, D es la distancia entre los dos países y G es una constante.

Tamaño del mercado bursátil

El New York Stock Exchange es la mayor bolsa del mundo por el nivel de capitalización de mercado: en 2015, su valor fue superior a 227.3 billones de USD, 26.5 por ciento del total (ver Tabla 2: *Capitalización de Mercado 2015*). La Bolsa Mexicana de Valores, por su parte, ocupa el puesto 24 con una participación relativa de 0.7 por ciento.

En la figura 20 se aprecia la proporción –o escala– del tamaño de los mercados tomando como base al NYSE.

Figura 20: Tamaño de los mercados bursátiles



Fuente: Elaboración propia

La figura da una idea de la dimensión de los mercados financieros en donde el estadounidense es, por sí solo, mayor que todos los demás mercados de capitales del mundo juntos. El valor de capitalización es, casi, el triple de Nasdaq, segundo mercado mundial y, poco más de 40 veces al mercado mexicano que ocupa el lugar vigésimo cuarto en el concierto mundial. Estos valores se consignan en la tabla 64.

Tabla 64: Tamaño de la cobertura NYSE vs BMV

-Por valor de capitalización-		
Bolsa	Promedio ⁹⁴	Cobertura
Nyse	169 079 879.9	1.0 a 1
Nasdaq - US	51 326 422.0	3.3 a 1
Japan	46 017 385.6	3.7 a 1
Euronext	34 807 176.0	4.9 a 1
HongKong	25 073 883.8	6.7 a 1
Shanghai SE	24 904 160.6	6.8 a 1
TmxGroup	20 118 472.7	8.4 a 1
DeutscheBörse	17 035 352.0	9.9 a 1
ShenzhenSE	12 619 403.9	13.4 a 1
BME Spanish	12 509 850.8	13.5 a 1
BMV México	4 183 307.4	40.4 a 1
AthensSE	1 204 067.3	140.4 a 1

Fuente: Elaboración propia

⁹⁴ Es el promedio aritmético de los valores de capitalización anuales (2003-2016) de cada Bolsa en estudio. El valor anual se determinó a partir de la suma mensual (ene-dic) de cada año.

La representación de las bolsas de valores como un sistema planetario en torno al sol, genera una idea del tamaño de cada mercado que guía el análisis. Pero, de acuerdo a Leonard Mlodinow (2010), creer que existe una física bursátil es una cosa, y definirla es otra.

Es en este punto en donde se adapta la *ley de gravitación universal* para dar sentido al comportamiento de los índices bursátiles en estudio que fundamentan las propiedades estadísticas del análisis que de ellas se derive.

La *física* es la más fundamental de las ciencias –muchas disciplinas se construyen con base en sus ideas– es el estudio de las características básicas de la materia y sus interacciones. (Griffith, 2014). Por ello, es que se adopta como marco teórico en esta nota metodológica uno de los principales sub campos⁹⁵ de la física clásica: la teoría de la mecánica de Newton, particularmente la *segunda ley del movimiento*⁹⁶ que trata el efecto de una fuerza aplicada al movimiento de un cuerpo.

Las tres leyes del movimiento de Newton

Primera ley de Newton del movimiento

Un cuerpo permanece en reposo, o en movimiento rectilíneo uniforme, a menos que al actuar una fuerza externa sobre él lo obligue a cambiar.

Segunda ley de Newton del movimiento

La aceleración de un cuerpo es directamente proporcional a la magnitud de la fuerza aplicada e inversamente proporcional a su masa. La aceleración tiene la misma dirección que la fuerza aplicada.

⁹⁵ Los subcampos de la *física clásica* son la mecánica, la termodinámica, la electricidad, el magnetismo y la óptica. Por otra parte, los subcampos de la *física moderna* son la física atómica, la nuclear, de partículas y de la materia condensada.

⁹⁶ La *primera ley de Newton del movimiento* nos establece lo que ocurre en la ausencia de una fuerza: Un cuerpo permanece en reposo, o en movimiento rectilíneo uniforme, a menos que al actuar una fuerza externa sobre él su *velocidad* no cambiará. Si inicialmente está en reposo, así permanecerá; si está en movimiento, seguirá moviéndose a velocidad constante. La segunda describe los efectos de aplicar una fuerza a un cuerpo. La tercera ley señala que las fuerzas que ejercen entre sí dos objetos en interacción son siempre iguales en magnitud y dirección, pero de sentido opuesto. Esta ley se conoce como *principio de acción y reacción*: para cada acción hay una reacción igual pero opuesta. (Griffith, 2014).

Tercera ley de Newton (principio de acción y reacción)

Si el cuerpo *A* ejerce una fuerza sobre el cuerpo *B*, el cuerpo *B* ejerce una fuerza sobre el cuerpo *A* de igual magnitud, pero en dirección opuesta a la fuerza ejercida sobre él.

La ley de gravitación universal de Newton

La *ley de Newton de la gravitación universal* junto con las tres leyes del movimiento, son postulados fundamentales de la teoría de la mecánica.

Importantes obras académicas sobre física clásica (Bauer y Westfall, Griffith, entre otros), señalan que el *peso* es un término que se usa indistintamente con *masa*⁹⁷ y es la fuerza gravitacional ejercida sobre un cuerpo. La fuerza gravitacional es el peso⁹⁸ de la persona.

La fuerza gravitacional participa en los movimientos de los planetas en torno al Sol y de la Luna alrededor de la Tierra. La expresión general para la magnitud de la interacción gravitacional entre dos masas puntuales, m_1 y m_2 , a la distancia r entre ambas es

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

esta relación es conocida como la *ley de gravitación universal de Newton*. Donde F es igual a la fuerza gravitacional (o peso de un cuerpo), m_1 corresponde a la *masa* del objeto 1, m_2 es la masa del objeto 2 y r es la distancia entre los objetos. G es la constante universal que sirve para calcular la aceleración gravitacional de cualquier planeta y tiene el mismo valor para dos cuerpos cualesquiera. En unidades métricas, el valor de G es

$$G = 6.674 * 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{km}^2$$

$$G = 0.0000000000667 \text{ N m}^2/\text{kg}^2$$

La fuerza de gravedad puede ser enorme debido a que una de las masas es muy grande. La ley de Newton de la gravitación universal establece que la fuerza gravitacional entre dos cuerpos es proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado

⁹⁷ La masa se define como la propiedad de la materia que determina cuánto se resiste un cuerpo a cambiar su movimiento. Cuanto más grande sea la masa, mayor será la *inercia* o resistencia al cambio, y menor la aceleración provista por una fuerza.

⁹⁸ Debido a la dificultad de medir la aceleración, el método más común de comparación de masas es pesar los objetos, esto es, comparar la fuerza gravitacional ejercida sobre la masa que queremos medir con la que actúa sobre la masa estándar. La fuerza gravitacional de un cuerpo es el *peso* del cuerpo. Como fuerza, el peso tiene unidades diferentes (newtons) que la masa (kilogramos).

de la distancia que las separa⁹⁹. Es oportuno considerar a Bauer y Westfall (2011) quienes, en su obra, puntualizan sobre la ecuación de la fuerza gravitacional, F , que:

La intensidad de la interacción gravitacional es proporcional al producto de cada una de las masas involucradas en la interacción y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellas. Al duplicar una de las masas se duplicará la fuerza de la interacción, mientras que duplicando la distancia se reducirá la fuerza de la interacción por un factor de 4.

Aplicación de la ecuación de la fuerza gravitacional (F) a los índices bursátiles

El simple hecho de identificar las fuerzas implicadas contempladas en las leyes de Newton proporciona una descripción útil de lo que sucede en los mercados. Apliquemos (y adaptemos, en medida de lo posible) la ley de gravitación universal a los datos bursátiles.

$$F_{BMV} = \frac{m_{NYSE}m_{BMV}}{r^2}G$$

donde

- m_1 = La masa del mercado 1, NYSE en este caso
- m_2 = La masa del mercado 2, BMV en este caso
- R = Distancia (en minutos)
- G = Constante de gravitación universal

1. Dimensión –masa– del NYSE y de la BMV (m_1 y m_2)

La variable *masa*¹⁰⁰ se sustituye con el *valor de capitalización* (valor de mercado); éste es el número total de acciones emitidas de las empresas nacionales multiplicadas por su respectivo precio en un momento dado. Lógicamente, el valor resultante está sujeto a una fluctuación constante, dado que depende del precio de cotización, que puede variar dependiendo de las operaciones que realiza la empresa.

⁹⁹ También podemos expresar la fuerza gravitacional como $F = mg$. Para que estas dos expresiones de F sean iguales, g , la aceleración gravitacional, debe relacionarse con la constante gravitacional universal G mediante

$$g = \frac{m_1}{r^2}G$$

La aceleración gravitacional cerca de la superficie terrestre, g , no es por consiguiente una constante universal. Será diferente en planetas distintos.

Si conocemos la aceleración gravitacional cerca de la superficie de la Tierra, es más fácil usar la expresión $F=mg$ para calcular un peso que aplicar la ley de la gravitación universal. Esta expresión es válida *únicamente* cerca de la superficie de nuestro planeta.

¹⁰⁰ La *masa* se define como la propiedad de la materia que determina cuánto se resiste un cuerpo a cambiar su movimiento. Cuanto más grande sea la masa, mayor será la *inercia* o resistencia al cambio, y menor la aceleración provista por una fuerza.

Para nuestros efectos, se toma el valor reportado por la World Federation of Exchanges (WFE) para el mes de noviembre de 2016, fecha de cierre de este trabajo; aunque se podría considerar el acumulado o el promedio anual (o de un periodo de tiempo comprendido del año 2003 a 2016, según el objetivo que se persiga. Ver tabla 65.

Tabla 65: Capitalización de mercado –Dimensión–

Promedio enero 2003 – diciembre 2016		
Región	Bolsa	Capitalización
América	Nyse	14 174 361.2
América	Nasdaq - US	4 302 813.8
América	TmxGroup	1 686 578.6
América	Bmv	350 696.4
Europa	Euronext	2 917 966.8
Europa	DeutscheBörse	1 428 113.3
Europa	BME Spanish	1 048 730.0
Europa	Athens	100 939.8
Asia-Pacífico	Japón	3 857 744.9
Asia-Pacífico	Hong Kong	2 102 002.2
Asia-Pacífico	Shanghái	2 087 773.9
Asia-Pacífico	Shenzhen	1 057 914.1

Fuente: Elaboración propia

2. Distancia entre mercados bursátiles (r)

Para determinar la distancia entre mercados bursátiles (r) se utiliza una unidad de tiempo, *–minuto*¹⁰¹– para medir el intervalo en el que sucede un evento relevante, sea transmitido a la velocidad de los sistemas computacionales actuales y se genere una reacción en la bolsa receptora.

Considerando el estándar medio de Greenwich (GMT), los mercados operan en el siguiente orden (ver tabla 66 y figura 11):

- 1:00 a.m. inician operaciones las bolsas de China –Shanghái, Hong Kong y Shenzhen–. Operan 6 horas.
- 2:00 a.m. abre la bolsa de Japón –Tokio–. Opera 5 horas.
- 7:00 cierra operaciones los mercados en China y Japón.
- Durante una hora, de 7:00 a 8:00, permanecen cerrados todos los mercados en estudio. La actividad bursátil es latente por 60 minutos.

¹⁰¹ Para efectos prácticos se determinó la unidad de tiempo en minutos, aunque podrían ser segundos, o fracción de segundo.

- 8:00 a.m. abren los mercados europeos. Operan 8.5 horas.
- 2:30 a.m. abren los mercados estadounidenses –NYSE, Nasdaq, etcétera– y la Bolsa mexicana. Operan al mismo tiempo durante 6.5 horas.
- Los mercados europeos y americanos operan simultáneamente durante 3 horas.
- 5:30 p.m. cierra operaciones Europa.
- 9:00 p.m. cierra operaciones EE. UU. y México
- Por cuatro horas, de 9:00 p.m. a 1:00 a.m., los mercados permanecen cerrados. La actividad bursátil es latente por 240 minutos.
- A la 1:00 a.m. abren nuevamente las bolsas de Asia-Pacífico. Se inicia un nuevo ciclo.

Cuando el mercado receptor de la noticia esté cerrado, se considerará el total de minutos que transcurren hasta que éste inicie operaciones. Por tanto:

- los mercados europeos están a 60 minutos de “distancia” de los mercados chinos.
- China y Japón están a 240 minutos de Nueva York.

Durante 180 minutos existe comunicación en tiempo real entre los mercados americanos y los europeos, los que se refleja en el volumen de operaciones y en el precio. La “distancia” en la comunicación es un minuto.

México abre y cierra al mismo tiempo que Nueva York. Por tal motivo se encuentra afectado permanentemente por la volatilidad que genera el vecino del norte. La onda expansiva que generan los sistemas de alta tecnología se propaga con rapidez a través de las redes de comunicación y provoca la caída de cotizaciones en los mercados de valores de todo el mundo en un espacio de tiempo muy breve.

A pesar de que los mercados de valores operan en diferentes zonas horarias y unos están cerrados, mientras otros están abiertos, siempre hay vasos comunicantes que transmiten con rapidez los desajustes. Se encadenan las aperturas del horario bursátil de todo el mundo. Ver tabla 66 y figura 11.

Tabla 66: Horario de los mercados bursátiles

País	Japón	China	España	Inglaterra	EE. UU.	México
Apertura	11:00	09:00	09:00	08:00	09:30	08:30
Cierre	16:00	15:00	15:30	16:30	16:00	15:00
Opera	5 hrs.	6 hrs.	8.5 hrs.	8.5 hrs.	6.5 hrs.	6.5 hrs.

London GMT + 0	Japón GMT + 9	China GMT + 8	España GMT + 1	Inglaterra GMT + 0	EE. UU. GMT - 5	México GMT - 6
00:00						
01:00		09:00				
02:00	09:00	10:00				
03:00	10:00	11:00				
04:00	11:00	12:00				
05:00	12:00	13:00				
06:00	13:00	14:00				
07:00	14:00	15:00				
08:00			09:00	08:00		
09:00			10:00	09:00		
10:00			11:00	10:00		
11:00			12:00	11:00		
12:00			13:00	12:00		
13:00			14:00	13:00		
14:00			15:00	14:00	09:00	08:00
15:00			16:00	15:00	10:00	09:00
16:00			17:00	16:00	11:00	10:00
17:00			18:00	17:00	12:00	11:00
18:00					13:00	12:00
19:00					14:00	13:00
20:00					15:00	14:00
21:00					16:00	15:00
22:00						
23:00						
00:00						

Fuente: Elaboración propia

3. Constante de gravitacional universal (G)

La constante de gravitación universal (G) es una constante física¹⁰² que determina la intensidad de la fuerza de atracción gravitatoria entre los cuerpos. En el modelo se utiliza su valor aproximado en unidades métricas:¹⁰³

$$G = 6.6710-11 \quad \text{N m}^2/\text{kg}^2$$

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/s}^2$$

¹⁰² G es una constante universal de la naturaleza que sirve para calcular la aceleración gravitacional de cualquier planeta si sabemos su radio y su masa.

¹⁰³ La potencia -11 significa que el punto decimal se halla a once lugares a la izquierda de donde se muestra. De no utilizar la notación de potencias de 10, el número aparecería como $G = 0.0000000000667 \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$. Debido al tamaño pequeño de esta constante, la fuerza gravitacional entre dos cuerpos de tamaño normal, como las personas, es sumamente pequeña y en general no es notoria.

En realidad, al ser G una constante, pudo adoptar cualquier valor en este estudio, por ejemplo, la unidad. Sin embargo, para ser consistente con el marco teórico de referencia se decidió adoptar la medida de G fue obtenida por primera vez por Henry Cavendish en 1798.

La fuerza gravitacional (F) entre mercados

Se parte de la idea de que en el comportamiento por contagio del IPC de la BMV participan tres fuerzas:

- el empuje inicial generado por una noticia relevante en la Unión Americana (o en un país europeo, o en uno asiático) que genera contagio y se refleja de inmediato en la volatilidad del índice bursátil correspondiente;¹⁰⁴
- el tamaño del mercado de referencia, NYSE en este caso, que genera la atracción;
- y la resistencia natural e independiente de la oferta y demanda doméstica.

En las tablas 61 y 62 obtenemos los valores de fuerza de atracción de los mercados en estudio a partir de la ecuación de la ley de gravitación universal con los datos de capitalización de mercado promedio de enero de 2003 a diciembre de 2016.

Sustituyendo la ecuación F con las masas (valor de capitalización) del NYSE en $1.42E+07$ y $3.51E+05$ para la BMV, además de la unidad para el valor de la distancia (r), obtenemos la fuerza gravitacional (el peso) de la BMV en 332. Este peso es la magnitud de la fuerza que actúa sobre la BMV debido a su interacción con el NYSE. Ver tabla 67.

Tabla 67: Fuerza de atracción del NYSE sobre los mercados americanos y europeos

Región	Bolsa	Capitalización	Distancia	“Peso”	Atracción	Correlación
América	Nyse	14 174 361	1 minuto	13 410	1.0	1.00
América	Nasdaq - US	4 302 814	1 minuto	4 071	3.3	0.97
América	TmxGroup	1 686 579	1 minuto	1 596	8.4	0.90
América	Bmv	350 696	1 minuto	332	40.4	0.88
Europa	Euronext	2 917 967	1 minuto	2 761	4.9	0.94
Europa	DeutscheBörse	1 428 113	1 minuto	1 351	9.9	0.95
Europa	BME Spanish	1 048 730	1 minuto	992	13.5	0.62
Europa	Athens	100 940	1 minuto	96	140.4	0.30

Fuente: Elaboración propia

La atracción que ejerce el mercado norteamericano sobre el nacional es de 40 veces relación su peso. La aportación de este dato es que puede ayudar a medir los efectos

¹⁰⁴ Por ejemplo, la reacción de los principales mercados accionarios en Europa que cerraron con fuertes caídas tras el referendo griego del mes de julio de 2015, en el Brexit o en las elecciones norteamericanas en 2016.

(volatilidad) que producen los eventos relevantes. Note que la correlación es alta, 0.88, con un coeficiente de determinación de 77%.

Estos valores aumentan o disminuyen, además del valor de capitalización, por el tiempo que transcurre entre el registro de una noticia importante y el efecto que esta tiene en la operación bursátil del mercado receptor. Un minuto para la tabla anterior.

Recordar que entre el cierre de los mercados asiáticos y la apertura de los europeos hay 60 minutos de inactividad oficial de compra-venta, aunque la actividad bursátil es latente en ese tiempo. Y para cuando abren las bolsas asiáticas, ya han transcurrido 240 minutos que cerró el mercado americano. Tiempo más que suficiente para adoptar una estrategia de compra, venta o retención de los títulos según sea la causa y confiabilidad del evento que generó la volatilidad. El “peso” de la noticia es menor. Ver tabla 68.

Tabla 68: Fuerza de atracción del NYSE sobre las bolsas asiáticas

Región	Bolsa	Capitalización	Distancia	“Peso”	Correl
América	Nyse	14 174 361.2	1 minuto	13 410	1.00
Asia-Pacífico	Japón	3 857 744.9	240 minutos	0.06	0.97
Asia-Pacífico	Hong Kong	2 102 002.2	240 minutos	0.03	0.91
Asia-Pacífico	Shanghái	2 087 773.9	240 minutos	0.03	0.82

Fuente: Elaboración propia

La fuerza gravitacional entre las bolsas es proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que hay entre ambas. El resultado de la ecuación es 0.06 (casi nula la fuerza gravitacional). Comparar con los 332 la BMV, a pesar de que el tamaño del mercado japónes es 11 veces mayor que el mexicano ($3\,857\,745 \div 350\,696 = 11$). Se reitera, influye fuertemente el cuadrado de la distancia que hay entre ambas.

Prospectiva de trabajo sobre el tema

A manera de línea futura de investigación para la determinación del incremento en la volatilidad se considera que la actividad de la BMV es alterada por la volatilidad del NYSE. El objetivo sería encontrar y demostrar las fuerzas que actúan en el mercado objeto. Como propuesta inicial:

- Variable *F*. La *fuerza de gravedad* debida a la interacción con el NYSE.
- Variable *V*. La *volatilidad externa*, fuerza ejercida por la publicación de una noticia con un evento relevante. Se medirá a través de la desviación estándar y se

registrará por medio de una variable dicotómica: 1 para la presencia de una noticia relevante y 0 la ausencia de ésta.

- Variable S . La sensibilidad del IPC de la BMV a los movimientos del DJIA del NYSE. Este índice de riesgo se podría estimar, por ejemplo, a través de la $beta$ ¹⁰⁵.

Se buscará comprobar si las dos variables V (volatilidad) y S (beta), u otras, explican los cambios significativos en la volatilidad diaria (1.65σ o 1.96σ para una o dos colas) en el mercado receptor, en este caso la BMV.

¹⁰⁵ La $beta$ es un indicador que permite anticipar la dirección que seguirá la emisora con respecto al mercado en general:

$\beta > 1$, es reactiva ya que cambia en mayor proporción a los cambios del mercado de referencia.

$\beta \cong 1$, el desplazamiento es casi igual al del mercado, cambiando en la misma proporción.

$\beta < 1$ es menos reactiva, ganará menos en un mercado al alza, pero perderá también menos si el mercado baja. Según el modelo de mercado de W. F. Sharpe, el coeficiente asociado a la variable independiente o explicativa de dicho modelo, también denominado coeficiente de volatilidad, mide el grado de vinculación o dependencia del rendimiento de ese activo con respecto al rendimiento del mercado. En 2016 la beta fue de 0.65 ($\beta < 1$) de lo que se infiere que el IPC gana menos cuando el NYSE está al alza, pero pierde también menos si el mercado baja.

ANEXO 3. CONCEPTOS ESTADÍSTICOS DE LOS MODELOS (APUNTE ACADÉMICO)

Coefficiente de correlación de Pearson

A través del análisis de correlación se busca identificar la dependencia *estadística* entre variables aleatorias o estocásticas, esto es, variables que tienen distribuciones de probabilidad.

El objetivo es medir la *fuerza* o el *grado de asociación lineal* entre dos variables, aunque es ampliamente conocido que no implica, necesariamente, causalidad, sin importar lo fuerte y sugestiva que ésta sea. La causalidad se identifica por estadísticas externas y por las consideraciones *a priori* o teóricas.

Como es conocido, el coeficiente de correlación (r) puede asumir cualquier valor entre -1 y $+1$ indicando el signo el sentido de la relación; es decir,

$$-1 \leq r \leq +1$$

Se considera que dos variables cuantitativas están correlacionadas cuando los valores de una de ellas varían sistemáticamente con respecto a los valores homónimos de la otra.

La técnica utilizada en este trabajo es el coeficiente de correlación de Pearson¹⁰⁶. La ecuación del coeficiente de correlación para el estadístico muestral, $r_{x,y}$, es

$$r_{x,y} = \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x - \bar{x})^2 \Sigma(y - \bar{y})^2}}$$

donde: \bar{x} y \bar{y} son las medias de la muestra

r mide la fuerza de la relación entre Y y la variable explicativa X .¹⁰⁷

- Si $r = 1$, existe una correlación positiva perfecta. El índice indica una dependencia total entre las dos variables denominada relación directa: cuando una de ellas aumenta, la otra también lo hace en proporción constante.
- Si $0 < r < 1$, existe una correlación positiva.
- Si $r = 0$, no existe relación lineal. Pero esto no necesariamente implica que las variables son independientes: pueden existir todavía relaciones no lineales entre las dos variables.

¹⁰⁶ Otros coeficientes que miden el grado de correlación son el de Spearman y el de Kendall, entre otros.

¹⁰⁷ Ver la Tabla 30: Clasificación del coeficiente de correlación de Pearson, en el apartado 6.2. Análisis de correlación.

- Si $-1 < r < 0$, existe una correlación negativa.
- Si $r = -1$, existe una correlación negativa perfecta. Indica una dependencia total entre las dos variables llamada relación inversa: cuando una de ellas aumenta, la otra disminuye en proporción constante.

Modelo de regresión lineal¹⁰⁸

El objetivo que se persigue en el análisis de regresión es predecir el valor promedio de una variable sobre la base de valores fijos de otras variables.

La teoría de regresión está condicionada al supuesto de que la variable dependiente es estocástica, pero las variables explicativas son fijas o no estocásticas.

Con la aplicación del modelo de regresión se busca estimar la *función de regresión poblacional* con base en la *función de regresión muestral*. Dos métodos de estimación que suelen utilizarse:

1. los mínimos cuadrados ordinarios (MCO) y
2. la máxima verosimilitud (MV).

Por su sencillez, el método de los MCO es el que se utiliza en este trabajo; además, como lo señalan diversos autores, proporciona resultados similares al de máxima verosimilitud.

A partir de la *función de regresión poblacional* de dos variables $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i$ se estima la *función de regresión muestral*:

$$Y_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i + \hat{\varepsilon}_i$$

donde, $\hat{\varepsilon}_i = Y_i - \hat{Y}_i$; esto es, los residuos ($\hat{\varepsilon}_i$) son las diferencias entre los valores observados y los estimados de Y .

Los estimadores de mínimos cuadrados $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ se calculan de la siguiente forma:

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum x_i y_i}{\sum x_i^2} \quad \text{y} \quad \hat{\beta}_0 = \bar{Y} - \hat{\beta}_1 \bar{X}$$

¹⁰⁸ Fuente: Gujarati, (2010).

El valor promedio o medio del Y estimado (\hat{Y}_i) es:

$$\hat{Y} = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_i$$

El objetivo es obtener $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ para hacer la inferencia sobre los verdaderos β_0 y β_1 . Saber qué tan cerca están $\hat{\beta}_0$ y $\hat{\beta}_1$ de sus contrapartes en la población o qué tan cerca está \hat{Y}_i , de la verdadera $E(Y|X_i)$.

El modelo clásico de regresión lineal (MCRL) plantea 10 supuestos:

1. El modelo de regresión es lineal en los parámetros.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

En un modelo de regresión, al utilizar más de una variable explicativa es posible incrementar el poder explicativo y la utilidad del modelo en la toma de decisiones.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

2. Los valores del regresor X son fijos en muestreo repetido. X se supone *no* estocástica.
3. El valor medio de la perturbación ε_i es igual a cero.

$$E(\varepsilon_i | X_i) = 0$$

4. Homoscedasticidad o igual varianza de ε_i . Dado el valor de X , la varianza de ε_i es la misma para todas las observaciones.

$$\text{var}(\varepsilon_i | X_i) = \sigma^2$$

La ecuación representa el supuesto de homoscedasticidad, o *igual dispersión*, o *igual varianza* alrededor de la recta de regresión.

5. No existe autocorrelación entre las perturbaciones. Dados dos valores cualesquiera de X , X_i y X_j ($i \neq j$), la correlación entre dos ε_i y ε_j cualquiera ($i \neq j$) es cero.

$$\text{cov}(\varepsilon_i, \varepsilon_j | X_i, X_j) = 0$$

donde i y j son dos observaciones diferentes y donde cov significa covarianza.

6. La covarianza entre ε_i y X_i es cero, o $E(\varepsilon_i X_i) = 0$.

$$\text{cov}(\mu_i, X_i) = 0$$

El supuesto establece que la perturbación ε y la variable explicativa X no están correlacionadas.

7. El número de observaciones n debe ser mayor que el número de parámetros por estimar.
8. Variabilidad en los valores de X . No todos los valores de X en una muestra dada deben ser iguales.

$$\text{var}(X) = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$

9. El modelo de regresión está correctamente especificado. No hay un sesgo de especificación o error en el modelo utilizado en el análisis empírico.

En los modelos de regresión múltiple, con varios regresores, se agrega el siguiente supuesto.

10. No hay multicolinealidad perfecta. Es decir, no hay relaciones perfectamente lineales entre las variables explicativas. La multicolinealidad implica relación lineal entre las variables independientes. Esta situación puede hacer que los signos algebraicos de los coeficientes sean opuestos a lo que la lógica puede dictar, mientras que incrementan en forma importante el error estándar de los coeficientes.

Es fundamental examinar lo que sucede si uno o más de los supuestos no se cumple.

Dados los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, los valores estimados de mínimos cuadrados poseen algunas propiedades ideales. Éstas están contenidas en el teorema Gauss-Markov. Para entender este teorema se necesita considerar la propiedad del mejor estimador lineal insesgado.

Se dice que un estimador, es decir, el estimador MCO $\hat{\beta}_1$ es el mejor estimador lineal insesgado (MELI) de β_1 si se cumple lo siguiente:

11. Es lineal, es decir, función lineal de una variable aleatoria, tal como la variable dependiente Y en el modelo de regresión.
12. Es insesgado, es decir, su valor promedio o esperado, $E(\hat{\beta}_1)$, es igual al valor verdadero, β_1 .
13. Tiene varianza mínima dentro de la clase de todos los estimadores lineales insesgados; un estimador insesgado con varianza mínima es conocido como un estimador eficiente.

El teorema Gauss-Markov se enuncia de la siguiente forma:

Dados los supuestos del modelo clásico de regresión lineal, los estimadores de mínimos cuadrados, dentro de la clase de estimadores lineales insesgados, tienen varianza mínima, es decir, son MELI.

Además, se debe considerar los siguientes conceptos:

- La *precisión* de los estimadores MCO está medida por sus errores estándar.
- La bondad del ajuste general del modelo de regresión está medida por el coeficiente de determinación, r^2 . Éste dice qué proporción de la variación en la variable dependiente, o variable regresada, está explicada por la variable explicativa, o regresar. Esta r^2 se encuentra entre 0 y 1; entre más cerca esté de 1, mejor es el ajuste.
- Un concepto relacionado con el coeficiente de determinación es el coeficiente de correlación, r . Es una medida de *asociación lineal* entre dos variables y su valor se encuentra entre -1 y $+1$.

Modelo de regresión con variables dicotómicas

Puesto que tales variables usualmente indican la presencia o ausencia de un atributo, son variables de *escala nominal* esencialmente. Se podrían “cuantificar” tales atributos mediante la elaboración de variables artificiales que tomaran los valores 0 y 1, donde 1 indicara la presencia (o la posesión) de ese atributo y 0 la ausencia de tal atributo.

Un modelo de regresión puede contener variables explicativas que son exclusivamente dicotómicas, o cualitativas, por naturaleza. Tales modelos se denominan modelos de análisis de varianza (ANOVA).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \varepsilon_i$$

donde Y_i = Variable dependiente
 D_1 = Variable dicotómica 1:
valor 1 si hay presencia del atributo
valor 0 en ausencia de tal atributo
 D_2 = Variable dicotómica 2:
valor 1 si hay presencia del atributo
valor 0 en ausencia de tal atributo

El término de error ε_i satisface las suposiciones usuales del MCO.

Las variables dicotómicas señalan las diferencias, si es que existen, pero no sugieren las razones por las que éstas se presentan. Lo que se tiene que hacer es observar si los coeficientes anexos a las diferentes variables dicotómicas son estadísticamente significativos en lo individual.

En el uso de este tipo de variables se deben cuidar los siguientes aspectos:

- Presencia de casos de colinealidad perfecta; es decir, existe una relación lineal exacta entre las variables. Para evitarlo se debe tener en cuenta que, si una variable cualitativa tiene m categorías, sólo hay que agregar $(m - 1)$ variables dicotómicas¹⁰⁹.

Existe una forma de eludirla al introducir tantas variables dicotómicas como número de categorías tenga dicha variable, *siempre y cuando no se introduzca la intersección en*

¹⁰⁹ Si no se respeta esta regla, se provocará lo que se conoce como *trampa de la variable dicotómica*; es decir, se tendrá una situación de perfecta colinealidad o perfecta multicolinealidad, si hay más de una relación exacta entre las variables.

dicho modelo. Así pues, si se elimina el término intersección de Y , se considera el siguiente modelo

$$Y_i = \beta_1 D_{1i} + \beta_2 D_{2i} + \beta_3 D_{3i} + u_i$$

no se caerá en la trampa de la variable dicotómica, ya que no existe colinealidad perfecta. Pero se debe asegurar de que cuando se haga esa regresión, se utilice la opción “no intersección” del software.

- El valor de la intersección (β_1) representa el *valor medio* de la categoría de comparación.
- Los coeficientes anexos a las variables dicotómicas se conocen como coeficientes de la intersección diferencial, debido a que indican en qué medida el valor de la intersección que se le asigna 1 varía del coeficiente de intersección de la categoría de comparación.

En la mayor parte de la investigación económica, un modelo de regresión contiene diversas variables explicativas que son cuantitativas, y otras que son cualitativas. Los modelos de regresión que muestran una mezcla de variables cuantitativas y cualitativas se llaman *modelos de análisis de covarianza* (ANCOVA). Tales modelos representan una generalización de los modelos ANOVA en el sentido que proporcionan un método para controlar estadísticamente los efectos de las regresoras cuantitativas –llamadas covariantes o variables de control– en un modelo que incluye regresoras cuantitativas o cualitativas (dicotómicas).

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon_i$$

Nótese que además de las dos regresoras cualitativas, se tiene una variable cuantitativa, X , que en el contexto de los modelos ANCOVA se conoce como covariante.

Modelos autorregresivos y de rezagos distribuidos¹¹⁰

En el análisis de regresión que contiene información de series de tiempo, cuando el modelo de regresión incluye no solamente los valores actuales sino además los valores

¹¹⁰ Fuente: Hanke y Wichern, D (2010).

rezagados (pasados) de las variables explicativas (las X), se denomina *modelo de rezagos distribuidos*. Si el modelo incluye uno o más valores rezagados de la variable dependiente entre sus variables explicativas, se denomina *modelo autorregresivo*.

a. Box-Jenkins (ARIMA)¹¹¹

El modelo de promedio móvil autorregresivo integrado, ARIMA¹¹², utiliza la información de la serie de tiempo para generar los pronósticos y depende de los patrones de autocorrelación de los datos. No incluye en la ecuación variables independientes.

La *metodología Box-Jenkins*¹¹³ para el análisis de las series de tiempo es una herramienta poderosa para proporcionar pronósticos precisos de corto alcance. No supone un patrón particular en los datos históricos de las series que han de pronosticarse. El modelo se ajusta correctamente si los residuales son pequeños, están distribuidos aleatoriamente y no contienen información útil.

1. Modelos autorregresivos (AR)

Un modelo autorregresivo (MA) de cualquier orden p adopta la siguiente forma

$$Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$$

donde:

- Y_t = Variable de la respuesta (dependiente) en el tiempo t
- $Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-p}$ = Variable de respuesta en los retrasos $t-1, t-2, \dots, t-p$, respectivamente, estas Y desempeñan la función de variables independientes.
- $\phi_0, \phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p$ = Coeficientes que serán estimados¹¹⁴
- ε_t = Término de error en el tiempo t que representa los efectos de las variables que no explica el modelo; los supuestos acerca del término de error son las mismas que las del modelo de regresión estándar.

El modelo aparenta ser un modelo de regresión con valores retrasados en la variable dependiente en las posiciones de la variable independiente; por esta razón se le da el nombre de modelo autorregresivo.

¹¹¹ Resumen realizado del partir del capítulo 9, pp. 381-426, del libro *Pronósticos en los negocios* de John E. Hanke.

¹¹² ARIMA: AutoRegressive Integrated Moving Average (modelos Autorregresivos Integrados de Medias Móviles)

¹¹³ La metodología Box-Jenkins se refiere a una serie de procedimientos para identificar, ajustar y verificar los modelos ARIMA con los datos de la serie de tiempo.

¹¹⁴ El coeficiente ϕ_0 se relaciona con la media μ en el proceso mediante $\phi_0 = \mu(1 - \phi_0 - \phi_2 - \dots - \phi_p)$.

2. Modelos de promedio móvil (MA)

Un modelo de promedio móvil de orden q adopta la forma

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

donde:

Y_t	=	Variable de la respuesta (dependiente) en el tiempo t
μ	=	Valor promedio que permanece constante en el proceso.
$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_q$	=	Coefficientes que serán estimados
ε_t	=	Término de error que representa los efectos de las variables no explicadas por el modelo; los supuestos acerca del término de error son las mismas que los del modelo de regresión estándar.
$\varepsilon_{t-1}, \varepsilon_{t-2}, \dots, \varepsilon_{t-q}$	=	Errores en periodos anteriores al tiempo t , incorporados en la respuesta Y_t .

Esta ecuación es similar a la del *modelo autorregresivo*, con excepción de que la variable dependiente Y depende de valores previos de los errores en lugar de la variable por sí misma.

Los modelos de promedio móvil (MA) proporcionan pronósticos de Y , con base en una combinación lineal de un número finito de errores pasados, mientras que los modelos autorregresivos (AR) pronostican a Y como una función lineal de un número finito de valores anteriores de Y .

El término de promedio móvil se refiere al hecho de que la desviación de respuesta de su media $Y_t - \mu$ es una combinación lineal de errores actuales y pasados, y conforme avanza el tiempo los errores involucrados en esta combinación lineal también avanzan.

$$Y_t = \mu + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

$$Y_{t+1} = \mu + \varepsilon_{t+1} - \omega_1 \varepsilon_t - \omega_2 \varepsilon_{t-1} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q+1}$$

3. Modelos de promedios móviles autorregresivos (ARMA)

Este modelo es una combinación de los dos modelos anteriores, autorregresivos (AR) y de promedio móvil (MA). Se utiliza en series estacionarias. Para su representación se utiliza la notación ARMA (p, q) donde p equivale al orden de la parte autorregresiva y q es el orden de la parte del promedio móvil:

$$Y_t = \phi + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t - \omega_1 \varepsilon_{t-1} - \omega_2 \varepsilon_{t-2} - \dots - \omega_q \varepsilon_{t-q}$$

El método Box-Jenkins utiliza una estrategia iterativa para la construcción del modelo que se repite hasta que los residuales indican que ya no se requiere modificación alguna. En este punto, el modelo ajustado puede utilizarse para realizar los pronósticos.

4. Modelos de promedio móvil integrados autorregresivos (ARIMA)

A los modelos para las series que no son estacionarias se les llama modelos de promedio móvil integrados autorregresivos y se denotan como ARIMA (p, d, q). donde:

- p indica el orden de la parte autorregresiva,
- d indica el orden de la diferencia, y
- q indica el orden de la parte de promedio móvil.

Si la serie original es estacionaria, entonces $d = 0$ y los modelos ARIMA se reducen a modelos ARMA. En consecuencia, desde este punto, la notación ARIMA (p, d, q) se utiliza para indicar los modelos tanto para series de tiempo estacionarias ($d = 0$) como para las no estacionarias ($d > 0$).

Es importante considerar que los modelos más simples se prefieren sobre los modelos más complejos. Esto se conoce como el principio de parsimonia¹¹⁵. La idea es desarrollar el modelo, más simple que proporcione una descripción adecuada de la mayor parte de las características de los datos.

Finalmente, se debe considerar el tema de que los estimados de los mínimos cuadrados de los parámetros autorregresivos y de promedio móvil en los modelos ARIMA tienden a estar muy correlacionados. Cuando hay más parámetros de los necesarios se pueden generar pronósticos deficientes.

Valor en Riesgo (VaR)¹¹⁶

El concepto de VaR (Value at Risk) o valoración del riesgo, proviene de la necesidad de cuantificar, con determinado nivel de significancia, el monto o porcentaje de pérdida que un activo enfrentará en un período predefinido de tiempo. Resume en un solo número la

¹¹⁵ El principio de parsimonia se refiere a la preferencia por modelos más simples en lugar de los complejos.

¹¹⁶ La fuente de información para la elaboración de este resumen es el documento Mina, J. y Xiao, J.Y. (2001). Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard. *RiskMetrics Group*, además de los apuntes sobre *Administración de Riesgos Financieros* de la BMV-Educación. Los conceptos estadísticos que se utilizan en este apartado también se describen ampliamente en el Anexo 1. *Regla empírica*. El lector interesado puede consultar la bibliografía para un estudio más profundo.

pérdida potencial máxima que se puede sufrir en una posición de riesgo dado un nivel de confianza elevado, 95 o 99 por ciento, en un período de tiempo determinado.

Una forma de medir el riesgo es a través del cambio (o rendimiento) en el precio de un activo financiero en términos relativos. Se puede calcular de forma discreta (lineal) o continua (geométrica).

– Variación discreta:

$$R_D^o = \left(\frac{P_t}{P_{t-k}} - 1 \right) * 100$$

donde

- R_D^o = Rendimiento discreto. Es el cambio, en términos relativos, del precio de un activo entre el periodo t y $t-k$.
- P_t = Precio del activo en el momento t .
- P_{t-1} = Precio del activo en el momento $t-1$.

– Variación continua:

$$R_C^o = \left(\ln \frac{P_t}{P_{t-k}} \right) * 100$$

donde

- R_C^o = Rendimiento continuo. Es el cambio, en términos relativos, del logaritmo natural del rendimiento de los precios (*log precios*) de un activo entre el periodo t y $t-k$. A este cambio en el precio se le conoce como rendimiento compuesto en forma continua.
- P_t = Precio del activo en el momento t .
- P_{t-1} = Precio del activo en el momento $t-1$.

En nuestro caso, sólo consideraremos los rendimientos porcentuales calculados en forma continua (*log precios*) dado que tienen propiedades estadísticas atractivas a través del uso de logaritmos al permitir que la curva “suavice” las crestas y los valles de los rendimientos, y por lo tanto la curva será más representativa sobre el comportamiento de los índices.

Se asume que los rendimientos de los activos se distribuyen de forma normal por lo que necesitamos conocer el rendimiento medio y la volatilidad del activo, que definirán la distribución.

La tasa esperada de rendimiento (la media) se define como la suma de todos los resultados posibles de cada tasa de rendimiento posible, multiplicados por la probabilidad respectiva de que ocurran. El rendimiento esperado es la suma de probabilidad del rendimiento por el rendimiento posible:

$$E(r) = \sum_{i=1}^n P_i r_i$$

El rendimiento promedio observado de un activo es útil para establecer la dispersión observada.

– La media diaria:

$$\mu_d = \frac{\sum_{i=1}^n Var\%}{n}$$

Una medida utilizada comúnmente para medir el grado de riesgo de un activo es la volatilidad¹¹⁷ que está relacionada con el rango de posibles tasas de rendimiento y la probabilidad de que ocurran.

La volatilidad del rendimiento depende del rango de posibles resultados y la probabilidad de que ocurran valores extremos. Se calcula por medio de la desviación estándar.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^2}$$

La distribución de rendimientos es una distribución continua de probabilidades. La distribución de ese tipo usada con mayor frecuencia es la distribución normal que abarca un rango ilimitado de tasas de rendimiento, de menos infinito a más infinito.

Para interpretar valores diferentes de la desviación estándar, generalmente se emplean intervalos de confianza: un cierto rango de valores, un intervalo, dentro del cual se encontrará, con una probabilidad específica, el rendimiento real de las acciones durante el próximo periodo.

¹¹⁷ El costo de asegurarse contra un riesgo depende directamente de la volatilidad. Así que usar la volatilidad como medida de riesgo es similar a usar el costo de asegurarse contra el riesgo.

La probabilidad de éxito en la estimación se representa con $1 - \alpha$ y se denomina nivel de confianza. α es el llamado error aleatorio o nivel de significación, esto es, la posibilidad de fallar en la estimación mediante el intervalo.

Es necesario convertir la distribución normal a una forma estándar. La conversión de los valores de la variable aleatoria discreta en variable aleatoria normal estándar z , se efectúa con la siguiente fórmula:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma}$$

donde

- z = Número de desviaciones estándar.
- x = Valor de la variable aleatoria discreta.
- μ = Valor de la variable aleatoria discreta.
- σ = Desviación estándar de la distribución

Para hallar la probabilidad de que la variable R°IPC esté dentro de un determinado intervalo, se tiene que calcular el área que se encuentra bajo la curva normal y sobre ese intervalo.

El rendimiento esperado en cualquier momento futuro es el rendimiento esperado para un día tantas veces como días perdure el plazo que nos interesa. En consecuencia, tanto los rendimientos como su varianza se incrementan linealmente a través del tiempo, expresado como fracción de un año de 252 días, es decir, del número de días operados en el año. Por consenso, se suelen considerar 12 meses de 21 o 22 días.

La volatilidad se incrementa con la raíz cuadrada del tiempo, expresado como la fracción de un año.

$$\sigma_{T-t} = \sigma_a \sqrt{\frac{T-t}{252}}$$

donde

- σ_{T-t} = Volatilidad en el periodo considerado.
- σ_a = Desviación estándar anualizada.
- $T - t$ = Número de días que se desean considerar.

La volatilidad para n días se obtiene a partir de la volatilidad diaria:

$$\sigma_n = \sigma_d * \sqrt{n}$$

Donde, la volatilidad diaria es la desviación estándar:

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (r_t - \bar{r})^2}{n-1}}$$

Conocida la volatilidad anual, la volatilidad diaria se obtiene:

$$\sigma_d = \frac{\sigma_a}{\sqrt{252}}$$

Finalmente, el Valor en Riesgo (VaR) para una posición en acciones se obtiene del siguiente cálculo:

$$VaR_{PA} = (\mu_a \pm \alpha \sigma_a) * Pa * Nt$$

donde

- VaR_{PA} = Valor en riesgo de la posición accionaria.
- $(\mu_a \pm \alpha \sigma_a)$ = Movimiento adverso representado en forma porcentual.
- \pm = Signo negativo para la posición larga y positivo para la corta
- Pa = Precio por acción o del índice bursátil
- Nt = Número de títulos

Factor de decaimiento (Decay factor)

RiskMetrics utiliza el modelo de promedio móvil ponderado exponencialmente (EWMA) para pronosticar las variaciones y covarianzas (volatilidades y correlaciones) de la distribución normal multivariada. Este enfoque mejora el método tradicional de cálculo de la volatilidad que se basa en los promedios móviles con pesos fijos, iguales. Este último método se conoce como el *Modelo de media móvil simple* (SMA).¹¹⁸

Estimadores de volatilidad

¹¹⁸ Para los interesados en el tema se sugiere revisar el capítulo 5.2 *RiskMetrics forecasting methodology* del *RiskMetrics: Technical document*.

El documento técnico del RiskMetrics describe señala una metodología para pronosticar los parámetros de las varianzas y las covarianzas de rendimientos.

Modelo de media móvil simple (SMA)

La desviación estándar es una medida de incertidumbre. Cuantifica el grado de dispersión (variación esperada) de los datos con respecto a la media aritmética. Esto es, cuánto tienden a alejarse los valores concretos del promedio en una distribución de datos.

El cuadrado de la desviación estándar es “el promedio del cuadrado de la distancia de cada punto respecto del promedio”. La ecuación para la población es la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^2}$$

Una característica de esta ecuación es que “considera” que todos los rendimientos tienen el mismo peso independientemente de cuando se hubiera registrado el evento; esto es, tiene mismo impacto un suceso atípico registrado el día de hoy que el acaecido, por ejemplo, 100 años atrás, lo cual podría ser un sesgo en la interpretación del riesgo. A este método se conoce como el *Modelo de media móvil simple* (SMA).

Modelo de promedio móvil ponderado exponencialmente (EWMA)

RiskMetrics utiliza el modelo de *Promedio móvil ponderado exponencialmente* (EWMA) para pronosticar las varianzas y covarianzas (volatilidades y correlaciones) de la distribución normal multivariada. Este enfoque mejora el método tradicional de cálculo de la volatilidad.

El EWMA capta las características dinámicas de la volatilidad al utilizar un promedio móvil exponencial de las observaciones históricas, en donde las últimas observaciones tienen mayor peso en la estimación de la volatilidad. Este enfoque tiene dos importantes ventajas:

- En primer lugar, la volatilidad reacciona más rápidamente a los eventos atípicos del mercado, ya que los datos recientes tienen más peso que los datos antiguos.
- En segundo lugar, después de un evento atípico, la volatilidad disminuye exponencialmente a medida que disminuye el peso del evento de impacto que genera la volatilidad.

$$\sigma = \sqrt{(1 - \lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} (r_t - \bar{r})^2}$$

Al comparar los dos estimadores (iguales y exponenciales), observe que el modelo de media móvil ponderada exponencialmente depende del parámetro λ ($0 < \lambda < 1$), conocido como *factor de decaimiento*. Este parámetro determina los pesos relativos que se aplican a las observaciones (rendimientos). Ver fórmulas en tabla 69.

Tabla 69: Estimadores de volatilidad: SMA y EWMA

Ponderación igual	Ponderación exponencial
$\sigma = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (r_t - \bar{r})^2}$	$\sigma = \sqrt{(1 - \lambda) \sum_{t=1}^T \lambda^{t-1} (r_t - \bar{r})^2}$

Fuente: J.P. Morgan/Reuters. RiskMetrics: Technical document.

El factor de decaimiento “óptimo” (λ) propuesto por J.P. Morgan/Reuters es de $\lambda = 0.94$ para los datos diarios y $\lambda = 0.97$ para los datos mensuales.¹¹⁹

¹¹⁹ Para el estudio de la metodología seguida por J.P. Morgan/Reuters para la elección de los dos factores óptimos de decaimiento (λ), uno para el conjunto de datos diarios y el otro para el conjunto de datos mensuales, se recomienda ver apartado 5.3.2 *Choosing the decay factor* del *RiskMetrics: Technical document*.

ANEXO 4. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO (NOTA METODOLÓGICA)

Servicios de información científica consultados

Para llevar a cabo el estado del arte, se procedió al análisis bibliométrico con el apoyo de *MetaLib*, herramienta de gestión de recursos electrónicos de las bibliotecas de la Universidad Politécnica de Cataluña. A través de ésta se tuvo acceso a las bases de datos del área de *Economía y organización de empresas*:

1. Bases de Datos del CSIC: ISOC (Humanidades y Ciencias Sociales)
2. EconLit (ProQuest)
3. Factiva
4. RePEc/IDEAS
5. London School of Economics
6. SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos)
7. Web of Science (WOS)

La plataforma seleccionada para la consulta de revistas, autores y títulos fue la *Web of Science* (WoS) de Thomson Reuters la cual recoge las referencias de las principales publicaciones científicas de cualquier disciplina del conocimiento. Ver tabla 70.

Tabla 70: Base de datos de la Web of Science Core Collection

Índice de Citas	Títulos	Cobertura
Science Citation Index Expanded	8,740	1900-actualidad
Social Science Citation Index	3,170	1900-actualidad
Arts and Humanities Citation Index	1,890	1975-actualidad
Conference Proceeding Citation Index	12,000	1990-actualidad
Book Citation Index	62,000	2005-actualidad

Fuente: Manual de uso de la Web of Science

La *Web of Science Core Collection*, contiene información sobre investigación multidisciplinaria de alta calidad publicada en revistas líderes mundiales en las ciencias de las áreas duras y de las áreas sociales, artes y humanidades: 257 categorías temáticas, 12 026 revistas en total, 60 millones de registros, 1 billón de referencias citadas, etcétera.

Información para el análisis bibliométrico

La información obtenida, columna vertebral del análisis bibliométrico, es la siguiente:

- Índices de la WoS publicado por el *Institute for Scientific Information* (ISI) para el año 2015.

- Índices de *SCImago Journal & Country Rank* (SJR) para el año 2015.
- Factor de Impacto (FI).
- Clasificación y Cuartil al que pertenece la revista.

Asociados a Web of Science y Scopus existen otros índices: Journal Citation Report (JCR) y SCImago Journal Rank (SJR) los cuales presentan información bibliométrica y “rankings” de las revistas indizadas.

Estrategia en la búsqueda de revistas

La selección de publicaciones se realizó considerando la *Ley de Bradford*, principio bibliométrico que establece que un número relativamente pequeño de revistas publican la mayor parte de los resultados científicos significativos.

La fecha de actualización de la consulta se cerró en marzo de 2017 con la aplicación de cinco indicadores.¹²⁰ Ver tabla 71.

Tabla 71: Criterios de evaluación de las revistas científicas

Nº	Ítem	Descripción
1	FI	Factor de Impacto (FI). Es una medida de la importancia de la publicación científica: “...identifica la frecuencia con la que se cita un “artículo promedio” de una revista en un año en particular” (Conacyt, 2014, p.5).
2	Clasificación	Clasificación de la revista vs las publicaciones agrupadas en la categoría o área del conocimiento (economía, finanzas, negocios, etcétera), según las reglas del <i>Journal Citation Reports</i> (JCR).
3	Cuartil	Cuartil al que pertenece la revista en la categoría (o área del conocimiento), según las reglas del JCR.
4	Índice h	Mide, en este caso, el lugar que ocupa la revista por la cantidad de citas que han recibido los artículos publicados en ella.
5	SJR	Medida de la influencia que explica tanto el número de citas recibidas por una revista como la importancia o prestigio de las revistas de donde proceden dichas citas.

Fuente: Elaboración propia

La clasificación por *Factor de Impacto* del Journal Citation Reports arroja 12 mil 26 revistas de las cuales, las primeras nueve pertenecen al campo de la medicina y la décima al campo de la astronomía. El número uno es el journal *CA-A Cancer Journal for Clinicians* con FI de 137.578. Ver tabla 72.

¹²⁰ *Indicadores de impacto*. Se basan en los recuentos del número de citas que reciben los documentos (Factor de Impacto).

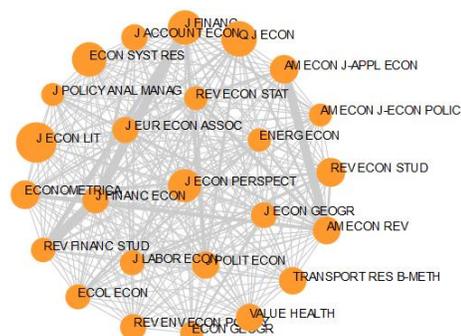
Tabla 72: Revistas científicas con mayor Factor de Impacto

N°	Título	FI	Citas	Área
1	CA-A Cancer Journal for Clinicians	137.578	20,488	Medicina
2	New England Journal of Medicine	59.558	283,525	Medicina
3	Nature Reviews Drug Discovery	47.120	25,460	Medicina
10	Annual Review of Astronomy and Astrophysics	37.846	9,000	Astronomía

Fuente: Elaboración propia con información del Journal Citation Reports

Figura 21: Revistas organizadas por FI

En el campo de la economía y finanzas se publican 345 revistas. El censo lo encabeza el *Journal of Economic Literature* (JEL), lugar 392 de la clasificación general de 12,026 revistas, con 6.614 de FI. Ver figura 21 y tabla 73.



Fuente: Journal Citation Reports

Tabla 73: Revistas en el campo de la economía y finanzas con mayor Factor de Impacto

N°	Título	WoS			SJR	
		FI	Citas	Cuartil	Índice h	SJR
1	Journal of Economic Literature	6.614	6,360	Q1	126	9.970
2	Quarterly Journal of Economics	5.538	19,063	Q1	186	20.761
3	Economic Systems Research	5.306	905	Q1	36	2.531
4	Journal of Finance	5.290	24,013	Q1	213	14.546
5	Journal of Economic Perspectives	5.012	8,096	Q1	139	6.077
6	Review of Economics Studies	4.077	9,368	Q1	99	9.250
7	Econometrica	4.053	24,957	Q1	139	12.485
8	American Economic Journal-Applied Economics	4.038	1,412	Q1	37	8.239
9	American Economic Review	3.833	35,805	Q1	202	8.048
10	Value in Health	3.824	5,039	Q1	69	1.645

Fuente: Elaboración propia con información del Journal Citation Reports

Reporte de las revistas

Para la evaluación de las revistas se consideran los criterios enlistados en la tabla 67, además de la guía metodología del *Reporte bibliométrico de las revistas mexicanas de investigación* del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT, 2014), se evaluaron las características de las publicaciones seleccionadas con los mismas métricas y procedimientos aplicados en el caso del *Journal of Economic Literature*. El resultado arroja una masa crítica de 25 revistas de las áreas de economía y finanzas. Ver tabla 74.

Tabla 74: Revistas científicas ordenadas por Factor de Impacto

Referencia	ISSN	FI
1. Journal of Economic Literature	0022-0515	6.614
2. The Quarterly Review of Economics and Finance	0033-5533	5.538
3. The Journal of Finance	0022-1082	5.290
4. Journal of Political Economy	0022-3808	3.750
5. Mathematics, Interdisciplinary Applications	1076-2787	3.514
6. Cornell Law Review	0010-8847	3.066
7. European Journal of Operational Research	0377-2217	2.679
8. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications	0378-4371	1.785
9. Measurement	0263-2241	1.742
10. Chaos, Solitons and Fractals	0960-0779	1.611
11. Cornell George Washington Law Review	0016-8076	1.558
12. Emerging Markets Review	1566-0141	1.549
13. Journal of Banking and Finance	0378-4266	1.485
14. Insurance: Mathematics and Economics	0167-6687	1.378
15. International Economic Review	0020-6598	1.290
16. Journal of International Financial Markets, Institutions and Money	1042-4431	1.051
17. Economic Modelling	0264-9993	0.997
18. European Journal of Finance	0920-8550	0.769
19. Journal of Financial Services Research	0920-8550	0.769
20. Emerging Markets Finance and Trade	1540-496X	0.768
21. Operations Research Letters	0167-6377	0.627
22. Statistics and Probability Letters	0167-7152	0.506
23. Finance Research Letters	1544-6123	0.480
24. Research in International Business and Finance	0275-5319	0.430
25. Journal of Behavioral and Experimental Economics	2214-8043	0.340

Fuente: elaboración propia con información de la WoS

Estrategia en la búsqueda de artículos

En la planificación de la búsqueda de artículos se tuvo como “hoja de ruta” las consideraciones teóricas de esta investigación doctoral (apartado 3.2.), en donde se especifica el paradigma dominante de las finanzas bursátiles: los *mercados eficientes* y las *expectativas racionales*, en sintonía con el apartado 3.2. *Consideraciones teóricas*.

La base de la consulta para determinar el estado del arte y el *Quién es quién* en la respectiva corriente del pensamiento, fueron los trabajos de los premios nobel de economía:

- Harry M. Markowitz, con la publicación titulada *Portfolio selection*.
- Eugene F. Fama, con los artículos que dan pauta a la *Hipótesis de los mercados eficientes* y al *Estudio de eventos*, además de la *Teoría del contagio*;
Robert J. Shiller, con su propuesta sobre la *Exuberancia irracional* y *Cómo influye la psicología humana en la economía*; y,
- Robert E. Lucas, John F. Muth y Thomas Sargent con sus aportaciones sobre la teoría de las *Expectativas racionales*.

La búsqueda inició utilizando las siguientes palabras clave (keywords): *Contagion* (—channels, —in financial markets, —risk, —vulnerability); *Dynamic conditional correlation*; *Efficient Capital Markets*; *Event study*; *Financial* (—contagion, —crisis); *GARCH*; *Market efficiency*; *Risk* (—market, —aversión, —measurement, —systemic); *RiskMetrics*; *Transmission of a financial crisis*; *Uncertainty*; *Value-at-Risk* (VaR); y, *Volatility*.

Con la finalidad de analizar la actividad científica y los resultados de la productividad de los autores seleccionados, se utilizaron tres indicadores bibliométricos de producción.¹²¹ Ver tabla 75.

Tabla 75: Criterios de evaluación de artículos

Nº	Ítem	Descripción
1	Año	Fecha (mes y año) de publicación del artículo.
2	Alfabético	Apellido e inicial de(l) nombre(s) de los autores.
3	Citas	Es el número total de veces que se citó el artículo.

Fuente: Elaboración propia

¹²¹ *Indicadores de producción*. Miden la productividad científica, que es la cantidad de publicaciones producida por un autor.

Publicaciones obtenidas

La búsqueda y posterior selección arrojó 46 publicaciones agrupadas en tres categorías:

1. Eficiencia del mercado (—Estudio de eventos, —Contagio financiero).
2. Teoría de la cartera (—VaR, —Volatilidad).
3. Expectativas racionales.

A manera de ejemplo, sólo considerando la frase “Efficient Capital Markets” en la opción de búsqueda por *Título* en el área de investigación *Business Economics* de la WoS, se obtuvieron 31 publicaciones entre los años 1969 a 2015. De éstos, 19 cuentan, cuando menos, con una cita.

Destaca el artículo *Efficient capital markets - Review of theory and empirical work* de Eugene F. Fama (1969) con 3 593 citas, 62.6 por ciento del total de 5 735. Ver tabla 76.

De acuerdo al *Conteo de uso*¹²² de la WoS, este trabajo ha sido referido 14 veces en los últimos 180 días y en 123 ocasiones desde 2013, con lo cual se evidencia que esta fuente sigue vigente.

Tabla 76: Autores más citados en el tema de *Eficiencia de los mercados de capitales*

Nº	Año	Citas	%	Autor	Artículo
1	1969	3,593	62.6%	Fama, EF	Efficient capital markets - Review of theory and empirical work
2	1991	1,172	20.4%	Fama, EF	Efficient capital-markets .2.
3	1989	419	7.3%	Stein, JC	Efficient capital-markets, inefficient firms - A model of myopic corporate-behavior
4	1989	174	3.0%	Leroy, SF	Efficient capital-markets and martingales
5	2012	156	2.7%	Fama, EF	Size, value, and momentum in international stock returns
6	2006	61	1.1%	Almeida, H <i>et al.</i>	Should business groups be dismantled? The equilibrium costs of efficient internal capital markets
7	2004	32	0.6%	Macey, JR	Efficient capital markets, corporate disclosure, and Enron
8	1977	29	0.5%	Kim, EH <i>et al.</i>	Capital structure rearrangements and me-First rules in an efficient capital-market
9	1974	21	0.4%	Cooper, RVL	Efficient capital markets and quantity theory of money
10	1976	20	0.3%	Fama, EF	Efficient capital-market - Reply
11	1998	16	0.3%	Shin, HH <i>et al.</i>	Are internal capital markets efficient?
12	1976	13	0.2%	Shin, HH <i>et al.</i>	Efficient capital-markets - Comment
13	2009	11	0.2%	Kumar, P <i>et al.</i>	Corporate fraud and investment distortions in efficient capital markets

¹²² El conteo de uso es un registro de toda la actividad llevada a cabo por todos los usuarios de Web of Science, no solo la actividad realizada por los usuarios de su institución. Estos conteos se actualizan diariamente.

Reporte de los artículos

Y así, este procedimiento de análisis y evaluación se repite para todos los autores en las diversas categorías y subcategorías ya mencionadas, a saber: *Eficiencia del mercado*, *Teoría de la cartera* y *Expectativas racionales*.

En el proceso de la selección de artículos para estructurar y delimitar el estado del arte se utilizaron varios criterios:

- que el tema y área de investigación fuera afín a los objetivos de la tesis;
- el año de publicación (antigüedad), como límite de tiempo;
- el número de veces que ha sido citado;
- la contextualización del estudio (ubicación geográfica o situacional);
- los datos utilizados y la temporalidad o periodo de la serie de tiempo;
- la revisión de la literatura (a quién citan);
- la metodología utilizada; y
- los resultados empíricos y/o conclusiones.

La información obtenida invita a reflexionar sobre los avances registrados a partir de la base teórica inicial sobre la que se sustenta la tesis.

La búsqueda dio inicio con el artículo de Harry M. Markowitz, *Portfolio selection*, publicado en 1952, con 26 mil 889 citas, 63.4 por ciento del total de las referencias seleccionadas y concluye en marzo de 2017 con once publicaciones. Ver tabla 72.

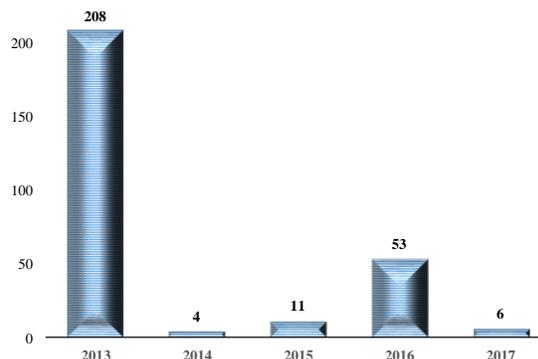
En años recientes, 2013-2017, el interés de los investigadores creció, prueba de ello son las 34 publicaciones registradas en los últimos cinco años.

A partir de los primeros trabajos en el tema, en función de una hipótesis o una teoría, los estudios subsecuentes profundizan en torno a las principales conclusiones iniciales. El interés se centra en el contexto, lugares y periodos de tiempo diferentes, con algunas variantes en la aplicación de modelos econométricos. Evidentemente, hay algunos casos que se apartan de esta tendencia y hacen importantes aportaciones en el tema de estudio lo que podemos constatar con el número de citas que les realizan. Ver tabla 78 y gráfico 25.

Tabla 78: Publicaciones en los últimos 5 años

N°	Año	Artículos	%	Citas	%
1	2013	3	8.8%	208	73.8%
2	2014	2	5.9%	4	1.4%
3	2015	3	8.8%	11	3.9%
4	2016	15	44.1%	53	18.8%
5	2017	11	32.4%	6	2.1%
		34	100.0%	282	100.0%

Gráfico 25: Citas por año, 2013-2017



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, considerando el año de publicación, de la tabla 67 se desprende que 34 de 72 artículos se publicaron en los últimos cinco años: ocho de 2013 a 2015, quince en 2016 y once en el primer trimestre de 2017.

Todos los autores citados en la tabla 79 se incorporan, en orden alfabético, a la lista de referencias de la tesis. A partir de este material se redacta el contenido del apartado 3.3 *Antecedentes científicos relevantes*.

Tabla 79: Artículos ordenados por año de publicación

Año	Referencia	Citas	ISSN
2017	Guidolin, M., y Pedio, M. (2017). Identifying and measuring the contagion channels at work in the European financial crises. <i>Journal of International Financial Markets, Institutions and Money</i> . Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.intfin.2017.01.001	0	1042-4431
2017	Jiang, J. (2017). Discount rate or cash flow contagion? Evidence from the recent financial crises. <i>Research in International Business and Finance</i> , 39, 315-32. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.ribaf.2016.07.035	0	0275-5319
2017	Kilic, E. (2017). Contagion effects of U.S. Dollar and Chinese Yuan in forward and spot foreign exchange markets. <i>Economic Modelling</i> , 62, 51-67. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2017.01.005	0	0264-9993
2017	Piccotti, L. R. (2017). Financial contagion risk and the stochastic discount factor. <i>Journal of Banking and Finance</i> , 77, 230-248. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.jbankfin.2017.01.012	0	0378-4266
2017	Roy, R. P. (2017). Financial contagion and volatility spillover: An exploration into Indian commodity derivative market. <i>Economic Modelling</i> . Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2017.02.019	0	0264-9993
2017	Siddiquee, N. y Rahman, M. (2017). Effect of catastrophic disaster in financial market contagion <i>Cogent Economics and Finance</i> , 5(1288772). DOI: 10.1080/23322039.2017.1288772	0	2332-2039

Año	Referencia	Citas	ISSN
2017	Sierra, J. G. (2017). Análisis de contagio en el sistema financiero mexicano combinando el modelo de Merton y redes aleatorias. <i>Contaduría y Administración</i> , 62(1), 44-63. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.cya.2016.10.006	0	0186-1042
2017	Wang, G.-J., Xie, C., Lin, M., y Stanley, H. E. (2017). Stock market contagion during the global financial crisis: A multiscale approach. <i>Finance Research Letters</i> . Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.frl.2016.12.025	0	1544-6123
2017	Ye, W., Luo, K., y Liu, X. (2017). Time-varying quantile association regression model with applications to financial contagion and VaR. <i>European Journal of Operational Research</i> , 256(3), 1015-1028. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2016.07.048	0	0377-2217
2016	Bouri, E. y Demirer, R. (2016). On the volatility transmission between oil and stock markets: a comparison of emerging importers and exporters. <i>Economía Política</i> . 33(1), 63-82. DOI: 10.1007/s40888-016-0022-6	0	1120-2890
2016	Burzala, M. M. (2016). Contagion effects in selected European capital markets during the financial crisis of 2007–2009. <i>Research in International Business and Finance</i> , 37, 556–571. DOI: 10.1016/j.ribaf.2016.01.026	5	0275-5319
2016	Glasserman, P., y Young, P. (2016). Contagion in financial networks. <i>Journal of Economic Literature</i> , 54(3), 779-831. Recuperado de https://doi.org/10.1257/jel.20151228	21	0022-0515
2016	Jin, X. (2016). The impact of 2008 financial crisis on the efficiency and contagion of Asian stock markets: A Hurst exponent approach. <i>Finance Research Letters</i> , 17, 167–175. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.frl.2016.03.004	0	1544-6123
2016	Jin, X., y An, X. (2016). Global financial crisis and emerging stock market contagion: A volatility impulse response function approach. <i>Research in International Business and Finance</i> , 36, 179-195. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.ribaf.2015.09.019	7	0275-5319
2016	Kenourgios, D., Naifar, N. y Dimitriou, D. (2016). Islamic financial markets and global crises: Contagion or decoupling? <i>Economic Modelling</i> , 57, 36–46. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2016.04.014	8	0264-9993
2016	Neaime, S. (2016). Financial crises and contagion vulnerability of MENA stock markets. <i>Emerging Markets Review</i> , 27, 14–35. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.ememar.2016.03.002	5	1566-0141
2016	Sarin, R., y Wieland, A. (2016). Risk aversion for decisions under uncertainty: Are there gender differences? <i>Journal of Behavioral and Experimental Economics</i> , 60, 1-8. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.socec.2015.10.007	2	2214-8043
2016	Siedleckia, R. y Paplab, D. (2016). Conditional correlation coefficient as a tool for analysis of contagion in financial markets and real economy indexes based on the synthetic ratio. <i>Procedia - Social and Behavioral Sciences</i> , 220, 452 – 461. Recuperado de https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.05.520	0	1877-0428
2016	Thomas, P. J. (2016). Measuring risk-aversion: The challenge. <i>Measurement</i> , 79, 285-301. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.measurement.2015.07.056	0	0263-2241

Año	Referencia	Citas	ISSN
2016	Ye, W., Zhu, Y., Wu, Y. y Miao, B. (2016). Markov regime-switching quantile regression models and financial contagion detection. <i>Insurance: Mathematics and Economics</i> , 67, 21–26. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.insmatheco.2015.11.002	2	0167-6687
2015	Boubaker, S., Jouini, J. y Lahianida, A. (2015). Financial contagion between the US and selected developed and emerging countries: The case of the subprime crisis. <i>The Quarterly Review of Economics and Finance</i> , 61, 14–28. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.qref.2015.11.001	1	0033-5533
2015	Romero-Meza, R., Bonilla, C., Benedetti, H., y Serletis, A. (2015). Nonlinearities and financial contagion in Latin American stock markets. <i>Economic Modelling</i> , 51, 653-656. Recuperado de http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2015.09.012	1	0264-9993
2015	Steen, M., Westgaard, S. y Gjolberg, O. (2015), Commodity value-at-risk modeling: comparing RiskMetrics, historic simulation and quantile regression. <i>Journal of Risk Model Validation</i> , 9(2), 49-78. Recuperado de https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/article/10.1023/A%3A1007926803627	9	1753-9579
2013	Beck, A., Aaron, K., Rachev, S., Feindt, M., y Fabozzi, F. (2013). Empirical analysis of ARMA-GARCH models in market risk estimation on high-frequency US data. <i>Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics</i> , 17(2), 167-177. DOI: 10.1515/snde-2012-0033	3	1081-1826
2013	Oanea, D. C. y Anghelache, G. (2013). Value at Risk prediction: the failure of RiskMetrics in preventing financial crisis. Evidence from Romanian capital market. <i>Procedia Economics and Finance</i> , 20, 433-442. DOI: 10.1016/S2212-5671(15)00094-5.	0	2212-5671
2013	Shiller, R.J. (2013). From efficient markets theory to behavioral finance. <i>Journal of Economic Perspectives</i> , 17(1), 83-104. DOI: 10.1257/089533003321164967.	205	0895-3309
2013	Zhou, M. y Wen, T. (2013). Empirical Analysis of Risks on HS300 Based on the VAR-GARCH Model. <i>International Conference on Economic, Business Management and Education Innovation (EBMEI)</i> . Beijing, Peoples R China	0	2251-3051
2012	Ahmad, R., Rhee, G. S., y Wong, Y. M. (2012). Foreign exchange market efficiency under recent crises: Asian-Pacific focus. <i>Journal of International Money and Finance</i> , 31(6), 1574–1592. DOI: 10.1016/j.jimonfin.2012.02.016	6	0261-5606
2011	Samarakoon, L. P. (2011). Stock market interdependence, contagion, and the US financial crisis: The case of emerging and frontier markets. <i>Journal of International Financial Markets, Institutions and Money</i> , 21(5), 724–742. DOI: 10.1016/j.intfin.2011.05.001	116	0002-8282
2010	Hanson, G.H. (2010). Why isn't Mexico rich? <i>Journal of Economic Literature</i> 48(4), 987–1004. DOI: 10.1257/jel.48.4.987	35	0022-0515
2009	McMillan, D. G., y Kambouroudis, D. (2009). Are RiskMetrics forecasts good enough? Evidence from 31 stock markets. <i>International Review of Financial Analysis</i> , 18(3), 117. Recuperado de http://doi.org/10.1016/j.irfa.2009.03.006	2	1057-5219
2008	Samaniego-Alcántar, Á., Reyes-Ruiz, G. y Bachs-Ferrer, Jordi. (2008). Coeficiente de pesimismo relativo. <i>Contaduría y Administración</i> , 226, 59-72. Recuperado de	1	0186-1042

Año	Referencia	Citas	ISSN
	http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-10422008000300004&lng=es&tlng=es		
2007	González-Rivera, G., Lee, T.-H., y Yoldas, E. (2007). Optimality of the RiskMetrics VaR model. <i>Finance Research Letters</i> , 4(3), 137-145.	21	1544-6123
2006	So, M. y Yu, P. (2006). Empirical analysis of GARCH models in value at risk estimation. <i>Journal of International Financial Markets, Institutions and Money</i> , 16(2), 180-197. http://doi.org/10.1016/j.intfin.2005.02.001	151	1042-4431
2005	Dungey, M., Fry, R. y Gonzalez-Hermosillo, B. (2005). Empirical Modeling of Contagion: a review of methodologies. <i>Quantitative Finance</i> , 5(1), 9-24. DOI: 10.1080/14697680500142045	109	1469-7688
2004	Hon, M. T., J. Strauss, and S-K Yong (2004). Contagion in Financial Markets After September 11: Myth or Reality? <i>The Financial Review</i> , XXVII (1), 95-114. DOI: 10.1111/j.1475-6803.2004.00079.x	144	0732-8516
2003	Shiller, R.J. (2013). From efficient markets theory to behavioral finance. <i>Journal of Economic Perspectives</i> , 17(1), 83-104. DOI: 10.1257/089533003321164967.	205	0895-3309
2002	Ang, A. y G. Bekaert (2002). International asset allocation with regime shifts. <i>Review of Financial Studies</i> , 15, 1137-87. DOI: 10.1093/rfs/15.4.1137	345	0893-9454
2002	Forbes, K.J. y Rigobon, R. (2002). No contagion, only interdependence: Measuring stock market co-movements. <i>Journal of Finance</i> , 57(5), 2223-2261. DOI: 10.1111/0022-1082.00494	819	0022-1082
2002	Rockafellar, R.T y Uryasev, S. (2002). Conditional value-at-risk for general loss distributions. <i>Journal of Banking and Finance</i> , 26(7), 1443-1471. DOI: 10.1016/S0378-4266(02)00271-6	969	0378-4266
2001	Longin, F. y Solnik, B. (2001). Extreme correlation of international equity markets. <i>Journal of Finance</i> 56(2), 649-76. DOI: 10.1111/0022-1082.00340	591	0022-1082
2001	Pafka, S. y Komdor, I. (2001). Evaluating the RiskMetrics methodology in measuring volatility and Value-at-Risk in financial markets. <i>Physica A: Statistical Mechanics and its Applications</i> , 299(1-2), 305-310. DOI: 10.1016/S0378-4371(01)00310-7	15	0378-4371
2000	Edwards, S. (2000). Contagion. <i>World Economy</i> 23(7), 873-900. DOI: 10.1111/1467-9701.00307	26	0378-5920
1998	Shin, H. H. y Stulz, R.M. (1998). Are internal capital markets efficient? <i>The Quarterly Review of Economics and Finance</i> ; 113(2), 530-552. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/2586912	16	0033-5533
1997	Phelan, M. J. (1997), Probability and statistics applied to the practice of financial risk management: The case of J.P. Morgan's RiskMetrics (TM). <i>Journal of Financial Services Research</i> , 12(2-3), 175-200. DOI: 10.1023/A:1007926803627	9	0920-8550
1996	Eichengreen, B., Rose, A. y Wyplosz, C. (1996). Contagious currency crises: First tests, <i>Scandinavian Journal of Economics</i> , 98(4), 463-484. DOI: 10.2307/3440879	210	0347-0520
1994	Cunningham, LA. (1994). From random-walks to chaotic crashes - the linear genealogy of the efficient capital-market hypothesis. <i>Cornell George Washington Law Review</i> ; 62(4), 546-608. Recuperado de http://scholarship.law.gwu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1540&context=faculty_publications	44	0016-8076

Año	Referencia	Citas	ISSN
1994	De-Angelis, L. y Gardini, A. (2015). Desequilibria and contagion in financial markets: evidence from a new test. <i>Journal of Applied Economics</i> , 18(2), 247-265. Recuperado de https://doi.org/10.1016/S1514-0326(15)30011-8	0	1514-0326
1993	Lee, S. B., y Kim, K. J. (1993). Does the October 1987 crash strengthen the co-movements among national stock markets? <i>Review of Financial Economics</i> , 3(1-2), 89-102. Recuperado de http://www.sciencedirect.com/recursos.biblioteca.upc.edu/science/journal/10583300	393	1058-3300
1991	Markowitz, H. (1991), Foundations of portfolio theory. <i>The Journal of Finance</i> , 46(2), 469-477. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/2328831	168	0022-1082
1990	Bertero, E., y Mayer, C. (1990). Structure and performance: Global interdependence of stock markets around the crash of October 1987. <i>European Economic Review</i> , 34(6), 1155-1180. DOI: 10.1016/0014-2921(90)90073-8	46	0014-2921
1990	Hamao, Y., Masulis, R.W. y NG, V. (1990). Correlations in price changes and volatility across international stock markets, <i>Review of Financial Studies</i> 3(2), 281-307. DOI: 10.1093/rfs/3.2.281	451	0893-9454
1990	King, M.A. y Wadhvani, S. (1990). Transmission of volatility between stock markets. <i>Review of Financial Studies</i> , 3(1), 5-35. DOI: 10.1093/rfs/3.1.5	425	0893-9454
1981	Shiller, R.J. (2013) Do stock-prices move too much to be justified by subsequent changes in dividends. <i>American Economic Review</i> , 71(3), 421-436. DOI: 10.1257/089533003321164967.	1062	0002-8282
1969	Fama, E. F. (1969). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. <i>The Journal of Finance</i> ; 25(2), 383-423. Recuperado de http://www.jstor.org/stable/2325486	3576	0022-1082
1969	Fama, E., Fisher, L., Jensen, M., y Roll, R. (1969). The adjustment of stock prices to new information. <i>International Economic Review</i> , 10(1), 1-21. Recuperado de http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=321524	4972	0020-6598
1952	Markowitz, H. (1952), Portfolio selection. <i>The Journal of Finance</i> , 7(1), 77-91. Recuperado de http://www.math.ust.hk/~maykwok/courses/ma362/07F/markowitz_JF.pdf	26889	0022-1082

Fuente: elaboración propia con información de la WoS

ANEXO 5. DETERMINACIÓN DE LA VARIABLE DICOTÓMICA (NOTA METODOLÓGICA)

En el análisis de regresión, la variable dependiente, precios o rendimientos del IPC, está influida, además de las variables de razón de escala (precios o rendimientos reflejados en los índices de los mercados de valores de la muestra), por variables cualitativas, nominales, las cuales nos ayudan a capturar la presencia de noticias relevantes que afectan al mercado y se reflejan en los movimientos anormales de los rendimientos.

Puesto que esta variable indica la presencia o ausencia del atributo, toma los valores 0 y 1, donde 1 indicara la presencia (o la posesión) de ese atributo y 0 la ausencia de tal atributo. Se determina, en este caso, de la siguiente manera:

1. Se divide cada rendimiento por la volatilidad (σ) suavizada de la serie. Por ejemplo, $1.596 / 1.007 \cong 1.58$ desviaciones estándar. Ver figura 23.

Figura 23: Número de desviaciones estándar dado un rendimiento

=REDONDEAR((ABS(E6/SAB\$8)),2)													
A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z AA AB													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
VaR													
01/07/2016 -1.65% 44669.99													
95.00%													
$\lambda = 0.94$													
Desviación Estándar													
R ² Cont R ² Disc R ² Disc λ													
26 26 19													
Nº A B A x B													
1 1 0.000254832 0.000254832													
2 0.94 -8.1954E-05 7.70368E-05													
3 0.8836 8.03659E-05 7.10113E-05													
4 0.830584 0.000183497 0.000152409													
5 0.78074896 0.000854059 0.000666806													
6 0.733904022 2.07563E-05 1.52331E-05													
7 0.689869781 1.76048E-05 1.2145E-05													
8 0.648477594 6.43546E-06 4.17325E-06													
9 0.609568939 1.95046E-05 1.18894E-05													
Media 0.020% 0.011% 0.011%													
DesvEst 0.921% 0.924% 1.007%													
Z 1.65													
NC 95%													
Li -0.0150 -1.50%													
Ls 0.0154 1.54%													

Fuente: Elaboración propia

2. Se estima la probabilidad de que el rendimiento en cuestión no se encuentre a más de una cantidad de z desvíos estándar por sobre su valor promedio. Por ejemplo, a 1.58 desviaciones estándar la probabilidad es de 94.29%. Ver figura 24.

ANEXO 6. SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE LOS MODELOS AUTORREGRESIVOS

Modelo Arima

La tabla 80 proporciona información de resumen y estadísticos de bondad de ajuste para cada modelo estimado. Los resultados se etiquetan con el identificador.

Primero, observa que el modelo no contiene ningún predictor candidato que especificó en un principio. Por tanto, parece que el modelizador experto no ha identificado variables independientes que pueden ser útiles para la realizar predicciones.

Aunque el modelizador de series temporales ofrece distintos estadísticos de bondad de ajuste, hay que optar por el valor R cuadrado estacionaria. Este estadístico proporciona una estimación de la proporción de la variación total de la serie que se explica mediante el modelo y se prefiere al R cuadrado ordinario cuando existe una tendencia o un patrón estacional, como en este caso. Los valores más grandes de R cuadrado estacionario (hasta un valor máximo de 1) indican un ajuste mejor. Un valor de casi cero indica que el modelo no realiza un trabajo adecuado al explicar la variación observada en las series.

El estadístico de Ljung-Box, también conocido como el estadístico Box-Pierce modificado, proporciona una indicación de si el modelo se ha especificado correctamente. Un valor de significación inferior a 0.05 implica que existe una estructura en la serie observada que el modelo no explica. El valor de 0.063 que se muestra aquí no es muy significativo, por lo que podemos estar seguros de que el modelo no está correctamente especificado.

Tabla 80: Estadísticos del modelo ARIMA

Estadístico de ajuste del modelo	Ljung-Box_Q(18)		
	Estadístico	GL	Sig.
R ² estacionaria	27.935	18	0.063
4.852E-16			

No obstante, para comparar los resultados en el apartado 6.4 *Análisis de regresión*, se corrió la serie de tiempo con ayuda del *Análisis de datos* de Excel. Después de la cuarta corrida (4to. Orden) se logró obtener una probabilidad (p -value) de 0.006, menor al alfa de 0.05: significativo al 5%, por lo que se rechazar la H_0 . Con esta certeza se obtuvieron los parámetros de los regresores utilizados. Ver tabla 81.

En modelos de series de tiempo la idea de *parsimonia* se refiere a que siempre se preferirá un modelo con un menor número de rezagos si la influencia marginal de incluir rezagos adicionales en el modelo es baja. Esto se puede entender fácilmente recordando que el número de grados de libertad en los modelos está dado por $n-k$, donde n es el número de observaciones y k es el número de parámetros. Por lo tanto, si se incluyen más rezagos, k se incrementará y los grados de libertad se reducirán y afectará la inferencia estadística que se desea realizar (Court, *et al.*, 2011, p422).

ANEXO 7. SERIE DE TIEMPO UTILIZADA: IPC Y DJIA

N°	Fecha	Djia		Ipc	
		EEUU	México	EEUU	México
		Mínimo	Mínimo	Cierre	Cierre
1	31.12.2014	17820.88	42877.55	17823.07	43145.66
2	02.01.2015	17731.30	41989.65	17832.99	42115.47
3	05.01.2015	17475.93	40824.93	17501.65	41099.37
4	06.01.2015	17262.37	40723.66	17371.64	41329.41
5	07.01.2015	17374.78	41331.12	17584.52	41813.93
6	08.01.2015	17591.97	41814.21	17907.87	42402.31
7	09.01.2015	17686.09	41940.49	17737.37	42382.41
8	12.01.2015	17571.58	41773.38	17640.84	41780.78
9	13.01.2015	17498.23	41313.35	17613.68	41478.26
10	14.01.2015	17264.90	40907.48	17427.09	40984.22
11	15.01.2015	17298.04	40817.87	17320.71	40998.77
12	16.01.2015	17243.55	40859.69	17511.57	41402.01
13	20.01.2015	17346.73	41129.12	17515.23	41752.67
14	21.01.2015	17396.04	41594.09	17554.28	42488.73
15	22.01.2015	17482.54	42488.82	17813.98	43121.28
16	23.01.2015	17667.53	42618.03	17672.60	42649.72
17	26.01.2015	17567.60	42360.73	17678.70	42737.85
18	27.01.2015	17288.31	42128.23	17387.21	42627.82
19	28.01.2015	17189.00	42158.07	17191.37	42158.07
20	29.01.2015	17136.30	41762.42	17416.85	41862.33
21	30.01.2015	17156.82	40886.86	17164.95	40950.58
22	03.02.2015	17369.97	40944.81	17666.40	41572.24
23	04.02.2015	17603.21	41553.11	17673.02	41710.82
24	05.02.2015	17677.26	41708.58	17884.88	42453.64
25	06.02.2015	17764.40	42447.45	17824.29	42715.43
26	09.02.2015	17685.32	42474.83	17729.21	42810.29
27	10.02.2015	17729.24	42635.15	17868.76	42635.19
28	11.02.2015	17759.65	41901.11	17862.14	41933.26
29	12.02.2015	17862.14	41897.32	17972.38	43045.51
30	13.02.2015	17961.76	42954.94	18019.35	43072.42
31	17.02.2015	17951.41	42613.68	18047.58	43251.79
32	18.02.2015	17982.20	42823.85	18029.85	43053.65
33	19.02.2015	17924.60	42865.20	17985.77	43231.42
34	20.02.2015	17878.37	43080.62	18140.44	43551.26
35	23.02.2015	18054.84	43446.65	18116.84	43675.87
36	24.02.2015	18098.73	43629.31	18209.19	43921.55
37	25.02.2015	18182.76	43635.04	18224.57	43802.07
38	26.02.2015	18157.07	43723.60	18214.42	44416.49
39	27.02.2015	18132.38	43983.14	18132.70	44190.17
40	02.03.2015	18122.59	43560.85	18288.63	43882.71
41	03.03.2015	18136.88	43519.68	18203.37	43600.37
42	04.03.2015	18029.50	43130.52	18096.90	43296.55
43	05.03.2015	18087.65	43155.85	18135.72	43517.79
44	06.03.2015	17825.15	43129.82	17856.78	43280.81
45	09.03.2015	17856.56	43003.99	17995.72	43251.40
46	10.03.2015	17662.94	42674.25	17662.94	42972.15
47	11.03.2015	17627.00	42929.52	17635.39	43227.20
48	12.03.2015	17620.49	43176.51	17895.22	44055.89
49	13.03.2015	17629.89	43703.97	17749.31	44002.29
50	17.03.2015	17785.79	43761.36	17849.08	43761.36
51	18.03.2015	17697.52	43490.09	18076.19	44360.87
52	19.03.2015	17934.24	43920.28	17959.03	44118.17
53	20.03.2015	17961.13	43739.47	18127.65	43968.15
54	23.03.2015	18116.04	43840.67	18116.04	43952.71
55	24.03.2015	18010.44	43943.32	18011.14	44051.21
56	25.03.2015	17718.54	43630.59	17718.54	43630.96
57	26.03.2015	17579.27	43099.48	17678.23	43229.16
58	27.03.2015	17630.49	43096.73	17712.66	43637.97
59	30.03.2015	17727.48	43571.35	17976.31	43922.83
60	31.03.2015	17773.02	43596.87	17776.12	43724.78
61	01.04.2015	17585.01	43697.45	17698.18	44202.94
62	06.04.2015	17646.80	43833.89	17880.85	44850.06
63	07.04.2015	17871.21	44674.95	17875.42	44987.87
64	08.04.2015	17822.23	44902.48	17902.51	44980.56
65	09.04.2015	17823.10	44891.79	17958.73	44913.27

N°	Fecha	Djia		Ipc		Djia		Ipc	
		EEUU		México		EEUU		México	
		Mínimo	Mínimo	Cierre	Cierre	Cierre	Cierre		
66	10.04.2015	17945.55	44745.03	18057.65	44882.01				
67	13.04.2015	17974.81	44864.38	17977.04	44994.56				
68	14.04.2015	17905.48	44773.56	18036.70	45004.52				
69	15.04.2015	18045.71	45001.18	18112.61	45262.94				
70	16.04.2015	18063.86	45094.05	18105.77	45480.23				
71	17.04.2015	17748.53	45012.30	17826.30	45012.37				
72	20.04.2015	17841.18	44958.69	18034.93	45077.81				
73	21.04.2015	17929.63	45077.44	17949.59	45296.91				
74	22.04.2015	17887.76	45077.57	18038.27	45232.04				
75	23.04.2015	17966.77	45027.50	18058.69	45418.83				
76	24.04.2015	18009.08	45248.98	18080.14	45773.31				
77	27.04.2015	18024.66	45490.25	18037.97	45512.38				
78	28.04.2015	17917.36	45216.04	18110.14	45338.36				
79	29.04.2015	17953.69	44895.85	18035.53	44942.23				
80	30.04.2015	17774.89	44581.70	17840.52	44582.39				
81	04.05.2015	18026.02	44586.94	18070.40	45238.47				
82	05.05.2015	17905.71	45061.33	17928.20	45091.33				
83	06.05.2015	17733.12	44655.11	17841.98	44853.26				
84	07.05.2015	17796.94	44704.28	17924.06	44768.80				
85	08.05.2015	17933.64	44770.08	18191.11	45125.95				
86	11.05.2015	18089.11	44950.62	18105.17	45179.97				
87	12.05.2015	17924.80	44849.85	18068.23	44950.49				
88	13.05.2015	18039.20	44885.91	18060.49	45038.14				
89	14.05.2015	18062.49	44980.21	18252.24	45271.46				
90	15.05.2015	18215.07	45147.91	18272.56	45332.80				
91	18.05.2015	18244.26	45134.22	18298.88	45408.34				
92	19.05.2015	18261.35	45245.87	18312.39	45311.75				
93	20.05.2015	18272.56	45191.60	18285.40	45283.47				
94	21.05.2015	18249.90	45075.77	18285.74	45097.39				
95	22.05.2015	18217.14	44807.73	18232.02	44874.04				
96	26.05.2015	17990.02	44383.54	18041.54	44401.40				
97	27.05.2015	18045.08	44124.59	18162.99	44682.59				
98	28.05.2015	18066.40	44508.77	18126.12	44807.31				
99	29.05.2015	17967.74	44603.62	18010.68	44703.62				
100	01.06.2015	17982.06	44570.01	18040.37	44760.10				
101	02.06.2015	17925.33	44572.88	18011.94	44931.48				
102	03.06.2015	18010.42	44732.56	18076.27	44732.72				
103	04.06.2015	17876.95	44478.29	17905.58	44561.11				
104	05.06.2015	17822.90	44481.94	17849.46	44561.94				
105	08.06.2015	17760.61	44338.22	17766.55	44544.05				
106	09.06.2015	17714.97	44385.77	17764.04	44519.21				
107	10.06.2015	17765.38	44528.67	18000.40	44578.28				
108	11.06.2015	18001.27	44527.18	18039.37	44624.74				
109	12.06.2015	17857.07	44469.48	17898.84	44692.50				
110	15.06.2015	17698.42	44217.04	17791.17	44395.76				
111	16.06.2015	17774.12	44139.72	17904.48	44722.28				
112	17.06.2015	17839.65	44666.41	17935.74	44792.04				
113	18.06.2015	17944.61	44732.27	18115.84	45120.79				
114	19.06.2015	18010.58	44933.82	18015.95	44973.41				
115	22.06.2015	18027.63	44969.03	18119.78	45224.98				
116	23.06.2015	18108.10	45224.51	18144.07	45454.15				
117	24.06.2015	17966.07	45280.28	17966.07	45424.94				
118	25.06.2015	17890.36	45232.46	17890.36	45377.12				
119	26.06.2015	17892.03	45332.44	17946.68	45566.33				
120	29.06.2015	17590.55	44710.35	17596.35	44710.35				
121	30.06.2015	17576.50	44585.59	17619.51	45053.70				
122	01.07.2015	17638.12	44928.49	17757.91	44928.52				
123	02.07.2015	17687.52	44917.82	17730.11	45175.58				
124	06.07.2015	17564.36	44635.82	17683.58	44794.01				
125	07.07.2015	17465.68	44196.34	17776.91	45017.75				
126	08.07.2015	17496.22	44441.37	17515.42	44497.74				
127	09.07.2015	17530.38	44499.74	17548.62	44564.32				
128	10.07.2015	17561.12	44558.10	17760.41	44915.98				
129	13.07.2015	17787.27	44916.48	17977.68	44990.39				
130	14.07.2015	17956.17	44747.32	18053.58	45136.69				
131	15.07.2015	18010.15	45018.79	18050.17	45107.13				
132	16.07.2015	18065.33	45111.73	18120.25	45344.90				

N°	Fecha	Djia		Ipc	
		EEUU	México	EEUU	México
		Mínimo	Mínimo	Cierre	Cierre
133	17.07.2015	18032.06	45087.49	18086.45	45325.38
134	20.07.2015	18064.50	45228.19	18100.41	45567.99
135	21.07.2015	17868.34	45387.81	17919.29	45401.23
136	22.07.2015	17807.41	44660.36	17851.04	44670.42
137	23.07.2015	17705.03	44599.53	17731.92	44836.33
138	24.07.2015	17553.73	44209.53	17568.53	44249.49
139	27.07.2015	17399.17	43713.72	17440.59	43713.72
140	28.07.2015	17449.81	43715.62	17630.27	44222.97
141	29.07.2015	17629.20	44058.89	17751.39	44471.29
142	30.07.2015	17640.85	44177.87	17745.98	44373.31
143	31.07.2015	17671.59	44322.79	17689.86	44752.93
144	03.08.2015	17496.61	44436.12	17598.20	44903.95
145	04.08.2015	17505.50	44869.10	17550.69	45177.98
146	05.08.2015	17492.90	44863.92	17540.47	44937.61
147	06.08.2015	17362.86	44824.47	17419.75	44921.22
148	07.08.2015	17279.08	44661.21	17373.38	44862.14
149	10.08.2015	17375.18	44785.09	17615.17	45320.69
150	11.08.2015	17352.63	44376.53	17402.84	44379.79
151	12.08.2015	17125.81	43640.06	17402.51	44032.38
152	13.08.2015	17341.34	43785.43	17408.25	43870.53
153	14.08.2015	17394.06	43746.31	17477.40	43746.72
154	17.08.2015	17341.72	43574.12	17545.18	43953.48
155	18.08.2015	17486.42	43730.56	17511.34	43872.12
156	19.08.2015	17282.42	43307.53	17348.73	43473.74
157	20.08.2015	16990.69	42995.27	16990.69	43036.59
158	21.08.2015	16459.55	42098.73	16459.75	42163.82
159	24.08.2015	15370.33	39256.58	15871.35	41471.47
160	25.08.2015	15651.24	41484.50	15666.44	42010.89
161	26.08.2015	15676.26	41669.21	16285.51	42323.04
162	27.08.2015	16285.51	42324.32	16654.77	43452.36
163	28.08.2015	16535.18	43161.37	16643.01	43290.86
164	31.08.2015	16444.05	42775.28	16528.03	43721.96
165	01.09.2015	15979.95	42839.14	16058.35	42911.51
166	02.09.2015	16058.35	42772.06	16351.38	42969.93
167	03.09.2015	16317.31	42971.12	16374.76	43283.47
168	04.09.2015	16026.61	42555.86	16102.38	42742.86
169	08.09.2015	16109.93	42755.17	16492.68	43083.94
170	09.09.2015	16220.10	42754.05	16253.57	42754.68
171	10.09.2015	16212.08	42621.44	16330.40	42888.51
172	11.09.2015	16244.65	42761.75	16433.09	42780.73
173	14.09.2015	16330.87	42661.83	16370.96	42827.35
174	15.09.2015	16382.58	42813.09	16599.85	43269.62
175	17.09.2015	16639.93	43263.42	16674.74	43790.93
176	18.09.2015	16343.76	43177.09	16384.58	43565.05
177	21.09.2015	16391.88	43458.59	16510.19	43618.14
178	22.09.2015	16221.73	43047.87	16330.47	43232.06
179	23.09.2015	16211.98	43042.36	16279.89	43042.36
180	24.09.2015	16016.36	42459.76	16201.32	42596.56
181	25.09.2015	16205.07	42326.42	16314.67	42435.23
182	28.09.2015	15981.85	41791.60	16001.89	41893.51
183	29.09.2015	15942.37	41861.79	16049.13	42121.51
184	30.09.2015	16057.08	42113.85	16284.70	42632.54
185	01.10.2015	16073.82	42418.54	16272.01	42695.74
186	02.10.2015	16013.66	42203.82	16472.37	42735.15
187	05.10.2015	16502.10	42740.86	16776.43	43566.32
188	06.10.2015	16746.03	43435.04	16790.19	43561.42
189	07.10.2015	16765.00	43562.91	16912.29	43832.03
190	08.10.2015	16859.34	43654.76	17050.75	44076.94
191	09.10.2015	17027.23	44080.15	17084.49	44375.62
192	12.10.2015	17064.58	44142.17	17131.86	44314.25
193	13.10.2015	17034.45	44125.14	17081.89	44318.19
194	14.10.2015	16887.67	44058.87	16924.75	44064.43
195	15.10.2015	16933.57	43811.49	17141.75	44087.59
196	16.10.2015	17107.35	44062.56	17215.97	44364.16
197	19.10.2015	17129.19	44116.08	17230.54	44523.01
198	20.10.2015	17147.99	44191.57	17217.11	44653.86
199	21.10.2015	17153.13	44309.76	17168.61	44426.07

N°	Fecha	Djia		Ipc	
		EEUU	México	EEUU	México
		Mínimo	Mínimo	Cierre	Cierre
200	22.10.2015	17180.88	44321.29	17489.16	44627.97
201	23.10.2015	17525.11	44628.42	17646.70	45010.24
202	26.10.2015	17602.51	44787.09	17623.05	45036.52
203	27.10.2015	17540.57	44570.88	17581.43	44698.01
204	28.10.2015	17556.71	44585.50	17779.52	44741.68
205	29.10.2015	17684.72	44477.92	17755.80	44634.81
206	30.10.2015	17662.87	44238.69	17663.54	44542.76
207	03.11.2015	17796.02	44336.74	17918.15	45354.59
208	04.11.2015	17828.83	45322.88	17867.58	45373.17
209	05.11.2015	17779.19	45190.26	17863.43	45195.65
210	06.11.2015	17768.60	44923.46	17910.33	45243.85
211	09.11.2015	17667.78	44187.56	17730.48	44479.23
212	10.11.2015	17657.72	43772.75	17758.21	44359.89
213	11.11.2015	17696.91	44219.87	17702.22	44347.91
214	12.11.2015	17443.50	44083.62	17448.07	44120.52
215	13.11.2015	17238.89	43458.11	17245.24	43617.73
216	17.11.2015	17451.41	43614.39	17489.50	44184.65
217	18.11.2015	17485.49	44118.98	17737.16	44505.59
218	19.11.2015	17681.98	44460.79	17732.75	44620.60
219	20.11.2015	17732.75	44587.65	17823.81	44895.02
220	23.11.2015	17751.53	44743.20	17792.68	44779.14
221	24.11.2015	17683.51	44421.17	17812.19	44576.23
222	25.11.2015	17801.83	44040.08	17813.39	44138.75
223	27.11.2015	17749.32	43895.82	17798.49	44247.98
224	30.11.2015	17719.79	43382.13	17719.92	43418.55
225	01.12.2015	17719.72	43368.84	17888.35	43984.90
226	02.12.2015	17708.20	43386.18	17729.68	43417.05
227	03.12.2015	17425.56	42756.47	17477.67	43027.30
228	04.12.2015	17482.68	42810.47	17847.63	42994.23
229	07.12.2015	17639.25	42648.06	17730.51	42655.24
230	08.12.2015	17485.39	42214.74	17568.00	42236.74
231	09.12.2015	17403.51	42260.37	17492.30	42398.06
232	10.12.2015	17474.66	42358.70	17574.75	42447.77
233	11.12.2015	17230.50	41907.79	17265.21	42000.63
234	14.12.2015	17138.47	41514.77	17368.50	41901.96
235	15.12.2015	17341.18	41902.77	17524.91	42905.20
236	16.12.2015	17483.68	42909.02	17749.09	43429.72
237	17.12.2015	17493.50	43361.46	17495.84	43503.52
238	18.12.2015	17124.31	42863.99	17128.55	42936.63
239	21.12.2015	17116.73	42958.01	17251.62	43160.61
240	22.12.2015	17242.86	43152.57	17417.27	43328.72
241	23.12.2015	17427.63	43241.54	17602.61	43579.67
242	24.12.2015	17543.95	43527.24	17552.17	43528.27
243	28.12.2015	17437.34	43347.28	17528.27	43396.16
244	29.12.2015	17547.37	43298.89	17720.98	43391.78
245	30.12.2015	17588.87	43010.55	17603.87	43012.37
246	31.12.2015	17421.16	42690.62	17425.03	42977.50
247	04.01.2016	16957.63	41897.48	17148.94	42113.70
248	05.01.2016	17038.61	41859.27	17158.66	42041.68
249	06.01.2016	16817.62	41627.98	16906.51	41691.19
250	07.01.2016	16463.63	40611.30	16514.10	40661.57
251	08.01.2016	16314.57	40154.94	16346.45	40265.37
252	11.01.2016	16277.97	40448.77	16289.54	40594.30
253	12.01.2016	16322.07	40717.99	16516.22	41022.74
254	13.01.2016	16123.20	40463.64	16151.41	41008.78
255	14.01.2016	16075.12	40731.80	16379.05	41352.75
256	15.01.2016	15842.11	40298.02	15988.08	40847.70
257	19.01.2016	15900.25	40494.06	16016.02	40809.25
258	20.01.2016	15450.56	39924.09	15766.74	40844.41
259	21.01.2016	15704.66	40557.33	15882.68	41166.88
260	22.01.2016	15921.10	41207.98	16093.51	41621.31
261	25.01.2016	15880.15	41344.25	15885.22	41476.35
262	26.01.2016	15893.16	41451.20	16167.23	41932.39
263	27.01.2016	15878.30	41823.88	15944.46	42109.89
264	28.01.2016	15863.72	42055.27	16069.64	42393.02
265	29.01.2016	16090.26	42370.98	16466.30	43630.77
266	02.02.2016	16108.44	42884.51	16153.54	43092.49

N°	Fecha	Djia		Djia	
		EEUU	México	EEUU	México
		Mínimo	Mínimo	Cierre	Cierre
267	03.02.2016	15960.45	42916.01	16336.66	43257.54
268	04.02.2016	16266.16	43255.10	16416.58	43751.93
269	05.02.2016	16129.81	43215.97	16204.97	43229.67
270	08.02.2016	15803.55	42546.63	16027.05	42774.85
271	09.02.2016	15881.11	42192.79	16014.38	42399.19
272	10.02.2016	15899.91	42268.86	15914.74	42535.74
273	11.02.2016	15503.01	41757.40	15660.18	42359.26
274	12.02.2016	15691.62	42275.79	15973.84	42416.44
275	16.02.2016	16012.39	42847.50	16196.41	43100.32
276	17.02.2016	16217.98	43019.65	16453.83	43585.23
277	18.02.2016	16390.43	43278.80	16413.43	43516.66
278	19.02.2016	16278.00	43219.33	16391.99	43375.31
279	22.02.2016	16417.13	43379.17	16620.66	43546.72
280	23.02.2016	16403.53	43143.59	16431.78	43216.58
281	24.02.2016	16165.86	42364.89	16484.99	43173.73
282	25.02.2016	16458.42	42938.99	16697.29	43434.55
283	26.02.2016	16623.91	43239.40	16639.97	43473.37
284	29.02.2016	16510.40	43326.94	16516.50	43714.93
285	01.03.2016	16545.67	43715.99	16865.08	44214.50
286	02.03.2016	16766.32	44165.60	16899.32	44615.75
287	03.03.2016	16820.73	44561.04	16943.90	44742.22
288	04.03.2016	16898.84	44740.53	17006.77	44849.02
289	07.03.2016	16940.48	44850.97	17073.95	44967.16
290	08.03.2016	16921.51	44335.39	16964.10	44504.29
291	09.03.2016	16947.94	44189.56	17000.36	44492.50
292	10.03.2016	16821.86	43965.23	16995.13	44337.04
293	11.03.2016	17014.99	44337.04	17213.31	44735.50
294	14.03.2016	17161.16	44548.55	17229.13	44691.80
295	15.03.2016	17120.35	44139.54	17251.53	44210.44
296	16.03.2016	17204.07	44026.18	17325.76	44751.40
297	17.03.2016	17297.65	44644.34	17481.49	45435.09
298	18.03.2016	17481.49	45203.17	17602.30	45482.39
299	22.03.2016	17540.42	45308.30	17582.57	45632.28
300	23.03.2016	17486.27	45365.54	17502.59	45647.57
301	28.03.2016	17493.03	45458.59	17535.39	45623.48
302	29.03.2016	17434.27	45456.14	17633.11	45897.65
303	30.03.2016	17652.36	45808.55	17716.66	46191.51
304	31.03.2016	17669.72	45663.63	17685.09	45881.08
305	01.04.2016	17568.02	45509.09	17792.75	46062.92
306	04.04.2016	17710.67	45454.10	17737.00	45678.18
307	05.04.2016	17579.56	45183.71	17603.32	45186.01
308	06.04.2016	17542.54	45023.51	17716.05	45281.97
309	07.04.2016	17484.23	44834.24	17541.96	45052.16
310	08.04.2016	17528.16	44797.16	17576.96	44859.49
311	11.04.2016	17555.90	44745.11	17556.41	44760.53
312	12.04.2016	17553.57	44708.63	17721.25	45090.67
313	13.04.2016	17741.66	45076.99	17908.28	45411.30
314	14.04.2016	17885.44	45363.83	17926.43	45403.54
315	15.04.2016	17867.41	45390.83	17897.46	45536.52
316	18.04.2016	17848.22	44956.23	18004.16	45022.63
317	19.04.2016	17984.43	45027.04	18053.60	45780.18
318	20.04.2016	18031.21	45507.41	18096.27	45650.35
319	21.04.2016	17963.89	45539.36	17982.52	45556.65
320	22.04.2016	17909.89	45556.11	18003.75	45613.21
321	25.04.2016	17855.55	45383.08	17977.24	45581.20
322	26.04.2016	17934.17	45279.55	17990.32	45416.90
323	27.04.2016	17920.26	45566.89	18041.55	45941.52
324	28.04.2016	17796.55	45189.63	17830.76	45528.93
325	29.04.2016	17651.98	45416.06	17773.64	45784.77
326	02.05.2016	17773.71	45502.52	17891.16	45707.87
327	03.05.2016	17670.88	45238.32	17750.91	45647.82
328	04.05.2016	17609.01	45060.07	17651.26	45349.00
329	05.05.2016	17615.82	45066.91	17660.71	45147.97
330	06.05.2016	17580.38	44925.47	17740.63	45209.85
331	09.05.2016	17668.38	44823.21	17705.91	45250.34
332	10.05.2016	17726.66	45143.02	17928.35	45676.41
333	11.05.2016	17711.05	45461.43	17711.12	45506.87

N°	Fecha	Djia		Ipc	
		EEUU	México	EEUU	México
		Mínimo	Mínimo	Cierre	Cierre
334	12.05.2016	17625.38	45437.48	17720.50	45685.82
335	13.05.2016	17512.48	45373.21	17535.32	45402.47
336	16.05.2016	17531.76	45381.84	17710.71	45843.14
337	17.05.2016	17469.92	45621.80	17529.98	45872.18
338	18.05.2016	17418.21	45395.06	17526.62	45551.20
339	19.05.2016	17331.07	44898.43	17435.40	45051.27
340	20.05.2016	17437.32	45042.35	17500.94	45155.91
341	23.05.2016	17480.05	45046.30	17492.93	45236.16
342	24.05.2016	17525.19	45226.70	17706.05	45497.46
343	25.05.2016	17735.09	45494.93	17851.51	45710.94
344	26.05.2016	17803.82	45688.64	17828.29	46039.69
345	27.05.2016	17824.73	45996.74	17873.22	46124.15
346	31.05.2016	17724.03	45371.73	17787.20	45459.45
347	01.06.2016	17664.79	45268.84	17789.67	45557.61
348	02.06.2016	17703.55	45458.85	17838.56	45508.31
349	03.06.2016	17689.68	45450.47	17807.06	45928.23
350	06.06.2016	17822.81	45821.40	17920.33	45857.73
351	07.06.2016	17936.22	45852.28	17938.28	46124.63
352	08.06.2016	17931.91	46015.86	18005.05	46263.84
353	09.06.2016	17915.88	45660.35	17985.19	45662.71
354	10.06.2016	17812.34	45163.45	17865.34	45177.50
355	13.06.2016	17731.35	44709.18	17732.48	44930.25
356	14.06.2016	17595.79	44389.24	17674.82	44570.59
357	15.06.2016	17629.01	44491.12	17640.17	45011.22
358	16.06.2016	17471.29	44580.70	17733.10	45225.40
359	17.06.2016	17602.78	45106.71	17675.16	45306.22
360	20.06.2016	17736.87	45306.36	17804.87	45779.66
361	21.06.2016	17799.80	45421.44	17829.73	45705.42
362	22.06.2016	17770.36	45612.42	17780.83	45806.16
363	23.06.2016	17844.11	45820.70	18011.07	46145.92
364	24.06.2016	17356.34	44501.00	17400.75	44885.82
365	27.06.2016	17063.08	43902.25	17140.24	44282.03
366	28.06.2016	17190.51	44297.59	17409.72	44714.54
367	29.06.2016	17456.02	44700.43	17694.68	45466.37
368	30.06.2016	17711.80	45419.73	17929.99	45966.49